



**FARKLI PİŞİRME YÖNTEMLERİNİN KÜLTÜR  
MANTARLARININ BAZI KALİTE KRİTERLERİ  
İLE POLİSİKLIK AROMATİK HİDROKARBON  
İÇERİĞİ ÜZERİNE ETKİSİ**

**Seray ERHAN**

**Danışman: Prof. Dr. Fatih ÖZ  
Yüksek Lisans Tezi  
Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı  
2023  
(Her hakkı saklıdır.)**

T.C.  
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**FARKLI PİŞİRME YÖNTEMLERİNİN KÜLTÜR MANTARLARININ BAZI  
KALİTE KRİTERLERİ İLE POLİSİKLIK AROMATİK HİDROKARBON İÇERİĞİ  
ÜZERİNE ETKİSİ**

The Effect of Different Cooking Methods on Some Quality Criteria and Polycyclic Aromatic  
Hydrocarbon Content of Cultivated Mushrooms

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Seray ERHAN

Danışman: Prof. Dr. Fatih ÖZ

Erzurum  
Haziran, 2023

## KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Seray ERHAN tarafından hazırlanan “Farklı Pişirme Yöntemlerinin Kültür Mantarlarının Bazı Kalite Kriterleri ile Polisiklik Aromatik Hidrokarbon İçeriği Etkisi” başlıklı çalışması 22/ 06 / 2023 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gıda Mühendisliği Bilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

|               |                                                                |                       |
|---------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Jüri Başkanı: | Prof. Dr. Sadettin TURHAN<br><i>Ondokuz Mayıs Üniversitesi</i> | Aslı ıslak imzalıdır. |
| Danışman:     | Prof. Dr. Fatih ÖZ<br><i>Atatürk Üniversitesi</i>              | Aslı ıslak imzalıdır. |
| Jüri Üyesi:   | Prof. Dr. İhsan Güngör ŞAT<br><i>Atatürk Üniversitesi</i>      | Aslı ıslak imzalıdır. |
| Jüri Üyesi:   | Prof. Dr. Sadettin TURHAN<br><i>Ondokuz Mayıs Üniversitesi</i> | Aslı ıslak imzalıdır. |

Enstitü Yönetim  
Kurulunun .... / ... / ....  
tarih ve ..... sayılı  
kararı.

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği’nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

**Prof. Dr. Saltuk Buğrahan CEYHUN**

**Enstitü Müdürü**

**Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

## ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Yüksek Lisans Tezi olarak *Prof. Dr. Fatih ÖZ* danışmanlığında sunulan “Farklı Pişirme Yöntemlerinin Kültür Mantarlarının Bazı Kalite Kriterleri ile Polisiklik Aromatik Hidrokarbon İçeriği Üzerine Etkisi” başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

| Tez Bölümleri                   | Tezin Benzerlik Oranı (%) | Maksimum Oran (%) |
|---------------------------------|---------------------------|-------------------|
| Giriş                           | 18                        | 30                |
| Kuramsal Temeller               | 16                        | 30                |
| Materyal ve Yöntem              | 6                         | 35                |
| Araştırma Bulguları ve Tartışma | 10                        | 20                |
| Sonuç ve Öneriler               | 3                         | 20                |
| Tezin Geneli                    | 18                        | 25                |

**Not:** Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5'den büyük olmaması gerekir.

Beyan edilen bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ve beyan ederiz.

| Tez Yazarı (Öğrenci)        | Tez Danışmanı               |
|-----------------------------|-----------------------------|
| Seray ERHAN                 | Prof. Dr. Fatih ÖZ          |
| 22.6.2023                   | 22.6.2023                   |
| İmza: Aslı ıslak imzalıdır. | İmza: Aslı ıslak imzalıdır. |

\* Tez ile ilgili YÖKTEZ’de yayınlamasına ilişkin bir engelleme var ise aşağıdaki alanı doldurunuz.

☐ Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun ....../....../.... tarih ve ..... sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

☐ Enstitü Yönetim Kurulunun ....../....../.... tarih ve ..... sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca bana destek olan, tez konumun planlanması, tez araştırmasının yürütülmesi ve sonuçlarının değerlendirilmesinde bilimsel yardımlarını, anlayış ve ilgisini hiçbir zaman esirgemeyen, sabrı, bilgi ve tecrübeleriyle her zaman yanımda olarak karşılaştığım her zorlukta yardımcı olan tez danışmanım, başta kıymetli sayın danışman hocam Prof. Dr. Fatih ÖZ'e,

Tez çalışmamın sürecinde önemli katkılarını ve desteklerini gördüğüm değerli hocam Sayın Doç. Dr. Emel ÖZ ve Arş. Gör. Elif EKİZ'e, ayrıca laboratuvar çalışmalarım boyunca bana yardım eden ve yol gösteren Eyad AOUDEH ve Adem SAVAŞ'a çok teşekkür ederim.

Yürüdüğüm her yolda bana olan inançlarıyla beni yüreklendirerek yanımda olan, beni kocaman sevgileriyle büyütüp bu günlere getiren, eğitim öğretim yıllarım boyunca maddi manevi desteklerini gösterip her daim arkamda olduklarını hissettiren çok değerli canım babam Danyal ERHAN'a, canım annem Songül ERHAN'a, canım kardeşim Seymen ERHAN'a ve tüm aileme,

Sonsuz teşekkürlerimi sunar ve tezimi onlara armağan etmekten gurur ve onur duyarım.

Seray ERHAN

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

#### FARKLI PİŞİRME YÖNTEMLERİNİN KÜLTÜR MANTARLARININ BAZI KALİTE KRİTERLERİ İLE POLİSİKLIK AROMATİK HİDROKARBON İÇERİĞİ ÜZERİNE ETKİSİ

Seray ERHAN

Danışman: Prof. Dr. Fatih ÖZ

**Amaç:** Farklı pişirme yöntemlerinin kültür mantarlarının bazı kalite kriterleri ve polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) içerikleri üzerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

**Yöntem:** Hem çiğ hem de farklı pişirme yöntemleri (haşlama, sous-vide pişirme, tavada kızartma, fırında pişirme ve mangalda pişirme) kullanılarak pişirilen kültür mantarlarının kuru madde içeriği, pH değeri, pişirme kaybı değeri, antioksidan aktivite değeri ve PAH içerikleri belirlenmiştir. Araştırma, Tam Şansa Bağlı Deneme desenine göre kurulup üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

**Bulgular:** Çiğ örneklerin kuru madde içeriğinin %7,31, pH değerinin 6,66 ve IC<sub>50</sub> değerinin ise 0,89 µg/ml olduğu belirlenmiştir. Farklı pişirme yöntemlerinin kültür mantarlarının kuru madde, pişirme kaybı ve pH değeri üzerine çok önemli (p<0.01) etki ettiği belirlenirken, IC<sub>50</sub> değeri üzerine ise anlamlı bir etkisinin olmadığı (p>0.05) görülmüştür. Kültür mantarı örneklerinde benzo[a]antrasen (BaA), krisen (Chry), benzo[b]floranten (BbF), benzo[k]floranten (BkF), benzo[a]piren (BaP), dibenzo[a,h]antrasen (DahA), benzo[g,h,i]perilen (BghiP) ve indeno[1,2,3-cd]piren (IncdP) bileşikleri araştırılmıştır. Çiğ ve pişmiş örneklerin tümünde BaA bileşiği tespit edilirken, BaP, BbF, BkF, DahA, Chry, BghiP ve IncdP bileşikler ise hiçbir örnekte tespit edilememiştir. ΣPAH4 içeriği açısından örneklerin birbirlerinden istatistiksel olarak farklı olmadığı (p>0.05) belirlendiği mevcut araştırmada, ısıtıl işlem görmemiş mantar örneklerinde 0,30 ng/g düzeyinde belirlenen ΣPAH4 içeriğinin; farklı pişirme yöntemleri kullanılarak pişirilen örneklerde 0,34 – 3,50 ng/g arasında değiştiği belirlenmiştir.

**Sonuç:** Hem çiğ hem de pişmiş kültür mantarlarında değişen düzeylerde PAH mevcudiyeti kanıtlanmıştır. Öte yandan, en yüksek ΣPAH4 içeriğinin belirlendiği tavada kızartılmış kültür mantarlarından 1 kg tüketilmesi durumunda bile, Türk Gıda Kodeksi Gıda Bulaşanları Yönetmeliği (TFC 2011) ve Avrupa Birliği Direktifi (EU 2011) tarafından izin verilen limitlerin aşılmadığı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kültür Mantarı; Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar; Pişirme; IC<sub>50</sub>; DPPH; Benzo[a]antrasen

**Haziran 2023, 50 sayfa**

## ABSTRACT

### MASTER'S THESIS

#### THE EFFECT OF DIFFERENT COOKING METHODS ON SOME QUALITY CRITERIA AND POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBON CONTENT OF CULTIVATED MUSHROOMS

Seray ERHAN

Supervisor: Prof. Dr. Fatih ÖZ

**Purpose:** The aim of this study was to determine the effect of different cooking methods on some quality criteria and polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) contents of cultivated mushrooms.

**Method:** Both raw cultivated mushrooms and mushrooms cooked using different methods (boiling, sous-vide cooking, pan-frying, oven baking, and grilling) were analyzed for their dry matter content, pH value, cooking loss value, antioxidant activity, and PAH contents. The study was designed according to a Completely Randomized Design and conducted with three replications.

**Findings:** The analysis revealed that the dry matter content of raw cultivated mushrooms was 7.31%, pH value was 6.66, and IC<sub>50</sub> value was 0.89 µg/ml. Different cooking methods were found to have significant effects ( $p < 0.01$ ) on the dry matter content, cooking loss, and pH value of cultivated mushrooms, while no significant effect ( $p > 0.05$ ) was observed on the IC<sub>50</sub> value. The benzo[a]anthracene (BaA), chrysene (Chry), benzo[b]fluoranthene (BbF), benzo[k]fluoranthene (BkF), benzo[a]pyrene (BaP), dibenzo[a,h]anthracene (DahA), benzo[g,h,i]perylene (Bghip), and indeno[1,2,3-cd]pyrene (IncdP) compounds were investigated in the mushroom samples. BaA compound was detected in all of the raw and cooked mushroom samples, while BaP, BbF, BkF, DahA, Chry, Bghip, and IncdP compounds could not be detected in any of the samples. No statistically significant difference ( $p > 0.05$ ) was found between the samples in terms of  $\Sigma$ PAH<sub>4</sub> content. The  $\Sigma$ PAH<sub>4</sub> content, which was determined at a level of 0.30 ng/g in the raw mushroom samples, ranged from 0.34 to 3.50 ng/g in the mushrooms cooked using different methods.

**Results:** It has been proved that varying levels of PAH exist in both raw and cooked cultivated mushrooms. However, even if 1 kg of pan-fried mushrooms with the highest  $\Sigma$ PAH<sub>4</sub> content has been consumed, it is found that the limits allowed by the Turkish Food Codex Food Contaminants Regulation (TFC 2011) and the European Union Directive (EU 2011) have not been exceeded.

**Keywords:** Cultivated Mushroom; Polycyclic Aromatic Hydrocarbons; Cooking; IC<sub>50</sub>; DPPH; Benzo[a]anthracene

June 2023, 50 pages

## İÇİNDEKİLER

|                                                                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....                                                                                           | i   |
| ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU .....                                                                            | ii  |
| TEŞEKKÜR .....                                                                                                        | iii |
| ÖZET .....                                                                                                            | iv  |
| ABSTRACT .....                                                                                                        | v   |
| İÇİNDEKİLER.....                                                                                                      | vi  |
| TABLolar DİZİNİ.....                                                                                                  | vii |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....                                                                                                 | ix  |
| SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....                                                                                  | x   |
| GİRİŞ.....                                                                                                            | 1   |
| KURAMSAL TEMELLER.....                                                                                                | 7   |
| MATERYAL VE METOT .....                                                                                               | 11  |
| Materyal .....                                                                                                        | 11  |
| Hammadde .....                                                                                                        | 11  |
| Yöntem.....                                                                                                           | 11  |
| Pişirme yöntemleri .....                                                                                              | 11  |
| Kültür mantarı örneklerinde çeşitli kalite kriterlerinin belirlenmesi.....                                            | 12  |
| İstatistiksel Analiz.....                                                                                             | 14  |
| ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA .....                                                                                 | 15  |
| Çiğ Kültür Mantarlarının Çeşitli Analiz Sonuçları .....                                                               | 15  |
| Isıl İşlem Görmüş Kültür Mantarlarının Kuru Madde İçerikleri .....                                                    | 15  |
| Isıl İşlem Görmüş Kültür Mantarlarının Pişirme Kaybı Değerleri .....                                                  | 18  |
| Isıl İşlem Görmüş Kültür Mantarlarının pH Değerleri .....                                                             | 20  |
| Isıl İşlem Görmüş Kültür Mantarlarının Antioksidan Aktiviteleri (DPPH Serbest<br>Radikalini Giderme Aktivitesi) ..... | 21  |
| PAH Bileşiklerine Ait Algılama Sınırları, Kantitatif Ölçme Sınırları ve Geri Kazanım<br>Değerleri.....                | 25  |
| Kültür Mantarlarının PAH İçeriği.....                                                                                 | 25  |
| SONUÇ ve ÖNERİLER .....                                                                                               | 31  |
| KAYNAKÇA .....                                                                                                        | 33  |
| ÖZGEÇMİŞ.....                                                                                                         | 38  |

## TABLÖLER DİZİNİ

|                                                                                                                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tablo 1.</b> <i>A. Bisporus</i> Türünün İçerdiği Çeşitli Bileşenler ve Ortalama Miktarları.....                                                                                         | 2  |
| <b>Tablo 2.</b> PAH'ların İsimleri, Kimyasal Yapıları ve Molekül Ağırlıkları .....                                                                                                         | 5  |
| <b>Tablo 3.</b> Hammadde Olarak Kullanılan Çiğ Kültür Mantarlarına Ait Ortalama Kuru Madde, pH ve IC <sub>50</sub> Analiz Sonuçları ve Standart Sapma Değerleri ( $\bar{x} \pm SD$ ) ..... | 15 |
| <b>Tablo 4.</b> Farklı Yöntemler Kullanılarak Isıl İşleme Tabi Tutulan Kültür Mantarlarının Kuru Madde İçerikleri (%).....                                                                 | 16 |
| <b>Tablo 5.</b> Farklı Yöntemler Kullanılarak Isıl İşleme Tabi Tutulan Kültür Mantarlarının Kuru Madde İçeriklerine Ait Varyans Analiz Sonuçları .....                                     | 16 |
| <b>Tablo 6.</b> Kültür Mantarlarının Kuru Madde İçeriklerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ( $\bar{x} \pm SD$ ) .....                                                      | 17 |
| <b>Tablo 7.</b> Farklı Yöntemler Kullanılarak Isıl İşleme Tabi Tutulan Kültür Mantarlarının Pişirme Kaybı Değerleri (%).....                                                               | 18 |
| <b>Tablo 8.</b> Farklı Yöntemler Kullanılarak Isıl İşleme Tabi Tutulan Kültür Mantarlarının Pişirme Kaybı Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları .....                                   | 19 |
| <b>Tablo 9.</b> Kültür Mantarlarının Pişirme Kaybı Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ( $\bar{x} \pm SD$ ) .....                                                    | 19 |
| <b>Tablo 10.</b> Farklı Yöntemler Kullanılarak Isıl İşleme Tabi Tutulan Kültür Mantarlarının pH Değerleri.....                                                                             | 20 |
| <b>Tablo 11.</b> Farklı Yöntemler Kullanılarak Isıl İşleme Tabi Tutulan Kültür Mantarlarının pH Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları .....                                             | 20 |
| <b>Tablo 12.</b> Kültür Mantarı Örneklerinin pH Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ( $\bar{x} \pm SD$ ) .....                                                       | 21 |
| <b>Tablo 13.</b> Farklı Yöntemler Kullanılarak Isıl İşleme Tabi Tutulan Kültür Mantarlarının IC <sub>50</sub> Değerleri.....                                                               | 22 |
| <b>Tablo 14.</b> Farklı Yöntemler Kullanılarak Isıl İşleme Tabi Tutulan Kültür Mantarlarının IC <sub>50</sub> Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları.....                                | 22 |
| <b>Tablo 15.</b> Kültür Mantarlarının IC <sub>50</sub> Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ( $\bar{x} \pm SD$ ) .....                                                | 23 |
| <b>Tablo 16.</b> Mevcut araştırmada incelenen PAH'lara ait LOD, LOQ ve Geri Kazanım Değerleri.....                                                                                         | 25 |
| <b>Tablo 17.</b> Kültür Mantarlarında Belirlenen Ortalama Bireysel PAH İçerikleri (ng/g).....                                                                                              | 26 |
| <b>Tablo 18.</b> Kültür Mantarlarının $\Sigma$ PAH4 İçeriğine Ait Varyans Analiz Sonuçları .....                                                                                           | 28 |

**Tablo 19.** Kültür Mantarlarının  $\Sigma$ PAH4 İçeriğine Ait Duncan oklu Karşılaştıma Test

Sonuçları ( $\bar{x} \pm SD$ ) .....28



## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 1. Pişirme işlemine hazırlanan kültür mantarı örnekleri .....                  | 11 |
| Şekil 2. Kültür mantarlarına uygulanan farklı pişirme yöntemlerine ait detaylar..... | 12 |
| Şekil 3. Kültür mantarının DPPH serbest radikal giderme aktivitesi.....              | 24 |



## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

|               |                                             |
|---------------|---------------------------------------------|
| %             | Yüzde                                       |
| °C            | Santigrat Derece                            |
| BaA           | Benzo[a]antrasen                            |
| BaP           | Benzo[a]piren                               |
| BbF           | Benzo[b]floranten                           |
| BghiPy        | Benzo[g,h,i]perilen                         |
| BkF           | Benzo[k]floranten                           |
| Chry          | Krisen                                      |
| Kg            | Kilogram                                    |
| DahA          | Dibenzo[a,h]antrasen                        |
| DPPH          | 2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl               |
| IncdP         | İndeno[1,2,3-cd]piren                       |
| Dk            | Dakika                                      |
| G             | Gram                                        |
| Kcal          | Kilokalori                                  |
| KM            | Kuru Madde                                  |
| KO            | Kareler Ortalaması                          |
| LOD           | Tespit Edilebilme Sınırı                    |
| LOQMDA        | Miktarın Belirlenebilme Sınırı Malonaldehit |
| ml            | Milimetre                                   |
| N             | Örnek sayısı                                |
| Nd            | Tespit edilemedi (<LOD)                     |
| Ng            | Nanogram                                    |
| Nm            | Nanometre                                   |
| PAH           | Polisiklik Aromatik Hidrokarbon             |
| Ph            | Hidrojen gücü                               |
| Rpm           | Dakikada Dönme Hızı                         |
| SD            | Standart Sapma                              |
| VK            | Varyasyon Kaynakları                        |
| $\bar{x}$     | Ortalama                                    |
| $\mu\text{g}$ | Mikrogram                                   |
| ml            | Mikrolitre                                  |
| $\mu\text{M}$ | Mikrometre                                  |

## GİRİŞ

Hayvansal veya bitkisel kaynaklı gıdalar, insanoğlunun hayati fonksiyonlarını sürdürebilmesi için proteinler, karbonhidratlar, yağlar, vitaminler ve mineraller gibi makro ve mikro gerekli bileşenleri içeren fonksiyonel kaynaklar olarak nitelendirilmektedir. Mantarlar; klorofil taşımayan, saprofit veya parazit olarak yaşayan ve sporla üreyen canlı organizmalar olarak tanımlanabilmektedir (Kartal 2011). Beslenmede önemli bir yere sahip olan mantarlar hem iyi bir lif kaynağı olarak değerlendirilmekte hem de insan sağlığı üzerinde bağışıklık sisteminin etkinliğinin artması, kan şekeri düzeyinin kontrolü, anti-karsinojenik aktivite, enfeksiyonların engellenmesi ve kalp-damar hastalıklarının tedavisi gibi çeşitli olumlu katkılar da sağlamaktadır (Manzi *et al.* 2001; Demir 2010).

Mantarlar esasen sporla üreyen organizmalar olduklarından üremelerini sağlayan sporları oluşturmak için meyve vermektedirler (Bülbül 2012). Mantarların tüketiciler tarafından tercih edilebilirliği üzerinde sahip oldukları renk, tat, aroma ve doku gibi eşsiz özellikleri etkili olmaktadır (Öztürk ve Atilla 2021). Mantar yetiştiriciliğine ilk defa 16. yy.'da Fransa'da başlanmış olup, kültür mantarlarının üretimi boyunca odaların nem, ısı, ışık ve havalandırma parametrelerinin optimum nitelikleri sağlaması ve kontrollü olması gerektiği bildirilmektedir. Soğuk hava depoları, ışığa karşı yalıtımlı seralar, mağaralar, depolar veya evin kullanılmayan bodrum katlarında mantar yetiştiriciliği yapılabilmekte olup mantar yetiştiriciliğinde en önemli faktör olan nem seviyesinin kültür odalarında yüksek olması gerektiği ilave edilmektedir (Özdemir 2010; Bülbül 2012).

Geçmişten günümüze kadar mantar üretim ve tüketim miktarlarındaki değişim incelendiğinde, tüketicilerin sağlıklı gıdalara olan talebi ile mantarlara olan ilgisinin doğru orantılı olarak arttığı görülmektedir. Günümüzde kültür mantarı yetiştiriciliği 100'den fazla ülkede yapılmakta ve üretim miktarı mantar yetiştiriciliğine olan ilginin artışına bağlı olarak her yıl %6-7 oranında artış eğilimi göstermektedir (Aksel Efe 2019). Doğada yaklaşık olarak 1,5 milyondan fazla fungus türü olduğu ve bu türlerin yaklaşık 200 adetinin tüketilebilir türler olduğu belirtilmektedir. Öte yandan yenilebilir türlerden sadece 25 adetinin kültüre alınabildiği belirtilmiş olup, bunların arasından da beyaz şapkalı kültür mantarının (*Agaricus bisporus*) yaklaşık olarak %32'lik oranla Dünya'da ve Türkiye'de en fazla yetiştiriciliği yapılan ve satışa sunulan tür olduğu bildirilmektedir (Taşçı 2019). Üretim ve tüketim açısından kültür mantarını *Pleurotus spp* (istiridye mantarı), *Auricula auricula* (kulak mantarı), *Flamulina velutipes* (kış

mantarı) ve *Volvariella volvacea* (saman mantarı) türleri takip etmektedir (Yıldız ve Boylu 2018). 19. yy'dan itibaren dünya üzerinde yaygın bir şekilde üretimine ve kullanımına başlanan *Agaricus bisporus* Avrupa'da 1950'li yıllardan sonra yayılmaya ve endüstri alanında hızla gelişmeye başlamıştır. Türkiye'de ise ekonomik olarak mantar üretiminin 1970'li yıllarda başladığı bildirilmiştir (Taşcı 2019).

Biyoaktif bileşikler yönünden zengin kaynaklar olan mantarların, kültür alanlarındaki farklılıklara bağlı olarak protein, yağ asidi (özellikle oleik ve linoleik asit), mineral, vitamin ve antioksidan bileşikler bünyelerinde önemli seviyelerde içerdiği bildirilmektedir (Demir 2010). Bununla birlikte mantarların çoğu sebzedden daha yüksek seviyede protein içerdiği belirlenmiş olup, protein içeriğinin türe bağlı olarak değişkenlik gösterdiği ve proteinlerin %70'inin sindirilebilir olduğu bildirilmektedir. Ayrıca mantarların fonksiyonel gıda olarak nitelendirilmesinde biyoaktif peptitler açısından zengin olmasının da etkili olduğu vurgulanmaktadır (Özdemir 2010; Çınar Yılmaz ve Bengü 2018). Bu sebeplerden dolayı mantar türleri arasında *A. bisporus* gerek içerdiği besin öğeleriyle gerekse de ekonomik açıdan uygunluğu ile tüketiciler tarafından en çok tercih edilen ve geleneksel tıpta kullanılan tür olarak ifade edilmektedir (Liu *et al.* 2013). *A. bisporus* türünün içerdiği çeşitli bileşenlerin ortalama miktarları Tablo 1'de verilmiştir (Wang and Zhao 2023).

**Tablo 1.** *A. Bisporus* Türünün İçerdiği Çeşitli Bileşenler ve Ortalama Miktarları (Wang and Zhao 2023)

| Bileşenler                           | Miktar |
|--------------------------------------|--------|
| Protein (g/ 100 g kuru ağırlık)      | 38,7   |
| Yağ (g/ 100 g kuru ağırlık)          | 3,3    |
| Karbonhidrat (g/ 100 g kuru ağırlık) | 31,6   |
| Aspartik asit (g/kg kuru ağırlık)    | 19,2   |
| Treonin (g/kg kuru ağırlık)          | 3,6    |
| Serin (g/kg kuru ağırlık)            | 6,2    |
| Triptofan (g/kg kuru ağırlık)        | 2,7    |
| Glutamat (g/kg kuru ağırlık)         | 10,6   |
| Glisin (g/kg kuru ağırlık)           | 5,6    |
| Alanin (g/kg kuru ağırlık)           | 7,7    |
| Sistein (g/kg kuru ağırlık)          | 1,4    |
| Valin (g/kg kuru ağırlık)            | 6,8    |
| Metiyonin (g/kg kuru ağırlık)        | 2,2    |
| İzolösin (g/kg kuru ağırlık)         | 13,7   |

**Tablo 1.** (Devamı)

|                                                 |       |
|-------------------------------------------------|-------|
| Lösin (g/kg kuru ağırlık)                       | 12,0  |
| Tirozin (g/kg kuru ağırlık)                     | 2,8   |
| Fenilalanin (g/kg kuru ağırlık)                 | 1,9   |
| Lisin (g/kg kuru ağırlık)                       | 10,9  |
| Histidin (g/kg kuru ağırlık)                    | 1,7   |
| Arjinin (g/kg kuru ağırlık)                     | 7,4   |
| Prolin (g/kg kuru ağırlık)                      | 6,9   |
| Toplam Esansiyel Amino Asit (g/kg kuru ağırlık) | 53,8  |
| Toplam Amino Asit (g/kg kuru ağırlık)           | 123,3 |
| Toplam Esansiyel Amino Asit/Amino Asit (%)      | 43,63 |

Mantarlar %90'a yakın su içermekte ve şeker ile yağ içerikleri oldukça düşük seviyelerde bulunmaktadır. Bu nedenle 100 g taze mantarın 25-35 kcal/100 g enerji içerdiği belirtilmektedir. Bu nedenle diyet yemekleri için ayrı bir yere sahip olan mantarların, kilo vermek isteyen bireyler için ideal bir gıda niteliği taşıdığı bildirilmektedir (Demir 2010; Özdemir 2010). Mantarlar, aroma maddesi olarak kullanılabilirdiği gibi kendi başına sebze yemeği olarak da yaygın olarak tüketilebilmektedir. Mantarlar genellikle sote edilerek, fırınlanarak, haşlanarak, mangalda veya tavada pişirilerek tüketime sunulmaktadır (Eren vd 2017).

Gıdaların haşlama, tavada pişirme, ızgara, fırınlama ve sous-vide gibi çeşitli pişirme yöntemleri ile işlenmesi tekstüründe ve kimyasal bileşiminde önemli değişikliklere neden olmaktadır. İlaveten pişirme işlemi esnasında vitaminlerin, antioksidan bileşiklerin veya çözünür maddelerin suda kaybolması veya kayıpların olması nihai ürünün besin değerini önemli ölçüde etkilemektedir (Roncero-Ramos *et al.* 2016). Bu nedenle, mantarların sağlıklı tüketimi ile ilgili birçok öneri ileri sürülmektedir. Bu bağlamda haşlama tekniği mantar gibi gıda maddelerinin sağlıklı tüketiminde tercih sebebi olmaktadır. Öte yandan, haşlanmış gıdaların tüketici tarafından arzu edilen duyusal ve tekstürel özelliklerin, fırında veya tavada kızartma teknikleriyle pişirilen gıdalardan oldukça düşük olduğu belirtilmektedir. Bu sebeple tüketiciler, özellikle tat ve koku yönünden istenilen duyusal kaliteyi sağlayabilmek için mangalda veya tavada pişirme tekniklerini daha çok tercih etmektedir (Ediz 2019).

Gıdalar vücutta metabolik olayların gerçekleşmesi için gerekli besin öğelerini içermesinin yanı sıra toksinler, mikrobiyal kirleticiler veya sağlık üzerinde olumsuzluklara yol açabilen birtakım zararlı bileşikler de içerebilmektedir. Bu nedenle gıdalar sadece hastalıkların önlenmesi veya tedavisinde değil aynı zamanda bazı hastalıkların ortaya çıkmasında da rol

oynamaktadır (Öz *et al.* 2021). Diğer taraftan, gıdaların tüketimlerinden önce uygulanan pişirme işleminin usulüne uygun koşullarda yapılmadığı durumlarda polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH'lar) gibi çeşitli mutajenik ve/veya karsinojenik bileşiklerin meydana geldiği kanıtlanmıştır (Öz 2021; Savas *et al.* 2021).

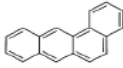
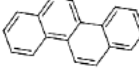
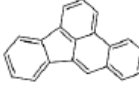
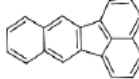
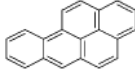
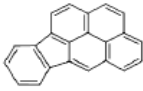
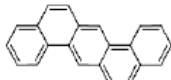
Günümüzün en yaygın hastalıklarından biri olan kanserin oluşmasında beslenmeyle birlikte çevresel faktörlerin etkili olduğu bildirilmektedir. Önemli çevresel kirleticilerden olan endüstriyel atıklar, fosil yakıtlar, araç emisyonlar, tarım ilaçları, çöpler, sigara dumanı, duman ve sanayi baca gazları gibi zararlı maddelerden çevreye gelen kimyasalların hava, su, toprak veya gıdalara kontamine olduğu belirtilmektedir. Bu zararlı maddelerin içinde birçok kirletici bulunmakta olup, bu kirleticilerden biri de insan sağlığı açısından toksik ve karsinojen etkiye sahip oldukları ispatlanan PAH'lardır. Bu bileşiklerin çok az miktarlarının bile insan vücudunda toksik ve karsinojen etkiye sebep olduğu bilindiği için hava, su ve gıdalardaki miktarlarının kontrol edilmesi önem arz etmektedir (Alver vd 2012).

PAH'lar gıdaların üretimi sırasında çevresel olarak hava, su ve toprak ile teması sonucu bulaşabilecekleri gibi gıdaların tütsüleme ve kurutma gibi işleme prosesleri ile yüksek sıcaklıklarda pişirilmesi (kızartma, kavurma, mangalda pişirme) sonucu da oluşabilmektedir (Günç Ergönül ve Kaya 2015; Çorman *et al.* 2017; Kılıç vd 2017; İdeli 2007). Gıdaların ısıtılma işlemi tabii tutulması sırasında PAH'ların oluşumlarına dair üç farklı mekanizma öne sürülmüştür. Birinci mekanizmada; yağ, protein ve karbonhidrat gibi organik bileşenlerin 200°C veya üzerindeki sıcaklıklarda piroliz olması sonucu, ikinci mekanizmada; gıdalardan ayrılan yağ damlalarının ısı kaynağına damlaması ile yüksek sıcaklıktaki ateşle karşılaşması sonucu ve son olarak üçüncü mekanizmada ise; ısı kaynağı olarak kullanılan yakıtın tam yanmaması sonucu PAH bileşiklerinin oluşması ve bunların gıda yüzeyine kontamine olması olarak ifade edilmiştir (Öz vd 2021). PAH'ların gıdalarda oluşumu üzerinde gıdanın alevle direkt teması, ısıtılma işlem süresinin uzaması ve yüksek ısıtılma işlem sıcaklığı gibi parametrelerin etkili olduğu bildirilmektedir (Kılıç vd 2017; Öz 2021).

Çevresel kirleticiler olarak nitelendirilen PAH bileşikleri, organik materyallerin tam yanmaması veya organik bileşiklerin yüksek sıcaklıkta oksijensiz ortamda pirolize olması sonucu oluşan, iki veya daha fazla kaynaşmış benzen halkası içeren organik bileşikler olarak tanımlanmaktadır (Öz *et al.* 2021). Bugüne kadar yaklaşık 660 farklı PAH bileşiğinin belirlenmiş olup, bunlardan 16 tanesi Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından karsinojen ve/veya mutajen bileşikler olarak tanımlanması nedeniyle öncelikli kontaminantlar olarak değerlendirilmektedir (Stolyhwo and Skorski 2005; Yüzer 2016; Masuda *et al.* 2019). EPA tarafından öncelikli kontaminantlar olarak nitelendirilen PAH bileşikleri

Asenaften (Ane), Asenaften (Anp), Antrasen (An), Benzo[a]antrasen (BaA), Benzo[a]piren (BaP), Benzo[b]floranten (BbF), Benzo[k]floranten (BkF), Benzo[g,h,i]perilen (BghiPy), Dibenzo[a,h]antrasen (DahA), Fenantren (Phe), Floranten (Flu), Floren (Flr), İndeno[1,2,3-cd]piren (IncdP), Krisen (Chr), Naftalin (Nap) ve Piren (Py) olmak üzere sıralanabilmektedir (Çorman 2014). Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (IARC)'na göre ise öncelikli kontaminantlar arasında BaP Grup 1 (bilinen insan karsinojeni) olarak sınıflandırılırken, BaA, BbF ve Chr ise Grup 2B (muhtemel karsinojen) olarak sınıflandırmıştır (Öz vd 2021). Diğer taraftan, BaP karsinojenik, DahA büyük olasılıkla karsinojenik, Nap, BaA, Chr, BbF ile BkF karsinojenik olma ihtimali olan ve Ane, Flr, Phe, An, Flu ile Py ise karsinojenik etkisine göre sınıflandırılmayanlar olarak belirtilmiştir (Aydın 2016). Mevcut araştırmada farklı pişirme yöntemleri kullanılarak pişirilen kültür mantarlarında incelenen PAH bileşiklerine ait çeşitli özellikler Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2.** PAH'ların İsimleri, Kimyasal Yapıları ve Molekül Ağırlıkları (WHO, 2006)

| Kimyasal İsmi         | Kısaltması | Molekül Ağırlığı | Yapı                                                                                  |
|-----------------------|------------|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Benzo[a]antrasen      | BaA        | 228              |  |
| Krisen                | Chr        | 228              |  |
| Benzo[b]floranten     | BbF        | 252              |  |
| Benzo[k]floranten     | BkF        | 252              |  |
| Benzo[a]piren         | BaP        | 252              |  |
| İndeno[1,2,3-cd]piren | IncdP      | 276              |  |
| Benzo[g,h,i]perilen   | BghiPy     | 276              |  |
| Dibenzo[a,h]antrasen  | DahA       | 278              |  |

PAH'ların kanserle ilişkilendirilmesi ilk olarak 1775 yılında Dr. Percivall Pott tarafından baca temizliğinde çalışan işçilerde görülen testis kanserinin işçilerin derilerindeki is

ile ilişkilendirilmesiyle gündeme gelmiştir. PAH'ların saf hallerinin renksiz, beyaz, açık sarımsı ve yeşil renkte, hafif hoş bir kokuda ve katı formda oldukları belirtilmektedir (Günç Ergönül ve Kaya 2015). PAH'ların lipofilik özellikte olmaları dolayısıyla organik çözücülerde çözünmeleri ve su içerisinde düşük çözünürlüğe sahip olmaları tespit edilebilmelerini zorlaştırmakta ve bu nedenle uygun ve doğru analitik yöntemlerin geliştirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Rengarajan *et al.* 2015). PAH'lar yağ içeren bütün vücut dokularında birikebilmekte ve özellikle karaciğer, yağ dokuları ve böbrekte depolanma eğilimi sergilemektedirler. Yapılan çalışmalar neticesinde duman, endüstriyel prosesler, kömür ve sigara gibi maddelerin özellikle BaP'i içeren PAH kaynağı olduğu belirlenmiştir (Günç Ergönül ve Kaya 2015). Mutajenik ve karsinojenik etkisi yüksek olduğu için yüzlerce PAH çeşidi arasında en çok bilinen ve en çok çalışılan PAH bileşiği; BaP olarak ifade edilmektedir. Bununla birlikte BaP karsinojenik etkisinden dolayı; Avrupa Komisyonu Gıda Bilimsel Komitesi (EC/SCF) tarafından PAH'ların indikatörü olarak tanımlanmıştır. Diğer taraftan, Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA, 2008) tarafından BaP'nin tek başına yeterli bir indikatör olmadığı, bunun yerine 4'lü PAH sisteminin (BaA, Chr, BbF ve BaP) ya da 8'li PAH sisteminin (BaA, BaP, Chry, BkF, BbF, DahA, BghiP ve IncdP) indikatör olarak kullanılması gerektiği belirtilmiştir (Günç Ergönül ve Kaya 2015; Öz vd. 2021; Mastanjević *et al.* 2021).

Literatürde gıdalarda PAH bileşiklerinin oluşumlarının incelendiği araştırmalarda materyal olarak genellikle et ve et ürünlerinin kullanıldığı görülmektedir. Öte yandan, gerek zengin besin değeri gerekse kendine has tat, koku, aroma ve tekstürü ile tüketiciler tarafından beğenilerek tüketilen gıdalardan biri olan kültür mantarının, farklı pişirme yöntemleriyle pişirilmesi neticesinde PAH bileşiklerinin oluşumlarının incelendiği bir araştırmaya literatürde rastlanılmamıştır. Bu bağlamda mevcut araştırmada çiğ ve farklı pişirme yöntemleri (haşlama, sous-vide, tava, fırın ve mangal) kullanılarak pişirilen kültür mantarlarının çeşitli kalite kriterleri (kuru madde, pH, pişirme kaybı ve antioksidan aktivite) ile PAH bileşenlerinin oluşumu ve miktarları incelenmiştir. Böylece çevresel faktörlere bağlı olarak çiğ kültür mantarlarında PAH bileşiklerinin kontaminasyonu incelenirken, aynı zamanda pişirme işleminin ve farklı pişirme yöntemlerinin kültür mantarlarında PAH oluşumu üzerindeki etkisi ortaya konmuştur.

## KURAMSAL TEMELLER

İnsan beslenmesinin binlerce yıldır bir parçası olan mantarların, dünya çapında en çok yetiştirilen türleri arasında *Agaricus bisporus* yer almaktadır. Beslenmede mantarlar önemli miktarda diyet lifi içeriğinin yanı sıra kalori ve yağ bakımından fakir olmaları nedeniyle değerli kaynaklar olarak kabul görmüştür. Ayrıca, mantarlar beslenme açısından temel amino asitlerin çoğunu barındıran kaliteli protein içeriği (ortalama %20-30), vitamin içeriği (B1, B2, B12, C, D ve E) ve mineral madde (çinko veya selenyum) içeriği ile dikkatleri üzerine çekmektedir (Roncero-Ramos *et al.* 2016). Öte yandan, çoğu gıdada olduğu gibi mantarlara da tüketimden önce uygulanan pişirme işlemi vasıtasıyla lezzet, tat ve aroma gibi duyuşsal özelliklerin geliştirilmesine ilaveten mikrobiyal açıdan da güvenlik sağlanmaktadır. Bununla birlikte gıdalara uygulanan ısı işlemi ile meydana gelen çeşitli reaksiyonlar neticesinde birtakım zararlı bileşiklerin oluştuğu bildirilmektedir. Bu bileşikler arasında karsinogen ve/veya mutajen oldukları tespit edilen polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH'lar), organik bileşiklerin yüksek sıcaklıkta oksijensiz ortamda pirolize olması sonucu oluşan ve iki veya daha fazla kaynaşmış benzen halkası içeren organik bileşikler olarak ifade edilmektedir. Gıdalarda PAH'ların oluşumu üzerine gıdanın bileşimine ilaveten pişirme yöntemi, ısı kaynağına yakınlık, pişirme sıcaklığı ve pişirme süresi gibi pek çok faktörün etkili olduğu belirlenmiştir (Öz *et al.* 2021).

Manzi *et al.* (2004), ticari mantarlarda beslenme kalitesini ve pişirmenin etkisini belirlemek için yaptıkları çalışmada, mantar türlerinin nem içeriklerinin çiğ örneklerde 67,2-91,5 g/100 g aralığında, pişmiş örneklerde ise 71,9-90,4 g/100 g aralığında değiştiğini belirlemişlerdir. Mantarların protein içeriklerinin 1,5-7,9 g/100 g aralığında, yağ içeriklerinin 0,6-1,5 g/100 g aralığında, kül içeriklerinin 0,5-2,0 g/100 g aralığında ve toplam karbonhidrat içeriklerinin ise 5,9-21,6 g/100 g aralığında değiştiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar 100 g taze mantardan 76,6 g pişmiş mantar elde edildiğini rapor etmişlerdir.

Dikeman *et al.* (2005), bazı mantar çeşitlerinde olgunlaşma aşamasının ve pişirme işleminin (10 dk haşlama), seçilen mantar türlerinin kimyasal bileşimi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Pişirmeden önce ve sonra ağırlık farklılıklarının temelinde, en büyük kayıpların olgunlaşmamış ve olgun beyaz düğme mantarlarında (sırasıyla %33,4 ve %32,6) meydana geldiğini belirlemişlerdir. Pişirme kayıplarının olgunlaşmamış ve olgun Crimini ve Portabella mantarlarında sırasıyla %31,2 ve %29,2 ve %30,5 ve %28,1 olduğunu; olgunlaşmamış ve olgun

Maitake ve Enoki mantarlarında ise sırasıyla %16,0 ve %10,6 ve %11,8 olduğunu rapor etmişlerdir.

Yıldız *et al.* (2015), yenilebilir mantar türleri olan *Ganoderma lucidum*, *Morchella esculenta*, *Lentinula edodes* ve *Hericium erinaceus*'un toplam fenolik içeriklerini, antioksidan özelliklerini ve fenolik kompozisyonlarını değerlendirmişlerdir. *G. lucidum*'un en düşük %50 radikal süpürme aktivite değerine (1,763 mg/ml) dolayısıyla *G. lucidum*'un incelenen dört mantar türü arasında en güçlü antioksidan etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca *M. esculenta*, *L. edodes* ve *H. Erinaceus* türlerinin antioksidan kapasitesinin ise sırasıyla 1,923 mg/ml, 4.994 mg/ml ve 8,386 mg/ml olarak tespit etmişlerdir.

Roncero-Ramos *et al.* (2016), yaptıkları araştırmada *A. bisporus*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus ostreatus* ve *Pleurotus eryngii* türü kültür mantarlarını haşlama, mikrodalga, ızgara ve derin yağda kızartma gibi farklı pişirme yöntemleri kullanarak pişirdikten sonra besin değeri ve antioksidan aktivitedeki değişimleri incelemişlerdir. Kızartma yöntemi ile pişirilen mantarlarda protein, kül ve karbonhidrat içeriğinde önemli kayıplar meydana geldiği bildirilirken, haşlama yöntemi ile pişirilen mantarlarda  $\beta$ -glukan fraksiyonunun artarak toplam glukan içeriğinde iyileşme olduğu belirtilmiştir. Mantarların antioksidan aktivitesi açısından ise haşlama ve kızartma yöntemlerinde önemli bir düşüş olduğu, ızgara ve mikrodalga yöntemlerinde ise mantarların daha yüksek antioksidan aktivite değerlerine ulaştığı rapor edilmiştir. Araştırmacılar mikrodalgada ve ızgara yöntemlerinin, mantarların beslenme profilini korumak için en uygun pişirme yöntemi olduğunu rapor etmişlerdir. Araştırmacılar pişirme yönteminin, mantarların besin değerini ve antioksidan aktivitesini önemli oranda etkilediğini, bu nedenle, doğru pişirme yönteminin seçiminin, yüksek oranda tüketilen kültür mantarı türlerinin besin profilini korumak için önemli bir faktör olduğunu rapor etmişlerdir.

Igbiri *et al.* (2017) Nijerya'da tüketime sunulan yenilebilir mantar örneklerinde (PAH'ların) miktarlarını araştırmışlardır. Çalışmalarında, tüm mantar örneklerinde, en yüksek miktarda benzo[g,h,i]perilen, indeno[1,2,3 c,d]piren, benzo[a]piren ve piren bileşiklerinin belirlendiğini, naftalin, asenaptilen, asenaften, floren, dibenz[a,h]antrasen ve benzo[k]floranten bileşiklerinin ise saptanamadığını bildirmişlerdir. Mantar örneklerinde benzo[a]antrasen bileşiğinin 0,08 mg/kg-14,85 mg/kg arasında ve piren bileşiğinin B[a]P ise 0,09-2,46 mg/kg arasında değiştiğini belirlemişlerdir. PAH4, PAH8 ve PAH16 değerleri için ortalama konsantrasyon aralığının sırasıyla 0,08-4,29 mg/kg, 0,20-4,29 mg/kg ve 0,20-8,32 mg/kg olduğunu rapor etmişlerdir. Araştırmacılar çalışmada inceledikleri mantar örneklerinin %70'inde BaP ve PAH4, örneklerin %80'inde ise PAH8 ve PAH16 belirlemişlerdir.

Cheng *et al.* (2019), ızgarada pişirme işlemi öncesinde ve sonrasında Enoki mantarlarında (*Flammulina velutipes*) ve Çin frenk soğanı (*Allium tuberosum* L.), patates (*Solanum tuberosum* L.), patlıcan (*Solanum melongena*) ve yeşil biber (*Capsicum annuum* var. *grossum*) gibi çeşitli sebzelerde oluşan PAH bileşiklerini incelemişlerdir. Araştırmacılar ızgarada pişirdikleri Enoki mantarlarındaki  $\Sigma$ PAH konsantrasyonunun, çiğ Enoki mantarlarındaki konsantrasyondan 27,6 kat daha yüksek olduğunu rapor etmişlerdir. Sebzelere kıyasla ızgarada pişirdikleri Enoki mantarlarındaki daha yüksek PAH konsantrasyonunun yüksek selüloz içeriği (2,7 g/100 g yaş ağırlık) ile ilişkilendirmişlerdir.

Ediz (2019), farklı pişirme tekniklerinin (haşlama, derin yağda kızartma, mikrodalga, fırınlama ve yüksek basınçlı pişirme) kültür mantarlarında antioksidan kapasite ve fenolik bileşikler üzerine etkisini araştırmıştır. Antioksidan aktivitenin fırında ve mikrodalgada pişirilen mantar örneklerinde daha yüksek değere sahip olduğu bildirilirken, fenolik madde miktarının ise yüksek basınçlı pişirme işlemi uygulanan örneklerde daha yüksek olduğu rapor edilmiştir. Farklı pişirme yöntemleri ile pişirilen mantar örneklerinde antioksidan kapasite ve fenolik madde miktarına ait değerlerin sırasıyla 399,54-2062,92  $\mu$ M TEAC/g kuru madde ve 77,52-189,57 mg GAE/g kuru madde aralığında değiştiği bildirilmiştir. Araştırmacı, 121°C’de 15 ve 30 dk ısı işlem uygulanan mantar örneklerinde bağlı ve serbest fenolik maddelerin miktarının taze mantara göre önemli oranda azaldığını vurgulamıştır.

Selli *et al.* (2021), *A. bisporus* ve *P. ostreatus* kültür mantarlarına uygulanan ısı işlemi bazı bileşikler üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada, en yüksek antioksidan aktivitenin *A. bisporus* mantarlarında tespit edildiğini ve ısı işlemi ile bu aktivitede önemli bir azalma meydana geldiğini belirlemişlerdir. Taze, haşlanmış ve ızgarada pişirilen mantarların DPPH değerlerinin sırasıyla 111, 53,1 ve 143,4 mM Trolox/kg olduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca haşlama işlemiyle antioksidan aktivite değerinin azaldığını, ızgarada pişirme işlemiyle ise antioksidan aktivitenin arttığını vurgulamışlardır.

Shariatifar *et al.* (2021), farklı pişirme yöntemleri ile pişirdikleri mantar örneklerinde PAH içeriğini araştırmışlardır. Yenilebilir mantarda toplam PAH içeriğini ortalama 3,85  $\mu$ g/kg olarak belirlemişlerdir. Araştırmacılar, tüm örneklerde meyve ve sebzelerde BaP konsantrasyonu için verilen limit değerinin (<1  $\mu$ g/kg) altında olduğunu bildirmişlerdir. Mantar örneklerinde asenafetilen (Ace) içeriğinin 0,84  $\mu$ g/kg olarak belirlendiğini ve benzo(a)piren (BaP), asenaften (Ac), fenantren (Pa), dibenzo[a,h]antrasen (DahA), benzo(a)antrasen (BaA), floranten (Fl), indeno[1,2,3-cd]piren (IP) ile benzo[g,h,i]perilen (BgP)’in tespit edilemediğini bildirmişlerdir. Ayrıca mantar örneklerinde PAH4 seviyelerinin ortalama 0,73  $\mu$ g/kg olduğunu ve limitlerin altında olduğunu (EC Yönetmeliği No 835/2011 (2011)’ne göre işlenmiş tahıllarda

1 µg/kg, kurutulmuş bitkilerde 50 µg/kg) vurgulamışlardır. Bununla birlikte çiğ örnekler ile tavada ve ızgarada pişirilmiş mantar örneklerinde toplam PAH ve PAH4 içeriklerinin sırasıyla; çiğ örneklerde 2,77 µg/kg ve 0,5 µg/kg iken, ızgarada pişirilmiş örneklerde 4,88 µg/kg ve 0,98 µg/kg olarak ve kızartılan örneklerde ise 3,88 µg/kg ve 0,88 µg/kg olarak belirlemişlerdir. Mantar örneklerindeki PAH kontaminasyonunun çiğ < kızartma < ızgara olarak belirlendiğini ve bu duruma kömür kullanımı ve doğrudan ısı kullanımının etkili olabileceğini bildirmişlerdir.

Luo *et al.* (2022) farklı pişirme yöntemlerinin *Pleurotus cornucopiae* mantarlarının besin ögeleri, antioksidan ve hipoglisemik aktiviteleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Farklı pişirme yöntemleri (haşlama, buharda pişirme, mikrodalgada pişirme, tavada kızartma, kızartma ve kavurma) arasında su bazlı pişirme yöntemlerinin (kaynatma, buharda pişirme ve mikrodalgada pişirme) en düşük antioksidan aktiviteye sahip olduğunu rapor etmişlerdir.

Sissons *et al.* (2022), soteleme ve kavurma gibi farklı pişirme yöntemleri kullanarak pişirdikleri Portobello ve Shiitake türü mantarlarda çeşitli kalite kriterlerini incelemişlerdir. Kavurma işlemi ile pişirdikleri mantar örneklerinde, sote yöntemine kıyasla daha yüksek nem kaybı belirlendiğini bildirmişlerdir. İlaveten Shiitake mantarında, Portobello mantarına kıyasla daha fazla nem kaybı gözlemlendiğini ve mantar türünün nem kaybında önemli bir etkiye sahip olduğunu rapor etmişlerdir.

## MATERYAL VE METOT

### Materyal

#### Hammadde

Mevcut araştırmada materyal olarak kullanılan kültür mantarları (*Agaricus bisporus*) Erzurum'daki yerel marketlerden temin edilmiş olup, laboratuvara getirildikten sonra sapları çıkarılıp, kabukları soyulmuş ve pişirme işlemine hazır hale getirilmiştir.



şekil 1. Pişirme işlemine hazırlanan kültür mantarı örnekleri

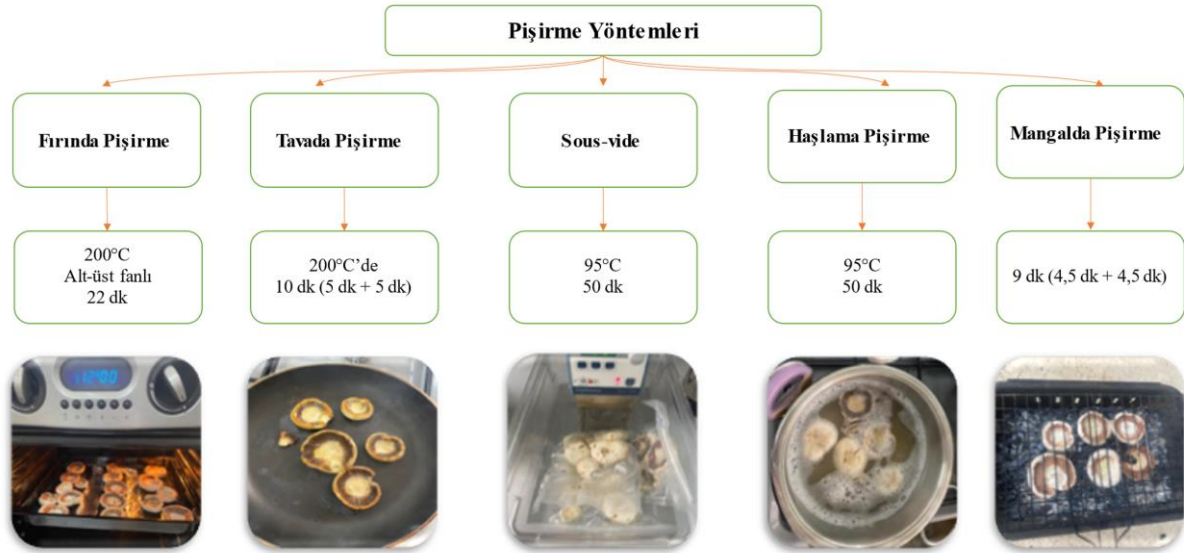
### Yöntem

#### Pişirme yöntemleri

Sapları çıkarılmış ve kabukları soyulmuş kültür mantarı örnekleri farklı pişirme yöntemleri (fırında, tavada, sous-vide, haşlama ve mangal) kullanılarak pişirme işlemine tabi tutulmuştur. Pişirme yöntemleri ve pişirme koşullarına dair detaylar şekil 2'de verilmiştir.

- Kültür mantarı örneklerinin fırında pişirme işlemi 200°C'de, alt-üst fanlı ayarda, 22 dk süreyle gerçekleştirilmiştir.
- Kültür mantarı örneklerinin tavada pişirme işlemi 200°C'de, 5 dk n yüzey ve 5 dk diğeri yüzey olmak üzere toplam 10 dk süreyle gerçekleştirilmiştir.
- Kültür mantarı örneklerinin sous-vide ile pişirme işlemi 95°C'de, 50 dk süreyle gerçekleştirilmiştir.

- Kültür mantarı örneklerinin haşlama ile pişirme işlemi 95°C’de kaynayan suyun içinde 50 dk süreyle gerçekleştirilmiştir.
- Kültür mantarı örneklerinin mangalda pişirme işlemi ateş kor haline geldikten sonra 4,5 dk  n yüzey ve 4,5 dk diğ r yüzey olmak üzere toplamda 9 dk süreyle gerçekleştirilmiştir.



**şekil 2.** Kültür mantarlarına uygulanan farklı pişirme yöntemlerine ait detaylar

### **Kültür mantarı örneklerinde çeşitli kalite kriterlerinin belirlenmesi**

#### ***Kültür Mantarı  rneklerin Su İçeriğinin Belirlenmesi***

Yaklaşık 10 g kültür mantarı örneğinin kurutma kaplarına tartılmasının ardından etüvde ( $100 \pm 3^\circ\text{C}$ ’lik) sabit tartıma ulaşana kadar (1 gün) kurutulması neticesinde belirlenen ağırlık kaybı üzerinden % olarak hesaplanmıştır (Bingöl 2022).

#### ***Kültür mantarı örneklerin pH analizi***

10 g kültür mantarı örneğı 100 ml saf su ile Ultra-Turrax (IKA T18, Germany) kullanılarak 1 dk süreyle homojenize edilmiş ve ardından pH-metre (ATI ORION 420, MA 02129, USA) kullanılarak pH değeri belirlenmiştir (Gökalp vd 2010).

#### ***Kültür mantarı örneklerin pişirme kaybının belirlenmesi***

Kültür mantarı örneklerinin pişirme kaybı, pişirme işlemi sonrasında meydana gelen ağırlık kaybı üzerinden % olarak hesaplanmıştır (Bingöl 2022).

#### ***DPPH serbest radikal giderim aktivitesi (DPPH) tayini***

Kültür mantarı örneklerinin antioksidan aktivitesinin belirlenmesinde 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil serbest radikal giderme aktivitesi analizi kullanılmış olup, Yıldız *et al.* (2015)

tarafından açıklanan metot referans alınmıştır. Bu amaç doğrultusunda, etüvde 45°C'de kurutulan kültür mantarı örneklerinden 0,25 g tartılmış ve üzerine 2,5 ml metanol eklenmiştir. Ultrasonik banyo içerisinde 60°C'de 30 dk bekletildikten sonra Whatman filtre kağıdından (No:1) süzölmüştür. Ardından süzöntüye 2,5 ml metanol eklenerek işlem tekrarlanmıştır. Elde edilen süzöntüler birleştirilip 4000 rpm'de 5 dk santrifüj edildikten sonra son hacmi 5 ml'ye kadar metanol ile tamamlanmıştır. DPPH radikalinden 0,0024 g tartılarak metanol ile 100 ml'ye tamamlanmış ve ultrasonik banyoda 5 dk bekletilmiştir. Örnek ekstraktı farklı konsantrasyonlarda (0,6, 0,8 ve 1,1 mg/ml) 1,5 ml DPPH çözeltisi ile deney tüplerinde karıştırılmış ve toplam 2 ml'ye tamamlanacak şekilde metanol ilave edilip vortekslendikten sonra 30 dk karanlıkta bekletilmiştir. Absorbans ölçümü dalga boyu 517 nm'de, köre karşı gerçekleştirilmiştir. % inhibisyon değerleri aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\% \text{ İnhibisyon} = [(A_{\text{DPPH}} - A_{\text{ekstrakt}}) / A_{\text{DPPH}}] \times 100$$

Burada;

$A_{\text{DPPH}}$  = DPPH şahit örneğinin absorbans değeri

$A_{\text{ekstrakt}}$  = Örnek ekstraktının absorbans değeri

Elde edilen % inhibisyon ve örnek konsantrasyonları kullanılarak  $IC_{50}$  değerleri  $\mu\text{g/ml}$  olarak hesaplanmıştır.

### ***Kültür mantarı örneklerinin (PAH) içeriklerinin belirlenmesi***

Farklı pişirme yöntemleri ile pişirilen kültür mantarı örneklerinden 5 g tartılıp, üzerine 15 ml 1 M soğuk NaOH çözeltisinden eklenmiş ve 3 saat süre ile homojenize edilmiştir. Ardından karışım üzerine Extrelut NT paketleme materyali (10 g) eklenerek karıştırılmıştır. Elde edilen karışım rezervuara alındıktan sonra üzerine kartuş bağlanarak diklorometan ile ekstraksiyon işlemi uygulanmıştır. Ekstrakt azot gazı ile buharlaştırıldıktan sonra 10 g aktive edilmiş silika jel ile karıştırılıp, n-hekzan:diklorometan (60:40, v/v) karışımı ile elüe edilmiştir. Ardından ekstrakt buharlaştırılmış ve PAH fraksiyonu, asetonitril (1 ml) içerisinde çözöndürölmüştür. PAH analizi, Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatografisi (HPLC, Thermo Ultimates-3000, Waltham, MA, USA) cihazında fluoresan detektörü (FLD-3000), Hypersil™ Green PAH (3  $\mu\text{m}$ , 150 mm  $\times$  2,1 mm) kolon ve su ile asetonitril mobil fazları kullanılarak gradyan programda yürütölmüştür (Sumer and Oz 2023).

## **İstatistiksel Analiz**

Araştırma, üç tekerrürlü olacak şekilde Tam Şansa Bağlı Deneme Desenine göre kurulup yürütülmüştür. Sonuçlar SPSS paket programı ile analiz edilmiş ve veriler arasındaki farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir.



## ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

### Çiğ Kültür Mantarlarının Çeşitli Analiz Sonuçları

Mevcut araştırmada, Erzurum'daki yerel marketlerden temin edilen ve hammadde olarak kullanılan kültür mantarı örneklerinin kuru madde, pH ve antioksidan aktivite değerleri Tablo 3'te sunulmuştur.

**Tablo 3.** Hammadde Olarak Kullanılan Çiğ Kültür Mantarlarına Ait Ortalama Kuru Madde, pH ve IC<sub>50</sub> Analiz Sonuçları ve Standart Sapma Değerleri ( $\bar{x} \pm SD$ )

| Hammadde       | n | Kuru Madde (%) | pH        | IC <sub>50</sub> (µg/ml) |
|----------------|---|----------------|-----------|--------------------------|
| Kültür Mantarı | 3 | 7,31±0,03      | 6,66±0,02 | 0,89±0,25                |

Mevcut araştırmada, hammadde olarak kullanılan kültür mantarı örneklerinde kuru madde içeriği %7,31, pH değeri 6,66 ve IC<sub>50</sub> değeri ise 0,89 µg/ml olarak bulunmuştur. Mattila *et al.* (1999) çiğ *Cantharellus cibarius* türü mantarların kuru madde içeriğini %9,3 olarak bulmuşlardır. Gül vd (2021), taze olarak toplanan kanlıca mantar türlerinden olan *Lactarius deliciosus*'un kuru madde oranını %12,22 ve pH değerini 6,51 olarak belirlemişlerdir. Doğan (2016) yaptığı çalışmada hammadde olarak kullandığı taze istiridye mantarlarının kuru madde içeriğini %10,45 ve pH değerini 5.95 olarak saptamıştır. Roncero-Ramos *et al.* (2016), *Agaricus bisporus* mantarında IC<sub>50</sub> değerini 0,75 µmol TE/100 mg olarak tespit etmişlerdir.

Mevcut araştırmada hammadde olarak kullanılan kültür mantarı örneklerinin kuru madde, pH ve IC<sub>50</sub> değerlerinin literatürdeki veriler ile genellikle uyum içerisinde olduğu, analiz sonuçları içinde görülen kısmi farklılıkların ise coğrafi koşullar ve tür farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Yıldız *et al.* (2015) yaptıkları çalışmanın DPPH sonuçlarına göre 4 farklı mantar türünün IC<sub>50</sub> değerlerini *Morchella esculenta* (1,923 ± 0,46 mg/ml), *Lentinula edodes* (4,994 ± 0,51 mg/ml) ve *Hericium erinaceus* (8,386 ± 0,43 mg/ml) ve *Ganoderma lucidum* (1,763 ± 0,38 mg/ml) olarak bulmuşlar, *G. lucidum*'un incelenen dört mantar türü arasında en güçlü antioksidan etkiye sahip olduğunu ve daha düşük IC<sub>50</sub> değerlerinin daha yüksek antioksidan aktiviteyi gösterdiğini belirtmişlerdir.

### Isıl İşlem Görmüş Kültür Mantarlarının Kuru Madde İçerikleri

Mevcut araştırmada farklı yöntemler kullanılarak ısıtılma işlemine tabi tutulan kültür mantarlarının kuru madde içerikleri Tablo 4'te verilmiştir. Isıl işlem görmemiş kültür

mantarlarında ortalama %7,31 olarak belirlenen kuru madde içeriğinin, farklı pişirme yöntemleri kullanılarak pişirilen mantar örneklerinde ortalama %6,26 – 15,98 arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Isıl işlem uygulaması, haşlama yöntemi hariç, örneklerin kuru madde içeriklerinde beklenildiği gibi oransal bir artışa neden olmuştur. Haşlanmış mantar örneklerinin ise kuru madde içeriği, ısıl işlem görmemiş mantar örneklerine kıyasla azalmış, diğer bir deyişle, haşlanmış örneklerin su içeriği artmıştır. Bu sonucun, haşlama işlemi esnasında, mantar örneklerinin, haşlama suyundan bir miktar suyu bünyesine absorbe etmiş olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Öte yandan, sous-vide pişirme yöntemi de su içerisinde gerçekleştirilen bir pişirme yöntemi olmasına rağmen, sous-vide pişirme yönteminde, pişirme işlemi öncesi mantarlar vakum ambalajlandığı için, örneklerin pişirme ortamından su absorplama durumu söz konusu olmamıştır. Mevcut araştırmada kullanılan tavada pişirme, fırında pişirme ve mangalda pişirme yöntemlerinde ise kuru ısı uygulaması yapılması nedeniyle, bu yöntemler kullanılarak pişirilen örneklerin tamamında, çiğ örneklerle kıyasla kuru madde içeriği artmış, su içeriği ise azalma göstermiştir.

**Tablo 4.** Farklı Yöntemler Kullanılarak Isıl İşleme Tabi Tutulan Kültür Mantarlarının Kuru Madde İçerikleri (%)

| Pişirme Yöntemi | Kuru Madde (%) |       |       |
|-----------------|----------------|-------|-------|
|                 | Tekerrür       |       |       |
|                 | 1              | 2     | 3     |
| Haşlama         | 6,98           | 7,75  | 6,26  |
| Sous-vide       | 10,70          | 9,50  | 10,35 |
| Tava            | 13,11          | 13,02 | 11,08 |
| Fırın           | 13,08          | 13,30 | 12,98 |
| Mangal          | 15,68          | 15,98 | 14,76 |

Farklı yöntemler kullanılarak ısıl işleme tabi tutulan kültür mantarlarının kuru madde içeriklerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 5'te verilmiştir. Pişirme yönteminin kültür mantarı örneklerinin kuru madde içerikleri üzerine istatistiksel olarak çok önemli ( $p<0,01$ ) etkiye sahip olduğu saptanmıştır.

**Tablo 5.** Farklı Yöntemler Kullanılarak Isıl İşleme Tabi Tutulan Kültür Mantarlarının Kuru Madde İçeriklerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

| VK              | SD | KO     | F        |
|-----------------|----|--------|----------|
| Pişirme Yöntemi | 4  | 30,865 | 57,632** |
| Hata            | 10 | 0,536  |          |

\*:  $p<0,01$

Kültür mantarlarının kuru madde içeriği üzerine farklı yöntemlerle pişirme işleminin etkisini gösteren Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 6’da verilmiştir. Araştırmada, en düşük kuru madde içeriği haşlama yöntemi kullanılarak pişirilen mantarlarda belirlenirken, en yüksek kuru madde içeriği ise mangalda pişirilen kültür mantarlarında tespit edilmiştir. Bu sonuca, pişirme sıcaklığı, pişirme süresi ve pişirme yöntem (suda ve kuru ısıda) farklılığının etki ettiği düşünülmektedir. Benzer sonuçlar literatürde yer alan diğer araştırmalarda da tespit edilmiştir. Nitekim, bazı sebzelerde de haşlama işlemi neticesinde, çiğ örneklerle kıyasla daha fazla su içeriğinin tespit edildiğini, buna karşın mevcut araştırmada olduğu gibi kuru ısı uygulaması neticesinde su içeriğinde önemli azalmalar olduğunu gösteren literatür çalışmaları bulunmaktadır (Ramírez-Anaya *et al.* 2015). Benzer şekilde, *Lentinula edodes* türü mantarlarda yapılan bir çalışmada, ısıtılmış işlem görmemiş örneklerde %87,83 olarak belirlenen su içeriği, haşlama işlemi neticesinde %89,14 olarak tespit edilmiştir, ancak araştırmacılar, bu iki değer arasında istatistiksel bir farklılık olmadığını belirtmişlerdir (Roncero-Ramos *et al.* 2016).

**Tablo 6.** Kültür Mantarlarının Kuru Madde İçeriklerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ( $\bar{x} \pm SD$ )

| Piştirme Yöntemi | n | KM %              |
|------------------|---|-------------------|
| Haşlama          | 3 | 7,00 $\pm$ 0,75d  |
| Sous-vide        | 3 | 10,18 $\pm$ 0,62c |
| Tava             | 3 | 12,40 $\pm$ 1,14b |
| Fırın            | 3 | 13,12 $\pm$ 0,16b |
| Mangal           | 3 | 15,47 $\pm$ 0,64a |

a-d: farklı harfle işaretlenmiş ortamlar istatistiksel olarak birbirlerinden farklıdır (p<0.05)

Mattila *et al.* (1999) çiğ ve tavada 5 dk kızartma işlemi uyguladıkları *Cantharellus cibarius* türü yabani mantarların kuru madde içeriklerini sırasıyla %9,3 ve %10,6 olarak tespit ederlerken, çiğ ve tavada 5 dk kızartma işlemi uyguladıkları *Cantharellus tubaeformis* türü yabani mantarların ise kuru madde içeriklerini sırasıyla %13,6 ve %27,9 olarak belirlemişlerdir.

Yapılan bir araştırmada çiğ ve haşlama yöntemi ile pişirme işleminin beyaz düğme (*A. bisporus*), Crimini (*A. bisporus*) ve Portabella (*A. bisporus*) olgun mantarlarında kimyasal kompozisyonu üzerine etkisi incelenmiştir. Beyaz düğme, Crimini ve Portabella çiğ mantar örneklerinin kuru madde içeriklerinin sırasıyla %5,5, %6,3 ve %7 olduğu, pişirilmiş mantar örneklerinin kuru madde içeriklerinin ise sırasıyla %6,8, %7,8 ve %7,4 olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca araştırmada mantarların pişirilmesiyle kuru madde içeriğinde meydana gelen artışın, pişirme kayıplarına bağlı olarak kuru madde bileşenlerinin yoğunlaşmasıyla ilişkili olduğu vurgulanmıştır (Dikeman *et al.* 2005). Koçyiğit ve Günay (1984) Kayın (*Pleurotus ostreatus*)

türü mantarlarda yaptıkları çalışmada kuru madde oranının % 8.38-14.75 arasında değiştiğini bulmuşlardır. Manzi *et al.* (2004) *Agrocybe aegerita* ve *P. eryngii* türü taze mantarların kuru madde içeriğinin sırasıyla %12,6 ve %13,4 olduğunu, mangalda 10 dk pişirme işlemi uyguladıklarında ise mantarların kuru madde içeriklerinin sırasıyla %15,4 ve %17,9 olduğunu rapor etmişlerdir. Doğan (2016) ise araştırmasında hammadde olarak kullandığı taze istiridye mantarlarının kuru madde içeriğini %10,45 olarak tespit ederken, mantarların fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal özellikleri üzerinde yetiştirildiği kompost formülasyonunun önemli bir rol oynadığını vurgulamıştır.

### Isıl İşlem Görmüş Kültür Mantarlarının Pişirme Kaybı Değerleri

Pişirme işleminin, gıdalarda başta biyoaktif bileşiklerin konsantrasyonu ve biyoyararlılığı olmak üzere temel besin öğeleri ile dokusal özellikleri üzerinde önemli değişikliklere yol açtığı bilinmektedir (Pellegrini *et al.* 2009; Ediz 2019). Ayrıca gıdalara uygulanan ısı işlemler esnasında vitaminlerin, antioksidan bileşiklerin ve suda çözünen diğer bileşiklerin su ile birlikte uzaklaşması neticesinde besin değerinde önemli kayıpların olduğu belirtilmektedir (Faller and Fiahlo 2009).

Farklı yöntemler kullanılarak ısı işleme tabi tutulan kültür mantarlarının pişirme kaybı değerleri Tablo 7’de verilmiş ve örneklerin pişirme kaybı değerlerinin 38 – 60,5 arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir.

**Tablo 7.** Farklı Yöntemler Kullanılarak Isıl İşleme Tabi Tutulan Kültür Mantarlarının Pişirme Kaybı Değerleri (%)

| Pişirme Yöntemi | Pişirme Kaybı |      |      |
|-----------------|---------------|------|------|
|                 | Tekerrür      |      |      |
|                 | 1             | 2    | 3    |
| Haşlama         | 39,9          | 38,9 | 38   |
| Sous-vide       | 43,5          | 40,6 | 44,4 |
| Tava            | 46,9          | 45,4 | 43,4 |
| Fırın           | 52,4          | 52,7 | 48,2 |
| Mangal          | 55,3          | 60,5 | 55,2 |

Farklı yöntemler kullanılarak ısı işleme tabi tutulan kültür mantarlarının pişirme kaybı değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 8’de verilmiştir. Görüldüğü gibi pişirme yönteminin kültür mantarı örneklerinin pişirme kaybı değerleri üzerine istatistiksel olarak çok önemli ( $p<0,01$ ) etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

**Tablo 8.** Farklı Yöntemler Kullanılarak Isıl İşleme Tabi Tutulan Kültür Mantarlarının Pişirme Kaybı Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

| VK               | SD | KO      | F        |
|------------------|----|---------|----------|
| Piştirme Yöntemi | 4  | 152,131 | 32,293** |
| Hata             | 10 | 4,711   |          |

\*\* $p < 0,01$

Kültür mantarlarının piştirme kaybı değeri üzerine farklı yöntemlerle piştirme işleminin etkisini gösteren Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 9’da verilmiştir. Tablodan da görüldüğü gibi kültür mantarı örneklerinin farklı piştirme yöntemleri kullanılarak pişirilmesi ile piştirme kaybı değerlerinde anlamlı farklılıklar gözlenmiştir. En düşük piştirme kaybı değerine (%38,99) haşlama ile pişirilen kültür mantarı örneklerinin sahip olduğu belirlenirken, en yüksek piştirme kaybı değerine (%57,07) ise mangalda pişirilen kültür mantarı örneklerinin sahip olduğu saptanmıştır. Ayrıca, mantar örneklerinin piştirme kaybı değerlerinin istatistiksel olarak aynı kuru madde içeriğinde olduğu gibi sıralandığı da tespit edilmiştir. Bu duruma, ısının etkisiyle mantar örneklerindeki suyun buharlaşması neticesinde kuru madde içeriklerinde meydana gelen oransal artışın neden olduğu düşünülmektedir.

**Tablo 9.** Kültür Mantarlarının Piştirme Kaybı Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ( $\bar{x} \pm SD$ )

| Piştirme Yöntemi | n | Piştirme Kaybı                |
|------------------|---|-------------------------------|
| Haşlama          | 3 | 38,99 $\pm$ 0,97 <sup>d</sup> |
| Sous-vide        | 3 | 42,88 $\pm$ 1,97 <sup>c</sup> |
| Tava             | 3 | 45,30 $\pm$ 1,78 <sup>c</sup> |
| Fırın            | 3 | 51,16 $\pm$ 2,51 <sup>b</sup> |
| Mangal           | 3 | 57,07 $\pm$ 3,04 <sup>a</sup> |

a-d: farklı harfle işaretlenmiş ortamların istatistiksel olarak farklıdır

Dikeman *et al.* (2005), 10 dk haşlama işlemine maruz bıraktıkları olgun beyaz düğme mantarlarında piştirme kayıplarının sırasıyla %33,4 ve %32,6 olduğunu; Crimini ve Portabella mantarlarında ise piştirme kayıplarının %28 ile %31 arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. En düşük piştirme kaybı değerlerini ise olgunlaşmamış Maitake mantarlarında, olgun Maitake mantarlarında ve Enoki mantarlarında sırasıyla %16,0 ve %10,6 ve %11,8 olarak tespit etmişlerdir. Roncero-Ramos *et al.* (2016) yaptıkları araştırmada 4 farklı piştirme yöntemi (haşlama, mikrodalga, mangal ve derin yağda kızartma) kullanarak pişirdikleri *A. bisporus* mantarlarının piştirme kayıplarının sırasıyla %42,7, %39,10, %39,4 ve %38,5 olduğunu bildirmişlerdir.

### Isıl İşlem Görmüş Kültür Mantarlarının pH Değerleri

Farklı yöntemler kullanılarak ısıtılma tabii tutulan kültür mantarlarının pH değerleri Tablo 10’da verilmiştir. Isıl işlem görmemiş kültür mantarlarında ortalama 6,66 olarak belirlenen pH değerinin, farklı pişirme yöntemleri kullanılarak pişirilen mantar örneklerinde ortalama 6,63 – 6,99 arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir.

**Tablo 10.** Farklı Yöntemler Kullanılarak Isıl İşleme Tabii Tutulan Kültür Mantarlarının pH Değerleri

| Pişirme Yöntemi | pH       |      |      |
|-----------------|----------|------|------|
|                 | Tekerrür |      |      |
|                 | 1        | 2    | 3    |
| Haşlama         | 6,79     | 6,98 | 6,99 |
| Sous-vide       | 6,71     | 6,74 | 6,72 |
| Tava            | 6,63     | 6,70 | 6,66 |
| Fırın           | 6,68     | 6,68 | 6,66 |
| Mangal          | 6,80     | 6,71 | 6,73 |

Farklı yöntemler kullanılarak ısıtılma tabii tutulan kültür mantarların pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 11’de verilmiştir. Tablodan da görüldüğü gibi pişirme yönteminin kültür mantarı örneklerinin pH değerleri üzerine istatistiksel olarak çok önemli ( $p<0,01$ ) etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

**Tablo 11.** Farklı Yöntemler Kullanılarak Isıl İşleme Tabii Tutulan Kültür Mantarlarının pH Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

| VK               | SD | KO    | F       |
|------------------|----|-------|---------|
| Piştirme Yöntemi | 4  | 0,032 | 9,638** |
| Hata             | 10 | 0,003 |         |

\*\* $p<0,01$

Kültür mantarlarının pH değeri üzerine farklı yöntemlerle piştirme işleminin etkisini gösteren Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 12’de verilmiştir. Çiğ kültür mantarı örneklerinin ortalama pH değeri 6,66 olarak belirlenirken, farklı piştirme yöntemleri kullanılarak piştirilen kültür mantarı örneklerinin ortalama pH değerlerinin 6,66-6,92 arasında değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. Mevcut araştırmada, tavada piştirilmiş örnekler hariç diğer tüm yöntemler kullanılarak ısıtılma tabii tutulmuş mantar örneklerinin pH değeri artış göstermiştir. Piştirme işleminin, gıda maddelerinde proteinlerin açılmasına, bazik karaktere sahip amino asitlerin serbest hale gelmesine ve yine alkali karakter gösteren bazı bileşiklerin oluşmasına neden olduğu için genellikle pH değerinde artışa neden olduğu belirtilmektedir.

(Choi et al. 2020; Sumer and Oz, 2023). Nitekim, Choi et al. 2020 yaptıkları çalışmada, kış mantarı (*Flammulina velutipes*) suyu tozunun 6,45 olan pH değerinin, uygulanan ısı işlem neticesinde 6,56'ya yükseldiğini rapor etmişlerdir. Öte yandan, mevcut araştırmada, yalnızca haşlanmış örneklerin pH değerinin diğer yöntemler kullanılarak pişirilen örneklerin pH değerinden anlamlı düzeyde farklı olduğu belirlenmiştir. Bu duruma, örneklerin pişirme ortamındaki su ile uzun süreli temasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

**Tablo 12.** Kültür Mantarı Örneklerinin pH Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ( $\bar{x} \pm SD$ )

| Piştirme Yöntemi | n | pH               |
|------------------|---|------------------|
| Haşlama          | 3 | 6,92 $\pm$ 0,11a |
| Sous-vide        | 3 | 6,72 $\pm$ 0,01b |
| Tava             | 3 | 6,66 $\pm$ 0,04b |
| Fırın            | 3 | 6,68 $\pm$ 0,01b |
| Mangal           | 3 | 6,74 $\pm$ 0,05b |

a-b: farklı harfle işaretlenmiş ortamların istatistiksel olarak farklıdır

Gül vd (2021), taze olarak toplanan kanlıca mantar türlerinden olan *Lactarius deliciosus*'un pH değerini 6,51, haşlanmış mantarın ise 7,30 olarak tespit etmişlerdir. Bu durum, mevcut çalışmadaki haşlanmış mantarın pH değerinin taze mantara göre daha yüksek bir değerde olduğu sonucuyla benzerlik göstermektedir.

#### Isıl İşlem Görmüş Kültür Mantarlarının Antioksidan Aktiviteleri (DPPH Serbest Radikalini Giderme Aktivitesi)

Örneklerin antioksidan aktivite değerlerinin belirlenmesinde; DPPH serbest radikalini giderme aktivitesi analizi yapılmış olup, IC<sub>50</sub> değeri; DPPH serbest radikalini %50 oranında azaltmak için gerekli antioksidan aktiviteyi niteleyen değer olarak ifade edilmektedir (Dinçer 2022).

Farklı yöntemler kullanılarak ısı işlemine tabi tutulan kültür mantarlarının IC<sub>50</sub> değerleri Tablo 13'te verilmiştir. Isıl işlem görmemiş kültür mantarlarında ortalama 0,89  $\mu$ g/ml olarak belirlenen IC<sub>50</sub> değerinin, farklı piştirme yöntemleri kullanılarak pişirilen mantar örneklerinde ortalama 1,09 – 3,74 arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir.

**Tablo 13.** Farklı Yöntemler Kullanılarak Isıl İşleme Tabi Tutulan Kültür Mantarlarının IC<sub>50</sub> Değerleri

| Pişirme Yöntemi | IC <sub>50</sub> Değerleri |      |      |
|-----------------|----------------------------|------|------|
|                 | Tekerrür                   |      |      |
|                 | 1                          | 2    | 3    |
| Haşlama         | 2,78                       | 1,44 | 1,21 |
| Sous-vide       | 1,91                       | 3,74 | 1,28 |
| Tava            | 1,51                       | 1,28 | 3,71 |
| Fırın           | 1,09                       | 1,27 | 1,72 |
| Mangal          | 1,46                       | 1,56 | 2,75 |

Farklı yöntemler kullanılarak ısıtıl işleme tabi tutulan kültür mantarlarının IC<sub>50</sub> değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 14’te verilmiştir. Tablodan da görüldüğü gibi pişirme yönteminin kültür mantarı örneklerinin DPPH serbest radikal giderme aktivitesi IC<sub>50</sub> değerleri üzerine istatistiksel olarak önemli etkiye sahip olmadığı ( $p>0,05$ ) belirlenmiştir.

**Tablo 14.** Farklı Yöntemler Kullanılarak Isıl İşleme Tabi Tutulan Kültür Mantarlarının IC<sub>50</sub> Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

| VK              | SD | KO    | F     |
|-----------------|----|-------|-------|
| Pişirme Yöntemi | 4  | 0,404 | 0,424 |
| Hata            | 10 | 0,952 |       |

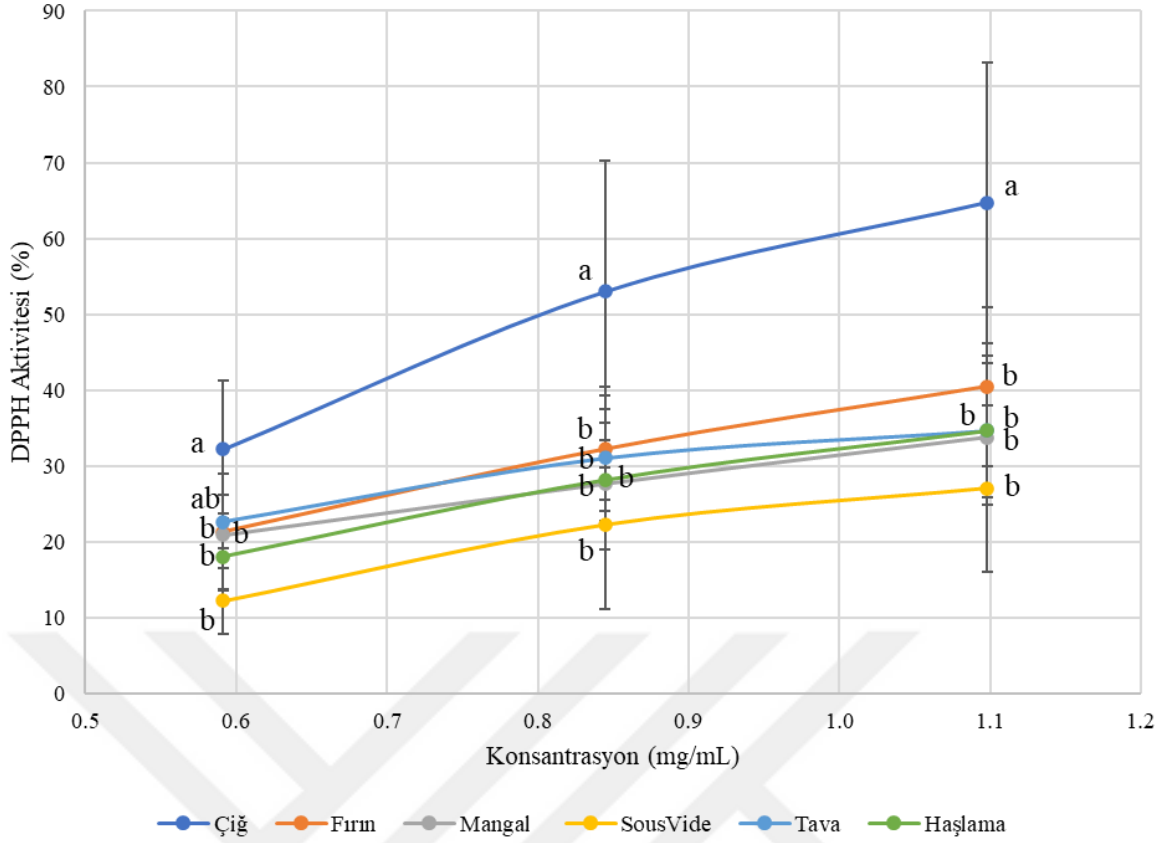
Kültür mantarlarının IC<sub>50</sub> değeri üzerine farklı yöntemlerle pişirme işleminin etkisini gösteren Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 15’te verilmiştir. Mevcut çalışmada farklı pişirme yöntemleri kullanılarak pişirilen kültür mantarları arasında IC<sub>50</sub> değeri bakımından anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir. Çiğ kültür mantarlarına kıyasla farklı pişirme yöntemleri kullanılarak pişirilen kültür mantarı örneklerinde IC<sub>50</sub> değerlerinin arttığı gözlenmiştir. Nitekim en düşük IC<sub>50</sub> değeri çiğ kültür mantarlarında 0,89 µg/ml olarak belirlenirken, en yüksek IC<sub>50</sub> değeri ise sous-vide uygulanan kültür mantarı örneklerinde 2,31 µg/ml olarak saptanmıştır. Yapılan inceleme neticesinde çiğ mantarlar ile ısıtıl işlem görmüş mantarların da IC<sub>50</sub> değeri bakımından farklılık göstermediği belirlenmiştir. Bu durum, mantarların farklı pişirme yöntemleri ile pişirilmeleri neticesinde de aktivitelerini yitirmediğini göstermekte ve bir avantaj yaratmaktadır. Zira mantar, pişirilmeden tüketilmemektedir. Öte yandan, Barros *et al.* (2007) pişirme işleminin mantarların antioksidan aktivitesi üzerinde etkiye sahip olduğunu ve pişirme işlemi uygulanan mantarlarda antioksidan aktivitede azalma meydana geldiğini belirlemişlerdir. Araştırmacılar, bu azalmanın ısının etkisine bağlı olarak fenolik hidroksil gruplarının yıkımıyla bağlantılı olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde, Doğan (2016) da haşlama işlemi yapmadan kuruttuğu mantarlarda antioksidan kapasitesinin,

haşlama işlemiyle aynı sıcaklıkta kuruttuğu mantarlara kıyasla daha yüksek olduğunu tespit etmiştir. Haşlama işleminin IC<sub>50</sub> değerini arttırdığını dolayısıyla antioksidan aktiviteyi azalttığını saptamıştır. Araştırmacı haşlama işlemi esnasında, mantar bileşimindeki suda çözünebilir birtakım besin maddelerinde kayıpların olduğunu belirtmiş olup, haşlama işlemiyle antioksidan aktivitenin azalmasını fenolik bileşiklerin suda çözünen antioksidanların en önemli grubunu oluşturmasıyla ilişkilendirmiştir. Reis *et al.* (2012) farklı mantar türleri ve misellerinden elde ettikleri metanolik ekstraktları kullandıkları çalışmalarında, *A. bisporus* mantarlarının IC<sub>50</sub> değerini 1,45 mg/ml olarak ve *P. eryngii* mantarlarının IC<sub>50</sub> değerini ise 3,95 mg/ml olarak belirlemişlerdir. İnceledikleri mantar türlerinde, en yüksek antioksidan aktivite değerine, *A. bisporus* mantarının sahip olduğunu ve bu aktivite değerinde fenolik bileşenlerin bol miktarda bulunmasının etkili olduğunu ifade etmişlerdir.

**Tablo 15.** Kültür Mantarlarının IC<sub>50</sub> Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ( $\bar{x} \pm SD$ )

| Piştirme Yöntemi | n | IC <sub>50</sub> |
|------------------|---|------------------|
| Haşlama          | 3 | 1,81±0,85a       |
| Sous-vide        | 3 | 2,31±1,28a       |
| Tava             | 3 | 2,17±1,34a       |
| Fırın            | 3 | 1,36±0,32a       |
| Mangal           | 3 | 1,92±0,72a       |

Çiğ kültür mantarı ile farklı piştirme yöntemi kullanılarak pişirilen kültür mantarı örneklerinin farklı konsantrasyonlardaki DPPH serbest radikal giderme aktivite (%) değerleri Şekil 3'te sunulmuştur. Çiğ kültür mantarları ile farklı piştirme yöntemleri kullanılarak pişirilen kültür mantarlarının DPPH serbest radikal giderme aktivite (%) değerleri arasında anlamlı bir farklılık gözlenmiştir. Nitekim mantar örneklerinin DPPH serbest radikal giderme aktivitesi (%) en yüksek çiğ mantarlarda saptanırken, en düşük DPPH serbest radikal giderme aktivitesi (%) ise sous-vide ile pişirilen kültür mantarı örneklerinde belirlenmiştir. Öte yandan, mantarların konsantrasyonlarının artışına paralel olarak DPPH serbest radikal giderme aktivitesi (%) değerlerinin de arttığı gözlenmiştir. Benzer şekilde, Barros *et al.* (2007) tarafından yapılan çalışmada da mantar konsantrasyonunun artışına bağlı olarak antioksidan aktivitenin arttığı belirlenmiştir.



**Şekil 3.** Kültür mantarlarının DPPH aktivitesi

Roncero-Ramos *et al.* (2016), farklı pişirme yöntemlerinin kültür mantarlarının antioksidan aktivitesi üzerine etkisini incelemişlerdir. Araştırmada haşlanmış ve kızartılmış mantarlarda antioksidan kapasitede azalma tespit edilmiş, kızartılmış mantarlarda antioksidan aktivitedeki düşüşün haşlanmış mantarlardaki kadar belirgin olmadığı bildirilmiştir. *P. ostreatus* ve *P. eryngii* türü mantarların mikrodalga ve ızgarada pişirilmesiyle ise polifenol içeriğinin ve antioksidan aktivitesinin önemli ölçüde arttığı tespit edilmiştir. Bu durumun ısı işlemin hücre duvarını bozması ve mantarın çözünmeyen kısmından antioksidan bileşiklerin serbest kalmasıyla ilgili olduğu rapor edilmiştir.

Özcan *et al.* (2019) farklı mantar türlerinden elde ettikleri metanol ve aseton ekstraktlarının antioksidan aktivitelerini araştırdıkları çalışmalarında, en yüksek inhibisyon değerine (%39,86) *P. eryngii* mantarlarının aseton ekstraktlarının sahip olduğunu belirlemişlerdir. *A. campestris* ve *L. deliciosus* mantarlarının aseton ekstraktlarının inhibisyon değerlerinin ise sırasıyla %26,00 ve %9,25 olduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca *A. campestris*, *P. eryngii* ve *L. deliciosus* mantarlarının metanol ekstraktlarının inhibisyon değerlerinin sırasıyla %32,24, %23,46 ve %4,58 olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar farklı mantar örneklerinin konsantrasyonları arttıkça, DPPH radikal süpürme aktivite değerlerinin de arttığını ifade etmişlerdir.

## PAH Bileşiklerine Ait Algılama Sınırları, Kantitatif Ölçme Sınırları ve Geri Kazanım Değerleri

Mevcut araştırmada, ısıtıl işlem görmemiş ve farklı pişirme yöntemleri (haşlama, sous-vide, tava, fırın ve mangal) kullanılarak pişirilen kültür mantarlarında benz[a]antrasen (BaA), krisen (Chry), benzo[b]floranten (BbF), benzo[k]floranten (BkF), benzo[a]piren (BaP), dibenz[a,h]antrasen (DahA), benzo[g,h,i]perilen (BghiP) ve indeno[1,2,3-cd]piren (IncdP) olmak üzere toplam 8 adet PAH bileşiği incelenmiştir. İncelenen PAH bileşiklerine ait algılama sınırları (limit of detection, LOD), kantitatif ölçme sınırları (limit of quantification, LOQ) ve geri kazanım (recovery) değerleri Tablo 16’da verilmiştir. Araştırmada incelenen PAH’lara ait LOD değerleri (tespit sınırı = 3); 0,027-0,125 ng/g arasında, LOQ değerleri (ölçüm sınırı = 10); 0,090-0,415 ng/g arasında ve geri kazanım değerleri ise; %49,03-92,57 arasında değişiklik göstermiştir. Mevcut LOD, LOQ ve geri kazanım değerleri literatürle benzerlik göstermektedir (Zhao *et al.* 2009; Canlı 2022).

**Tablo 16.** Mevcut araştırmada incelenen PAH’lara ait LOD, LOQ ve Geri Kazanım Değerleri

| PAH’lar | LOD (ng/g) | LOQ (ng/g) | Geri Kazanım (%) |
|---------|------------|------------|------------------|
| BaA     | 0,027      | 0,090      | 92,57            |
| Chry    | 0,034      | 0,113      | 74,64            |
| BbF     | 0,086      | 0,288      | 87,69            |
| BkF     | 0,065      | 0,216      | 80,00            |
| BaP     | 0,069      | 0,228      | 89,23            |
| DahA    | 0,083      | 0,277      | 55,13            |
| BghiP   | 0,125      | 0,415      | 70,07            |
| IncdP   | 0,113      | 0,376      | 49,03            |

### Kültür Mantarlarının PAH İçeriği

Tarım ürünlerinin PAH’lar ile kontaminasyonu, hava, su ve toprak vasıtasıyla yetiştirme esnasında oluşabildiği gibi aynı zamanda ürünlerin nakliye aşamalarında araçların egzozlarından çıkan gaz ile bulaşma neticesinde de gerçekleşebilmektedir. Çiğ ürünlerdeki belirtilen bu kontaminasyona ilaveten gıdaların ızgara, kavurma, tutsüleme, kızartma veya kurutma gibi işlemlere tabi tutulması neticesinde de PAH’ların oluşabildiği bilinmektedir (Paris *et al.* 2018; Öz 2021).

Mevcut araştırmada, ısıtıl işlem görmemiş ve farklı pişirme yöntemleri (haşlama, sous-vide, tava, fırın ve mangal) kullanılarak pişirilen kültür mantarlarının tümünde BaA bileşiği tespit edilirken, BaP, BbF, BkF, DahA, Chry, BghiP ve IncdP bileşikler ise tespit edilememiştir

(Tablo 17). Literatürde mantarlarda PAH içeriklerinin araştırma sayısının çok az olması nedeniyle bu kısımda genellikle diğer meyve ve sebzelerdeki PAH içerikleri ile karşılaştırma yapılmıştır.

**Tablo 17.** Kültür Mantarlarında Belirlenen Ortalama Bireysel PAH İçerikleri (ng/g)

| Piştirme Yöntemi | n | BaA       | Chry | BbF | BkF | BaP | DahA | Bghip | IncdP |
|------------------|---|-----------|------|-----|-----|-----|------|-------|-------|
| Çiğ              | 3 | 0,30±0,14 | nd   | nd  | nd  | nd  | nd   | nd    | nd    |
| Haşlama          | 3 | 0,80±0,69 | nd   | nd  | nd  | nd  | nd   | nd    | nd    |
| Sous-vide        | 3 | 0,49±0,43 | nd   | nd  | nd  | nd  | nd   | nd    | nd    |
| Tava             | 3 | 3,50±3,74 | nd   | nd  | nd  | nd  | nd   | nd    | nd    |
| Fırın            | 3 | 0,34±0,22 | nd   | nd  | nd  | nd  | nd   | nd    | nd    |
| Mangal           | 3 | 0,76±0,66 | nd   | nd  | nd  | nd  | nd   | nd    | nd    |

Mevcut çalışmada, çiğ kültür mantarları ile farklı piştirme yöntemleri (haşlama, sous-vide, tava, fırın ve mangal) kullanılarak pişirilen kültür mantarı örneklerinin tümünde BaA bileşiği belirlenmiş ve ortalama BaA içeriğinin 0,30-3,50 ng/g arasında değiştiği tespit edilmiştir. Isıl işlem görmemiş (çiğ) kültür mantarlarında ortalama 0,30 ng/g düzeyinde belirlenen BaA içeriğinin, mevcut çalışmada uygulanan tüm ısıl işlem uygulamaları neticesinde arttığı ve haşlama, sous-vide, tava, fırın ve mangalda piştirme yöntemleri kullanılarak pişirilen kültür mantar örneklerinin ortalama BaA içeriklerinin sırasıyla, 0,80 ng/g, 0,49 ng/g, 3,50 ng/g, 0,34 ng/g ve 0,76 ng/g olduğu tespit edilmiştir. Shariatifar *et al.* (2021) ısıl işlem görmemiş mantar örnekleri ile 120°C’de 5 dk fritözde kızartılan ve 150°C’de 5 dk mangalda pişirilen mantar örneklerinde BaA bileşiğini tespit edemediklerini bildirmişlerdir. Öte yandan, Nijerya’da yapılan bir çalışmada, Igbiri *et al.* (2017) 10 farklı bölgeden temin ettikleri yenilebilir kültür mantarı örneklerinin 8 tanesinde BaA bileşiğini tespit edemezken, iki örnekte ise sırasıyla 1,83 mg/kg ve 2,272 mg/kg düzeylerinde BaA tespit ettiklerini bildirmişlerdir.

Mevcut çalışmada, çiğ kültür mantarları ile farklı piştirme yöntemleri (haşlama, sous-vide, tava, fırın ve mangal) kullanılarak pişirilen kültür mantarlarında Chry, BbF, BkF, BaP, DahA, BghiP ve IncdP bileşiklerini tespit edilememiştir. Benzer şekilde Igbiri *et al.* (2017) Nijerya’da 10 farklı bölgeden temin ettikleri yenilebilir kültür mantarı örneklerinde BbF, BkF, DahA ve BghiP bileşiklerini tespit edemediklerini bildirmişlerdir. Araştırmacılar, 1 örnekte 2.25 mg/kg Chr, 6 örnekte 2.463 mg/kg’a kadar BaP, 7 örnekte 2.972 mg/kg’a kadar IncdP bileşiği belirlemişlerdir.

Shariatifar *et al.* (2021), ısıt işlem görmemiş çiğ mantarlarda ortalama 0,18 mg/kg düzeyinde belirledikleri Chr bileşimini, 120°C'de 5 dk fritözde kızartılan örneklerde ortalama 0,34 mg/kg olarak ve 150°C'de 5 dk mangalda pişirilen örneklerde ise ortalama 0,52 mg/kg olarak tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Öte yandan, araştırmacılar, ısıt işlem görmemiş çiğ mantarlarda ortalama 0,33 mg/kg düzeyinde belirledikleri BbF bileşimini, 120°C'de 5 dk fritözde kızartılan örneklerde ortalama 0,36 mg/kg olarak ve 150°C'de 5 dk mangalda pişirilen örneklerde ise ortalama 0,49 mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Aynı çalışmada, ısıt işlem görmemiş çiğ mantarlarda ortalama 0,38 mg/kg düzeyinde belirlenen BbF bileşimini, 120°C'de 5 dk fritözde kızartılan örneklerde ortalama 0,52 mg/kg olarak ve 150°C'de 5 dk mangalda pişirilen örneklerde ise ortalama 0,65 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Öte yandan, araştırmacılar, ısıt işlem görmemiş mantar örnekleri ile 120°C'de 5 dk fritözde kızartılan ve 150°C'de 5 dk mangalda pişirilen mantar örneklerinde BaP, IncdP, DahA ve BghiPy bileşiklerini tespit edemediklerini rapor etmişlerdir.

Farklı meyve ve sebzelerin PAH içeriklerinin araştırıldığı bir çalışmada, Rojo Camargo and Toledo (2003) ortalama toplam PAH içeriğini; marulda 13,53 µg/kg, domatestede 9,50 µg/kg, lahanada 8,86 µg/kg, elmada 4,05 µg/kg, üzümde 3,77 µg/kg ve armutta 3,87 µg/kg olarak tespit etmişlerdir. Araştırmacılar incelenen PAH bileşikleri arasında, BaA bileşiminin, mevcut araştırmada olduğu gibi, baskın bileşik olduğunu ve analiz edilen örneklerinin %89'unda bulunduğunu, buna karşın Chry'in ise örneklerin hiçbirinde tespit edilemediğini vurgulamışlardır. Ashraf and Salam (2012) çeşitli sebze ve meyvelerde toplam PAH mevcudiyetini inceledikleri araştırmalarında, örnekler arasında ıspanak (10,2 µg/kg) ve lahanadaki (8,3 µg/kg) PAH içeriğinin diğer örneklerle kıyasla daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar ıspanak ve lahanadaki yüksek PAH miktarını, yaprakların geniş yüzey alanına bağlı olarak havadan daha yüksek oranda PAH kontaminasyonu ile ilişkilendirmişlerdir. Abou-Arab *et al.* (2014) bazı sebze ve meyvelerde PAH'ların seviyelerini ve çeşitli işlemlerin PAH'lar üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar toplam PAH konsantrasyonunu ıspanakta 8,977 µg/kg, patatestede 6,196 µg/kg, elmada 2,867 µg/kg ve guavada 2,334 µg/kg olarak tespit etmişlerdir. Ayrıca sebzelerin musluk suyu ve asetik asit çözeltisiyle yıkanması neticesinde PAH düzeylerinde azalma gözlemlendiğini ve çiğ sebzelerden kaynaklanabilecek PAH miktarlarının azaltılmasında veya engellenmesinde yıkama işleminin önemi bir rol oynadığını bildirmişlerdir. Öz *et al.* (2021) mangalda pişirdikleri domates, sarımsak, soğan, patlıcan, sivri biber, yeşil biber ve kalya biber örneklerinin tümünde BaA bileşiminin belirlendiğini ve miktarının 0,33-2,30 ng/g arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Araştırmacılar örneklerdeki değişken PAH konsantrasyonunu, pişirme işlemi esnasında sıcaklığın sebzelerin merkez noktasına ulaşma hızının farklı olmasıyla ilişkilendirmişlerdir.

Avrupa Birliği Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA), gıdalarda bulunan PAH seviyelerinin değerlendirilmesinde bir indikatör olarak sadece BaP bileşiğinin kullanılmasının yerine BaP, BbF, BaA ve Chry bileşiklerinin toplamını niteleyen  $\Sigma$ PAH4 ile BaP, BbF, BaA, Chry, BkF, BghiP, DahA ve IncdP bileşiklerinin toplamını niteleyen  $\Sigma$ PAH8'in değerlendirilmesinin daha doğru bir yaklaşım olacağını bildirmiştir (EFSA, 2008). Bu bağlamda, mevcut araştırmada hem  $\Sigma$ PAH4 hem de  $\Sigma$ PAH8'i bileşiklerinden sadece BaA bileşiği tespit edilmiştir. Bu nedenle, mevcut araştırmada BaA içeriği aynı zamanda hem  $\Sigma$ PAH4 hem de  $\Sigma$ PAH8'i oluşturmaktadır (bu kısımdan sonra sadece  $\Sigma$ PAH4 ile ifade edilecektir). Dolayısıyla, mevcut araştırmada hammadde olarak kullanılan kültür mantarlarının  $\Sigma$ PAH4 içeriğine ait varyans analiz sonuçları Tablo 18'de verilmiştir. Tablodan da görüldüğü gibi pişirme yönteminin kültür mantarı örneklerinin  $\Sigma$ PAH4 içeriği üzerine istatistiksel olarak önemli etkiye sahip olmadığı ( $p>0,05$ ) tespit edilmiştir.

**Tablo 18.** Kültür Mantarlarının  $\Sigma$ PAH4 İçeriğine Ait Varyans Analiz Sonuçları

| VK               | SD | KO    | F     |
|------------------|----|-------|-------|
| Piştirme Yöntemi | 5  | 4,526 | 1,794 |
| Hata             | 12 | 2,522 |       |

Mevcut araştırmada, çiğ kültür mantarları ile farklı pişirme yöntemleri (haşlama, sous-vide, tava, fırın ve mangal) kullanılarak pişirilen kültür mantarlarının  $\Sigma$ PAH4 içeriğine ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 19'da verilmiştir. Isıl işlem görmemiş çiğ kültür mantarlarında 0,30 ng/g seviyesinde belirlenen  $\Sigma$ PAH4 içeriği; fırında pişirilmiş örneklerde 0,34 ng/g, sous-vide pişirme yöntemi kullanılarak pişirilmiş örneklerde 0,49 ng/g, mangalda pişirilmiş örneklerde 0,76 ng/g, haşlanmış örneklerde 0,80 ng/g ve tavada pişirilmiş örneklerde ise 3,50 ng/g olarak belirlenmiştir.

**Tablo 19.** Kültür Mantarlarının  $\Sigma$ PAH4 İçeriğine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ( $\bar{x} \pm SD$ )

| Piştirme Yöntemi | n | $\Sigma$ PAH4                 |
|------------------|---|-------------------------------|
| Çiğ              | 3 | 0,30 $\pm$ 0,14 <sup>b</sup>  |
| Haşlama          | 3 | 0,80 $\pm$ 0,69 <sup>ab</sup> |
| Sous-vide        | 3 | 0,49 $\pm$ 0,43 <sup>ab</sup> |
| Tava             | 3 | 3,50 $\pm$ 3,74 <sup>a</sup>  |
| Fırın            | 3 | 0,34 $\pm$ 0,22 <sup>b</sup>  |
| Mangal           | 3 | 0,76 $\pm$ 0,66 <sup>ab</sup> |

a-b: farklı harfle işaretlenmiş ortamların istatistiksel olarak farklıdır

Mevcut araştırmada çiğ kültür mantarları ile farklı pişirme yöntemleri (haşlama, sous-vide, tava, fırın ve mangal) kullanılarak pişirilen kültür mantarlarında sadece BaA bileşiği belirlendiğinden dolayı  $\Sigma$ PAH4 ve  $\Sigma$ PAH8 içerikleri aynıdır. Kültür mantarı örneklerinde en yüksek  $\Sigma$ PAH4 içeriği tavada pişirilen kültür mantarlarında (3,50 ng/g) tespit edilirken, en düşük  $\Sigma$ PAH4 içeriği ise çiğ kültür mantarlarında (0,30 ng/g) saptanmıştır. Mevcut araştırmada pişirilen kültür mantarı örneklerinde PAH konsantrasyonunun farklılık göstermesinde esasen pişirme seviyesinin referans alınarak farklı süre ve sıcaklık uygulamasının etkili olduğu düşünülmektedir. Öte yandan, yapılan istatistiksel değerlendirme neticesinde, örneklerin  $\Sigma$ PAH4 içerikleri arasında anlamlı bir farklılık olmadığı da belirlenmiştir.

Sebze ve meyvelerde PAH'ların orijini esasen antropojenik olup, hava, toprak veya su ile kontamine olan ürünlerde PAH'ların birikebileceği değerlendirilmektedir (Paris *et al.* 2018). Bu nedenle, mevcut araştırmada materyal olarak kullanılan kültür mantarları örneklerinde PAH tespit edildiği düşünülmektedir. Öte yandan, pişirme veya tütsüleme gibi farklı işlemlere tabii tutulan ürünlerde ise farklı PAH'ların oluşabileceği bildirilmektedir (Paris *et al.* 2018; z, 2022). Mantar gibi örneklerin pişirilmesi neticesinde, selülozun pirolizi nedeniyle çeşitli kimyasal reaksiyonlar ve yeniden düzenlenme reaksiyonları sonucunda PAH'ların oluşabildiği belirtilmektedir (Cheng *et al.* 2019). Bununla birlikte, düşük molekül ağırlığa sahip PAH bileşiklerinin suda az çözünmesi, uçucu ve hareketli bileşikler olması nedeniyle toprakla kontaminasyon durumunda, buharlaşma veya yıkama işlemleriyle bu bileşiklerin uzaklaşabileceği bildirilmektedir (Liste and Alexander 2000).

Mevcut araştırmada, gerek ısıl işlem görmemiş gerekse farklı pişirme yöntemleri kullanılarak pişirilmif kültür mantarı rneklerinin  $\Sigma$ PAH4 içerikleri açısından anlamlı bir farklılık tespit edilmezken, literatürde yer alan bazı çalışmalarda, farklı pişirme yöntemleri arasında  $\Sigma$ PAH4 içerikleri açısından farklılıklar tespit edilmiştir. Pişirme yöntemlerinin sebep olduğu farklı PAH içeriklerinin, farklı süre ve sıcaklık kombinasyonlarının kullanımı nedeniyle olabileceği belirtilmektedir (Cheng *et al.* 2019; Shariatifar *et al.* 2021). Farklı gıda maddelerindeki PAH mevcudiyeti/oluşumu ile ilgili yapılan çalışmalarda, genellikle, mangalda pişirme yönteminin diğer yöntemlere kıyasla daha fazla PAH oluşumuna neden olabileceği rapor edilmiştir. Bu çalışmalarda, mangalda pişirme esnasında ulaşılan yüksek sıcaklık derecesi, ısı kaynağı olarak kömür veya odun kullanılması durumunda tam yanmama neticesinde farklı PAH'lar içeren dumanın daha fazla oluşması ve ürüne nüfuz etmesi ve et gibi yağ bakımından zengin gıdalarda pişirme esnasında damlayan yağların geri taşınımıyla üründe daha fazla PAH akmlasyonuna neden olduğu bilinmektedir (z, 2021). Mevcut araştırmada, mangalda pişirilen örneklerde belirlenen PAH içeriği ile diğer pişirme yöntemleri kullanılarak

pişirilen örneklerin PAH içerikleri arasında anlamlı bir farklılık belirlenmediğinin; pişirme işleminde kullanılan kömürün iyice kor haline getirilmesi ve kültür mantarlarının düşük yağ içeriği ile ilgili olabileceği değerlendirilmektedir.

Gıdaların pişirilmesi esnasında gerçekleşen PAH oluşumu üzerine; gıdanın türü, gıdanın bileşimi, pişirme koşulları (yöntem, sıcaklık, süre vb.), oksijen mevcudiyeti vb. pek çok faktörün önemli rol oynadığı bilinmektedir. Ayrıca lipitler, proteinler, steroidler ve seskiterpenler gibi organik bileşikler de piroliz yoluyla PAH'ların oluşumuna katkı sağlamaktadır. Epidemiyolojik çalışmaların PAH'ların sağlık üzerine olumsuz etkilerini kanıtlaması nedeniyle, PAH oluşumlarını azaltmaya yönelik çalışmalar giderek artmıştır (Paris *et al.* 2018). Bu bağlamda, kuru ısı uygulaması yerine nemli ısı uygulamaları da dikkat çekmektedir (Öz 2021). Mevcut araştırma, uygulanan pişirme yöntemleri arasında hem bireysel BaA hem de  $\Sigma$ PAH4 /  $\Sigma$ PAH8 içerikleri açısından anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir.

Igbiri *et al.* (2017) Nijerya'da 10 farklı bölgeden temin ettikleri yenilebilir kültür mantarı örneklerinde  $\Sigma$ PAH4 içeriklerinin 4,3 mg/kg'a kadar ve  $\Sigma$ PAH8 içeriklerinin ise 7,29 mg/kg'a kadar değiştiğini bildirmişlerdir. Shariatifar *et al.* (2021) ise ısıtma işlem uygulamadıkları mantar örneklerinde 0,5 µg/kg olarak belirledikleri  $\Sigma$ PAH4 içeriğinin; 120°C'de 5 dk fritözde kızartılan örneklerde 0,88 µg/kg ve 150°C'de 5 dk mangalda pişirilen örneklerde 0,98 µg/kg olduğunu rapor etmişlerdir. Araştırmacılar mangalda pişirilen örneklerde daha yüksek seviyede  $\Sigma$ PAH4 içeriği tespit etmelerine; kömür kullanımının veya doğrudan ısı kullanımının etkili olabileceğini bildirmişlerdir.

PAH'ların sağlık açısından olumsuz etkileri sebebiyle, birçok ülkede insanların bu bileşiklere maruziyetini kontrol altına almak/azaltmak amacıyla gıda maddelerinde BaP ve  $\Sigma$ PAH4 bileşikleri için maksimum miktarlar verilmiştir. Bu bağlamda, Türk Gıda Kodeksi Gıda Bulaşanları Yönetmeliği (TFC 2011) ve Avrupa Birliği Direktifi (EU 2011)'ne göre BaP için maksimum miktar 5 µg/kg olarak bildirilirken,  $\Sigma$ PAH4 için ise üst limit 30 µg/kg olarak belirtilmiştir. Mevcut çalışmada, analiz edilen kültür mantarlarında BaA bileşiği tespit edilememiştir. Öte yandan, en yüksek  $\Sigma$ PAH4 /  $\Sigma$ PAH8 içeriği ise tavada pişirilen kültür mantarlarında (3,50 ng/g) tespit edilmiştir. Ancak, mevcut çalışmada, tavada pişirilen kültür mantarlarından 1 kg tüketilmesi halinde bile alım miktarının belirtilen bu limitlerin altında kaldığı görülmektedir. Öte yandan, hem çiğ kültür mantarlarının hem de farklı pişirme yöntemleri kullanılarak pişirilen kültür mantarlarının karsinogenik ve/veya mutajenik olan PAH'lar bakımından risk teşkil edebileceği de bir gerçektir.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Farklı pişirme yöntemlerinin (haşlama, sous-vide pişirme, tavada kızartma, fırında pişirme ve mangalda pişirme) kültür mantarlarının bazı kalite parametreleri ve polisiklik aromatik hidrokarbon içerikleri üzerine etkisinin incelendiği mevcut araştırmada bulunan sonuçlar aşağıda özetlenmiştir;

1. Hammadde olarak kullanılan ısıl işlem görmemiş kültür mantarı örneklerinin kuru madde içeriği %7,31 pH değeri 6,66 ve IC<sub>50</sub> değeri 0,89 µg/ml olarak belirlenmiştir.
2. Farklı pişirme yöntemleri, örneklerin kuru madde içeriği üzerine çok önemli ( $p<0.01$ ) etkiye sahiptir ve ısıl işlem görmüş örneklerin kuru madde içeriklerinin %7,00-15,47 arasında değiştiği belirlenmiştir.
3. Farklı pişirme yöntemleri, örneklerin pişirme kaybı değeri üzerine çok önemli ( $p<0.01$ ) etkiye sahiptir ve ısıl işlem görmüş örneklerin pişirme kaybı değerlerinin %38,99-57,07 arasında değiştiği belirlenmiştir.
4. En yüksek kuru madde ve pişirme kaybı değeri; mangalda pişirilen kültür mantarlarında tespit edilirken, en düşük kuru madde ve pişirme kaybı değeri haşlanmış örneklerde belirlenmiştir.
5. Farklı pişirme yöntemlerinin, örneklerin pH değeri üzerine çok önemli ( $p<0.01$ ) etkiye sahiptir ve ısıl işlem görmüş örneklerin pH değerlerinin 6,66-6,92 arasında değiştiği belirlenmiştir. Ayrıca haşlanmış kültür mantarlarının pH değerinin, diğer yöntemler kullanılarak pişirilen örneklerin pH değerinden yüksek ( $p<0.05$ ) olduğu tespit edilmiştir.
6. Farklı pişirme yöntemlerinin, örneklerin IC<sub>50</sub> değeri üzerine önemli bir etkisi olmamıştır ( $p>0.05$ ) ve ısıl işlem görmüş örneklerin IC<sub>50</sub> değerlerinin 1,81-2,31 µg/ml arasında değiştiği belirlenmiştir. Ayrıca konsantrasyon artışına paralel olarak DPPH serbest radikal giderme aktivite değerlerinin arttığı gözlenmiştir.
7. Kültür mantarı örneklerinin tamamında BaA bileşiği belirlenirken, örneklerin hiçbirinde Chry, BbF, BkF, BaP, DahA, Bghip ve IncdP bileşikleri tespit edilememiştir.
8. Farklı pişirme yöntemlerinin, örneklerin  $\Sigma$ PAH4 içeriği üzerine önemli bir etkisi olmamıştır ( $p>0.05$ ).

9. Çiğ mantar örneklerinde 0,30 ng/g düzeyinde belirlenen BaA /  $\sum$ PAH4 /  $\sum$ PAH8 içeriğinin; farklı pişirme yöntemleri kullanılarak pişirilen örneklerde 0,34 – 3,50 ng/g arasında değıştiğİ belirlenmiştİr.
10. Kültür mantarlarında, araştırmada uygulanan pişirme yöntemleri ve koşulları altında oluşan bireysel ve toplam PAH içeriklerinin, bu konu ile ilgili belirtilen yasal sınırların altında kaldığİ tespit edilmiştİr. Ancak yine de çiğ tüketilmeyen kültür mantarlarının pişirilmesi işlemine çok dikkat edilmesi gerektiğİ ve mantar tüketimi veya hazırlama aşamalarında antioksidan bakımından zengin meyve, sebze ve baharat kullanımı önerilmektedir.



## KAYNAKÇA

- Abou-Arab, A. A. K., Abou-Donia, M. A. M., El-Dars, F. M. S. E., Ali, O. I. M., Hossam, A. G., 2014. Levels of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHS) in some Egyptian vegetables and fruits and their influences by some treatments. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 3 (7), 277-293.
- Aksel Efe, A., 2019. Kurutulmuş Kültür Mantarının (*Agaricus Bisporus*) Sosis Üretiminde Kullanımının Araştırılması. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Samsun.
- Alver, E., Demirci, A., Özçimder, M., 2012. Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar ve Sağlığa Etkileri. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3 (1), 45-52.
- Ashraf, M. W., Salam, A., 2012. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Vegetables and Fruits Produced in Saudi Arabia. *Bulletin Environmental Contamination Toxicology*, 88 (4), 543-547.
- Avrupa Birliği A. B., 2011. Gıda maddelerindeki polisiklik aromatik hidrokarbonların maksimum seviyelerine ilişkin Yönetmelik (EC) No 1881/2006'yı tadil eden 19 Ağustos 2011 tarihli ve (AB) No 835/2011 sayılı Komisyon Yönetmeliği. L215/4-L215/8. *Kapalı J Avrupa Birliği*. 215 (4), 1-5.
- Aydın, Ö. Ş., 2016. Bazı Et Türlerinde Polisiklik Aromatik Hidrokarbon Oluşumuna Farklı Pişirme Yöntemlerinin Etkisi. *Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Bursa*.
- Barros, L., Baptista, P., Correia, D. M., Morais, J. S., Ferreira, I. C. F. R., 2007. Effects of Conservation Treatment and Cooking on the Chemical Composition and Antioxidant Activity of Portuguese Wild Edible Mushrooms. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 55, 4781-4788.
- Bingöl, M., 2022. Köfte Üretiminde Astaksantin Kullanımının Çeşitli Kalite Kriterleri ve Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumuna Etkisi. *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum*.
- Bülbül, D., 2012. *Hypocrea jecorina* Saf Kültürü ve *Trichoderma reesei* 1A Mutant Suşundan Glutaminaz Enziminin Üretimi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Canlı, O., 2022. Determination of PAH, PCB and OCP levels and risk assessment in some dam lake/pond surface sediments supplying drinking water to Tekirdağ province. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 37 (3), 1453-1467.
- Cheng, J., Zhang, X., Ma, Y., Zhao, J., Tang, Z., 2019. Concentrations and distributions of polycyclic aromatic hydrocarbon in vegetables and animal-based foods before and after grilling: Implication for human exposure. *Science of the Total Environment* 690, 965-972.
- Choi, Y. S., Jo, K., Lee, S., Hae, H. I., Jung, S., 2020. Quality characteristics of the enhanced beef using winter mushroom juice. *Journal of Animal Science Technology*, 62 (3), 396-408.
- Çınar Yılmaz, H., Bengü, A.Ş., 2018. Ege Bölgesi, Uşak İlindeki Yenilebilir Bazı *Lactarius* Türlerinin (*L. deliciosus*, *L. deterrimus*, *L. salmonicolor*, *L. sanguifluus*, *L. semisanguifluus*) Yağ Asitleri ve Mineral Profillerinin İncelenmesi. *Biological Diversity and Conservation*, 11 (1), 95-104.

- Çorman, M. E., 2014. Polisiklik Aromatik Hidrokarbonların Moleküler Baskılanmış Polimerler ile Ön-Deriştirilmesi ve Tayini. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara.
- Çorman, M. E., Armutçu, C., Lokman, U., Denizli, A., 2017. Rapid, efficient and selective pre-concentration of benzo[a]pyrene (BaP) by molecularly imprinted composite cartridge and HPLC. Materials Science and Engineering C, 41-53.
- Demir, H., 2010. Sağlığınız İçin Mantar Tüketin. Hasad Gıda, 14-15.
- Dikeman, L. C., Bauer, L. L., Flickinger, E., Fahey, G. C., 2005. Effects of Stage of Maturity and Cooking on the Chemical Composition of Select Mushroom Varieties. J. Agric. Food Chem, 53, 1130–1138.
- Diñçer, E., 2022. Çeşitli Yenilebilir Mantarların Antioksidan Aktivitesi. 7. Uluslararası Mardin Artuklu Bilimsel Araştırmalar Kongresi.
- Doğan, N., 2016. İstiridye Mantarından (*Pleurotus Ostreatus*) Mantar Tozu ve Cips Üretiminin Optimizasyonu. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Şanlıurfa.
- Ediz, A. N., 2019. Farklı Pişirme Tekniklerinin Patates, Havuç ve Kültür Mantarında Sindirilebilirlik, Termal Özellikler ve Fonksiyonel Bileşikler Üzerine Etkisi. Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Aydın.
- Eren, R., Süren, T., Kızıleli, M., 2017. Gastronomik Açısından Türkiye’de Yenilebilir Yabani Mantarlar Üzerine Kavramsal Bir Değerlendirme, Turizm Akademik Dergisi, 4 (2), 77-89.
- European Food Safety Authority (EFSA) 2008. Polycyclic aromatic hydrocarbons in food-scientific opinion of the panel on contaminants in the food chain. EFSA J., 6, 724.
- Faller, A.L.K., Fiahlo, E., 2009. The antioxidant capacity and polyphenol content of organic and conventional retail vegetables after domestic cooking. Food Research International, 42, 210-215.
- Gökalep, H. Y., Kaya, M., Tülek, Y., Zorba, Ö., 2010. Et ve ürünlerinde kalite kontrolü ve laboratuvar uygulama klavuzu . (V. Baskı), Atatürk Üniv. Yayınları, Yayın No: 751, Ziraat Fak. Yayın No: 318. Ders kitapları seri no:69 Atatürk Üniv. Ofset Tesisi, Erzurum.
- Gül, B., Sağdıç, O., Özkan, K., 2021. Fermentasyonun Mantar Turşusunun Biyoaktivitesi ve Çeşitli Özelliklerine Etkisi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (21), 333-340.
- Günç Ergönül, P., Kaya, D., 2015. Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar ve Gıdalarda Önemi. CBÜ Fen Bil. Dergisi, 11 (2), 143-153.
- Igbiri, S., Udowelle, N. A., Ekhatör, O. C., Asomugha, R., Igweze, Z., Orisakwe, O., 2017. Nijer Deltası, Nijerya'dan Yenilebilir Mantarlarda Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar: Kanserojen ve Kanserojen Olmayan Sağlık Riski Değerlendirmesi. Asya Pasifik Kanser Önleme Dergisi, 18 (2), 437-447.
- İdeli C., 2007. Bazı Gıda Maddeleri ve Bitkisel Yağlarda Poliaromatik Hidrokarbonların (PAH) Analizleri. Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Analitik Kimya Anabilim Dalı, Manisa.
- Kartal, F., 2011. Türkiye’nin Zehirli Mantarları Üzerinde Kimyasal Araştırmalar. İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

- Kılıç, Ö., Aykın Dinçer, E., Erbaş, M., 2017. Gıdalarda Polisiklik Aromatik Hidrokarbon Bileşiklerinin Bulunuşu ve Sağlık Üzerine Etkileri. *Gıda*, 42 (2), 127-135.
- Koçyiğit, A. E., Günay, A., 1984. Kayın mantarı (*Pleurotus ostreatus*) türünde misel geliştirme ve primordium oluşturma dönemlerinde uygulanan farklı sıcaklık ve ışık düzeylerinin verim ve kaliteye etkisi üzerinde araştırmalar. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi (Basılmamış), Ankara.
- Liste, H. H., Alexander, M., 2000. Plant-promoted pyrene degradation in soil. *Chemosphere*, 40 (1), 7-10.
- Liu, J., Jia, L., Kan, J., Jin, Ch-H., 2013. In vitro and in vivo antioxidant activity of ethanolic extract of white button mushroom (*Agaricus bisporus*). *Food and Chemical Toxicology*, 51, 310-316.
- Luo, Q., Jiang, C., Yan, Y., Li, C., Fang, Z., Hu, B., Wang, C., Chen, S., Wu, W., Li, X., Zeng, Z., Liu, Y., 2022. Effect of different cooking methods on the nutrients, antioxidant and hypoglycemic activities of *Pleurotus cornucopiae* in vitro simulated digestion. *Food Research International*, 162.
- Manzi, P., Aguzzi, A., Pizzoferrato, L., 2001. Nutritional value of mushrooms widely consumed in Italy. *Food Chemistry*, 73 (3), 321-325.
- Manzi, P., Marconi, S., Aguzzi, A., Pizzoferrato, L., 2004. Commercial Mushrooms: Nutritional Quality and Effect of Cooking. *Food Chemistry* 84, 201–206.
- Mastanjević, K., Krstanović, V., Kovačević, D., Kartalović, B., Habschied, K., 2021. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Malt. *Beverages* 7(3), 58.
- Masuda, M., Wang, Q., Tokumura, M., Miyake, Y., Amagai, T., 2019. Izgara Gıdalarda Polisiklik Aromatik Hidrokarbonların ve Bunların Klorlu Türevlerinin Eş Zamanlı Tayini. *Ekotoksikoloji ve Çevre Güvenliği*, 178, 188-194.
- Mattila, P., Ronkainen, R., Lehtikainen, K., Piironen, V., 1999. Effect of Household Cooking on the Vitamin D content in Fish, Eggs, and Wild Mushrooms. *Journal of Food Composition and Analysis* 12, 153-160.
- Öz, E., Öz, F., Ekiz, E., Savaş, A., 2021. Mangalda Pişirilmiş Sebzelerin Polisiklik Aromatik Hidrokarbon İçeriği. *Çukurova Tarım Gıda Bilimleri Dergisi*, 36 (1), 13-22.
- Öz, E., Ekiz, Elif., Savaş, A., Aoudeh, E., El-Aty, A. M. A., Öz, F., 2021. Impact of roasting level on fatty acid composition, oil and polycyclic aromatic hydrocarbon contents of various dried nuts. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 45 (2), 213-221.
- Öz, F., 2021. Et tüketimi ve sağlık ilişkisi. Yüksek Lisans Ders Notu, Atatürk Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum.
- Özcan, Ö., Tunçakın, B., Ertan, F., 2019. *Agaricus Campestris*, *Pleurotus Eryngii* ve *Lactarius Deliciosus* Mantarlarının Antioksidan Özelliklerinin Belirlenmesi. *Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 5 (1), 58-67.
- Özdemir, C., 2010. Mantar Yetiştiriciliği, Samsun İl Tarım Müdürlüğü, Samsun.
- Öztürk, C., Atilla, F., 2021. Mantarların Biyolojik Aktiviteleri ile İlgili in vitro, in vivo ve Klinik Değerlendirmeler. *Ankara Eczanesi Fakültesi Dergisi*, 45 (2), 344-378.
- Paris, A., Ledauphin, J., Poinot, P., & Gaillard, J. L. (2018). Polycyclic aromatic hydrocarbons in fruits and vegetables: Origin, analysis, and occurrence. *Environmental Pollution*, 234, 96-106.

- Pellegrini, N., Miglio, C., Rio, D., Salvatore, S., Serafini, M., Brighenti, F. 2009. Effect of domestic cooking methods on the total antioxidant capacity of vegetables. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60 (2), 12-22.
- Ramírez-Anaya, J. P., Samaniego-Sánchez C., Castañeda-Saucedo, M. C., Villalón-Mir, M., López-García de la Serrana, H., 2015. Phenols and the antioxidant capacity of Mediterranean vegetables prepared with extra virgin olive oil using different domestic cooking techniques. *Food Chem.* 188, 430–438.
- Reis, F.S., Martins, A., Barros, L., Ferreira, I.C.F.R. 2012. Antioxidant properties and phenolic profile of the most widely appreciated cultivated mushrooms: A comparative study between in vivo and in vitro samples. *Food and Chemical Toxicology*, 50, 1201-1207.
- Rengarajan, T., Rajendran, P., Natarajan, N., Lokeshkumar, B., Palaniswami, P., Nishigaki, I., 2015. Exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons with special focus on cancer. *Asya Pasifik Tropikal Biyotıp Dergisi*, 5 (3), 182\_189.
- Roncero-Ramos, Irene., Mendiola-Lanao, Mónica., Pérez-Clavijo, Margarita., Delgado-Andrade, Cristina., 2016. Effect of different cooking methods on nutritional value and antioxidant activity of cultivated mushrooms. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 68 (3), 1–11.
- Rojo Camargo, M.C., Toledo, M.C.F., 2003. Polycyclic aromatic hydrocarbons in Brazilian vegetables and fruits. *Food Control*, 14 (1), 49–53.
- Savaş, A., Oz, E., and Oz, F. 2021. “Is oven bag really advantageous in terms of heterocyclic aromatic amines and bisphenol-A? Chicken meat perspective”, *Food Chemistry*, 355, 129646.
- Selli, S., Guclu, G., Sevindik, O., Kelebek, H., 2021. Variations in the key aroma and phenolic compounds of champignon (*Agaricus bisporus*) and oyster (*Pleurotus ostreatus*) mushrooms after two cooking treatments as elucidated by GC–MS-O and LC-DAD-ESI-MS/MS. *Food Chemistry*, 354.
- Shariatifar, N., Moazzen, M., Arabamer, M., Moazzen, M., Jehed Khaniki, G., Sadighara, P., 2021. Measurement of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in edible mushrooms (raw, grilled and fried) using MSPE-GC/MS method: a risk assessment study. *Applied Biological Chemistry* 64 (1).
- Sissons, J., Davila, M., Du, X., 2022. Sautéing and roasting effect on free amino acid profiles in portobello and shiitake mushrooms, and the effect of mushroom- and cooking-related volatile aroma compounds on meaty flavor enhancement. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 2.
- Stolyhwo, A., Skorski, Z., E., 2005. Tütsülenmiş Balıklarda Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar. *Gıda Kimyası*, 91 (2), 303-311.
- Sumer, G., Oz, F., 2023. The Effect of Direct and Indirect Barbecue Cooking on Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Formation and Beef Quality. *Foods*, 12(7), 1-15.
- Taşcı, M., 2019. Beyaz şapkalı kültür mantarı (*Agaricus bisporus*) genomunda ABC proteinlerinden PDR alt ailesinin biyoinformatik analizi ve ifade profili., Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoteknoloji Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi İzmir.
- Türk Gıda Kodeksi, TFC., 2011. Gıda bulaşanları yönetmeliği (No. 28157. Tarih: 29.11.2011) Ankara, Türkiye: Resmi Gazete.

- Wang, M., Zhao, R., 2023. A review on nutritional advantages of edible mushrooms and its industrialization development situation in protein meat analogues. *Journal of Future Foods*, 3 (1), 1–7.
- World Health Organization (WHO). Evaluation of certain food additives. Sixty fifth report of the joint FAO/WHO expert committee on food additives. WHO Technical Report Series, no. 934, 2006.
- Yıldız, O., Can, Z., Qayoom Laghari, A., Şahin, H., Malkoç, M., 2015. Wild Edible Mushrooms as a Natural Source of Phenolics and Antioxidants. *Journal of Food Biochemistry*, 39 (2).
- Yıldız, Turp, G., Boylu, M., 2018. Tıbbi ve Yenilebilir Mantarlar & Et Ürünlerinde Kullanımı. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 28 (1), 144-153.
- Yüzer, O., 2016. Farklı Talaş Çeşidi ve Tütsü Yoğunluğunun Tavada Kızartılan Köftelerde Polisiklik Aromatik Hidrokarbon ve Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumu Üzerine Etkisi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.
- Zhao, X., Liu, X., Zhao, Z., Huang, C., Zhang, M., Wang, H., Wang, X., 2009. Homogeneous liquid–liquid extraction combined with high performance liquid chromatography–fluorescence detection for determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in vegetables. *Journal of Separation Science*, 32 (12), 2051–2057.

## ÖZGEÇMİŞ

| Kişisel Bilgiler      |                                                                                 |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Adı Soyadı:</b>    | Seray ERHAN                                                                     |
| <b>Doğum tarihi:</b>  |                                                                                 |
| <b>Doğum Yeri:</b>    |                                                                                 |
| <b>Uyruğu:</b>        |                                                                                 |
| <b>E-mail:</b>        |                                                                                 |
| Eğitim                |                                                                                 |
| <b>Lise:</b>          | Cengiz Topel Anadolu Lisesi                                                     |
| <b>Ön Lisans:</b>     | Atatürk Üniversitesi, Açık ve Uzaktan Öğretim Fakültesi İş Sağlığı ve Güvenliği |
| <b>Lisans:</b>        | Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği                        |
| <b>Yüksek lisans:</b> | Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı   |
| Yabancı Dil Bilgisi   |                                                                                 |
| <b>İngilizce:</b>     | İyi                                                                             |