



Bu makaleye şu şekilde atıf yapılır: Pekşen, A. & Eren, E. (2024). Dünyada ve Türkiye’de Mantar Sektörü ve Sürdürülebilirlik. *Mantar Dergisi*, 15(Özel sayı), 49-65.

Geliş(Received) :08.11.2024

Kabul(Accepted) :26.11.2024

Araştırma Makalesi


Doi: 10.30708/mantar.1581406

Dünyada ve Türkiye’de Mantar Sektörü ve Sürdürülebilirlik

Aysun PEKŞEN^{1*}, Erkan EREN²

*Sorumlu yazar: aysunp@omu.edu.tr

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Samsun/
aysunp@omu.edu.tr 

²Ege Üniversitesi Bergama Meslek Yüksekokulu, İzmir; Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Bahçe Bitkileri Bölümü, Ankara/erkan.eren@ege.edu.tr 

Öz: Bu çalışmada dünyada ve Türkiye’deki mantar sektörünün güncel durumu ve sektördeki büyümenin devamlılığını sağlamak için sürdürülebilirlik konuları üzerinde durulmuştur. Mantar sektörünün mevcut durumunu ortaya koymak için Türkiye’deki küçük, orta ve büyük ölçekli mantar işletmeleriyle yapılan anketlerden ve TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) ile FAO (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü)’ya ait ikincil verilerden yararlanılmıştır. 2022 yılında 48.33 milyon tona ulaşan küresel mantar ve trüf üretiminin %94’ünü Çin sağlamaktadır. Çin, 45.43 milyon ton mantar ve trüf üretimi ile mantar üretimi, tüketimi ve ihracatında dünya lideri konumundadır. Ülkeler arasında başta Çin olmak üzere sırasıyla Hindistan, Rusya ve Türkiye’de mantar üretimi hız kesmeden artmaktadır. Türkiye’de, son 20 yılda mantar üretiminde belirgin bir artış meydana gelmiş ve 2023 yılı verilerine göre mantar üretimi 85000 tona yükselmiştir. Türkiye’de 2023 yılı itibari ile kişi başına düşen yıllık mantar tüketim miktarı yaklaşık 996 g’dır. Bu miktar, Avrupa’da halihazırda kişi başına 3 kg olan ve Türkiye’de de şu anda ulaşılması hedeflenen tüketim miktarının çok altındadır. Kültür mantarı tüketim alışkanlıklarının artması, mantarların sağlık bakımından yararları ve işlevsel gıda olarak kabul edilmesi hem dünyada hem de Türkiye’de tüketici taleplerini önemli ölçüde artırmıştır. Bu durum, özellikle Türkiye’de mantar sektörüne yapılacak yatırımların önümüzdeki 20 yıl içerisinde hızla artma eğiliminde olacağını göstermektedir. Mantar yetiştiriciliği, gıda güvenliği, ekonomik kalkınma ve çevre dostu tarım için kritik öneme sahiptir. Kültür mantarı sektöründeki hızlı büyüme, üretim sürecinde karşılaşılan problemlerin artışını da beraberinde getirmiştir. Mantar üretim sürecinde ortaya çıkan teknik problemlerin yanında, büyüyen sektörün resmi makamlar tarafından çözülmesi gereken sorunları da giderek artmaktadır. Makalede mantar yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliği, sorunların giderilmesinde sürdürülebilirlik odaklı yenilikçi çözümler üzerinde durulmuş ve mantarların farklı alanlarda değerlendirilmesi konularına da değinilmiştir.

Anahtar kelimeler: Atık mantar substratı, Mantar üretimi, Misel bazlı materyaller, Sürdürülebilirlik, Tüketim

Mushroom Industry in the World and Türkiye and Sustainability

Abstract: The current status of the mushroom sector in the world and Türkiye and sustainability issues to ensure the sustainability of growth in the sector were discussed in the study. To reveal the current status of the mushroom sector, surveys conducted with small, medium and large-scale mushroom enterprises in Türkiye and secondary data obtained from FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) and TÜİK (Turkish Statistical Institute)



were used. China provides 94% of the global mushroom and truffle production, which reached 48.33 million tons in 2022. China is the world leader in mushroom production, consumption and export with the 45.43 million tons of mushroom and truffle production. Mushroom production is increasing rapidly in China, India, Russia and Türkiye, respectively. Mushroom production is increasing without slowing down, primarily in China, followed by India, Russia, and Türkiye, respectively. In Türkiye, there has been a significant increase in mushroom production in the last two decades and mushroom production has increased to 85000 tons according to the data of 2023. As of 2023, the annual mushroom consumption per capita in Türkiye is about 996 g. This amount is quite lower than the present consumption of 3 kg per capita in Europe which is also considered the current target amount to reach in Türkiye. The increase in mushroom consumption habits, the health benefits of mushrooms and their acceptance as functional foods have significantly increased consumer demands both in the world and in Türkiye. This situation shows that investments to be made in the mushroom sector, especially in Türkiye, will tend to increase rapidly in the next 20 years. Mushroom cultivation is of critical importance for food security, economic development and environmentally friendly agriculture. The rapid growth in the mushroom sector has also brought about an increase in the problems encountered in the production process. In addition to the technical problems that arise in the mushroom production process, the problems of the growing sector that need to be solved by the official authorities are also increasing. The article focuses on the sustainability of mushroom cultivation, innovative solutions focused on sustainability in eliminating the problems and also touches on the issues of evaluating mushrooms in different areas.

Keywords: Spent mushroom substrate, Mushroom production, Mycelium-based materials, Sustainability, Consumption

Giriş

Mantarlar, besin değerleri ve tıbbi özellikleri nedeniyle antik çağlardan beri insan kültürünün ayrılmaz bir parçası olmuştur. Mantar yetiştiriciliğinin tarihi çok eskilere dayanmaktadır. İlk mantar yetiştiriciliği MS 600'ü yıllarda *Auricularia auricula-judae* (Bull.) Qué. (kulak mantarı) türüne aittir. Günümüzde mantarlar 100'den fazla ülkede farklı ölçeklerde ve sistemlerle ticari olarak yetiştirilmektedir. Mantarlar, besleyici ve sağlıklı bir gıda olmasının yanı sıra fonksiyonel gıda ve kozmetik endüstrisinde de yaygın olarak kullanılmaktadırlar (Thakur, 2020). Mantarların sağlık yararları konusunda artan farkındalık ve mantarların işlevsel bir gıda olarak kabul edilmesi, mantar tüketiminde büyük artışa yol açmıştır. Mantarlar sadece beslenme ve tıbbi açıdan değil, aynı zamanda gelir elde etme ve ihracat açısından da önemlidir. Dikey tarımın en güzel örneklerindedir. Mantarların küresel sorunların çözülmesinde çok önemli işlevleri vardır. Mantar yetiştiriciliği; kirlilik sorunlarına yol açan lignoselülozik maddeler açısından zengin tarımsal atıkları, etkili ve verimli bir şekilde kullanarak protein açısından zengin besine dönüştürür. Tarımsal atıkların geri dönüşümü için uygulanabilir bir seçenektir. Yapılan çalışmalar tarım, ormancılık ve endüstriyel yan ürünler kullanılarak mantar üretiminin karlı bir girişim olabileceğini göstermiştir (Pavlik ve Halaj, 2019; Lopez ve ark., 2021; Ghafoor ve Niazi, 2024). Aynı zamanda mantar üretiminden sonra açığa çıkan atık mantar substratının/kompostunun yararlı ürünlere dönüştürme olasılıkları üzerinde çalışılmış ve birçok alanda değerlendirilebileceği ortaya konmuştur (Pekşen ve

Yamaç, 2016). Birim alan ve zaman başına yüksek ekonomik getiri sağlayan mantar yetiştiriciliği; yoksulluğun azaltılması, istihdam imkanları sunması, açlığın ve yetersiz beslenmenin sona erdirilmesinde hayati bir rol oynayabilir (Pandey ve ark., 2018; Kumar, 2020; Thakur, 2020; Niazi ve Ghafoor, 2021). Mantar yetiştiriciliği dezavantajlı bireylerin ve kadın işgücünün istihdamını sağlamak açısından da idealdir.

Bu çalışmada dünyada ve Türkiye'deki mantar sektörünün mevcut durumu, gelişmeler ve mantar sektörünün sürdürülebilirliği tartışılmıştır.

Materyal ve Metot

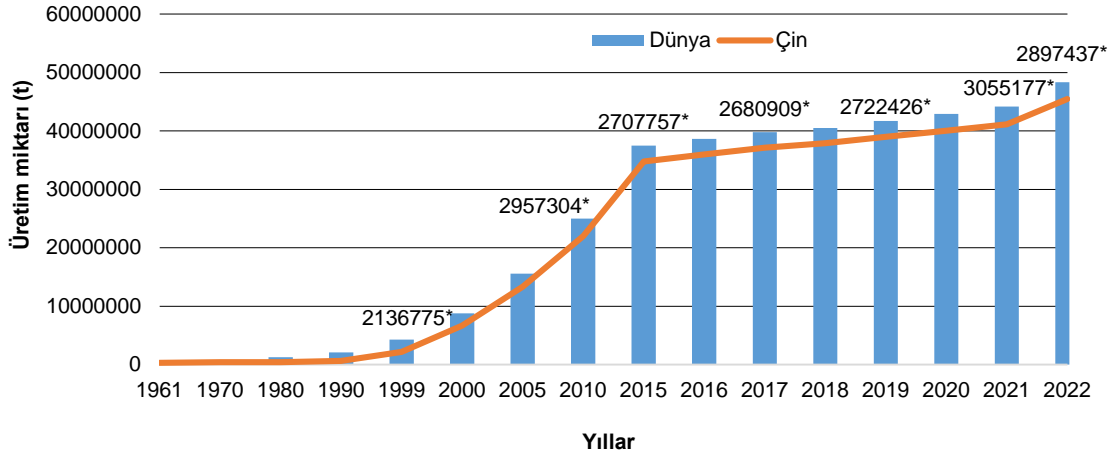
Türkiye mantar üretimi ve işletmeler ile ilgili veriler; mantar üretiminin yapıldığı küçük, orta ve büyük işletmelere yapılan ziyaretler sırasındaki incelemeler ve anketlerden elde edilmiştir. Çalışmada TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) ve FAO (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü)'ya ait ikincil veriler kullanılmıştır. Ancak bu kaynaklarda tür bazında veri mevcut değildir. Bu nedenle tür bazlı veriler başlıca mantar üreten ülkelerin veri tabanları veya mevcut araştırma makalelerinden derlenmiştir. Ayrıca çalışmada Türkiye mantar sektörünün değerlendirildiği daha önce hazırlanan makalelerden (Ercal ve Aksu, 2000; Eren ve Pekşen, 2014; Pekşen, 2014; Eren ve Pekşen, 2016; Eren ve Pekşen, 2019) de faydalanılmıştır. Türlerin Türkçe bilimsel isimlendirilmesinde Sesli ve ark. (2020)'den, mantarların geçerli isimleri ve yazar isimlerinde ise URL-1'den faydalanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Dünyada mantar üretimi

Mantar ve trüf üretimi ile ilgili FAO'daki ilk veriler, 1961 yılına aittir ve toplam üretim miktarı 495127 ton olarak kayıtlara girilmiştir. 1974 yılında 1.01 milyon ton olan üretim, 1990 yılında 2.07 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. 1990'lı yıllardan sonra hızla artan mantar ve trüf üretimi 2000 yılında 8.78 milyon tona, 2010 yılında

24.97 milyon tona ve 2022 yılında ise 48.33 milyon tona ulaşmıştır. Çin'in 2000 yılında mantar ve trüf üretimi 6.64 milyon ton, 2010 yılında 22.01 milyon ton ve 2022 yılında ise 45.43 milyon tondur (FAO, 2024) (Şekil 1). Rakamlar göstermektedir ki dünya mantar ve trüf üretimindeki büyüme (sürekli artış), Çin mantar ve trüf üretim miktarlarındaki artışla ilişkilidir.



Şekil 1. Dünya ve Çin mantar ve trüf üretim miktarları (FAO, 2024) (*Dünya ve Çin mantar ve trüf üretim miktarları arasındaki fark)

Dünya mantar ve trüf üretim miktarı ile Çin mantar ve trüf üretim miktarı arasındaki fark 2000 yılında 2136775 ton iken 2022 yılında 2897436 tondur. 2010-2022 tarihleri arasında dünya mantar ve trüf üretimi ile Çin mantar ve trüf üretimi arasındaki farkın benzer şekilde 2616795 ila 3055178 ton arasında değiştiği görülmektedir. Çin dışındaki ülkelerdeki toplam mantar ve trüf üretim değeri, 2012 yılında (fark 3491560 ton) zirveye ulaşmıştır. Ancak daha sonra bu üretimde düşüş yaşanarak üretimin durgunlaştığı, özellikle 2015-2022 yılları arasında stabil kaldığı görülmektedir (Şekil 1).

Kıtalarla göre son 10 yıldaki mantar ve trüf üretim miktarları incelendiğinde; Asya kıtası, mantar ve trüf

üretiminde birinci sırada yer almaktadır. Asya kıtasındaki mantar ve trüf üretiminin yıllara göre sürekli artış eğiliminde olduğu görülmektedir. Mantar ve trüf üretiminde Asya kıtasından sonra Avrupa kıtası ikinci ve Amerika kıtası ise üçüncü sırada bulunmaktadır. 2022 verilerine göre Asya kıtasının dünya mantar ve trüf üretimindeki payı %96'dır. Asya kıtasındaki sürekli artış eğilimine karşılık, Amerika, Avrupa ve Avusturalya kıtasına ait üretim miktarlarının özellikle son 10 yıl içinde stabil (durgun) seyrettiği görülmektedir. Son 10 yılda Afrika kıtasındaki mantar ve trüf üretiminde de artış olduğu görülmektedir. Ancak bu artış oranı, diğer kıtalarla karşılaştırıldığında düşük miktarlardadır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Son 10 yıla ait kıtaların mantar ve trüf üretim miktarları (ton) (FAO, 2024)

Yıllar	Asya	Avrupa	Amerika	Avusturalya	Afrika
2013	32428154.44	1252958.68	528312	52082.59	22465.13
2014	33457578.31	1271048.30	554157	61017.61	24506.68
2015	35510886.42	1363534.57	535536	43848.35	25905.91
2016	36729648.47	1307291.09	546636	51747.18	25356.81
2017	37875016.72	1318654.54	543613	47788.66	26058.62
2018	38661706.09	1234624.90	541615	52582.59	27598.08
2019	39830533.59	1278564.24	516074	49934.88	31681.75
2020	40884988.14	1459232.09	502889	50445.19	33868.03
2021	42085558.49	1526178.20	481616	43919.85	36585.95
2022	46419216.54	1367325.08	457690	51948.17	39816.30

Dünya mantar ve trüf üretiminde 2022 yılı verilerine göre en fazla üretime sahip 5 ülke sırasıyla Çin, Japonya, Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Hindistan ve Polonya'dır (FAO, 2024). Bu 5 ülkenin dünya mantar ve trüf üretimindeki katkı payları toplamı %96.75'tir. 2015 yılından günümüze FAO verileri incelendiğinde; mantar

ve trüf üretiminde ilk 10'a giren bu ülkelerden sadece Çin, Hindistan ve Rusya Federasyonu'nun yıllara göre mantar üretimlerinin sürekli artma eğiliminde olduğu görülmektedir. Aynı şekilde, FAO verilerine göre, Türkiye'nin 2015 yılından 2022 yılına kadarki mantar ve trüf miktarları da sürekli artma eğilimindedir (Çizelge 2).

Çizelge 2. En yüksek mantar ve trüf üretim miktarına sahip ilk 10 ülke ve Türkiye'nin yıllara göre mantar ve trüf üretim miktarları (ton) (FAO, 2024)

Ülkeler	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022*	KO (%)
Çin	34771955	35978581	37130222	37901332	38984362	40008461	41118681	45438559	94.01
Japan	450000	460000	459000	467000	470000	472363	470929	469492	0.97
ABD	420853	427925	423360	416050	383960	370300	343820	318600	0.66
Hindistan	51000	76000	102021	134000	182000	211000	243000	280000	0.58
Polonya	268991	280348	291357	200160	234700	320000	378800	256800	0.53
Hollanda	310000	300000	300000	300000	270000	260000	260000	235000	0.49
İspanya	218795	148037	159018	166250	170160	166010	163800	167030	0.35
Kanada	114683	118711	120253	125565	132114	132589	137796	139090	0.29
Rusya	8660	9682	16088	30686	47951	86378	110977	128704	0.27
Fransa	101135	99914	86165	82980	87560	132150	123350	101800	0.21
Türkiye	39495	40272	40874	46144	49364	55455	61460	65636	0.14

*Ülkelerin sıralaması 2022 yılı verilerine göre yapılmıştır. KO: Katkı oranları

Çin, dünyanın en büyük mantar üreticisi, tüketicisi ve ihracatçısı olarak lider konumundadır. Çin'in küresel mantar ve trüf üretimindeki payı 1990 yılında %31.99 iken, bu oran 2000 yılında %75.66 ve 2022 yılında ise %94.01'e yükselmiştir (Çizelge 2). Çin, dünyanın yenilebilir mantar üretim sektöründe en hızlı büyüme oranına sahip ülkedir. 2023 yılında Çin'de yetiştirilen egzotik mantar tür sayısı ve üretimlerinin artmaya devam ettiği (UMDIS, 2024) ve bundan sonra da artmaya devam edeceği öngörülmektedir. Çin'de mantar sektörü; tahıl, sebze, meyve ve yağ bitkilerinden sonra 5. sırada yer almaktadır. Çin'de 60'dan fazla mantar türünün ticari yetiştiriciliği yapılmaktadır. Çin'de yenilebilir ve tıbbi türler de dahil olmak üzere geniş bir yelpazede mantar türleri, ileri tarım teknolojileri kullanılarak büyük ölçekli olarak üretilmektedir. Çin'de 2016 yılında 9414 mantar işletmesi bulunurken endüstrileşmiş mantar işletme oranı %7.15 olarak bildirilmiştir. Mantar işletme sayısı 2021 yılında 40610'a ve endüstrileşmiş mantar işletme oranı %10.32'ye yükselmiştir (Li ve Xu, 2022).

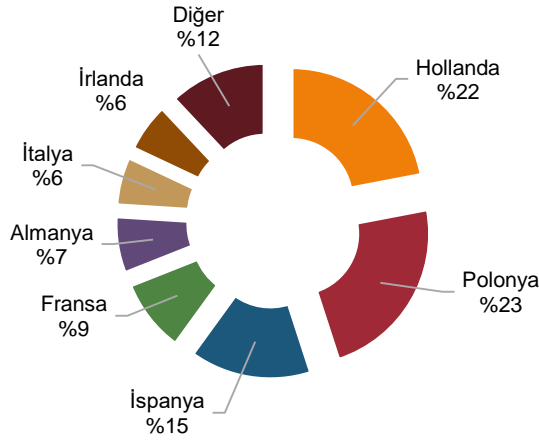
Çin'den sonra dünyanın ikinci büyük mantar üreticisi Japonya'dır ve Japonya'da 2010 yılından beri mantar üretimi yaklaşık 450-470 bin ton civarlarında gerçekleşmektedir (FAO, 2024). Dünyanın üçüncü büyük mantar üreticisi ise ABD'dir. ABD'de mantar ve trüf üretiminde 2018 yılından 2022 yılına kadarki süreçte mantar ve trüf üretim miktarında sürekli bir azalma eğilimi olduğu görülmektedir (Çizelge 2).

2022-2023 sezonuna ait verilere göre Avrupa birliğindeki ülkelerin mantar üretimleri incelendiğinde; %23 ile Polonya birinci, %22 ile Hollanda ikinci ve %15 ile İspanya üçüncü sırada yer almaktadır (URL-2) (Şekil 2).

Polonya'nın Hollanda mantar yetiştirme teknolojisine ulaşımının kolay olması, Faz III üretimi uygulanması ve diğer Avrupa ülkelerine göre daha ucuz işgücüne sahip olması nedeniyle Avrupa'nın en büyük mantar üreticisi konumuna geldiği görülmektedir. Polonya, ürettiği mantarın %75'ini yurt dışına satmaktadır. Bu nedenle dünyanın ve dolayısıyla Avrupa'nın en büyük taze mantar ihracatçısı konumundadır. Avrupa'da, İngiltere ve Almanya başlıca ithalatçı ülkelerdir (De Cianni ve ark., 2023). Avrupa'nın en büyük mantar ihracatçıları olan Polonya ve Hollanda'da mantar tesisleri çoğunlukla modern ve teknik olarak gelişmiştir.

Türkiye'de mantar üretimi

FAO verilerine göre Türkiye, ilk defa mantar ve trüf üretiminde 2002 yılında 20 ülke arasına katılmıştır. 2022 yılı verilerine göre dünya mantar ve trüf üretiminde ise 16. sırada yer almaktadır. Türkiye'nin 2022 yılı verilerine göre mantar ve trüf üretim miktarı 65636 ton (FAO, 2024; TÜİK, 2024) (Çizelge 2) ve 2023 yılı verilerine göre mantar ve trüf üretim miktarı ise 71479 tondur (TÜİK, 2024).

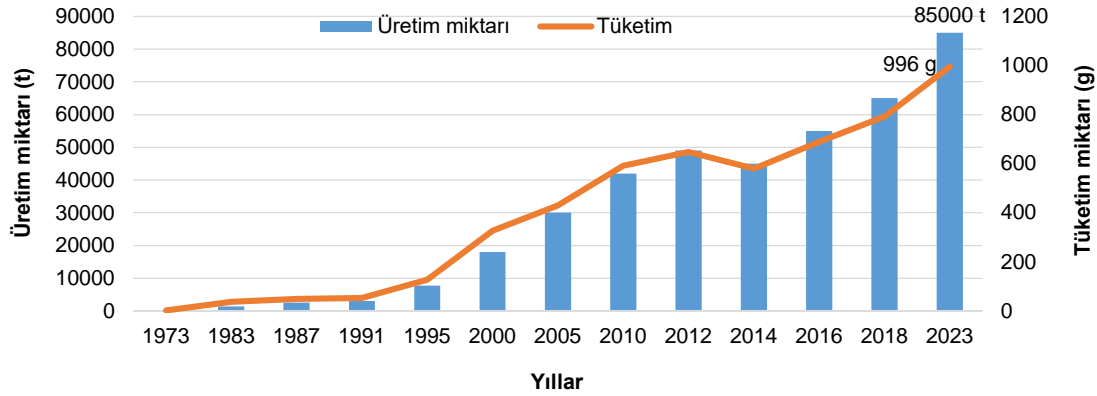


Şekil 2. Avrupa ülkelerinin 2022-2023 verilerine göre mantar üretimindeki payları (URL-2)

Türkiye mantar üretim miktarı incelendiğinde; TÜİK (2024) ve FAO (2024) verileri (Çizelge 2) ile satılan misel ve mantar işletmelerdeki kompost miktarları dikkate alınarak hesaplanan mantar üretim miktarları arasında ciddi farklar bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında yaptığımız hesaplamalara göre 2023 yılı sonu itibariyle trüf dışındaki toplam mantar üretim miktarımız 85000 tona ulaşmıştır (Şekil 3). Her iki kaynağa (Çizelge 2 ve Şekil 3)

göre de Türkiye mantar üretiminde özellikle son 20 yıl içerisinde ciddi bir artış meydana geldiği görülmektedir. Öngörüler bu artışın devam edeceği ve 2025 yılı sonu itibariyle toplam kültür mantarı üretiminin 100000 tona ulaşacağı yönündedir.

Türkiye’de en yüksek mantar üretim miktarına sahip ilk 10 ilin son 5 yıllık üretim miktarları Çizelge 3’te verilmiştir.



Şekil 3. Yıllara göre Türkiye mantar üretim (ton) ve tüketim miktarları (g)

Çizelge 3. En yüksek mantar üretim miktarına sahip ilk 10 ilin son 5 yıllık üretim miktarları (ton) (TÜİK, 2024)

İller*	Yıllar				
	2019	2020	2021	2022	2023
Antalya	26314	33752	28490	25639	22835
Ankara	1754	1845	2706	9104	12352
İsparta	1506	812	4550	3255	8339
Afyonkarahisar	1306	1320	3510	6538	6530
Konya	5140	5612	5938	3148	3288
İstanbul	400	1136	1207	2398	2017
Hatay	60	-	712	1670	1903
Bursa	280	160	981	1046	1560
Adana	-	-	1264	1357	1519
Burdur	4956	2592	3105	1732	1358

*İllerin sıralaması 2023 yılı verilerine göre yapılmıştır.

Eren ve Pekşen (2019), mantar üretiminin yaygın olarak Akdeniz, Marmara ve Ege Bölgeleri'nde yapıldığı ve İç Anadolu Bölgesi'nde de yaygınlaşmaya başladığını bildirmişlerdir. 2023 yılı sonu itibariyle mantar üretiminde Akdeniz Bölgesi'nden sonra İç Anadolu Bölgesi'nin ikinci sırada yer aldığı belirlenmiştir. Türkiye'de en yüksek mantar üretimine sahip ilimiz Antalya'dır. Antalya ilini, 2023 yılı verilerine göre Ankara ve Isparta illeri takip etmektedir (TÜİK, 2024). Antalya ilinde 2020 yılından sonra, Konya ve Burdur illerinde ise 2021 yılından sonra mantar üretim miktarında azalma olduğu görülmektedir. Buna karşılık Ankara, Afyonkarahisar ve özellikle Isparta illerinde mantar üretim miktarında çok ciddi bir artış meydana gelmiştir (Çizelge 3).

Türkiye mantar sektörü 1980'li yıllardan günümüze yapısal, teknolojik ve üretim tekniği açısından ciddi bir değişim ve gelişim göstermiştir. Türkiye'de mantar sektöründeki en önemli gelişme, işletme büyüklüklerinin artması ve işletmelerdeki iklimlendirme ve otomasyon sisteminin kullanımının yaygınlaşmasıdır. Üretim odalarının fiziksel alt yapılarının iyileştirilerek iklimlendirme sistemlerinin yıl boyu üretime uygun hale

getirildiği üretim tesislerinin kurulması hem yüksek verim hem de kaliteli üretim imkânı sağlamaktadır. Üretim alanına göre ülkemizde orta ve büyük işletmelerin sayıları her yıl artmaya devam etmektedir. Türkiye'de 2014 yılında büyük işletmelerin (2000 m²'den büyük) toplam üretimdeki payı %15-20 (Eren ve Pekşen, 2016) ve 2018 yılında %30-35 (Eren ve Pekşen, 2019) iken 2023 yılı sonu itibariyle bu pay %40-45 seviyesine yükselmiştir (Çizelge 4). Tesislerin oda sayısı ve kapasitelerinin artması rekabet güçlerinin artmasını sağlamaktadır. Küçük aile işletmelerindeki iklimlendirme ve otomasyon sistemlerindeki eksiklik verimin düşmesi, hastalık ve zararlı sorununun artmasına yol açmaktadır. Bu nedenle işletmelerin orta ve büyük işletmeler halinde kurulması iklimlendirme ve otomasyon sistemlerinin de yaygın kullanılması anlamına gelmektedir. Mekanizasyona imkân tanınması, nakliyesinin kolay olması, birim alana daha fazla kompost yerleşimine olanak sağlaması, örtü toprağı serim kolaylığı gibi nedenlerden dolayı son yıllarda işletmelerde yaygın olarak blok pres kullanımının tercih edildiği ve kullanım oranının yaklaşık %90 seviyelerine ulaştığı görülmektedir (Eren ve ark., 2021).

Çizelge 4. Türkiye'de işletmelerin toplam mantar üretimindeki payları

Üretim alanı (m ²)	Toplam üretimdeki payı (%)			
	2005	2014	2018	2023
0-500 m ²	75-80	55-60	40-45	30-35
500-2000 m ²	10-15	20-25	25-30	35-40
2000 m ² <	5-10	15-20	30-35	40-45

Dünyada ve Türkiye'de mantar üretiminin cinslere göre dağılımı

Mantar üretimi ile ilgili dünyada ve Türkiye'de resmi kaynaklara dayalı güncel veri bulmak zordur. Bu zorluğun dışında verilerin mantar ve trüf üretim miktarları olarak toplu verilmesi, farklı mantar türlerinin üretim miktarları konusunda doğru verilere ulaşılmasını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle bu bölümde dünyada mantar üretiminin cinslere göre dağılımını ortaya koyarken başlıca mantar üreten ülkelerin veri tabanları veya mevcut araştırma makalelerinden yararlanılmıştır.

Son yıllarda özellikle Japonya, Güney Kore, Tayvan, Çin gibi Doğu Asya ülkelerinde *Lentinula*, *Pleurotus*, *Auricularia* ve *Flammulina* cinslerinin üretiminde çok büyük artış gerçekleştiği ve bu mantarların toplam dünya mantar üretimindeki paylarının arttığı görülmektedir. Bu mantar cinslerindeki artış, 2010 yılında küresel mantar üretiminde en büyük paya sahip olan (Singh ve ark., 2017) *Agaricus bisporus* (J.E. Lange) Imbach (kültür mantarı, beyaz şapkalı mantar) türünün payının sürekli gerilemesine neden olmuştur. Farklı kaynaklardan alınan verilere göre; 2018-2019'da tahmini dünya mantar üretimi 43 milyon ton olup, üretimin türlere

göre dağılımı %26 *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler (şitâke, shiitake), %21 *Auricularia* türleri (kulak mantarları), %16 *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. (istiridye mantarı), %11 *A. bisporus* (kültür mantarı, beyaz şapkalı mantar), %7 *Flammulina velutipes* Curtis) Sing. (tüylü bacak, enoki), %5 *Pleurotus eryngii* (DC.) Quel. (çakşır mantarı, kral istiridye), %1 *Volvariella volvacea* (Bull.) Sing. (yumurta mantarı, çeltik samanı mantarı) ve %13 diğerleri şeklindedir (Singh ve ark., 2020).

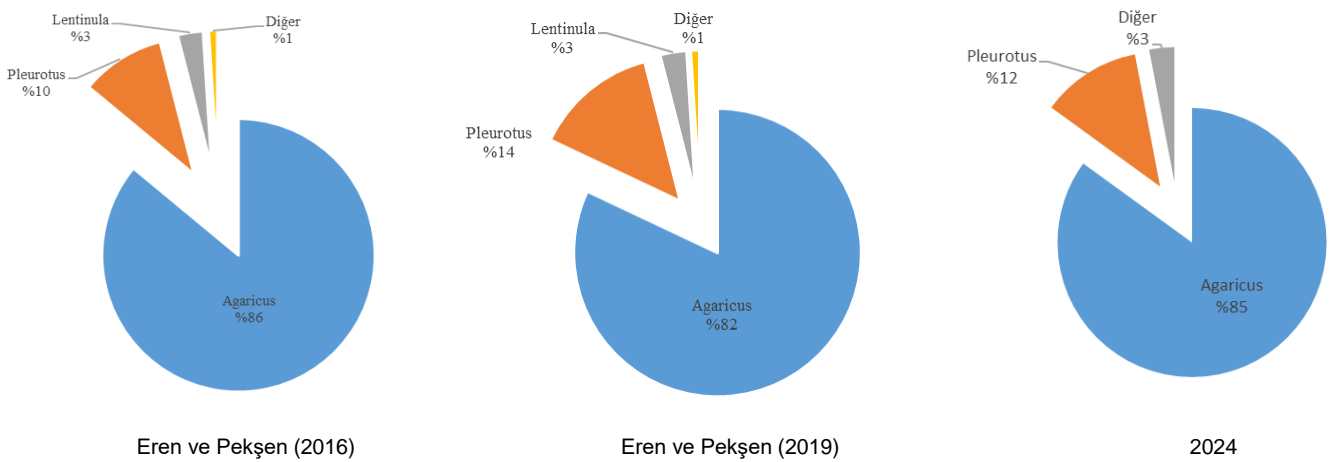
Çin'de 2018 yılı verilerine göre en fazla yetiştirilen tür 10.43 milyon ton (%27.5) üretim ile *L. edodes* türüdür. Çin'de 2018 yılında 8.6 milyon ton (%22.8) *Auricularia* türleri, 6.4 milyon ton (%22.2) *P. ostreatus*, 2.5 milyon ton (%6.8) *Flammulina* türleri ve 2.4 milyon ton (%6.6) *A. bisporus* üretimi gerçekleşmiştir. Diğer türlerin payı %14.2'dir (Singh ve ark., 2020). Çin'de enoki gibi türler, en son modern teknolojinin kullanıldığı çiftçilik sistemlerinde yetiştirilmektedir. Çin'de dünyanın en büyük enoki mantarı yetiştirme endüstrisi olarak kabul edilen Gaorong Biotechnology Company (Changchun, Jilin, Northeast China) gibi firmalar bulunmaktadır (Li ve Xu, 2022). Ayrıca, son yıllarda Çin'de *Morchella* ve *Cordyceps* türleri gibi bugüne kadar ekonomik olarak

önemli, ancak yetiştirilmesi zor olan birçok tür de yetiştirilmeye başlanmıştır (Liu ve ark., 2018; Li ve ark., 2019; Liu ve ark., 2023).

2019 yılı verilerine göre Japonya'da farklı mantar cinslerinin üretimdeki payları sırasıyla *Flammulina* (%28.4), *Hypsizygus* (%26.1), *Lentinula* (%19.4), *Grifola* (%11.3), *Pleurotus* (%8.3), *Pholita* (%5.1) ve diğer (%1.4) olarak sıralanmaktadır. 2019-2020 yılı verilerine göre ABD'de farklı mantar türlerinin üretimdeki payları ise sırasıyla *A. bisporus* (%97.55), *Pleurotus* türleri (%1.04), *L. edodes* (%0.86) ve diğer (%0.55) olarak gerçekleşmiştir. Hindistan'daki türlerin dağılımı ise %70 *A. bisporus*, %17 *Pleurotus* türleri, %9 *V. volvacea*, %3 *Calocybe indica* Purkay & A. Chandra (sütlü mantar, süt beyazı mantar) ve %1 diğer mantarlardır (Singh ve ark., 2020). Toplam Avrupa mantar üretiminin %94'ü *Agaricus* cinsine ve %6'sı ise egzotik türlere (*P. ostreatus*, *L. edodes*, *P. eryngii* ve *Lepista nuda* (Bull.) Cooke (mavi cincile) gibi türlere) aittir. Bu türler içinde *L. nuda*, *Agaricus* kompostunda ve mağaralarda yaklaşık 250 ton olarak üretilmektedir.

Türkiye'de yaklaşık 2010 yılına kadar *A. bisporus*, ticari olarak kültürü yapılan tek türdür. Aslında farklı mantar türlerinin yetiştiriciliğine yönelik akademik çalışmalar yapılmasına rağmen, 2010 yılından sonra *P.*

ostreatus (istiridy mantarı) türünün ticari yetiştiriciliğinin yaygınlaşmaya başladığı görülmektedir. Türkiye'de ticari olarak yetiştirilen başlıca türler *Agaricus* ve *Pleurotus* cinslerine aittir. İstiridy üretiminin Türkiye mantar üretimindeki payı, 2016 yılında %10 (Eren ve Pekşen, 2016), 2018 yılı sonunda ise %14 olarak bildirilmiştir (Eren ve Pekşen, 2019). İstiridy mantarı üretiminin Türkiye mantar üretimindeki payı 2015-2020 yılları arasında ciddi oranda artış göstermiştir. Ancak 2020 yılı itibarı ile istiridy mantarı üretiminin hastalık ve zararlılara karşı yeterli çözüm ve mücadele yöntemlerinin uygulanamaması, verimin düşük olması, spor yoğunluğundan kaynaklanan sorunlar ve pazarlama problemleri gibi nedenlerden dolayı azaldığı görülmektedir. İstiridy mantarının üretimdeki payı 2023 yılında %8 oranına kadar gerilemiştir. 2024 yılı itibarıyla istiridy mantar üretimine yönelik büyük işletmelerin devreye girmesi ile istiridy mantarının toplam mantar üretimindeki payı tekrar yükselerek %12 seviyelerine ulaşmıştır (Şekil 4). *Agaricus* cinsi kapsamında ülkemizde beyaz şapkalı mantar yanında, son yıllarda kestane mantarı üretiminde de artış söz konusudur. Talebe bağlı bu artış ile kestane mantarının *Agaricus* cinsi içindeki payı %8'lere ulaşmıştır.



Şekil 4. Yıllara göre Türkiye'de mantar üretiminin cinslere göre dağılımı

Dünyada ve Türkiye'de mantar tüketimi

Mantarlar, çeşitli besinsel ve sağlıksal faydalarının yanında lezzet ve tatları ile çok uzun süredir birçok ulus tarafından tüketilmektedirler (Pekşen, 2013). Mantarlar; protein, ham lif, vitamin, karbonhidrat ve mineraller açısından oldukça zengin, buna karşılık yağ ve kalori içeriği düşük besinlerdir. Minerallerce zengin mantarlar, özellikle birçok gıdada eksik olan selenyumun önemli bir kaynağıdır (Prange ve ark., 2019). Mantarların protein miktarları kuru ağırlıkta %12-35'tir (Thakur, 2020). Mantar

proteinleri; genellikle diyet gereksinimlerini karşılayabilen, hayvansal ve bitkisel kaynaklara kıyasla belirli ekonomik avantajları olan eksiksiz bir temel amino asit profiline sahiptir (González ve ark., 2020). Sebzelerde ve baklagillerde normalde eksik olan lizin, triptofan ve metionin gibi temel amino asitleri içerir ve mantar proteininin sindirilebilirliği mükemmeldir (Thakur, 2020). Yüksek protein içerikleri ve gerekli tüm amino asitleri sağlamaları nedeniyle vejetaryen ve vegan diyetler için tavsiye edilmektedir (Thakur, 2014; Krishnamoorthi ve

ark., 2022). Sağlıklı yaşam tarzının, vegan ve vejetaryen beslenmenin yaygınlaşması ve organik ürünlere olan ilginin artmasıyla birlikte mantar tüketiminin dünya genelinde giderek arttığı söylenebilir. Son çalışmalar, D vitamininin bağışıklığı güçlendirdiğini ve aşırı aktif bağışıklık tepkilerini önlediğini ortaya koymuştur. Bu nedenle D vitamini için tek vejetaryen diyet kaynağı olan mantarların gelecekteki diyet takviyelerinde hayati bir rol oynayacağı öngörülmektedir (Shirur ve ark., 2021). Ayrıca mantarlarda bulunan çok sayıda biyoaktif bileşiğin insan sağlığı üzerinde yararlı etkileri vardır (Łysakowska ve ark., 2023).

Mantar tüketimi; ülkelerdeki mantar tüketim alışkanlıkları ve mantar üretim miktarlarına göre büyük değişiklik göstermektedir. Çin'de yıllık mantar tüketim miktarı kişi başına yaklaşık 2013 yılında 23.29 kg iken 2021 yılında 63.82 kg'a yükselmiştir (Li ve Xu, 2022). ABD'de tüketim kişi başına yılda yaklaşık 1.3 kg ve İran'da ise 1.2 kg'dır (Singh ve ark., 2020). Rusya'da yetiştirilen mantarların yıllık kişi başına tüketimi yaklaşık 1 kg'dır (Devochkina ve ark., 2018). Avustralya'da kişi başına düşen yıllık mantar tüketimi 1974 yılında 0.6 kg iken günümüzde 3.0 kg'ın üzerine çıkmıştır (Singh ve ark., 2020). Avrupa'da kişi başına düşen yıllık mantar tüketimi İngiltere'de 3-4 kg, Polonya'da 2.2 kg, Hollanda'da 1.8 kg, Almanya'da 1.6 kg ve Macaristan'da 1.5-1.6 kg'dır. Avrupa'da ortalama mantar tüketimi kişi başına yıllık yaklaşık 3 kg'dır (URL-2). Royse ve ark. (2017), dünya kişi başına düşen mantar tüketiminin 1997 yılında 1 kg'dan 2013 yılında 4.7 kg'a yükseldiğini bildirmişlerdir.

Türkiye'de kültür mantarı üretimine 1970'li yıllarda başlanılmıştır, dolayısıyla kültür mantarı tüketim alışkanlığı çok eskilere dayanmamaktadır. Kültür mantarlarının doğa mantarlarına göre zehirsiz olmaları ve korkusuzca tüketilebilmeleri, her mevsim bulunabilmesi, besin değerinin anlaşılması ve en önemlisi mantar üretimindeki artışa bağlı olarak tüketim miktarlarında da artış meydana gelmiştir. 2000'li yıllarda 327.3 g olan tüketim miktarı, 2023 verilerine göre 996 g'a yükselmiştir (Şekil 2). Dünya mantar tüketim miktarları ile karşılaştırıldığında bu değer oldukça düşüktür.

Mantar yetiştiriciliğinde sürdürülebilirlik

Mantar üretiminde hammadde kalitesi ve bulunabilirliğinin azalması, hammadde fiyatlarının artması, torf kullanımı, enerji maliyetleri, pestisit kullanımı ve açığa çıkan atıklar ciddi endişeler yaratmaktadır. Mantarlara olan küresel talep artmaya devam ettikçe mantar tesislerinin üretkenliğini, sürdürülebilirliğini ve verimliliğini artırabilecek yenilikçi yaklaşımları araştırmaya olan ihtiyaç giderek artmaktadır (Rukhiran ve ark., 2023). Bu bölümde mantar yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliği ve sorunların giderilmesindeki yeni yaklaşımlar üzerinde durulmuştur.

Farklı mantar türlerinin üretiminde kullanılan yetiştirme ortamları çok büyük çeşitlilik göstermektedir. Talaş, tahıl sap ve samanı, mısır koçanı ve mısır sapı, pamuk atıkları, Hindistan cevizi lifi, muz yaprakları, şeker kamışı posası, şeker kamışı yaprakları, kahve atıkları, çay atıkları, fındık zurufu, pirinç kepeği ve buğday kepeği gibi birçok atık farklı mantar türlerinin yetiştiriciliğinde kullanılmaktadır. Bu yönü ile mantar yetiştiriciliği tarımsal atıkların geriye dönüşümünü sağlayarak çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunan bir sektördür. Mantar yetiştiriciliğinde yetiştirme substratının bulunabilirliğinin sınırlı olması, yerel mantar üretimini engeller. Bu sorunla başa çıkmanın yolu potansiyel yeni substratların kullanımınıdır. Bu nedenle ülkelere ve bölgelere göre farklı tarımsal atıkların mantar yetiştiriciliğinde kullanımına yönelik birçok çalışma yapılmış ve yapılmaya da devam edilecektir.

Mantar yetiştiriciliğinde sürdürülebilirlikle ilgili sorunlardan biri de özellikle yetiştiricilik sırasında örtü toprağı kullanımı gereken *A. bisporus* gibi türler için örtü toprağıdır. Örtü toprağı olarak en yaygın kullanılan materyal torftur (Gülser ve Pekşen, 2003; Eren ve Boztok, 2013). Mantar yetiştiriciliğinin artmasına bağlı olarak torf ihtiyacının artması, sulak alanların hızla tükenmesi, torf eldesi sırasında doğanın tahribatı, torf yataklarının kalitesindeki azalma, istenilen miktarda bulunamaması ve maliyetinin yüksek olması gibi sorunlar örtü toprağı olarak torfa alternatif materyal ve karışımların araştırılmasına yönelik çalışmalara hız verilmesini gerekli kılmaktadır (Duran ve ark., 2023). Genel olarak torfa alternatif ürünlerin kullanımının artması; torf arazilerinin sömürülmesi ve kaynak kullanımıyla ilgili olumsuz çevresel etkilerin azaltılmasında ciddi bir potansiyele sahiptir (Goglio ve ark., 2024). Torfla ilgili sorunlar nedeniyle İngiltere'de 2024'ten itibaren torfun perakende satışının yasaklanacağı belirtilmektedir. Alman hükümeti, iklim koruma programında mantar yetiştiriciliği de dahil olmak üzere bahçecilik sektörünün 2030 yılına kadar torfsuz hale gelmesi gerektiğini şart koşmuştur. Bu, mantar yetiştiricileri de dahil olmak üzere torfun kullanıldığı diğer tarımsal üretimler için büyük bir zorluk teşkil etmektedir (URL-3). Başlıca torf tedarikçileri olan İngiltere, İrlanda ve Almanya'nın torf çıkarımını aşamalı olarak sonlandırmayı düşünmesi mantar sektörünün geleceğe hazır olması için sürdürülebilir alternatiflere ihtiyacı olduğunu göstermektedir. *A. bisporus* üretiminde perlit, pomza, talaş, çay atığı, kompostlanmış asma sürgünleri, kâğıt atıkları ve kâğıt kompostu, Hindistan cevizi lifi, vermikompost, biyogaz atığı, fermente mısır silajı, topraksız tarımda kullanıldıktan sonra açığa çıkan Hindistan cevizi lifi ve gül posası kompostu gibi materyallerin örtü toprağı olarak kullanım durumu araştırılmıştır. Yerel malzemelerden alternatif bir örtü

toprağının geliştirilmesi potansiyel olarak maliyet tasarrufu sağlayacak, nakliye gecikmelerini önleyecek ve mantar endüstrisinin sürdürülebilirliğini artıracaktır. Ancak Hindistan cevizi lifi, yeşil kompost, atık kâğıt veya kullanılmış torf ürünlerinin geri dönüştürülmesi (örneğin, örtü toprağı) mantar yetiştiricileri için henüz istenen başarıyı getirmemiştir. Torfa alternatif atıklar arasında en yaygın kullanılan atık mantar kompostudur. Örtü toprağı olarak atık mantar kompostunun kullanılması üretim maliyetini ve çevre kirliliğini azaltabilir. Taze atık mantar kompostunun tuz içeriğinin yüksek olması doğrudan kullanımını engellemektedir (Pekşen ve Yamaç, 2016). Bu konuya çözüm alternatiflerinin aranması gerekmektedir. Kompostlaştırılmış asma budama atıkları ve kâğıt ve karton atıklarının örtü materyali olarak kullanımında yeşil küf miktarının oluşum riski artabilmektedir (Pardo ve ark., 2003). Bu nedenle örtü materyallerinin verim ve kalite üzerine etkileri yanında hastalık oluşumu üzerine etkileri de bilinmelidir. Bu konuda yapılmış çok sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Polat ve Önel (2021) perlit ortamına katı, sıvı ve sıvı+katı formda karıştırılan vermikompostun mantar verimine ve örtü toprağı kaynaklı hastalık ve zararlı yönetimine çözüm olabileceğini bildirmişlerdir. Bu nedenle sonuçlarla ilgili Türk Patent Enstitüsüne (26/06/2019 tarih ve 2019/09514 sayı) başvuruda bulunulmuştur. Torfa alternatif örtü toprağı materyaline yönelik çalışmalarda mantar verimine, kalitesine ve hastalık oluşumuna etkilerine yönelik gelecekte detaylı çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

Enerji ve kaynakların optimum ve verimli kullanımı sürdürülebilir tarım için temel koşuldur. Ülkemizde mantar üreticileri için enerji maliyetleri büyük bir sorun teşkil etmektedir. Girdi ve enerji maliyetlerinin yüksek olması, kompost üretim maliyeti ve satış fiyatlarının da yüksek olmasına neden olmaktadır. Ayrıca enerji kullanımı ile sera gazı emisyonları arasında sıkı bir ilişki vardır ve girdi kullanımına bağlı çevresel ayak izlerini azaltmak için tarım sektöründe enerji kullanımını yönetmek gerekmektedir (Nabavi-Pelesaraei ve ark., 2023). Fosil yakıtlardan elde edilen enerjiyi, güneş enerjisi gibi daha temiz, yenilenebilir alternatiflerle değiştirerek daha çevre dostu ve ekonomik olması sağlanabilir. Mantar yetiştiriciliğinde güneş panelleri gibi yenilenebilir enerjiden yararlanılarak hem enerji maliyetini hem de karbon emisyonunu azaltmak mümkündür (El Kolaly ve ark., 2020; Rukhiran ve ark., 2023). Ülkemizde de güneş enerji sistemini kullanmaya başlayan mantar tesisleri bulunmaktadır. Ancak yenilenebilir enerjinin kullanıldığı işletme sayılarının artırılması, bunun için de devlet destekli projelendirme sayısının artırılması gerekmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının

kullanımının yaygınlaştırılması hem maliyetler hem de çevre açısından önemli avantajlar sağlayacaktır.

COVID-19 salgını, insanların daha sağlıklı yiyecekleri tercih etmeleri ve besin takviyelerini diyetlerine katmalarına neden olmuştur. Birçok araştırma, mantarların çeşitli rahatsızlıkları önlemek veya tedavi etmek için olağanüstü özelliklere sahip bileşenleri kapsadığını kanıtlamıştır. İklim değişikliği, arazi kıtlığı ve kötü tarım uygulamaları açlık sorununu daha da artırmaktadır. Mantar özellikle gelişmekte olan ve az gelişmiş ülkelerde sağlık ve beslenme sorunlarının giderilmesinde iyi bir çözüm olabilir. Ancak insanların çoğu mantarın besin ve farmasötik yönlerinden habersizdir. Bu nedenle bağımsızlığı güçlendirmek için mantarların düzenli tüketimi konusunda toplumda farkındalığın artırılması, besin ve tıbbi yönleri konusunda bilinçlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Mantarın tanınırlığının artması mutfak sektöründe önemli bir talep artışına neden olmaktadır. Bunun için yenilebilir mantarlar konusunda toplumun farkındalığının eğitim yoluyla artırılması sağlanmalıdır. Ayrıca yenilebilir mantarlardan besleyici sağlık ürünleri, atıştırmalıklar, yiyecekler ve içecekler gibi ürün geliştirilmesi tüketimi artıracaktır. Katma değerli ürün geliştirmeye yönelik araştırma çalışmalarına ağırlık verilmesi gereklidir. Mantarın taze tüketimi yanında konserve, salamura vb. birçok farklı yan ürün olarak da değeri gün geçtikçe artmaktadır. Mantarlar sağlıklı gıda bileşenleri ve/veya diyet takviyeleri sağlamada da rol oynarlar. Birçok çalışma mantarların gıda katkı maddesi olarak kullanıldığını bildirmektedir (Bulam ve ark., 2019). Ancak bu konularla ilgili kapsamlı çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

Mantarların besin ve biyoaktif madde içerikleri türe, ırka, kompost içeriğine, hasat sonrası işlemlere göre ciddi şekilde değişiklik gösterir. Bu durum özellikle mantar ürünlerinin klinik, tıbbi, nutrasötik gibi hassas uygulamalar için kullanıldığında ciddi bir endişe oluşturabilir. Verim ve besin kalitesi açısından maksimum çıktı için ideal koşulları belirleyen optimize edilmiş ve standartlaştırılmış bir üretim protokolü sağlanmalıdır. İlk paketten son pakete kadar her partide aynı kalitenin korunması için kalite yönetimi gereklidir. Pazar standartlarının karşılanması için kalite kontrolü çok önemlidir. Temiz ürün yani kimyasal kalıntısı olmayan ürün yetiştirilmelidir. Bu anlamda özellikle Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktası (HACCP) ve Euro-Perakendeci Ürünleri Çalışma Grubu-İyi Tarım Uygulamaları (EUREPGAP) sertifikalı ürün yetiştiriciliği teşvik edilmelidir.

Mantar veriminin artırılması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması için önemli konulardan biri de yüksek verim, kalite, hastalıklara dayanıklı (böylece pestisitlerin sınırlı kullanımı), abiyotik strese dayanıklı (böylece enerji tüketiminin azaltılması) ve fonksiyonel gıdaların veya

besin değerleri bakımından üstün çeşitlerin eldesine yönelik ıslah çalışmalarının yapılmasıdır. Türkiye’de mantar tohumluk çeşitlerinin tesciline olanak sağlayan mevzuat, 2019 yılında Tohum ve Sertifikasyon kuruluşu tarafından oluşturulmuştur (Eren ve Pekşen, 2019). Yalova Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsünde geliştirilen *P. ostreatus* türüne ait "Yaprak 77" ve *P. eryngii* türüne ait "Soylu 77" 2022 yılında tescil edilmiştir (Soylu ve ark., 2023). Yine *P. eryngii* türüne ait "Karbeyaz 100" çeşidinin de 2024 yılında tescilli gerçekleştirilmiştir (URL-4). Aynı enstitüde, Güney Kore ile iş birliği çerçevesinde ortak geliştirilen *P. ferulae* türüne ait "Brother Stone" çeşidinin tescil çalışmaları da devam etmektedir (Soylu ve ark., 2023). Ayrıca Atatürk Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü liderliğinde Ondokuz Mayıs Üniversitesi ve Çukurova Üniversitesi iş birliği ile "Enoki (*Flammulina velutipes*) Mantarının Şişe Kültürü Yetiştirme Tekniklerine Uygun Yerli Çeşit Islahı" isimli TÜBİTAK 1001 projesi yürütülmektedir. Projede yabancı ve ticari çeşitlerin kullanıldığı melezleme programlarıyla daha kısa sürede şişe kültürüne uygun ticari beyaz enoki mantar çeşit/çeşitlerinin geliştirmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Her ne kadar Türkiye’de çeşit geliştirmeye yönelik bu çalışmalar yapılıyor olsa da yeterli düzeyde değildir. Ülkemize özgü yerli çeşitlerin geliştirilmesi ve tohumluk misel üretiminin artırılması büyük önem taşımaktadır.

Mantar yetiştiriciliğinde üretim aşamalarında karşılaşılan hastalık ve zararlılar hem verim hem de kalite kayıplarına sebep olmaktadır. Dünyada ve Türkiye’de en yaygın hastalıklardan biri yeşil küftür. Yeşil küf, *Trichoderma* türleri ve zayıf patojeniteye sahip diğer yeşil küfler olan *Penicillium* ve *Aspergillus* tarafından oluşabilir. Yeşil küf; *A. bisporus* yanında *Pleurotus* türleri, *L. edodes* ve *Ganoderma lucidum* (Curt.: Fr.) P. Karst. (reysi, reishi ve lingzhi) gibi ticari olarak yetiştirilen mantarlarda da büyük ekonomik zararlara yol açabilmektedir (Šašić Zorić ve ark., 2023). Macaristan’da 2015 yılında yeşil küf, *A. bisporus* mantarı yetiştiriciliğinde ciddi ürün kayıplarına neden olmuştur (Hatvani ve ark., 2017). Eren ve Pekşen (2016), 2014 yılında 49 bin ton olan mantar üretim miktarının yeşil küf nedeniyle 2016 yılında 45 bin tona düştüğünü bildirmişlerdir. Yapılan bir çalışmada sciarid sinekleri [*Lycoriella ingenua* (Dufour) (Sciaridae)] ile yeşil küf (*Trichoderma aggressivum* Samuels & W. Gams) arasında ilişki bulunmuş ve sineklerin kontrol edilmesinin yeşil küf yayılmasını engellemede etkili olduğu belirtilmiştir (Coles ve ark., 2021). Türkiye’de yeşil küf dışında *A. bisporus* yetiştiriciliğinde en sık karşılaşılan fungal hastalık etmenleri örümcek ağı hastalığı [*Cladobotryum dendroides* (Bull.) W. Gams & Hooz (syn. *Dactylium dendroides* (Bull.) Fr.)], yaş kabarcık hastalığı (*Mycogone perniciosus* Magnus ex Delacr.), kuru kabarcık

hastalığı (*Verticillium fungicola* (Preuss) Hassebr.) ve yalancı domalan hastalığı [(*Diehlomyces microsporus* (Diehl & EB Lamb.) Gilkey (syn. *Pseudobalsamia microspora* Diehl & EB Lamb.)]’dir. İşletmelerde en sık görülen bakteriyel hastalık ise *Pseudomonas tolaasii* Paine etmeninin neden olduğu kahverengi bakteriyel leke hastalığıdır. Ciddi sorun oluşturan zararlılar ise sciarid, cecid ve phorid gibi mantar sinekleri, akarlar ve nematodlardır. Hastalık ve zararlılarla mücadelede ruhsatsız ilaç kullanımı ile kimyasal ilaçların bilinçsiz kullanımından kaynaklı sorunlar hem verim ve kalite hem de insan ve çevre sağlığı için tehdit oluşturmaktadır. Bu nedenle hastalık ve zararlıları en aza indirmek için öncelikle işletmelerde hijyen tedbirlerin alınması, pastörizasyon ve oda dezenfeksiyonunun uygun yapılması gerekmektedir. Son yıllarda işletmeler, hastalık ve zararlı mücadelesinde biyolojik preparat kullanımını tercih etmektedirler. Biyolojik mücadele preparatlarının bir kısmı kültür mantarına ruhsatlandırılmıştır. Ancak hastalık ve zararlılara karşı mücadelede biyolojik preparatlar geliştirilmesine yönelik çalışmalara öncelik ve destek verilmesi gerekmektedir. Mantar yetiştirme sürecinin başlangıcından itibaren işletmelerde düzenli olarak tarama yapılması, hastalık ve zararlıların erken teşhisi çok önemli bir husustur. Albayrak ve ark. (2024), *A. bisporus* üretiminde ciddi zarara neden olan hastalıkların erken teşhisi ve yönetimi amacıyla görüntü tabanlı veri seti oluşturulmasına yönelik bir çalışma yapmışlardır. Hastalık ve zararlılarla mücadelede mantar üretim odalarında hastalığın erken fark edilmesi, hastalığa sebep olan etmenin zamanında ve doğru teşhis edilmesi, uygun mücadele yöntemlerinin uygulanması verim ve kalite kayıplarının azalması için gereklidir.

Egzotik türlerin yetiştiriciliğinde üretim sırasında karşılaşılan sorunlardan biri de sporlardır. Sporlar, üreticiler için sağlık sorunlarına, mantarlar üzerinde birikerek mantarların ticari değerinin azalmasına ve tesislerde kirliliğe yol açarak büyük sorun oluşturabilmektedirler. Nishida ve Yatera (2022), spor soluyan mantar üreticilerinin %3.5-29.0’unda astım ve aşırı duyarlılık pnömonisi gibi ciddi solunum bozuklukları meydana geldiğini bildirmişlerdir. Bu sorunların giderilmesi amacıyla *P. ostreatus* (Baars ve Heslen, 2008; URL-5) ve *L. edodes* (Joung ve ark., 2021; Kim ve ark., 2023) gibi türlerde sporsuz çeşitler geliştirilmiştir ve geliştirilmeye de devam edilmelidir.

Dünya çapında mantar endüstrisinde, geleneksel torba veya blok yetiştirme yöntemleri hala yaygındır. Mantar yetiştiriciliği sırasında plastik torbalar ve blok kaplamalar tek kullanımlıdır. Egzotik türlerde torba yetiştiriciliğinden sonra açığa çıkan ısıya dayanıklı torbalar ve *Agaricus* yetiştiriciliğinden sonra açığa çıkan polietilen torbalar önemli bir atık sorunu oluşturmaktadır.

Ayrıca, atık mantar kompostunun kullanımı sırasında plastik film atıkları ciddi sorun teşkil etmektedir. Okuda (2022) mantar türlerini yetiştirmek için yılda yaklaşık 1 milyon ton polipropilen ve yüksek yoğunluklu polietilenden (HDPE) yapılan torba kullanıldığını ve bunların ciddi çevre kirliliğine yol açtığını bildirmiştir. Avustralya'da Queensland Üniversitesi Australian Institute for Bioengineering and Nanotechnology bölümünde bir araştırmacı olan Dr. Nasim Amiralian liderliğindeki araştırma grubu, Queensland'daki Scenic Rim Mushrooms ile iş birliği içinde başlattığı proje kapsamında mantar yetiştiriciliği için biyobozunur plastik poşet geliştirmektedir. Amaç mantar endüstrisinde giderek artan bir sorun haline gelen plastik atık miktarını azaltmaktır (URL-6). Ülkemizde de buna yönelik çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

Mantarların hasat sonrası kaliteleri ve kısa raf ömürleri, ekonomik değerini sınırlayan bir dezavantajdır. Mantarların oda sıcaklığında (20-25°C) raf ömrü genellikle 1-3 gündür, bu da özellikle hasat sonrası dağıtımda ciddi bir sorundur ve endüstriyel ekonomik kayıplara yol açar (Zhang ve ark., 2018). Dünya nüfusunun ve gıdaya olan talebin artması ve sınırlı doğal kaynaklar gıda israfının önlenmesini zorunlu kılmaktadır. Mantarlarda mikrobiyal saldırılara veya mekanik hasara direnecek kütikül eksikliği, diğer sebzelerle karşılaştırıldığında çok daha kısa raf ömrüne neden olmaktadır (Khan ve ark., 2014; Zhang ve ark., 2018). Mantarların raf ömrünü uzatmak için giderek artan çeşitlilikte işleme veya koruma teknikleri geliştirilmektedir. Düşük sıcaklıkta depolama, kurutma, ışınlama, antimikrobiyal ve anti-kahverengileştirici maddelerle yıkama, kaplama, ozon ve paketleme gibi yöntemlerle mantar kalitesi korunarak muhafaza süresinin artırılmasına çalışılmaktadır (Abdelshafy ve ark., 2023; Guo ve ark., 2023; Guo ve ark., 2024). Kurutma ve dondurma dahil olmak üzere ısı işlemler en popüler işleme yöntemleridir. Aljinat, kitosan, jelatin ve bitki proteinleri gibi yenilebilir kaplamalar, özellikle yenilebilirlikleri ve sürdürülebilirlikleri nedeniyle büyük ilgi görmektedir (Cao ve ark., 2024). Çavuşoğlu ve ark. (2021) sakız, agar, sodyum aljinat, yumurta akı proteini ve lesitin kaplama ile *A. bisporus* mantarının kalitesi ve depolama ömrünün korunmasına yönelik çalışma yapmışlardır. Çalışma sonucunda, bu yenilebilir kaplamaların uzun süreli depolamada *A. bisporus* mantarının kalitesini korumak için ticari uygulamalarda yeni kaplamalar olarak kullanılabilirliği bildirilmiştir. Son yıllarda yapılan çalışmalar modifiye atmosfer ambalaj (MAP), aktif ambalaj (ACP), biyolojik olarak parçalanabilir film ambalaj (BFP) ve nanokompozit ambalaj (NCP) kullanarak mantarların yumuşamasının, kahverengileşmesinin, besin ve lezzet kaybının etkili bir

şekilde kontrol edilebileceğini göstermiştir (Feng ve ark., 2023). Mantarların korunmasında sürdürülebilir ambalajların geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Birçok ülke gıda ambalajlarının sürdürülebilir üretimini teşvik etmek ve böylece çevresel etkilerini azaltmaya yardımcı olmak üzere yasal düzenlemeler yapmaktadır (Castellanos-Reyes ve ark., 2021). Yenilebilir mantarların hasat sonrası kalitesini korumak ve muhafazasını sağlamak amacıyla güvenli, çevre dostu ve etkili teknikler geliştirmesi mantar sektörünün sürdürülebilir gelişimine katkıda bulunacaktır.

Mantar endüstrisindeki en büyük sorunlardan biri de atık mantar substratının/kompostunun bertaraf edilmesidir. Bir kg mantar üretimi için yaklaşık 5 kg atık mantar substratı üretilmektedir (Lau ve ark., 2003). Dünya mantar üretimi 48.33 milyon ton olduğuna göre dünyada açığa çıkan atık mantar substratı miktarı yaklaşık 241.65 milyon tondur. Türkiye'de 2023 yılı verilerine göre bu değer 425 bin ton civarındadır. Mantar üretimindeki artış bu atık miktarlarının daha da artması anlamına gelmektedir. Atık mantar substratlarının yakma, gömme ve depolama gibi mevcut yöntemlerle imhası önemli çevresel riskler oluşturmakta ve çevre kirliliğine yol açmaktadır. Çevresel riskler arasında su kaynaklarının kirlenmesi, ötrofikasyon ve hava kirliliği yer almaktadır (Gong ve ark., 2019; Lam ve ark., 2019; Mahari ve ark., 2020). Bu nedenlerden dolayı atık mantar substratının acil olarak değerlendirilmesine ihtiyaç vardır. Atık mantar substratı, sıfır atık yaklaşımını destekleyen katma değerli ürünlerin elde edilmesi için kaynak olabilir ve birçok alanda değerlendirilebilir (Pekşen ve Yamaç, 2016; Nanje Gowda ve Chennappa, 2021). Atık mantar substratı; mantar yetiştiriciliğinde ortam, gübre, toprak düzenleyici, vermikompost üretimi, hayvan yemi, biyokömür ve enzim üretimi gibi alanlarda kullanıldığı gibi yenilenebilir enerji üretiminde (biyogaz, biyoetanol, biyo-ham petrol ve biyo-yağ üretimi veya biyohidrojen) hammadde, ve biyoremediasyon ajanı olarak da değerlendirilebilir (Pekşen ve Yamaç, 2016; Yamaç ve Pekşen, 2016; Pérez-Chávez ve ark., 2019; Grimm ve ark., 2021; Umor ve ark., 2021; Leong ve ark., 2022; Jasinska, 2023; Kousar ve ark., 2024). Değerlendirme yöntemleri, atık mantar substratından kaynaklanan çevre kirliliğini azaltabilir ve mantar yetiştiriciliğinde döngüsel bir ekonomi oluşturmaya yönelik atık yönetim stratejilerinin geliştirmesini sağlayabilir. Ancak bu değerli yan ürünün hala sürdürülebilir bir şekilde yeniden kullanımı yeterli düzeyde değildir. Mantar endüstrisinin sürdürülebilirliği için atık mantar kompostunun değerlendirilmesi amacıyla daha fazla araştırmaya ihtiyaç bulunmaktadır.

Sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma için petrol bazlı ürünlere olan bağımlılığın azaltılması, yenilenebilir kaynak kullanımı, atık oluşumunun

azaltılması, atıkların tekrar malzeme döngüsüne dahil edilmesi ve atıkların çevreye zarar vermemesi (atıkların biyoçözünürlüğünün artırılması) büyük önem taşımaktadır. Mantar miselyumu, lignoselülozik malzemeleri parçalama ve yalıtım sağlayan, yanmaz veya hidrofobik özelliklere ve geliştirilmiş mekanik mukavemete sahip kompozit ağlar oluşturma kapasitesine sahiptir. Miselyum bazlı malzemeler; biyolojik olarak parçalanabilir, yenilenebilir kaynaklı, düşük maliyetli ve üretilmeleri için çok az enerji ve girdi gerektirmeleri nedeniyle plastik bazlı malzemelere iyi bir alternatif olarak ön plana çıkmaktadırlar (Jones ve ark., 2020). Petrol bazlı ürünlere çevre dostu bir alternatif olarak üretilen miselyum bazlı malzemeler; ambalaj malzemeleri, tuğla, akustik panel, yalıtım paneli, duvar paneli, yanmaz malzemedan deriye ve kıyafetlere kadar çeşitli alanlarda kullanılabilir (Holt ve ark., 2012; Pelletier ve ark., 2013; Jones ve ark., 2018; Xing ve ark., 2018; Wimmers ve ark., 2019; Attias ve ark., 2020; Lingam ve ark., 2023).

Son yıllarda, mantarların biyomalzeme üretiminde kullanılmasına yönelik çalışmalara akademik ve ticari alanlarda ilginin giderek arttığı ve ürünlerin küresel endüstride yer aldığı görülmektedir. Özellikle son 10 yılda miselyum malzemesi ile ilgili şirket ve patent sayısında ciddi bir artış olmuştur (Jones ve ark., 2017). Ecovative (URL-7), Mycoworks (URL-8), Bolt Threads (URL-9) ve Grado Zero Espace (URL-10) gibi firmalar bu konuda önde gelen firmalardır. MycoWorks ve Ecovative Design gibi şirketler mobilya, ambalaj, deri ikameleri ve inşaat malzemeleri gibi miselyum bazlı ürünler geliştirmiştir. Ecovative şirketi ürettiği mantar deriyi "Forager", MycoWorks şirketi "ReishiTM", Bolt Threads şirketi "MyloTM" ve Grado Zero Espace şirketi ise "Muskin" adıyla ticarileştirmiştir. Mantar veya miselyum derisi, görünüm ve dayanıklılık açısından hayvan derisine çok benzer bir yapıdadır. Mantar tabakası Muskin doğada yetişen ve subtropikal ormanlardaki ağaçlara saldıran bir parazit mantar olan *Phellinus ellipsoideus* (B.K. Cui & Y.C. Dai) B.K. Cui, Y.C. Dai & Decock türünden elde edilmektedir (URL-11). Miselyum bazlı kompozitlerle ilgili önde gelen diğer bir şirket ise MyCoPlast'dır. Bu şirket yakın zamanda Mogu (URL-12) olarak yeniden yapılandırılmıştır. Şirket iç mekân ve ürün tasarım uygulamaları için sürdürülebilir alternatifler geliştirmektedir. Bu şirketler, yenilikçi uygulamalarını ve üretim yöntemlerini web siteleri ve sosyal medyada paylaşmaktadır. Bu girişimlerin başarısı, ekonomik ve çevre dostu sürdürülebilir teknolojilere yönelik pazardaki artan talebi göstermektedir (Jones ve ark., 2020; Bitting ve ark., 2022).

Miselyum bazlı biyokompozitler konusundaki çalışmalar özellikle 2015'ten sonra hız kazanmıştır.

Ülkemizde de bu konuda sınırlı sayıda da olsa çalışmalar yapıldığı görülmektedir (Kutbay ve ark., 2021; Avinç ve Selçuk, 2024; Gezer ve ark., 2024; Koparan ve ark., 2024; Kuştaş ve Gezer, 2024). Yeni bir alan olmakla birlikte gelecekte bu konu ile ilgili hem akademik araştırmaların hem de endüstriyel alanda yapılacak çalışmaların artacağı ön görülmektedir. Üretimde kullanılacak substratların türü ve özellikleri, mantar türleri ve bu türler ile substrat arasındaki büyüme, seri üretim için parametrelerin belirlenmesi gibi birçok konuda daha fazla araştırmaya ihtiyaç bulunmaktadır. Tesislerdeki altyapı eksikliği ve zorlu ölçeklendirme süreçleri de endüstriyel üretim için sınırlayıcı faktörlerin başında gelmektedir. Bu nedenle de ölçeklenebilirlik (örneğin uzun üretim döngüleri, kontaminasyon riski, karmaşık çok adımlı üretim süreçleri), tekrarlanabilirlik (örneğin eksik standardizasyon düzeyleri) ve otomasyondaki eksiklikler için uygulanabilir çözümlere ihtiyaç duyulmaktadır (Bitting ve ark., 2022).

Türkiye mantar sektörünün mevcut sorunları ile ilgili çözüm yolları

Ülkemizde mantar üretimi büyüme eğilimindedir. Ancak sermaye ve eğitim olmaksızın işletme kurulumu mantar sektöründeki devamlılığın önündeki en büyük engellerden biridir. Mantar sektöründeki bu büyümenin devamlılığının sağlanması için öncelikle mantar yetiştiriciliğinde temel bilgi ve deneyimin artırılması gerekmektedir. Bu sektör, iş gücü yoğunluğu nedeniyle küçük ve orta ölçekli işletmelere ve kırsal kesimdeki nüfusa gelir sağlayabilir. Bununla birlikte sektördeki büyüme ve devamlılık için endüstriyel ölçekte tesislerin kurulması gerekmektedir. Türkiye mantar sektörünün hem iç hem de dış pazarda güçlendirilmesi için araştırma ve geliştirme çalışmalarına ihtiyaç bulunmaktadır. Sektörel anlamda yapılacak yatırımların yanında yeni kurulacak üretim tesislerinde görev alacak teknik personel ihtiyacının da artacağı aşikârdır. Bu da eğitimli ve deneyimli personel yetiştirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Ülkemizde mantar sektörünün resmi makamlar tarafından çözülmesi gereken problemleri de giderek artmaktadır. 2014 yılında ilki gerçekleştirilmiş olan I. Yemeklik Kültür Mantarı Çalıştay'ında alınan kararlar ile sektöre destek sağlayacak birçok madde çözüme ulaştırılmıştır. Sektörün sorunlarının dile getirilmesi ve çözüm yollarının ortaya konulabilmesi için üniversite, kamu ve özel sektörün bir araya geldiği toplantıların düzenlenmesi büyük önem taşımaktadır.

Mantar sektöründeki devamlılık ve büyümenin devamı için aşağıdaki hususların öncelikle çözümlenmesi gerekmektedir.

1) Mantar çeşitliliği ortaya konulmalı, keşfedilmeli ve korunmalıdır.

2) Sektörde yetiştiriciliği yapılan tür sayısı artırılmalıdır.

3) Verim ve kaliteli üretim için yeni çeşitler geliştirilmelidir.

4) Kaliteli tohumluk misel kullanımına hassasiyet gösterilmelidir.

5) Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı sağlanmalıdır.

6) Kompost yapımı ve örtü toprağı formülasyonları geliştirilmeli ve üretimde kullanılmaları sağlanmalıdır.

7) Özellikle kompost yapımında hazırlanacak reçetede kullanılacak materyallerin ve kompostların Faz I ve Faz II aşaması sonunda analizleri yapılarak kompostta bir standardın oluşturulması sağlanmalıdır. KDV oranları yeniden düzenlenmelidir.

8) Mantar üretim aşamasında kültürel işlemlerde mekanizasyon ve üretim teknolojileri geliştirilmelidir.

9) Mantar üretiminde biyotik ve abiyotik faktörlerin yönetilmesine yönelik çalışmalar yapılmalıdır. Hastalık ve zararlılar için entegre mücadele yöntemleri ortaya konulmalıdır. Özellikle kimyasallara karşı hastalık ve zararlıların etkinliğinin giderek azalması ve toplum sağlığı dikkate alındığında biyolojik ve biyoteknik mücadele yöntemlerinin kullanımının yaygınlaşması sağlanmalıdır.

10) Muhafaza ve katma değeri yüksek ürünlerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmalıdır.

11) Sürdürülebilir bir tüketim için tüketimi teşvik eden faktörler ve tüketici tercihlerinin nasıl değiştirilebileceği gibi konular araştırılarak ortaya konulmalıdır.

12) Açığa çıkan atık mantar kompostunun geri kazanımı ve farklı alanlarda kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.

13) Mantar üretiminin sürdürülebilirliğe katkıları konusunda farkındalık oluşturulmalı ve mantar üretiminin gelecekteki sürekliliği sağlanmalıdır.

Sonuç

Türkiye’de üretilen kültür mantarının tüketimi karşılama oranı halen %75 seviyelerindedir. Giderek artan tüketim miktarı ve tam olarak karşılanamayan pazar oranı dikkate alındığında ülkemizde önümüzdeki süreç içerisinde kültür mantarı sektörüne yapılacak yatırımların devam edeceği aşıkardır. Bu kapsamda sadece mantar üretim sektörünün değil, bu sektöre hizmet eden tüm tedarik sektörlerinin de gelişimi devam edecektir. Mantar sektörünün hem iç hem de dış pazarda rekabet gücünün artırılabilmesi için mantar türlerinin çeşitlendirilmesi, misel kalitesinin iyileştirilmesi ve ileri üretim teknolojilerinin uygulanması gerekmektedir. Atık mantar substratının geri dönüşümü ve entegre zararlı yönetimi gibi sürdürülebilir uygulamalar, sektörün uzun vadeli sürdürülebilirliği için önem arz etmektedir. Mantar yetiştiriciliği, lignoselülozik tarımsal atıkları protein açısından zengin gıdaya dönüştüren sürdürülebilir bir tarım modelidir. Disiplinler arası iş birliği ile mantarların beslenme ve sağlık işlevselliği yanında ekonomik büyüme ve acil çevresel sorunların çözümüne yönelik çalışmalar yapılmalıdır. Mantarların sürdürülebilirliğe katkısı konusunda farkındalık oluşturulmalıdır.

Yazar Katkıları

Tüm yazarlar eşit katkıya sahiptir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Etik Beyanı

Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan olunur (Aysun PEKŞEN, Erkan EREN).

Kaynaklar

- Abdelshafy, A. M., Luo, Z., Belwal, T., Ban, Z., ve Li, L. (2023). A comprehensive review on preservation of shiitake mushroom (*Lentinus edodes*): techniques, research advances and influence on quality traits. *Food Reviews International*, 39(5), 2742-2775.
- Albayrak, Ü., Gölcük, A., ve Aktaş, S. (2024). *Agaricus bisporus*' ta görüntü tabanlı hastalık sınıflandırması için kapsamlı veri seti. *Mantar Dergisi*, 15(1), 29-42.
- Attias, N., Danai, O., Abitbol, T., Tarazi, E., Ezov, N., Pereman, I., ve Grobman, Y. J. (2020). Mycelium bio-composites in industrial design and architecture: Comparative review and experimental analysis. *Journal of Cleaner Production*, 246, 119037.
- Avinç, G. M., ve Selçuk, S. A. (2024). Bio-design as a basis for the creation of new architectural materials: Experience of the Faculty of Architecture of Gazi University. *Civil Engineering and Architecture*, 12(2), 643-667.
- Baars, J., ve Hesen, H. (2008). Experience with sporeless strains of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) in commercial production. *Mushroom Science*, 17, 774-87.
- Bitting, S., Derme, T., Lee, J., Van Mele, T., Dillenburger, B., ve Block, P. (2022). Challenges and opportunities in scaling up architectural applications of mycelium-based materials with digital fabrication. *Biomimetics*, 7(2), 44.
- Bulam, S., Pekşen, A., ve Üstün, N. Ş. (2019). Yenebilir ve tıbbi mantarların gıda ürünlerinde kullanım potansiyeli. *Mantar Dergisi*, 10(3), 137-151.
- Cao, Y., Wu, L., Xia, Q., Yi, K., ve Li, Y. (2024). Novel post-harvest preservation techniques for edible fungi: A review. *Foods*, 13(10), 1554.
- Castellanos-Reyes, K., Villalobos-Carvajal, R., ve Beldarrain-Iznaga, T. (2021). Fresh mushroom preservation techniques. *Foods*, 10(9), 2126.
- Coles, P. S., Mazin, M., ve Nogin, G. (2021). The association between mushroom sciarid flies, cultural techniques, and green mold disease incidence on commercial mushroom farms. *Journal of Economic Entomology*, 114(2), 555-559.
- Çavuşoğlu, S., Uzun, Y., Yılmaz, N., Ercişli, S., Eren, E., Ekiert, H., Elansary, H. O., ve Szopa, A. (2021). Maintaining the quality and storage life of button mushrooms (*Agaricus bisporus*) with gum, agar, sodium alginate, egg white protein, and lecithin coating. *Journal of Fungi*, 7(8), 614.
- De Cianni, R., Varese, G. C., ve Mancuso, T. (2023). A further step toward sustainable development: The case of the edible mushroom supply chain. *Foods*, 12(18), 3433.
- Devochkina, N. L., Dugunieva, L. G., Razin, A. F., Ivanova, M. I., ve Nurmetov, R. D. (2018). Investment attractiveness of the industrial mushroom production. *Economics of Agriculture of Russia*, 11, 52-59.
- Duran, H., Pekşen, A., ve Eren, E. (2023). Vermicompost, rose oil processing waste compost, and spent coconut fiber as casing material in button mushroom cultivation. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 13(5), 4317-4329.
- El Kolaly, W., Ma, W., Li, M., ve Darwesh, M. (2020). The investigation of energy production and mushroom yield in greenhouse production based on mono photovoltaic cells effect. *Renewable Energy*, 159, 506-518.
- Eren, E., ve Boztok, K. (2013). Farklı artık materyallerin *Agaricus bisporus* mantar üretiminde örtü toprağı olarak kullanılabilirlikleri. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 3(1), 9-16.
- Eren, E., Çetin, M., ve Pekşen, A. (2021). Torba ve blok pres yetiştirme sistemlerinin *Agaricus bisporus* mantarının verim ve morfolojik özellikleri üzerine etkisi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 7(2), 210-216.
- Eren, E., ve Pekşen, A. (2014). Türkiye'de kültür mantarı üretimi, sorunları ve çözüm yolları. 1. *Ulusal Mikoloji Günleri (1-4 Eylül 2014) Özet Kitabı*, (s 29), Erzurum.
- Eren, E., ve Pekşen, A. (2016). Türkiye'de kültür mantarı sektörünün durumu ve geleceğine bakış. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 4(3), 189-196.
- Eren, E., ve Pekşen, A. (2019). Türkiye'de kültür mantarı üretimi ve teknolojik gelişmeler. *Mantar Dergisi*, 10(3), 225-233.
- Erkal, S., ve Aksu, Ş. (2000). Türkiye'de kültür mantarı sektöründeki gelişmeler ve işletmelerin yapısal özellikleri. *Türkiye 6. Yemeklik Mantar Kongresi (20-22 Eylül 2000)*, 55-68, Bergama, İzmir.
- FAO (Food and Agricultural Organization) (2024). <http://www.fao.org>, (Erişim tarihi: 05.10.2024).
- Feng, Y., Xu, H., Sun, Y., Xia, R., Hou, Z., Li, Y., Wang, Y., Pan, S., Fan, Y., Zhu, J., ve Xin, G. (2023). Review of packaging for improving storage quality of fresh edible mushrooms. *Packaging Technology and Science*, 36(8), 629-646.
- Gezer, E. D., Uçar, E., ve Gümüşkaya, E. (2024). Physical and mechanical properties of mycelium-based fiberboards. *BioResources*, 19(2), 3421.
- Ghafoor, A., ve Niazi, A. R. (2024). *Pleurotus* spp: an ultimate solution to the emerging calamities of the world. *New Zealand Journal of Botany*, 1-38.
- Goglio, P., Ponsioen, T., Carrasco, J., Milenkovi, I., Kiwala, L., Van Mierlo, K., Helmes, R., Tei, F., Oosterkamp, E., ve Pérez, M. (2024). An environmental assessment of *Agaricus bisporus* ((JE Lange) Imbach) mushroom production systems across Europe. *European Journal of Agronomy*, 155, 127108.
- Gong, X., Li, S., Carson, M. A., Chang, S. X., Wu, Q., Wang, L., An, Z., ve Sun, X. (2019). Spent mushroom substrate and cattle manure amendments enhance the transformation of garden waste into vermicomposts using the earthworm *Eisenia fetida*. *Journal of Environmental Management*, 248, 109263.
- González, A., Cruz, M., Losoya, C., Nobre, C., Loreda, A., Rodríguez, R., Contreras, J., ve Belmares, R. (2020). Edible mushrooms as a novel protein source for functional foods. *Food & Function*, 11(9), 7400-7414.

- Grimm, D., Kuenz, A., ve Rahmann, G. (2021). Integration of mushroom production into circular food chains. *Organic Agriculture*, 11(2), 309-317.
- Guo, Y., Chen, X., Gong, P., Wang, R., Qi, Z., Deng, Z., Han, A., Long, H., Wang, J., Yao, W., Yang, W., Wang, J., ve Li, N. (2023). Advances in postharvest storage and preservation strategies for *Pleurotus eryngii*. *Foods*, 12(5), 1046.
- Guo, W., Tang, X., Cui, S., Zhang, Q., Zhao, J., Mao, B., ve Zhang, H. (2024). Recent advance in quality preservation of non-thermal preservation technology of fresh mushroom: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(22), 7878-7894.
- Gülser, C., ve Pekşen, A. (2003). Using tea waste as a new casing material in mushroom (*Agaricus bisporus* (L.) Sing.) cultivation. *Bioresource Technology*, 88(2), 153-156.
- Hatvani, L., Kredics, L., Allaga, H., Manczinger, L., Vágvölgyi, C., Kuti, K., ve Geösel, A. (2017). First report of *Trichoderma aggressivum* f. *aggressivum* green mold on *Agaricus bisporus* in Europe. *Plant Disease*, 101(6), 1052.
- Holt, G. A., Mcintyre, G., Flagg, D., Bayer, E., Wanjura, J. D., ve Pelletier, M. G. (2012). Fungal mycelium and cotton plant materials in the manufacture of biodegradable molded packaging material: Evaluation study of select blends of cotton byproducts. *Journal of Biobased Materials and Bioenergy*, 6(4), 431-439.
- Jasinska, A. (2023). Sustainability of mushroom cultivation systems. *Horticulturae*, 9(11), 1191.
- Jones, M., Bhat, T., Huynh, T., Kandare, E., Yuen, R., Wang, C. H., ve John, S. (2018). Waste-derived low-cost mycelium composite construction materials with improved fire safety. *Fire and Materials*, 42(7), 816-825.
- Jones, M., Huynh, T., Dekiwadia, C., Daver, F., ve John, S. (2017). Mycelium composites: a review of engineering characteristics and growth kinetics. *Journal of Bionanoscience*, 11(4), 241-257.
- Jones, M., Mautner, A., Luenco, S., Bismarck, A., ve John, S. (2020). Engineered mycelium composite construction materials from fungal biorefineries: A critical review. *Materials & Design*, 187, 108397.
- Joung, E. Y., Jung, H. Y., ve Jang, M. J. (2021). Cultural characteristics of a new spore-less cultivar 'Chungheung 1ho' for *Lentinula edodes* sawdust cultivation. *Journal of Mushroom*, 19(3), 251-255.
- Khan, Z. U., Aisikaer, G., Khan, R. U., Bu, J., Jiang, Z., Ni, Z., ve Ying, T. (2014). Effects of composite chemical pretreatment on maintaining quality in button mushrooms (*Agaricus bisporus*) during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, 95, 36-41.
- Kim, J. H., Kang, Y. J., Kim, Y. J., Lee, C. Y., Choi, J. Y., Lee, C. J., Ha, T. M., ve Lim, G. J. (2023). Characteristics of newly bred spore-less cultivar *Lentinula edodes* 'Daedam' for sawdust cultivation. *Journal of Mushroom*, 21(3), 154-159.
- Koparan, Y., Alkan, S., ve Harmankaya, H. (2024). Mantardan deri görünümlü sürdürülebilir yenilikçi yüzey oluşturma; "Fomes fomentarius". *Mantar Dergisi*, 15(2), 132-146.
- Kousar, A., Khan, H. A., Farid, S., Zhao, Q., ve Zeb, I. (2024). Recent advances on environmentally sustainable valorization of spent mushroom substrate: A review. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 18(2), 639-651.
- Krishnamoorthi, R., Srinivash, M., Mahalingam, P. U., ve Malaikozhundan, B. (2022). Dietary nutrients in edible mushroom, *Agaricus bisporus* and their radical scavenging, antibacterial, and antifungal effects. *Process Biochemistry*, 121, 10-17.
- Kumar, K. (2020). Nutraceutical potential and processing aspects of oyster mushrooms (*Pleurotus* species). *Current Nutrition & Food Science*, 16(1), 3-14.
- Kuştaş, S., ve Gezer, E. D. (2024). Physical and mechanical properties of mycelium-based insulation materials produced from desilicated wheat straws-Part A. *BioResources*, 19(1).
- Kutbay, N. H., Yavuzcan, H. G., ve Aktaş, S. (2021). Mantarın bağlayıcı olarak kullanıldığı bir kompozit malzemenin üretilmesi ve tutuşma süresi ile su alma özelliklerinin tespiti. *Politeknik Dergisi*, 1-1.
- Lam, S. S., Lee, X. Y., Nam, W. L., Phang, X. Y., Liew, R. K., Yek, P. N., Ho, Y. L., Ma, N. L., ve Rosli, M. H. (2019). Microwave vacuum pyrolysis conversion of waste mushroom substrate into biochar for use as growth medium in mushroom cultivation. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 94(5), 1406-1415.
- Lau, K. L., Tsang, Y. Y., ve Chiu, S. W. (2003). Use of spent mushroom compost to bioremediate PAH-contaminated samples. *Chemosphere*, 52(9), 1539-1546.
- Leong, Y. K., Ma, T. W., Chang, J. S., ve Yang, F. C. (2022). Recent advances and future directions on the valorization of spent mushroom substrate (SMS): A review. *Bioresource Technology*, 344, 126157.
- Li, X., Liu, Q., Li, W., Li, Q., Qian, Z., Liu, X., ve Dong, C. (2019). A breakthrough in the artificial cultivation of Chinese cordyceps on a large-scale and its impact on science, the economy, and industry. *Critical Reviews in Biotechnology*, 39(2), 181-191.
- Li, C., ve Xu, S. (2022). Edible mushroom industry in China: Current state and perspectives. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 106(11), 3949-3955.
- Liu, W., He, P., Shi, X., Zhang, Y., Perez-Moreno, J., ve Yu, F. (2023). Large-scale field cultivation of *Morchella* and relevance of basic knowledge for its steady production. *Journal of Fungi*, 9(8), 855.
- Liu, Q., Ma, H., Zhang, Y., ve Dong, C. (2018). Artificial cultivation of true morels: current state, issues and perspectives. *Critical Reviews in Biotechnology*, 38(2), 259-271.
- Lingam, D., Narayan, S., Mamun, K., ve Charan, D. (2023). Engineered mycelium-based composite materials: Comprehensive study of various properties and applications. *Construction and Building Materials*, 391, 131841.

- Lopez, J. C. C., Thepanondh, S., Sachdev, H., Avelar, A. M. P., ve del Carmen Leon, M. C. (2021). Sustainability and economic feasibility through the production of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) p. Kumm.) derived from the waste of coffee-industry: a case study in the western area of San Salvador, El Salvador.
- Łysakowska, P., Sobota, A., ve Wirkijowska, A. (2023). Medicinal mushrooms: their bioactive components, nutritional value and application in functional food production-A review. *Molecules*, 28(14), 5393.
- Mahari, W. A. W., Peng, W., Nam, W. L., Yang, H., Lee, X. Y., Lee, Y. K., Şiew, R. K., Ma, N. L., Mohammad, A., Sonne, C., Le, Q. V., Show, P. L., Chen, W., ve Lam, S. S. (2020). A review on valorization of oyster mushroom and waste generated in the mushroom cultivation industry. *Journal of Hazardous Materials*, 400, 123156.
- Nabavi-Pelesaraei, A., Ghasemi-Mobtaker, H., Salehi, M., Rafiee, S., Chau, K. W., ve Ebrahimi, R. (2023). Machine learning models of exergoenvironmental damages and emissions social cost for mushroom production. *Agronomy*, 13(3), 737.
- Nanje Gowda, N. E., ve Chennappa, G. (2021). Mushroom cultivation: a sustainable solution for the management of agriculture crop residues. *Recent Advances in Mushroom Cultivation Technology and Its Application*. Rohini, New Delhi: Bright Sky Publications, 15-26.
- Niazi, A. R., ve Ghafoor, A. (2021). Different ways to exploit mushrooms: A review. *All life*, 14(1), 450-460.
- Nishida, C., ve Yatera, K. (2022). The impact of ambient environmental and occupational pollution on respiratory diseases. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(5), 2788.
- Okuda, Y. (2022). Sustainability perspectives for future continuity of mushroom production: The bright and dark sides. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, 1026508.
- Pandey, V. V., Kumari, A., Kumar, M., Saxena, J., Kainthola, C., ve Pandey, A. (2018). Mushroom cultivation: Substantial key to food security. *Journal of Applied and Natural Science*, 10(4), 1325-1331.
- Pardo, A., Juan, J. D., ve Pardo, J. E. (2003). Performance of composted vine shoots as a peat alternative in casing materials for mushroom cultivation. *Journal of Applied Horticulture*, 5(1), 11-15.
- Pavlík, M., ve Halaj, D. (2019). Production and investment evaluation of oyster mushroom cultivation on the waste dendromass: a case study on aspen wood in Slovakia. *Scandinavian journal of Forest Research*, 34(4), 313-318.
- Pekşen, A. (2013). Mantarların insan hayatı ve sağlığındaki yeri. *Bahçe Haber*, 2(1), 10-15.
- Pekşen, A. (2014). Türkiye'de kültür mantarı yetiştiriciliği. *Yemeklik Kültür Mantarı Çalıştayı (12-13 Mayıs 2014)*, 19-23.
- Pekşen, A., ve Yamaç, M. (2016). Atık mantar kompostu/substratının kullanım alanları-1: Özellikleri ve önemi. *Mantar Dergisi*, 7(1), 49-60.
- Pelletier, M. G., Holt, G. A., Wanjura, J. D., Bayer, E., ve McIntyre, G. (2013). An evaluation study of mycelium based acoustic absorbers grown on agricultural by-product substrates. *Industrial Crops and Products*, 51, 480-485.
- Pérez-Chávez, A. M., Mayer, L., ve Albertó, E. (2019). Mushroom cultivation and biogas production: A sustainable reuse of organic resources. *Energy for Sustainable Development*, 50, 50-60.
- Polat, E., ve Önel, Ö. (2021). An alternative new casing material in the production of *Agaricus bisporus*. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 34(3), 261-266.
- Prange, A., Sari, M., von Ameln, S., Hajdu, C., Hambitzer, R., Ellinger, S., ve Hormes, J. (2019). Characterization of selenium speciation in selenium-enriched button mushrooms (*Agaricus bisporus*) and selenized yeasts (dietary supplement) using X-ray absorption near-edge structure (XANES) spectroscopy. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 51, 164-168.
- Royse, D. J., Baars, J., ve Tan, Q. (2017). Current overview of mushroom production in the world. *Edible and Medicinal Mushrooms: Technology and Applications*, 5-13.
- Rukhiran, M., Sutanthavibul, C., Boonsong, S., ve Netinant, P. (2023). IoT-based mushroom cultivation system with solar renewable energy integration: Assessing the sustainable impact of the yield and quality. *Sustainability*, 15(18), 13968.
- Šašić Zorić, L., Janjušević, L., Djisalov, M., Knežić, T., Vunduk, J., Milenković, I., ve Gadžanski, I. (2023). Molecular approaches for detection of *Trichoderma* green mold disease in edible mushroom production. *Biology*, 12(2), 299.
- Sesli, E., Asan, A., Selçuk, F. (ed.). Abacı Günyar, Ö., Akata, I., Akgül, H., Aktaş, S., Alkan, S., Allı, H., Aydoğdu, H., Berikten, D., Demirel, K., Demirel, R., Doğan, H.H., Erdoğdu, M., Ergül, C. C., Eroğlu, G., Giray, G., Halikî Uztan, A., Kabaktepe, Ş., Kadaifçiler, D., Kalyoncu, F., Karaltı, İ., Kaşık, G., Kaya, A., Keleş, A., Kirbağ, S., Kıvanç, M., Ocak, İ., Ökten, S., Özkale, E., Öztürk, C., Sevindik, M., Şen, B., Şen, İ., Türkekul, İ., Ulukapı, M., Uzun, Ya., Uzun ve Yu., Yoltaş, A. (2020). Türkiye mantarları listesi (The checklist of fungi of Turkey). XVII + 1177 Sayfa. Ali Nihat Gökyiğit Vakfı Yayını, İstanbul. <http://satis.ang.org.tr/>
- Shirur, M., Barh, A., ve Annapu, S. K. (2021). Sustainable Production of Edible and Medicinal Mushrooms: Implications on Mushroom Consumption. *Climate Change and Resilient Food Systems: Issues, Challenges and Way Forward*, 315-346.
- Singh, M., Kamal, S., ve Sharma, V. P. (2017). Status and trends in world mushroom production-I. *Mushroom Research*, 26(1): 1-20.
- Singh, M., Kamal, S., ve Sharma, V. P. (2020). Status and trends in world mushroom production-III World production of different mushroom species in 21st century. *Mushroom Research*, 29(2), 75-111.
- Soylu, M. K., Baybaş, B., Ryu, Y., ve Kim, J. (2023). Türkiye'de yapılan mantar ıslah çalışmaları ve geliştirilen mantar çeşitleri. *Alatarım*, 22(2), 136-145.

- Thakur, M. P. (2014). Present status and future prospects of tropical mushroom cultivation in India: a review. *Indian Phytopath*, 67(2), 113-125.
- Thakur, M. P. (2020). Advances in mushroom production: Key to food, nutritional and employment security: A review. *Indian Phytopathology*, 73, 377-395.
- TÜİK (2024). Türkiye İstatistik Kurumu. <http://www.tuik.gov.tr> (Erişim tarihi: 25.09.2024).
- UMDI (2024). UMDIS Mushroom Agency. <https://umdis.org/2023-year-for-global-mushroom-production-umdis-summed-up-results-for-21-countries-incl-largest/> (Erişim tarihi: 01.10.2024).
- Umor, N. A., Ismail, S., Abdullah, S., Huzaifah, M. H. R., Huzir, N. M., Mahmood, N. A. N., ve Zahrim, A. Y. (2021). Zero waste management of spent mushroom compost. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 23(5), 1726-1736.
- URL-1 (2024). Index Fungorum. <https://www.indexfungorum.org/Names/Names.asp> (Erişim tarihi: 26.10.2024).
- URL-2 (2024). The Dutch mushroom industry is the second largest in Europe. <https://www.gombaforum.hu/en/2024/economy/the-dutch-mushroom-industry-is-the-second-largest-in-europe>. (Erişim tarihi: 16.10.2024).
- URL-3 (2024). Peat-free casing soil for sustainable mushroom cultivation. <https://www.gombaforum.hu/en/2024/technology/peat-free-casing-soil-for-sustainable-mushroom-cultivation/> (Erişim tarihi: 06.10.2024).
- URL-4 (2024). Mantar Tescil Raporu. Tarım ve Orman Bakanlığı Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü. <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Belgeler/Yay%C4%B1nlar/Tescil%20Raporlar%C4%B1/2024/SEBZE%20T%C3%9CRLER%C4%B0/Mantar%20Tescil%20Raporu.pdf> (Erişim tarihi: 18.10.2024)
- URL-5 (2024). Sylvan cultivating excellence. <https://www.sylvaninc.com/strains> (Erişim tarihi: 21.10.2024)
- URL-6 (2024). Biodegradable bags to revolutionise mushroom farming. Australian Institute for Bioengineering and Nanotechnology <https://aibn.uq.edu.au/article/2023/06/biodegradable-bags-revolutionise-mushroom-farming>. <https://tinyurl.com/28bxa283> (Erişim tarihi: 02.09.2024)
- URL-7 (2024). Ecovative. <https://ecovative.com>, (Erişim tarihi: 20.10.2024).
- URL-8 (2024). Mycoworks. <https://www.mycoworks.com> (Erişim tarihi: 20.10.2024).
- URL-9 (2024). Bolt Threads. <https://boltthreads.com> (Erişim tarihi: 20.10.2024).
- URL-10 (2024). Grado Zero Espace. <https://www.gzespace.com> (Erişim tarihi: 20.10.2024).
- URL-11 (2024). Muskin. <https://www.gzespace.com/research-muskin.html> (Erişim tarihi: 20.10.2024).
- URL-12 (2024). Mogu. <https://www.mogu.bio> (Erişim tarihi: 20.10.2024).
- Wimmers, G., Klick, J., Tackaberry, L., Zwiesigk, C., Egger, K., ve Massicotte, H. (2019). Fundamental studies for designing insulation panels from wood shavings and filamentous fungi. *BioResources*, 14(3), 5506-5520.
- Xing, Y., Brewer, M., El-Gharabawy, H., Griffith, G., ve Jones, P. (2018). Growing and testing mycelium bricks as building insulation materials. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 121, p. 022032). IOP Publishing.
- Yamaç, M., ve Pekşen, A. (2016). Atık mantar kompostu/substratının kullanım alanları-2: Lignoselülozik enzim ekstraksiyonu. *Mantar Dergisi*, 7(1), 66-77.
- Zhang, K., Pu, Y. Y., ve Sun, D. W. (2018). Recent advances in quality preservation of postharvest mushrooms (*Agaricus bisporus*): A review. *Trends in Food Science & Technology*, 78, 72-82.