

KÜTÜK YETİŞTİRİCİLİĞİNDE MİSEL EKİM ZAMANI VE AĞAÇ TÜRLERİNİN SHIITAKE MANTARININ (*Lentinula edodes*) VERİM VE KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Asuman İlkay KARGIDAN¹, Yasemin ZENGİN², Aysun PEKŞEN^{3*}, Orhan Yasin ŞAHİNOĞLU⁴, Orhan ÜÇÜNCÜ⁵, Şerafettin PEKER⁶

¹Doğu Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Trabzon; ORCID: 0000-0003-3469-3522

²Doğu Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Trabzon; ORCID: 0000-0002-5349-4388

³Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Samsun; ORCID: 0000-0002-9601-5041

⁴OGM İzin ve İrtifak Dairesi Başkanlığı, İzleme ve Koordinasyon Şube Müdürlüğü, Ankara; ORCID: 0000-0002-8454-4915

⁵Doğu Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Trabzon; ORCID: 0000-0002-1603-274X

⁶Doğu Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Trabzon; ORCID: 0000-0002-0348-7235

Gönderilme Tarihi: 06.12.2022

Kabul Tarihi: 20.01.2023

ÖZ

Bu çalışmada, kütük yetiştiriciliğinde shiitake mantarının (*Lentinula edodes* (Berkeley) Pegler-meşe mantarı) verim ve kalitesi üzerine misel ekim zamanı ve ağaç türlerinin etkileri araştırılmıştır. Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky), kızılğaç (*Alnus glutinosa* subsp. *barbata* C.A. Mey.) Yalt.) ve meşe (*Quercus macranthera* subsp. *sympirensis* (K. Koch) Menitsky) olmak üzere 3 farklı ağaç türüne ait kütükler kullanılmıştır. Kütüklere misel ekimi sonbahar (Kasım) ve ilkbahar (Mayıs) döneminde yapılmıştır. Çalışmada ilk hasata kadar geçen süre, verim, morfolojik özellikler (ortalama mantar ağırlığı, şapka çapı, sap çapı ve uzunluğu) ve elde edilen mantarların protein ve mineral madde miktarları belirlenmiştir. En yüksek ortalama mantar ağırlığı, şapka çapı, sap uzunluğu ve çapı değerleri meşe ve kızılğaç kütükleri üzerinde yetiştirilen shiitake mantarlarında tespit edilmiştir. En yüksek verim aralarında istatistiksel fark bulunmayan kızılğaç ve meşe kütüklerinden, en düşük ise kayın kütüklerinden elde edilmiştir (sırasıyla 555.14, 549.97 ve 103.53 g 10 kg.kütük⁻¹). Sonbahar ve ilkbaharda misel aşılama yapılan farklı ağaç türlerinin kütüklerinden elde edilen (misel aşılama zamanı ile ağaç türleri interaksyonu) verim değerlerinin 93.94-607.20 g 10 kg.kütük⁻¹ arasında değiştiği tespit edilmiştir. En yüksek (%17.18) ve en düşük protein (%12.42) içerikleri sırasıyla sonbahar döneminde aşılama meşe kütüklerinden ve ilkbahar döneminde aşılama kayın ağacı kütüklerinden elde edilen mantarlarda belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Lentinula edodes*, kütük yetiştiriciliği, ağaç türü, verim, mineral, protein

THE EFFECTS OF MYCELIUM INOCULATION TIMES AND TREE SPECIES ON THE YIELD AND QUALITY OF SHIITAKE MUSHROOM (*Lentinula edodes*) IN LOG CULTIVATION

ABSTRACT

In this study, the effects of the mycelium inoculation times and tree species on the yield and quality of shiitake mushroom (*Lentinula edodes* (Berkeley) Pegler-oak mushroom) in the log cultivation were investigated. Logs of 3 different tree species were used: beech (*Fagus orientalis* Lipsky), alder (*Alnus glutinosa* subsp. *barbata* C.A. Fruit.) Yalt.) and oak (*Quercus macranthera* subsp. *sympirensis* (K. Koch) Menitsky). Mycelial (spawn) inoculation on the logs was done in autumn (November) and spring (May). In the study, time until the first harvest, yield, morphological characteristics (average mushroom weight, cap diameter, stem diameter and length), and protein and mineral contents of the mushrooms obtained were determined. The highest yield was obtained from alder and oak logs, with no statistical difference between them, and the lowest from beech logs (555.14, 549.97 and 103.53 g 10 kg.logs⁻¹, respectively). It was found that the yield values obtained from the logs of different tree species in which mycelial inoculation was done in autumn and spring (mycelial grafting time and tree species interaction) varied between 93.94-607.20 g 10 kg.logs⁻¹. The highest (17.18%) and lowest (12.42%) protein contents were detected in mushrooms obtained from oak logs inoculated in autumn, and from beech tree stumps inoculated in the spring, respectively.

Keywords: *Lentinula edodes*, log cultivation, tree species, yield, mineral, protein

GİRİŞ

Ormanlarımız gıdadan süsleme araçlarına, ilaç hammaddesinden boya veya kimya sanayine kadar

pek çok alanda kullanılabilecek odun dışı orman ürünleri için potansiyel bir biyo-kapasiteye sahiptir. Buna rağmen ormanlarımızın odun dışı orman ürünü üretim miktarları çok düşüktür. Türkiye, orman ve

*Sorumlu yazar / Corresponding author: aysunp@omu.edu.tr

orman endüstrisinin birlikte toplam istihdama katkısının düşük düzeyde olduğu ülkelerden biridir. Orman köylülerinin önemli bir kısmı; ormancılıkla ilgili işlerde çalışmakta, küçük ve orta ölçekli taahhüt hizmetlerini yürütmektedirler. Bu nedenle orman içinde ve bitişiğinde yaşayan köy halkının; sosyal ve ekonomik yönden kalkınmalarına katkı sağlanması, orman üzerindeki olumsuz baskılarının en aza indirilmesi ve orman köylülerinin alternatif geçim kaynaklarına yönlendirilmesi önemlidir. Mantar yetiştiriciliği geleceğin gıda sektöründe ve sürdürülebilir tarım ve ormancılığın yeni boyutunda çok önemli olma potansiyeline sahiptir [1]. Mantar üretimi, ormanın odun üretimi yanında üretim değerini arttıracak yeni bir fırsat oluşturabilir.

Dünyada olduğu gibi Türkiye’de de mantar sektörü hızlı bir şekilde büyümektedir. Türkiye kültür mantarı üretim miktarı, 2021 yılında 61460 tona yükselmiştir [2]. Üretilen mantarın cinslere dağılımına bakıldığında *Agaricus* cinsi %75 oranı ile birinci sırada, %14 oranı ile *Pleurotus* türleri ikinci ve %3 ile *Lentinula edodes* türü üçüncü sırada yer almaktadır [3]. *Lentinula edodes*, dünyada yaygın olarak shiitake ya da meşe mantarı olarak bilinmektedir. Protein, vitamin ve mineral maddeler bakımından oldukça zengin olması yanında bünyesinde bulunan Lentinan maddesinin çeşitli anti-tümör özelliklere sahip olduğu ve çeşitli kanser tedavilerinde terapötik uygulamalarda olumlu sonuç verdiği bildirilmektedir [4, 5]. Son yıllarda tüketiciler arasındaki talep artışı nedeniyle shiitake mantarı yetiştiriciliğine olan ilgi artmaktadır.

Shiitake mantarı hem küçük ölçekli hem de büyük kapasitede üretim için oldukça uygun özelliktedir. Ağaç kütükleri ve bitkisel artıklar üzerinde torba kültüründe yetiştiriciliği yapılmaktadır. Her ne kadar torba kültürüne göre uzun misel gelişim süresi, yüksek hastalık ve zararlı riskinin olması ve verimlerin iklimle bağlı olarak mevsimsel olması gibi dezavantajları olsa da açık alanda kütük yetiştiriciliği işçiliğin fazla ve ucuz olduğu yerlerde, teknoloji gerektirmeyen bir çalışma olduğundan tercih edilmektedir. Ayrıca kütük yetiştiriciliğinin mantar kalitesi daha yüksek olup, atık çıkmaması gibi avantajları bulunmaktadır [6, 7]. Kütükler üzerinde shiitake yetiştiriciliği, iklimin uygun olduğu ve odun temininin sorun olmadığı Çin, Tayvan, Japonya, Kore vb. gibi ülkelerde iyi bilinen bir uygulamadır [8]. Brezilya’daki shiitake mantarı, yetiştirme tesisleri ve işleme açısından daha düşük gereksinimleri nedeniyle neredeyse yalnızca okaliptüs kütüklerinde yetiştirilmektedir [9]. Kore’de, shiitake mantarı kısa vadede gelir getiren önemli bir orman ürünüdür ve genel olarak meşe ağaçlarının kütükleri kullanılmaktadır [10]. Kütük üzerinde yetiştiricilik

oldukça pratik, hazırlaması kolay ve herkesin anlayıp yapabileceği bir yetiştirme sistemidir. Bu yetiştiricilikte kütük hazırlama, misel ekimi, inokulasyon (misel gelişimi), mantar oluşumu ve hasat aşamaları gerçekleştirilir. Nispeten basit bir altyapı ve düşük ekonomik bir yatırımla yapılabilir ve uzun vadede üretim elde edilir [11].

Shiitake mantarının kütükte yetiştiriciliğinde yavaş büyüme hızı ve meşenin aşırı kullanımı üretimi sınırlayıcı bir faktördür. Bu nedenle odun değeri olarak daha az ekonomik öneme sahip farklı ağaç türlerine ait kütüklerde yetiştiricilik yapılması daha uygundur. Yetiştiricilikte kullanılacak kütükler meşcerelerin seyreltilmesi sırasında kesilen ağaçlardan, tepelerinden ve dallarından elde edilebilir. Kütüğe dayalı mantar üretimi, kereste için hasat edilen ağaçlardan ticari olarak inceltilmiş gövdeler ve dallar gibi düşük değerli ormancılık yan ürünlerinin geri dönüştürülmesi için karlı bir yöntem sağlar [12].

Shiitake mantarının kütükte yetiştiriciliğinde yaprağını döken geniş yapraklı türlerin (*Fagaceae* familyasından meşe, *Betulaceae* familyasından gürgen ve diğer bazı türler: kayın, huş, kavak, kestane vb.) ölü odunlarının uygun olduğu bildirilmiştir [1, 13, 14]. Kütük yetiştiriciliğinde kullanılan ağaç türü; üretilen mantarın miktarı, besin değeri, lezzeti, üretilen mantarın büyüklüğü ve rekabetçi mantarların bulaşmasında etkilidir [15, 16]. Shiitake yetiştiriciliğinde sadece ağaç türleri değil, aynı zamanda çevresel koşullarda etkili olduğu için farklı çevresel koşullarda ağaç türlerinin uygunluk açısından belirlenmesi gerekir [11].

Türkiye’de shiitake mantarının yetiştiriciliği konusunda yapılmış sınırlı sayıda araştırma bulunmaktadır [4, 17-27]. Yapılan bu çalışmalarda torba kültürü tekniği kullanılmış ve farklı tarımsal atıkların verim ve kalite üzerine etkileri çalışılmıştır. Ülkemizde bu mantar türünün kütük üzerinde yetiştiriciliği konusunda yapılmış bir araştırmaya rastlanılmamıştır. İnsan beslenmesinde minerallerin varlığı çok önemlidir ve bu elementler vücuda doğru oranlarda alınan gıda ile sağlanır. Yenilebilir mantarlarda çok çeşitli mikro ve makro elementlerin varlığı, araştırmacıları bu konuda çalışma yapmaya yöneltmiştir. Mantarlardaki mineral içerikleri türe ve yetiştirme ortamına bağlı olarak değişmektedir. Bu çalışmanın amacı shiitake mantarının Doğu Karadeniz Bölgesi’nde ekonomik anlamda üretime konu edilebilmesi için kütük yetiştiriciliğinde en uygun ağaç türü ve misel ekim zamanının ürün verme zamanı, verim, mantarın morfolojik özellikleri ve mineral içeriği üzerine etkilerini belirlemektir.

MATERYAL VE METOT

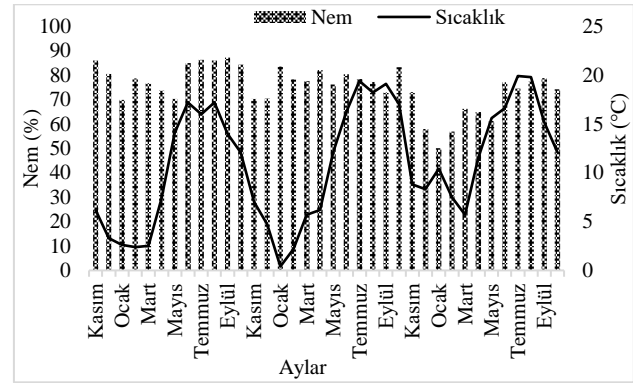
Ağaç türü olarak kayın (*Fagus orientalis* Lipsky), kızılgağaç (*Alnus glutinosa* subsp. *barbata* (C.A. Mey.) Yalt.) ve meşe (*Quercus macranthera* subsp. *sypirensis* (K.Koch) Menitsky) türlerine ait kütükler kullanılmıştır. Çalışmada üç ağaç türünde sonbahar (Kasım) ve ilkbahar (Mayıs) olmak üzere iki farklı misel aşılama zamanı ele alınmıştır. Denemede *Lentinula edodes* (shiitake) mantarının tohumluk miselleri ticari bir firmadan temin edilmiştir.

Denemede kullanılacak kütükler yapraklarını dökmüş, sağlıklı, mantar nedeniyle öz çürüklüğü oluşmamış ağaçlardan seçilmiştir. Kütükler yaklaşık 10-25 cm çapında ve 100 cm boyunda kesilerek elde edilmiştir. Aşılama öncesi kütüklerin yan dalları temizlenmiştir. Kütükler aşılana kadar üst üste istiflenerek bekletilmiştir. Her bir kütüğün benzer ağırlıklarda olmasına çalışılmakla birlikte, kütük başına % verimleri belirleyebilmek amacıyla her bir kütük numaralandırılarak ağırlıkları tespit edilmiştir. Misel aşılması (misel ekimi) Stamets [28] ve Russell [29]'e göre yapılmıştır. Aşılama öncesi kütüklerin nem içeriğini kaybetmemesine dikkat edilmiştir. Sonbahar misel aşılması Kasım 2018, ilkbahar misel aşılması ise Mayıs 2019 tarihlerinde yapılmıştır. Kütükler üzerinde matkapla 2.5-3.5 cm derinliğinde ve 14 mm çapında misel aşılacak delikler hazırlanmıştır. Açılacak delik sayısı aşağıdaki formülle belirlenmiştir [30].

$$\text{Açılacak Delik Sayısı} = \frac{\text{Kütük çapı (cm)}}{3} \times \frac{\text{Kütük çapı (cm)}}{20}$$

Tohumluk misel, aşı deliklerine elle yerleştirilip bir odun parçası yardımıyla hafifçe sıkıştırılmıştır. Aşılama deliklerinin üzeri nem kaybını ve zararlı girişini önlemek için balmumu ile kapatılmıştır. Kütükler aşılandıktan sonra misel gelişimi için yapraklı türlerden oluşan meşcere altında yatay olarak üst üste yığın yapılmıştır. Soğuktan korunması ve nem kaybının önlenmesi için üzerleri telis bezi ile kapatılmıştır. Misel aşılama kütükleri Meryemana Araştırma Şefliği (Trabzon ili) sınırları içerisinde; akarsu kenarında, rüzgârdan korunaklı, direk güneş ışığından uzak ve üst meşcereye kızılgağaç olan bir alana yerleştirilmiştir. İlk yıl Meryemana Araştırma Şefliğine yerleştirilen kütükler, ikinci yıl shiitake mantarı gelişimi için daha uygun olacağı düşünülen Şalpazarı'ndaki alana taşınmıştır. Bu deneme sahası sahile kuş uçuşu 25.8 km mesafede, 1040 m rakımda, dere kenarı ve üst meşcereye kızılgağaç olan bir alandır. Misel ekiminden hasat sonuna kadar kütüklerin yer aldığı alanlara (birinci yıl Meryemana, ikinci ve üçüncü yıl Şalpazarı'ndaki alana) ait sıcaklık ve nem değerleri Şekil 1'de verilmiştir.

Misel ekiminden ilk hasada kadar geçen süre (ilk hasat tarihi, gün) tespit edilmiştir. Misel gelişimini tamamlamış ve hasada gelen mantarların genel görünüşleri Şekil 2'de verilmiştir. Toplam verim (g 10 kg.kütük⁻¹) için her kütükten elde edilen mantarlar ayrı ayrı tartılmış, toplanan ürün miktarı kütük ağırlıkları eşit olmadığından 10 kg.kütük üzerinden hesaplanmıştır. Her bir kütükten hasat edilen mantarların ağırlıklarının tartılıp, mantar sayısına bölünmesiyle ortalama mantar ağırlığı (g) bulunmuştur. Mantarlarda kumpas yardımıyla şapka çapı (cm), sap uzunluğu (cm) ve çapı (cm) belirlenmiştir.



Şekil 1. Kütüklerin buldukları alanlara ait sıcaklık ve nem değerleri

Figure 1. Temperature and humidity values of the areas where the logs are located

Protein ve mineral madde analizi için mantar örnekleri 65°C'de kurutulmuş ve öğütülmüştür. Mantar örneklerinin toplam azot değerleri Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiştir [31]. Bu değerler 6.25 faktörü ile çarpılarak protein değerleri (%) hesaplanmıştır [32]. Mineral madde miktarlarının belirlenmesinde Julshamn vd. [33]'ün yöntemi kullanılmıştır. Buna göre homojen olarak hazırlanan her bir örnekten yaş yakma tüpünün içerisine 0.5 g konulmuş, tüpün içerisine 5 ml nitrik asit ve 1 ml hidrojen peroksit ilave edilmiştir. Tüplerin ağzı iyice kapatılıp, numunenin özelliklerine göre 140-160-180°C'lerde mikrodalga içerisinde yakılmıştır. Daha sonra soğutulması beklenerek tüplerin içi ultra saf su ile yıkanıp, 50 ml'lik steril falkon tüpü içerisinde ultra saf su ile seyreltme yapılmıştır. Hazırlanan numuneler ve standart çözeltiler ICP-MS cihazının autosampler bölümüne yerleştirilmiş ve cihazda numunenin elementlere ait cps değeri ölçülmüş ve kalibrasyon grafiğinden faydalanılarak mineral madde analizi sonucu mg.kg⁻¹ veya µg.kg⁻¹ olarak tespit edilmiştir.



Şekil 2. Hasada gelen mantarların genel görünüşleri
Figure 2. General view of mushrooms at harvest

Verilerin Değerlendirilmesi

Farklı misel ekim zamanı (sonbahar ve ilkbahar) ve 3 farklı ağaç türüne (kızılağaç, kayın ve meşe) ait kütüklerde yürütülen çalışma Tesadüf Parselleri deneme deseninde yürütülmüştür. Her bir uygulama için 40'ar kütük kullanılmıştır. Mantar kalitesiyle ilgili morfolojik ölçümler uygulamaların tüm tekerrürlerinden elde edilen mantarlar üzerinde yapılmıştır. Mantarların protein ve mineral madde içeriklerini belirlemeye yönelik analizler ise 3 tekrar üzerinden gerçekleştirilmiştir. İncelenen özelliklerle ilgili elde edilen verilerin normal dağılım gösterdiği tespit edilmiştir. Verilerin varyans analizlerinde SPSS paket programı kullanılmıştır. İstatistiksel olarak farklılık gösteren ortalamalar Duncan Çoklu karşılaştırma testine göre gruplandırılmıştır. Sonuçların istatistiksel olarak değerlendirilmesinde farklar arasındaki önemlilik %5 (önemli) ve %1 (çok önemli) olarak ifade edilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Sonbahar ve İlkbahar Döneminde Aşıl原因an Farklı Ağaç Türlerine Ait Kütüklerde Yetiştirilen Shiitake Mantarlarının İlk Hasat Süreleri

Sonbahar aşılması Kasım ayında yapılmış olup, 3 ağaç türünde de ilk hasat 508. günde gerçekleştirilmiştir. Mayıs ayında yapılan ilkbahar misel aşılmasında ise ilk hasat kızılağaç ve meşe kütüklerinde misel ekiminden sonra 471. günde gerçekleşmiştir. Shiitake mantarı için misel büyümesi 10°C'de başlar, ancak hızlı ve iyi bir misel gelişimi için 20°C ve üzeri sıcaklığa ihtiyaç bulunmaktadır [7]. Bu nedenle ilk hasada gelme süresi ilkbahar dönemi misel ekiminde Kasım ayındaki misel ekimine göre daha kısa sürmüştür. Ancak ilkbahar dönemi misel ekimi yapılan kütüklerden bu süreçte tek tük mantar oluşumunun gerçekleştiği, bu hasatta alınan verimlerin çok düşük olduğu tespit edilmiştir. İlkbaharda aşıl原因an kütüklerde ancak bir sonraki ilkbahar döneminde verim alınabilmiştir. Her iki misel ekim dönemi için de misel gelişim süresinin uzun olması kütüklerin yerleştirildiği alanın çevresel koşullarından kaynaklanmış olabilir (Şekil 1). Kütüklerin dış koşullarda olması nedeniyle dış faktörleri kontrol etmek zordur. Çevresel koşullar, hayatta kalmayı, büyüme oranını, mantar verme süresini, verimi ve mantarların şeklini etkilemektedir [34]. Ravlikovsky ve Symochko [7], doğal kütüklerde misel gelişim süresinin ağacın türüne, kütüklerin boyutuna (kütük çapı ve uzunluğuna), iklim koşullarına özellikle ortamın sıcaklığı ve nemine, kullanılan misel izolatına bağlı olarak 12-18 ay arasında gerçekleştiğini bildirmişlerdir.

Sonbahar ve İlkbahar Döneminde Aşıl原因an Farklı Ağaç Türlerine Ait Kütüklerde Yetiştirilen Shiitake Mantarlarının Morfolojik Özellikleri ve Verim Değerleri

Misel aşıl原因a zamanının (sonbahar veya ilkbahar) shiitake mantarlarının ortalama mantar ağırlığı ve sap çapı değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz, şapka çapı üzerine etkisi çok önemli ($p<0.01$), sap uzunluğu üzerine etkisi ise önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. İlkbaharda misel aşıl原因an kütüklerden elde edilen mantarların şapka çapları (8.82 cm), sonbaharda misel aşıl原因an kütüklerden elde edilen mantarların şapka çaplarına (7.89 cm) göre çok önemli düzeyde daha büyük olduğu belirlenmiştir. Aynı şekilde ilkbaharda aşıl原因an kütüklerden elde edilen mantarların sap uzunlukları da sonbaharda aşıl原因an kütüklerden elde edilen

mantarların sap uzunluklarından daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 1).

Farklı ağaç türlerinin ortalama mantar ağırlığı, şapka çapı, sap uzunluğu ve çapı üzerine etkisi istatistiksel olarak çok önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. En yüksek ortalama mantar ağırlığı, şapka çapı, sap uzunluğu ve çapı değerleri meşe ve kızılgağaç kütükleri üzerinde yetiştirilen shiitake mantarlarında tespit edilmiştir. Kayın kütükleri üzerinde yetiştirilen mantarların diğerlerine göre daha düşük değerlere sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1). Yapılan çalışmalar ağaç türlerinin her hasatta üretilen mantarın miktarını, lezzetini ve üretilen mantarın büyüklüğünü etkilediğini göstermektedir [15, 16].

İncelenen morfolojik özellikler bakımından şapka çapı özelliği hariç, aşılama zamanı ve ağaç türleri interaksiyonları arasında istatistiksel olarak fark önemsiz bulunmuştur. Ortalama şapka çapı değerleri bakımından MAZ×AT interaksiyonu istatistiksel olarak çok önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. En yüksek şapka çapı 9.71 cm ile ilkbahar-kızılgağaç interaksiyonundan, en düşük ise 7.05 cm ile sonbahar-kayın interaksiyonundan elde edilmiştir. MAZ×AT interaksiyonu incelendiğinde; ortalama mantar ağırlıklarının 37.39-66.31 g, sap uzunluğu

değerlerinin 2.89-4.06 cm ve sap çapı değerlerinin ise 1.09-1.30 cm olduğu saptanmıştır (Çizelge 1). Baktekur [26], shiitake yetiştiriciliğinde farklı tarımsal atıklardan hazırladığı yetiştirme ortamlarında ortalama mantar ağırlıklarının 14.98-33.52 g.kg⁻¹, şapka çaplarının 4.53-6.13 cm, sap çaplarının 0.89-2.74 cm ve sap uzunluklarının ise 2.13-4.91 cm arasında değiştiğini bildirmiştir. Çalışmada elde edilen ortalama mantar ağırlığı ve şapka çapı değerleri bu araştırıcının bulgularından yüksek, sap uzunluğu ve sap çapı değerleri ise düşük bulunmuştur. Çalışmadaki bulgular açıkta kütük üzerinde yetişen mantarlara ait iken, Baktekur [26]'da ki bulgular kapalı ortamda farklı bitkisel atıklar üzerinde torba kültüründe yetişen shiitake mantarlarına aittir. Farklı tarımsal atıklardan hazırlanan ortamlarda shiitake mantarında ortalama mantar ağırlıklarının 12.90-81.16 g [4, 22, 35, 25, 8], şapka çaplarının 5.42-14.42 cm, sap uzunluklarının 3.26-7.58 cm ve sap çaplarının 0.75-1.72 cm [4, 22] arasında değiştiği bildirilmiştir. Bu farklılıklar yetiştirme tekniği, ortamların içerikleri, mantar çeşidi ve yetiştirme ortamı koşullarından kaynaklanmaktadır.

Çizelge 1. Kütük yetiştiriciliğinde farklı misel aşılama zamanlarının ve ağaç türlerinin shiitake mantarlarının morfolojik özellikleri ve verimi üzerine etkileri

Table 1. The effects of different mycelial inoculation times and tree species on morphological characteristics and yield of shiitake mushrooms in log cultivation

	Ortalama mantar ağırlığı Average mushroom weight (g)	Şapka çapı Cap diameter (cm)	Sap uzunluğu Stipe length (cm)	Sap çapı Stipe diameter (cm)	Verim Yield (g 10 kg.kütük ⁻¹)
Ana Etki					
Sonbahar / Autumn	50.11	7.89b	3.35b	1.17	428.71
İlkbahar / Spring	56.33	8.82a	3.57a	1.20	377.05
Kayın / Beech	38.42b	7.74b	3.00b	1.10b	103.53b
Meşe / Oak	63.56a	8.41ab	3.53a	1.18ab	549.97a
Kızılgağaç / Alder	57.68a	8.91a	3.84a	1.27a	555.14a
MAZ×AT İnteraksiyonu					
Sonbahar-Kayın	37.39	7.05c	2.89	1.09	113.12
Sonbahar-Meşe	63.88	8.50b	3.52	1.19	607.20
Sonbahar-Kızılgağaç	49.05	8.10bc	3.63	1.23	565.82
İlkbahar-Kayın	39.45	8.43b	3.11	1.12	93.94
İlkbahar-Meşe	63.23	8.31b	3.54	1.17	492.75
İlkbahar-Kızılgağaç	66.31	9.71a	4.06	1.30	544.45
MAZ	öd	**	*	öd	öd
AT	**	**	**	**	**
MAZ×AT	öd	**	öd	öd	öd

MAZ: Misel aşılama zamanı, AT: Ağaç türü, öd: önemli değil, * $p<0.05$, ** $p<0.01$

MAZ: Mycelial inoculation times, AT: Tree species, öd: non-significant, * $p<0.05$, ** $p<0.01$

Misel aşılama zamanı (sonbahar ve ilkbahar mevsimi) ve misel aşılama zamanı ile ağaç türleri (MAZ×AT) interaksiyonunun verim üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Çalışmada ele alınan farklı ağaç türlerine ait kütüklerden elde edilen verim değerleri arasında ise istatistiksel olarak çok önemli ($p<0.01$) fark bulunmuştur. En yüksek verim aralarında istatistiksel fark bulunmayan

kızılgağaç ve meşe kütüklerinden, en düşük ise kayın kütüklerinden elde edilmiştir (sırasıyla 555.14, 549.97 ve 103.53 g 10 kg.kütük⁻¹) (Çizelge 1). Her ağaç türünün odun özellikleri shiitake mantarı miselinin büyümesini, mantarların gelişimini ve verimini etkileyebilmektedir [34]. Kızılgağaç ve meşe kütüklerinde elde edilen verimlerin daha yüksek olmasının nedeni bu kütüklerde yetişen mantarların

ortalama mantar ağırlığı, şapka çapı, sap uzunluğu ve çapı değerlerinin kayın kütükleri üzerinde yetişen mantarlardan daha yüksek olmasıdır. Sonbahar ve ilkbaharda misel aşılanaarak açık şartlarda yetiştirilen farklı ağaç türlerine ait kütüklerden elde edilen (misel aşılama zamanı ile ağaç türleri interaksyonu) verim değerlerinin 93.94-607.20 g 10 kg.kütük⁻¹ arasında değiştiği tespit edilmiştir (Çizelge 1).

Sonbahar ve İlkbahar Döneminde Aşılana Farklı Ağaç Türlerine Ait Kütüklerde Yetiştirilen Shiitake Mantarlarının Protein ve Mineral Madde İçerikleri

Sonbaharda aşılana kütüklerden elde edilen mantarların ortalama protein değerleri (%15.37) ilkbaharda aşılana kütüklerden elde edilen mantarların ortalama protein değerlerine (%13.85)

göre çok önemli derecede yüksek bulunmuştur. Ağaç türleri arasında ise meşe ve kızılğaç türlerinden üretilen mantarların protein değerleri kayın türüne göre istatistiksel olarak %1 düzeyinde (çok önemli) yüksek bulunmuştur. MAZ×AT interaksyonu incelendiğinde; en yüksek protein içeriği (%17.18) sonbahar döneminde aşılana meşe kütüklerinden elde edilen mantarlarda tespit edilmiştir. En düşük protein içeriği (%12.42) ise ilkbahar döneminde aşılana kayın ağacı kütüklerinden elde edilen mantarlarda belirlenmiştir (Çizelge 2). *L.edodes* mantarının protein değeri %15.60-25.72 [4], %12.29-15.84 [36] olarak belirtilmiştir. Aji [37], altı farklı ağaç türü üzerinde yetiştirilen shiitake mantarlarının protein içeriklerinin %11.20-19.30 aralığında değiştiğini ve en yüksek protein içeriğinin meşe türünden elde edilen mantarlarda tespit edildiğini bildirmiştir.

Çizelge 2. Kütük yetiştiriciliğinde farklı misel aşılama zamanlarının ve ağaç türlerinin shiitake mantarlarının protein ve mineral madde içerikleri üzerine etkileri

Table 2. The effects of different mycelial inoculation times and tree species on protein and minerals of shiitake mushrooms in log cultivation

	Protein (%)	K (mg.kg ⁻¹)	P (mg.kg ⁻¹)	Mg (mg.kg ⁻¹)	Ca (mg.kg ⁻¹)	Mn (mg.kg ⁻¹)	Na (mg.kg ⁻¹)
Ana Etki							
Sonbahar / Autumn	15.37a	20311.48	1685.99a	988.69b	264.01b	13.22b	58.00b
İlkbahar / Spring	13.85b	21122.75	1226.19b	1032.57a	407.60a	16.53a	64.37a
Kayın / Beech	13.03b	20540.43	1372.67b	999.52b	436.05a	16.70	69.02a
Meşe / Oak	15.77a	20961.49	1692.78a	1036.31a	310.86b	13.82	61.27ab
Kızılğaç / Alder	15.03a	20649.44	1302.83b	996.05b	260.52b	14.11	53.265b
MAZ×AT İnteraksyonu							
Sonbahar-Kayın	13.63c	19935.06	1541.46	1005.06b	321.06	12.54b	64.32
Sonbahar-Meşe	17.18a	20261.01	1986.70	1011.30b	269.78	13.46b	57.08
Sonbahar-Kızılğaç	15.29b	20738.38	1529.81	949.70c	201.20	13.67b	52.60
İlkbahar-Kayın	12.42d	21145.79	1203.88	993.97bc	551.04	20.87a	73.71
İlkbahar-Meşe	14.36bc	21661.97	1398.86	1061.32a	351.94	14.19b	65.47
İlkbahar-Kızılğaç	14.76b	20560.50	1075.84	1042.41ab	319.83	14.53b	53.92
MAZ	**	öd	**	**	**	**	*
AT	**	öd	**	*	**	öd	**
MAZ×AT	*	öd	öd	*	öd	*	öd

MAZ: Misel aşılama zamanı, AT: Ağaç türü, öd: önemli değil, *p<0.05, **p<0.01

MAZ: Mycelial inoculation times, AT: Tree species, öd: non-significant, *p<0.05, **p<0.01

Mantarlar iyi bir mineral kaynağıdır. Siwulski vd. [38] shiitake mantarının mineral madde içeriklerini K>P>Mg>Ca>Na olarak bulmuşlardır. Çalışmada da mantarların mineral içerikleri (Çizelge 2), Siwulski vd. [38]'nin bulgularıyla benzer bulunmuştur.

Sonbahar ve ilkbaharda misel aşılanaarak açık şartlarda yetiştirilen farklı ağaç türlerine ait kütüklerden elde edilen shiitake mantarlarının K içeriği üzerine misel aşılama zamanı ve ağaç türlerinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Shiitake mantarlarının K içerikleri 19935.06-21661.97 mg.kg⁻¹ aralığında saptanmıştır (Çizelge 2). Manzi vd. [39], shiitake mantarlarının K içeriğini 26475.00 mg.kg⁻¹ olarak bildirmişlerdir. Siwulski vd. [38] yaptıkları çalışmada farklı ülkelerde organik yetiştirilen shiitake mantarlarının K

içeriklerinin kuru ağırlıkta ortalama 15000-21700 mg.kg⁻¹ arasında değiştiğini saptamışlardır. Sonbaharda misel aşılama yapılan kütüklerden elde edilen mantarların P içerikleri (1685.99 mg.kg⁻¹), ilkbaharda misel aşılama yapılan kütüklerden elde edilen mantarların P içeriklerinden (1226.19 mg.kg⁻¹) çok önemli düzeyde yüksek bulunmuştur. Meşe kütüklerinden elde edilen mantarların P içerikleri, kayın ve kızılğaç kütüklerinden elde edilen mantarların P içeriklerinden çok önemli düzeyde yüksek olduğu tespit edilmiştir. MAZ×AT interaksyonu incelendiğinde elde edilen mantarların P içerikleri 1075.84-1986.70 mg.kg⁻¹ arasında belirlenmiştir. Beşikçi [23], meşe talaşına farklı oranlarda fındık kabuğu, ceviz kabuğu, ayçiçek sapı ve yer fıstığı ile nohut unu karışımından hazırladıkları

farklı yetiştirme ortamları üzerinde yetiştirilen shiitake mantarlarının P içeriklerinin 1200-9100 mg.kg⁻¹ arasında değiştiğini bildirmiştir.

Shiitake mantarlarının Mg, Ca, Mn ve Na içerikleri ilkbaharda misel aşılama zamanlarında istatistiksel olarak sonbaharda misel aşılama zamanlarına göre çok önemli (p<0.01) düzeyde yüksek bulunmuştur. Ağaç türleri arasında da Mg, Ca ve Na içerikleri bakımından çok önemli fark bulunmuştur. En yüksek Mg değeri meşe kütüklerinde yetiştirilen mantarlarda, en yüksek Ca ve Na değerleri ise kayın türüne ait kütüklerde yetiştirilen mantarlarda tespit edilmiştir. MAZ×AT interaksiyonu incelendiğinde; elde edilen mantarların Ca ve Na içerikleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmadığı tespit edilmiştir. Buna karşılık Mg ve Mn içerikleri bakımından uygulamalar arasındaki fark önemli (p<0.05) bulunmuştur. Farklı misel ekim zamanı (sonbahar ve ilkbahar) ve 3 farklı ağaç türüne (kızılağaç, kayın ve meşe) ait kütüklerde yetiştirilen mantarlarda en yüksek Mg içeriği ilkbahar-meşe uygulamasında (1061.32 mg.kg⁻¹) ve en düşük ise sonbahar-kızılağaç uygulamasında (949.70 mg.kg⁻¹) belirlenmiştir. Çalışmada Mg için elde edilen değerler 1165.00 mg.kg⁻¹ değerini bildiren Manzi vd. [39]'nın

bulgularına benzer iken, 2270.00 mg.kg⁻¹ değerini bildiren Longvah ve Deosthale [40]'nin bulgularından düşük bulunmuştur. Farklı ülkelerde organik olarak yetiştirilen shiitake mantarlarının Mg içerikleri kuru ağırlıkta 554-1440 mg.kg⁻¹ olarak tespit edilmiştir [38]. Casaril vd. [41], okaliptüs kütükleri üzerindeki mantarların P içeriklerinin 5669.0-9473.7 mg.kg⁻¹, K içeriklerinin 2563.1-14539.2 mg.kg⁻¹, Ca içeriklerinin 39.2-7664.4 mg.kg⁻¹ ve Mg içeriklerinin 288.9-15169.7 mg.kg⁻¹ aralığında değiştiğini bulmuşlardır. Araştırmacılar, genel olarak, shiitake mantarının okaliptüs kütüklerinden ziyade tahıl kepeği ile zenginleştirilmiş talaş bazlı substratlar üzerinde yetiştirildiğinde besin maddeleri konsantrasyonlarının daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada en yüksek Mn içeriği 20.87 mg.kg⁻¹ ile ilkbahar-kayın interaksiyonundan elde edilmiştir. Diğer uygulamaların Mn içerikleri istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır (Çizelge 2).

Sonbahar ve ilkbahar döneminde aşılama zamanlarında farklı ağaç türlerinde yetiştirilen shiitake mantarlarının Fe, Cu, Zn ve bazı ağır metal içerikleri de Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Kütük yetiştiriciliğinde farklı misel aşılama zamanlarının ve ağaç türlerinin shiitake mantarlarının Fe, Cu, Zn ve bazı ağır metal içerikleri üzerine etkileri

Table 3. The effects of different mycelial inoculation times and tree species on Fe, Cu, Zn and some heavy metals of shiitake mushrooms in log cultivation

	Fe (mg.kg ⁻¹)	Cu (mg.kg ⁻¹)	Zn (mg.kg ⁻¹)	As (µg.kg ⁻¹)	Cd (µg.kg ⁻¹)	Hg (µg.kg ⁻¹)	Pb (µg.kg ⁻¹)
Ana Etki							
Sonbahar / Autumn	73.02	5.19a	42.87	68.60b	972.21a	13.75b	188.78
İlkbahar / Spring	71.59	4.84b	39.05	73.30a	893.60b	15.17a	212.80
Kayın / Beech	88.61a	6.07a	41.58	93.17a	1543.57a	15.01	211.43a
Meşe / Oak	69.71b	4.61b	37.91	68.32b	346.15c	14.14	252.89a
Kızılağaç / Alder	58.59b	4.36b	43.39	51.36c	908.99b	14.24	138.05b
MAZ×AT İnteraksiyonu							
Sonbahar-Kayın	93.40	6.49	42.99	79.42b	1802.66a	13.84	219.77
Sonbahar-Meşe	74.23	4.73	40.58	70.30bc	384.37e	13.07	219.77
Sonbahar-Kızılağaç	51.43	4.34	45.04	56.06d	729.61d	14.35	126.81
İlkbahar-Kayın	83.82	5.64	40.17	106.91a	1284.49b	16.17	203.10
İlkbahar-Meşe	65.20	4.48	35.24	66.33c	307.93e	15.20	286.02
İlkbahar-Kızılağaç	65.76	4.38	41.74	46.66d	1088.36c	14.13	149.30
MAZ	öd	*	öd	*	**	*	öd
AT	**	**	öd	**	**	öd	**
MAZ×AT	öd	öd	öd	**	**	öd	öd

MAZ: Misel aşılama zamanı, AT: Ağaç türü, öd: önemli değil, *p<0.05, **p<0.01

MAZ: Mycelial inoculation times, AT: Tree species, öd: non-significant, *p<0.05, **p<0.01

Misel aşılama zamanının mantarın Fe, Zn ve Pb içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli olmadığı, buna karşılık Cu, As ve Hg üzerine etkisinin önemli (p<0.05), Cd içeriği üzerine ise çok önemli (p<0.01) olduğu belirlenmiştir. Mantarların Cu ve Cd değerleri sonbahar döneminde misel aşılama zamanlarında daha yüksek, As ve Hg içerikleri ise daha düşük bulunmuştur. Ağaç türleri arasında ise elde edilen mantarların Fe, Cu, As, Cd ve Pb değerleri

kayın kütükleri üzerinde yetişen mantarlarda diğer ağaç türleri kütüklerinde yetişen mantarlara göre istatistiksel olarak çok önemli düzeyde daha yüksek bulunmuştur. MAZ×AT interaksiyonu bakımından elde edilen mantarların Fe, Cu, Zn, ağır metallerden Hg ve Pb içerikleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. Mantarların Fe içerikleri 51.43-93.40 mg.kg⁻¹, Cu içerikleri 4.34-6.49 mg.kg⁻¹, Zn içerikleri 35.24-45.04 mg.kg⁻¹, Hg içerikleri 13.07-

16.17 µg.kg⁻¹ ve Pb içerikleri 149.30-286.02 µg.kg⁻¹ aralığında tespit edilmiştir. MAZ×AT uygulamaları bakımından As için en yüksek içerik ilkbahar-kayın (106.91 µg.kg⁻¹), Cd için sonbahar-kayın (1802.66 µg.kg⁻¹) interaksyonundan elde edilmiştir. En düşük değerler ise As ve Cd için ilkbahar-meşe uygulamasında (sırasıyla 66.33 ve 307.93 µg.kg⁻¹) saptanmıştır (Çizelge 3).

Farklı ağaç türlerine ait kütüklerden elde edilen shiitake mantarlarının protein ve mineral madde içeriklerindeki farklılığın ağaç türlerine bağlı olarak kütüklerin besin içeriklerindeki değişimden kaynaklandığı düşünülmektedir. Farklı tarımsal atıkların kullanıldığı yetiştirme ortamlarından elde edilen shiitake mantarının protein ve mineral madde miktarlarının farklı olması da ortamların içeriklerinin etkisinden kaynaklanmaktadır [4, 25, 41, 42]. Mantarlarda element bileşimini, substratın kimyasal bileşimi ve özellikleri yanında, ortamın eser elementlerle kirlenmesi de etkilemektedir [43].

SONUÇ

En yüksek verim aralarında istatistiksel fark bulunmayan sonbaharda misel aşılması yapılan kızılgağaç ve meşe kütüklerinden, en düşük ise kayın kütüklerinden elde edilmiştir. Çalışmada misel aşılama zamanının verim üzerine etkisi istatistik olarak anlamlı olmasa da sonbaharda aşılama yapılan meşe kütüklerinde verim en yüksek değere ulaşmıştır. Çalışma sonuçları Doğu Karadeniz Bölgesi'nde ince çaplı odunların ve kereste olarak ekonomik değeri daha az olan kızılgağaç ve meşe ağaç türlerine ait kütüklerin açıkta shiitake mantarı yetiştiriciliğinde kullanılabilirliğini ortaya koymuştur. Ayrıca bu kütüklerden elde edilen shiitake mantarının protein ve mineraller açısından zengin bir besin olduğu da tespit edilmiştir. Kütük yetiştiriciliğinde mevcut kütüklerden kabukları düşünceye kadar 5-7 yıl ürün alınmaya devam edilebilir. Ancak bu araştırma sonuçları sadece 2-3 yıllık bir süreyi kapsamaktadır. Torba kültüründe üretim döngüsünün kısa olması (3-4 ay), daha kontrollü ve verimliliğinin daha yüksek olması kütük yetiştiriciliğine göre çok önemli bir avantaj sağlamaktadır. Ülkemizde shiitake mantarının hem mutfak hem de fonksiyonel gıda olarak tanınırlığı arttıkça, tüketiciler tarafından talebi de artacaktır. Artan talebin karşılanması bitkisel atıklar üzerinde torba kültürünün yaygınlaşması ile mümkündür. Bununla birlikte kütük temininin sorun olmadığı, özellikle meşcerelerin seyreltilmesi sırasında açığa çıkan kütükler, shiitake mantarı üretiminde kullanılabilir. Shiitake mantarının kütüklerde yetiştiriciliği ve orman çiftliğinin

oluşturulması orman köylüsünün özellikle kadınların rahatlıkla yapabilecekleri bir iş kolu olarak kırsal kalkınmaya katkı sağlayabilir. Kütük yetiştiriciliğinde üretilen mantarların tıbbi içerikleri, farklı shiitake çeşit/suşların verim ve kaliteye etkileri, torba kültürü ile ekonomik yönden karşılaştırılması ve üretimin sosyo ekonomik kalkınmaya etkileri detaylı olarak araştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Zhang, Y., Geng, W., Shen, Y., Wang, Y., Dai, Y. 2014. Edible mushroom cultivation for food security and rural development in China: Bio-innovation, technological dissemination and marketing. Sustainability 6:2961-2973.
2. TÜİK, 2022. Türkiye İstatistik Kurumu. (www.tuik.gov.tr).
3. Eren, E., Pekşen, A. 2019. Türkiye'de kültür mantarı üretimi ve teknolojik gelişmeler. Mantar Dergisi 10:225-233.
4. Özçelik, E., Pekşen, A. 2006. *Lentinus edodes* yetiştiriciliğinde fındık zurufundan hazırlanan farklı yetiştirme ortamlarının verim ve bazı mantar özelliklerine etkileri. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi 21(1):65-70.
5. Bisen, P.S., Baghel, R.K., Sanodiya, B.S., Thakur, G.S., Prasad, G.B.K.S. 2010. *Lentinus edodes*: A macrofungus with pharmacological activities. Current Medicinal Chemistry 17:2419-2430.
6. Cotter, T. 2014. Organic mushroom farming and mycoremediation: simple to advanced and experimental techniques for indoor and outdoor cultivation. Chelsea Green Publishing, 382p.
7. Ravlikovsky, A., Symochko, L. 2019. Agroecological aspects of cultivation shiitake mushroom in Ukraine. In International Council on Technologies of Environmental Protection (ICTEP) (pp:221-225). IEEE.
8. Annepu, S.K., Sharma, V.P., Barh, A., Kumar, S., Shirur, M., Kamal, S. 2019. Effects of genotype and growing substrate on bio-efficiency of gourmet and medicinal mushroom, *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler. Bangladesh Journal of Botany 48(1):129-138.
9. Queiroz, E.C., Marino, R.H., Eira, A.F.D. 2004. Mineral supplementation and productivity of the shiitake mushroom on eucalyptus logs. Scientia Agricola 61:260-265.
10. Lee, H.S., Park, Y.W., Lee, H.Y., Choi, S.G., Koo, C.D. 2018. Changes of nutrient contents in the log of *Quercus acutissima* by cutting period for *Lentinula edodes* log cultivation. Forest Science and Technology 14(1):33-40.

11. Tokimoto, K. 2005. Mushroom growers' handbook 2: shiitake mushroom cultivation, mushroom world. ISSN:1739-1377, Seoul, Korea, 350p.
12. Bruhn, J.N., Hall, M. 2008. Growing shiitake mushrooms in an agroforestry practice. University of Missouri Center for Agroforestry, Columbia.
13. Ağaoğlu, Y.S., İlbay, B., Güler, M. 1991. Meşe mantarı (*Lentinus edodes*) yetiştiriciliği. Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
14. Oei, P. 2017. Mushroom cultivation VI: Appropriate technology for mushroom growers. Leiden, the Netherlands: Backhuys Publishers, 498p.
15. Wasser, S.P. 2005. Shiitake (*Lentinus edodes*). Encyclopedia of Dietary Supplements (doi:10.1081/E-EDS-120024880).
16. Sabota, C. 2007. Shiitake mushroom production on logs. Alabama Cooperative Extension System (<http://www.aces.edu/pubs/docs/U/UNP-0025/>; Erişim: 07.01.2008).
17. İlbay, M.E. 1994. *Lentinus edodes* kültür mantarı yetiştiriciliğinde değişik yetiştirme ortamları ve katkı maddelerinin verim ve kaliteye etkileri üzerinde araştırmalar (Doktora Tezi). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
18. İlbay, M.E., Örnek, M. 2000. Değişik bitkisel materyal, şeker ve vitamin katkısının sıvı ortamlarda *Lentinus edodes*'in misel gelişim üzerine etkileri. Türkiye 6. Yemeklik Mantar Kongresi, 20-22.09.2000, İzmir, s:175-179.
19. Erkip, N. 2003. Steril çalışma masası kullanılmaksızın torba kültürü yöntemi ile *Lentinula edodes* yetiştiriciliği üzerine araştırmalar (Yüksek Lisans Tezi). Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
20. Özçelik, E., Pekşen, A. 2007. Hazelnut husk as a substrate for the cultivation of shiitake mushroom (*Lentinula edodes*). Bioresource Technology 98:2652-2658.
21. Kalmış, E., Kalyoncu, F. 2007. *Lentinula edodes*'in misel gelişim hızı üzerine meşe odunu parça büyüklüğünün etkisi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi 7(2):45-52.
22. Sözbir, G.D. 2014. Farklı besin ortamlarının *Lentinus edodes* (Shiitake) mantarında verim, lentinan ve kimyasal bileşimine etkileri (Doktora Tezi). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, 175 s.
23. Beşikçi, N. 2015. Farklı besin ortamlarında *Lentinus edodes* (shiitake) mantarının kültürasyonu ve karakterizasyonu (Yüksek Lisans Tezi). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
24. Eliuz, E.A.E. 2019. Cam kavanozda yetiştirilen meşe mantarı (*Lentinula edodes*) mantarının bazı morfolojik özellikleri ve antibakteriyel performansı. Mantar Dergisi 10(1):1-7.
25. Atila, F. 2019. Compositional changes in lignocellulosic content of some agro-wastes during the production cycle of shiitake mushroom. Scientia Horticulturae 245:263-268.
26. Baktetur, G. 2020. Farklı bitkisel atıkların *Lentinula edodes* yetiştiriciliğinde değerlendirilmesi ve atıkların mantarın uçucu aroma profili ve enzim aktivitesi üzerine etkisi (Doktora Tezi). Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
27. Yalçın, M., Akçay, Ç., Düzkale Sözbir, G. 2020. Meşe, kayın odunu ve fındık kabuğu atıklardan *Lentinus edodes* (Şitaki) mantarı üretimi. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi 8:2051-2061.
28. Stamets, P. 2000. Growing gourmet and medicinal mushrooms. Ten Speed Press; 3 Edition 574p.
29. Russell, S. 2014. The essential guide to cultivating mushrooms: Simple and advanced techniques for growing Shiitake, Oyster, Lion's Mane and Maitake mushrooms at home. Storey Publishing, 232p., United States.
30. Pekşen, A., 2013. Kayın mantarı (*Pleurotus ostreatus*): Kütük yetiştiriciliği. Samtim, 41:18-20, ISSN:130-7588, Samsun.
31. AOAC, 1984. Association of official analytical chemists. 14. Ed. (Edited by Sidney Williams), Washington, USA.
32. Pekşen, A., Günay, A. 2009. Kültür mantarı (*Agaricus bisporus* (L.) Sing.) yetiştiriciliğinde çay atığı ve buğday sapı karışımından hazırlanan kompostların kullanımı. Ekoloji Dergisi 19(73):48-54.
33. Julshamn, K., Maage, A., Norli, H. S., Grobecker, K.H., Jorhem, L., Fecher, P., Collaborators: Hentschel A., Martin de la Hinojosa I., Viehweger L., Mindak W.R., Lindholm K., Holm K., Olsson B., Engman J., Habernegg R., Hammer D., Lewis J., van der Wielen J., Hovind H., Vadset M. 2007. Determination of arsenic, cadmium, mercury and lead by inductively coupled plasma/mass spectrometry in foods after pressure digestion: NMKL inter laboratory study. Journal of AOAC International 90(3):844-856.
34. Przybylowicz, P., Donoghue, J. 1990. Shiitake growers handbook: the art and science of mushroom cultivation. Kendall Hunt Pub Co. Iowa.
35. Ranjbar, M.E., Olfati, J.A. 2017. Evaluation of substrate components on shiitake mushroom

- properties. International Journal of Vegetable Science 23(2):145-150.
- 36.Ranjbar, M.E., Olfati, J.A., Amani, M. 2017. Influence of enriched soaking water on shiitake (*Lentinula edodes* (Berk.) Singer) mushroom yield and properties. Acta Agriculturae Slovenica 109(3):555-560.
- 37.Aji, I.M.L. 2009. Development and production of *Lentinula edodes* (Shiitake mushrooms) on inoculated logs of a range of tree species. Masters Research Thesis, Melbourne School of Land and Environment, Forest and Ecosystem Science, The University of Melbourne, Melbourne.
- 38.Siwulski, M., Budka, A., Budzyńska, S., Gąsecka, M., Kalač, P., Niedzielski, P., Mleczek, M. 2021. Mineral composition of traditional and organic-cultivated mushroom *Lentinula edodes* in Europe and Asia-Similar or different? LWT 147:111570.
- 39.Manzi, P., Gambelli, L., Marconi, S., Vivanti, V., Pizzoferrato, L. 1999. Nutrients in edible mushrooms: An inter-species comparative study. Food Chem. 65:477-482.
- 40.Longvah, T., Deosthale, Y.G. 1998. Compositional and nutritional studies on edible wild mushroom from northeast India. Food Chem. 63:331-334.
- 41.Casari, K.B.P.B., Kasuya, M.C. M., Vanetti, M.C.D. 2011. Antimicrobial activity and mineral composition of shiitake mushrooms cultivated on agricultural waste. Brazilian Archives of Biology and Technology 54:991-1002.
- 42.Bach, F., Helm, C.V., De Lima, E.A., Bellettini, M.B., Haminiuk, C.W.I. 2018. Influence of cultivation methods on the chemical and nutritional characteristics of *Lentinula edodes*. Emirates Journal of Food and Agriculture 30(12):1006-1013.
- 43.Gałgowska, M., Pietrzak-Fiećko, R. 2020. Mineral composition of three popular wild mushrooms from Poland. Molecules 25(16):3588.