

T.C.  
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**YER ELMASI VE MOR REYHAN İLE ZENGİNLEŞTİRİLEN  
DURUM BUĞDAYI MAKARNASININ KALİTE  
PARAMETRELERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**Merve ZENCİRLİ**

**Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı**  
**Gıda Mühendisliği Programı**

**MAYIS, 2025**



T.C.  
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**YER ELMASI VE MOR REYHAN İLE ZENGİNLEŞTİRİLEN  
DURUM BUĞDAYI MAKARNASININ KALİTE  
PARAMETRELERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Merve ZENCİRLİ**

**(Y2213.040008)**

**Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı**

**Gıda Mühendisliği Programı**

**Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Meral YILDIRIM YALÇIN**

**MAYIS, 2025**

## ONAY SAYFASI

### TEZ TESLİM TUTANAĞI

İstanbul Aydın Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 26.02.2025 tarih ve 2025/02 sayılı toplantısında oluşturulan jüri üyeleri önünde, 21.03.2025 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Merve ZENCİRLİ'nin tezi hakkında Oybirliği\* ile kabul\*\* kararı verilmiştir.

### JÜRİ

1. Üye (Tez Danışmanı) : Dr. Öğr. Üyesi Meral YILDIRIM YALÇIN
2. Üye : Dr. Öğr. Üyesi Elif ÇAKIR
3. Üye : Doç. Dr. Fatih TARLAK

### ONAY

İstanbul Aydın Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..... tarih ve ..... sayılı kararı

---

(\* ) Oybirliği/Oyçokluğu hali yazı ile yazılacaktır.

(\*\* ) Kabul kararı hali yazı ile yazılacaktır.



## ONUR SÖZÜ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Yer elması ve mor reyhan ile zenginleştirilen durum buğdayı makarnasının kalite parametrelerinin araştırılması” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreceerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden olduğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu beyan ederim.(21/03/2025)

Merve ZENCİRLİ



## ÖNSÖZ

“Yer elması ve mor reyhan ile zenginleştirilen durum buğdayı makarnasının kalite parametrelerinin araştırılması” başlıklı tez çalışması, İstanbul Aydın Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Lisans eğitimi yıllarımdan itibaren ders aldığım ve lisansüstü tezimde danışman olarak çalışmamızla her zaman desteğini, yardımını hissettiğim, her türlü konuda deneyimlerini, bilgilerini sınırsız şekilde bana aktaran ve çalışmamda ilham veren değerli danışmanım Sn. Dr. Öğr. Üyesi Meral YILDIRIM YALÇIN'a sonsuz ve içtenlikle teşekkürlerimi sunarım. Bana iş hayatında, akademik hayatımda verdiği destekler ile hayata daha farklı bakmamı, kendime daha fazla güvenmemi sağladı ve çalışmalarımday ilerlememi sağladığı için tekrar teşekkürlerimi sunarım. Kıymetli jüri üyelerime, bana verdikleri olumlu düşünceleri, katkıları ve kıymetli zamanlarını ayırdıkları için, Sayın Dr. Öğr. Üyesi Elif ÇAKIR ve Sayın Doç. Dr. Fatih TARLAK'a gönülden teşekkür ederim. Son olarak, her zaman yanımda olan hiç bir konuda desteklerini esirgemeyen, eğitim hayatım boyunca hep arkamda olan aileme ve İ.A.Ü. Gıda Mühendisliği Bölümü hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs, 2025

Merve ZENCİRLİ

**YER ELMASI VE MOR REYHAN İLE ZENGİNLEŞTİRİLEN DURUM  
BUĞDAYI MAKARNASININ KALİTE PARAMETRELERİNİN  
ARAŞTIRILMASI**

**ÖZET**

*Triticium durum* buğdayının belirli mikronda öğütülerek irmik haline gelmesi ve içine su katılarak yoğurularak, şekillendirilerek ve kurutularak oluşturulan ürüne makarna denir. Fonksiyonel makarna üretmek işletmeler için bir inovasyon olarak düşünüldüğü gibi tüketicilerin sağlıklı ve farklı şekilde beslenme eğilimlerini de karşılamaktadır. Fonksiyonel makarnada çeşitlilik tahıl eklenmesi, baklagil eklenmesi, sebze eklenmesi gibi besinsel içeriğinin artırılması yönünde ilerlemektedir. Bu tez çalışmasında diyet lifi kaynağı olarak yer elması ve antioksidan içeriğinden dolayı mor reyhan durum buğdayından üretilen makarnaya ilave edilerek fonksiyonel makarna üretilmesi amaçlanmıştır. Makarnaya %5, %10 ve %15 oranlarında yer alması ve %1 oranında mor reyhan ilave edilmiştir. Bu ilavelerin olmadığı kontrol makarnada durum buğdayı ve su kullanılmıştır. Yapılan deneyler ile yer elması ilavesi ile kül miktarı, yağ içeriği ve toplam diyet lifi içeriğinde artış görülmüştür. Makarnaların pişirme özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan analizler sonucunda, kontrol makarnanın optimum pişme süresi 11 dk olarak bulunurken yer elması ilavesi ile bu süre azalmıştır ve %15 yer elması içeriğinde 9 dk olarak bulunmuştur. Su absorpsiyon miktarında yer elması ve mor reyhan ilavesi ile bir değişim gözlenmezken; yer elması içeriğinin artmasıyla suya geçen madde miktarında artış olmuştur. Yapılan renk analizi sonucunda yer elması ve reyhan ilavesi ile makarnaların  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinde değişiklikler olduğu görülmüştür. Makarnaya yapılan ilaveler ile  $L^*$  değerinin azaldığı, yeşil ve sarı renk tonunun azaldığı belirlenmiştir. Ayrıca mor reyhan ilavesi ile makarnanın pigment içeriğinin arttığı belirlenmiştir. Zengin biyoaktif içeriğe sahip mor reyhan ilavesi ile makarna örneklerinde toplam fenolik madde içeriği, antioksidan aktivite ve toplam monomerik antosiyanin içeriğinde artış olduğu bulunmuştur. Son olarak yapılan duyu analizi ile üretilen makarnaların tüketiciler

tarafından kabul edilebilirliği araştırılmıştır. Bulgular reyhan ilavesinin tüketicilerin renk, koku, tat ve genel beğenisinde düşüşe neden olmasına rağmen tüm makarnaların beğeni puanlarının kabul edilebilir seviyede olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak bu çalışmada makarna formölüne eklenen yer elması ve mor reyhan ile lif içeriği zenginleştirilmiş ve besinsel içeriği arttırılmış fonksiyonel makarnalar geliştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Makarna, Durum buğdayı, Yer elması, Reyhan



## INVESTIGATION OF QUALITY PARAMETERS OF DURUM WHEAT PASTA ENRICHED WITH JERUSALEM AND PURPLE BASIL

### ABSTRACT

The product formed by kneading, shaping and drying *Triticium durum* wheat ground to a certain micron by adding water is called pasta. While producing functional pasta is considered as an innovation for businesses, it also responds to the healthy and different nutrition tendencies of consumers. The variety in functional pasta progresses towards increasing the nutritional content by adding grains, legumes, vegetables, etc. In this thesis study, it was aimed to produce functional pasta by adding Jerusalem artichoke, which is a source of dietary fiber, and purple basil due to its antioxidant content to pasta produced from durum wheat. Jerusalem artichoke was added to the pasta at 5%, 10% and 15%, and purple basil was added at 1%. In the control pasta, durum wheat and water were used without these additions. In the experiments conducted, it was observed that the amount of ash, fat content and total dietary fiber content increased with the addition of Jerusalem artichoke. As a result of cooking property analysis of the pasta, the optimum cooking time of the control pasta was found to be 11 min, while this time was reduced with the addition of Jerusalem artichoke and was found to be 9 min with 15% Jerusalem artichoke. While no change was observed in the amount of water absorption with the addition of Jerusalem artichoke and purple basil; the amount of substance passing into the water increased with the increase in the amount of Jerusalem artichoke. As a result of the color analysis, it was observed that there were changes in the  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$  values of the pasta with the addition of Jerusalem artichoke and basil. The  $L^*$  value decreased, and the green and yellow color tones decreased with the additions to the pasta. It was also determined that the pigment content of the pasta increased with the addition of purple basil. It was determined that the total phenolic substance content, antioxidant activity and total monomeric anthocyanin content increased in the pasta samples with the addition of purple basil, which has a rich

bioactive content. Finally, the acceptability of the produced pasta by the consumers was investigated by sensory analysis. The findings show that although the addition of basil caused a decrease in the color, odor, taste and general acceptability of the consumers, the acceptability scores of all pastas have acceptable scores. In conclusion, in this study, functional pastas were developed with enriched fiber content and increased nutritional content by adding Jerusalem artichoke and purple basil to the pasta formula.

**Keywords:** Pasta, Durum wheat, Jerusalem artichoke, Purple basil



# İÇİNDEKİLER

TEZ TESLİM TUTANAĞI .....	i
ONUR SÖZÜ .....	iii
ÖNSÖZ.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT .....	viii
İÇİNDEKİLER .....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xii
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	xiii
KISALTMALAR LİSTESİ .....	xiv
I.GİRİŞ.....	1
II. LİTERATÜR İNCELEMESİ.....	3
A. Durum Buğdayı .....	3
B. Durum Buğdayından Üretilen Makarna .....	6
C. Yer Elması (Jerusalem Artichoke) .....	17
1. Besinsel İçeriği.....	18
2.Fonksiyonel Özellikleri .....	19
3. Gıda Endüstrisinde Kullanımı.....	20
D. Reyhan ( <i>Ocimum basilicum L.</i> ).....	21
III. MATERYAL VE METOT .....	24
A. Materyal .....	24
B. Metot.....	24
1. Sebzelerin Hazırlanması .....	24
2. Makarna Hamurunun Hazırlanması .....	24
3. Makarnada Yapılan Analizler .....	26
a. Nem Tayini .....	26
b. Yağ Tayini.....	26
c. Protein Tayini .....	26

d. Kül Tayini.....	27
e. Toplam Diyet Lifi Tayini.....	28
f. Renk Tayini.....	28
g. Pigment Konsantrasyonu Tayini .....	28
h. Optimum Pişirme Süresi Tayini .....	28
i. Suya Geçen Madde Miktarı Tayini .....	29
j. Su Absorpsiyonu Tayini .....	30
k. Toplam Fenolik Madde (TFM) Tayini .....	30
l. Antioksidan Aktivite .....	31
m. Toplam Monomerik Antosiyanin Tayini .....	31
n. Duyusal Analiz.....	32
ö. İstatistiksel Analiz.....	32
<b>IV. BULGULAR.....</b>	<b>33</b>
A. Makarna Analizleri.....	33
1. Nem ve Kül Miktarı .....	33
2. Protein ve Yağ Miktarı .....	35
3. Toplam Diyet Lifi.....	36
4. Renk Analizi.....	37
5. Pigment Konsantrasyonu .....	40
6. Optimum Pişirme Süresi .....	41
7. Suya Geçen Madde Miktarı ve Su Absorpsiyonu .....	42
8. Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Aktivite .....	44
9. Toplam Monomerik Antosiyanin .....	46
10. Duyusal Analiz.....	46
<b>V. SONUÇ .....</b>	<b>51</b>
<b>VI. KAYNAKÇA .....</b>	<b>54</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>61</b>

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1 Makarna üretimi akış şeması .....	11
Şekil 2 Yer elması dilimlerinin kurutulması ve yer elması tozu .....	18
Şekil 3 Kurutulmuş reyhan ve reyhan tozu .....	21
Şekil 4 Makarna hamuru ve şekli .....	25
Şekil 5 Kontrol makarna, %5 YE, %10 YE, %15 YE, %5 YE %1 R, %10 YE %1R, %15 YE %1R içeren makarna örnekleri .....	38
Şekil 6 Makarnalarda optimum pişirme süresi .....	42
Şekil 7 Makarna örneklerinin duyu analizi.....	49

## ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 1: Makarnaların %Nem ve %Kül analiz sonuçları .....	34
Çizelge 2 Makarnaların protein (%) ve yağ (%) içeriği.....	35
Çizelge 3 Makarnaların diyet lifi (%) değerleri .....	37
Çizelge 4 Makarnaların renk değerleri.....	39
Çizelge 5 Makarnalarda pigment konsantrasyonu .....	40
Çizelge 6 Makarnada suya geçen madde miktarı ve su absorpsiyonu .....	44
Çizelge 7 Makarnaların Toplam fenolik madde ve Antioksidan aktivite.....	45
Çizelge 8 Makarnada toplam monomerik antosiyanin miktarı .....	46
Çizelge 9 Makarna örneklerinin duyusal analiz sonuçları .....	47

## KISALTMALAR LİSTESİ

<b>ABTS</b>	: Antioksidan aktivitesi
<b>ALA /LA</b>	: Alfalinolenik asit / Linoleik asit
<b>CUPRAC</b>	: Bakır iyon indirgeyici antioksidan aktivitesi
<b>DP</b>	: Polimerizasyon derecesi
<b>FDA</b>	: Gıda ve İlaç Dairesi
<b>GAE</b>	: Gallik asit eşdeğer
<b>JAF</b>	: Yer elması unu
<b>OCT</b>	: Optimum pişirme süresi
<b>R</b>	: Reyhan
<b>TE</b>	: Troloks eşdeğer
<b>TFM</b>	: Toplam fenolik madde içeriği
<b>WHO</b>	: Dünya Sağlık Örgütü
<b>YE</b>	: Yer elması

## I.GİRİŞ

Makarna, dünya çapında sıklıkla tercih edilen bir gıda ürünüdür. Makarnanın raf ömrü uzun olması, pratik ve hızlı hazırlanması, tokluk sağlaması, ekonomik olarak ucuz olması ve lezzetli olması gibi nedenlerle küçükten büyüğe herkesin severek tükettiği bir tahıl ürünüdür. Makarnanın kökeni, antik uygarlıklara, özellikle İtalya ve Çin gibi zengin mutfak kültürlerine kadar dayanmaktadır (Kaur, 2023). Genellikle İtalya kökenli olarak bilinse de dünya çapında pek çok mutfakta yaygın olarak tüketilmektedir.

İtalya, makarna üretimi ve tüketimi açısından dünya çapında önemli bir konuma sahiptir ve her bölgenin kendine özgü makarna çeşitleri ve reçeteleri öne çıkmaktadır (Kaur, 2023). Makarna günümüzde buğdaydan elde edilen sanayi imalatları içerisinde, üretim miktarı ve beslenmedeki önemi açısından, ekmekten hemen sonra gelmektedir. Tarihsel gelişimlerinde, buğdayın işlenmesi ve makarna üretim yöntemlerinin gelişmesiyle birlikte, makarna yalnızca bir besin kaynağı olmanın ötesinde, kültürel bir miras ve gastronomik bir öge haline gelmiştir (Kaur, 2023).

Köklü bir geçmişe sahip olan makarna, yüzyıllar boyunca farklı kültürlerde çeşitli şekil, tat ve dokularla gelişerek günümüzde geniş bir ürün skalasına ulaşmıştır (Kaur, 2023). İtalyan kanunlarına göre ‘kurutulmuş makarna’ makarnalık buğdayın (*Triticum durum L.*) irmiğe dönüştürülmesi (kısaca irmik, kaba irmik veya kepekli irmik) sonucunda su ile karıştırılarak üretilmelidir (Bresciani vd., 2022). Üstün yapıda ve kaliteli bir makarna, altın sarısı (amber) renginde olmalı, mikrobiyal gelişim olmamalı, pürüzsüz ve homojen bir yapıda, kırılırken tok bir ses olmalı ve pişirildikten sonra çignemeye dirençli olmalıdır (Wang vd., 2021a). Endüstride kullanılan durum buğdayının kalitesi, direkt makarnanın dokusal özelliklerini, pişirme esnasında dayanıklılığının ve lezzetini etkilemektedir (Kaur, 2023). Kaliteli bir makarna, homojen bir iç yapıya ve pürüzsüz bir yüzeye sahip olmalı, uygun renk ve yapı özellikleri göstermelidir (Giannetti vd., 2021).

Son yıllarda yapılan araştırmalarda, sebze içerikli katkıların gıdaya eklenerek gıdaların fonksiyonel özelliklerini artırma çalışmaları artmıştır. Tüketicilerin ilgisi arttıkça, gıda endüstrisi doğal içeriklerle sağlıklı beslenme ile inovasyon ürün geliştirmeye

yönelmektedir (Sobota vd., 2020). Fonksiyonel gıdalarda sebze konsantreleri ve tozları bileşen olarak makarna gibi ürünlerde doğal renklendirici, aroma verici ve besleyici değerini arttırmada katkı şeklinde kullanılmaktadır (Sobota vd., 2020). Gıda endüstrisinde, makarnanın fonksiyonel bileşenlerin taşıyıcısı açısından kullanılması sıklıkla uygulanmaktadır (Oliviero vd., 2016). Fonksiyonel makarnada alanında yapılan son çalışmalarda; sebze, meyve suyu, püresi ya da yan ürünleri gibi ürünlerin toz halinde makarna formülasyonlarına eklenilmesine odaklanılmıştır (Gatta vd., 2023). Sebze ve meyvelerden elde edilen bu ürünlerin içerdiği biyoaktif bileşikler insan vücudunda oksidatif stresin düşürülmesine ve kronik hastalıklardan korunmaya yardım eder. Yapılan bir araştırmada, sebze katkılarının bileşen olarak tahıl ve ürünlerine (havuç, ıspanak, pancar gibi) katılması fonksiyonel makarnada besinsel yarar sağladığını göstermektedir (Sobota vd., 2020).

Bu çalışmada durum buğdayı makarnasının zenginleştirilmesi amacıyla diyet lifi olarak yer elması tozu ve antioksidan içeriğini arttırmak amacıyla mor reyhan tozu kullanılması ve bu zenginleştirmelerin makarnaların karakteristik özelliklerine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Öncelikle yer elması kurutulup öğütülerek toz haline getirilmiştir. Makarna formülasyonuna farklı oranlarda (%5, %10, %15) yer elması durum buğdayı ikame edilerek makarnalar üretilmiştir. Üretilen makarnalara %1 oranında mor reyhan tozu ilave edilerek makarnalar biyoaktif içerikleri açısından zenginleştirilmiştir. Tüm makarnaların bazı fiziksel, kimyasal, biyoaktif içerik ve duyusal kalitelerinin araştırılması ve böylece bu çalışma ile besinsel içeriği arttırılmış ve lif içeriği zenginleştirilmiş yeni bir makarna ürünü geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

## II. LİTERATÜR İNCELEMESİ

### A. Durum Buğdayı

Pirinçten sonra en yaygın tüketilen tahıllardan biri olan buğday, dünya nüfusunun yaklaşık üçte biri tarafından tüketilen temel besin kaynağı niteliğindedir. Buğdayın sert taneli bir türü olan durum buğdayı, küresel ölçekte yaklaşık 40 milyon ton üretimle 16 milyon hektarlık bir ekim alanına sahiptir (Saini vd., 2023). Dünya çapında üretilen buğdayın yaklaşık %95'i hekzaploid ekmeklik buğday (*Triticum aestivum*) türüne aitken, geriye kalan %5'lik oran ise makarnalık buğdaya (*Triticum durum*) aittir (Manstrangelo vd., 2021). Uluslararası Tahıllar Konseyi'nin (IGC, 2020) verilerine göre, üretimde kullanılan miktarı açısından dünyada en fazla yetiştirilen onuncu tahıl ürünü olarak gösterilmektedir. Her ne kadar İtalya, Kuzey Amerika, Asya, Türkiye ve Güney Amerika gibi Akdeniz iklim kuşağındaki bölgelerde başlıca tarım ürünlerinden biri olarak kabul görülse de, küresel üretim hacmi bakımından sınırlı bir paya sahiptir (Saini vd., 2023).

Durum buğdayı ve ekmeklik buğday, günümüzde geniş çapta tarımı yapılan modern buğday türleri arasında yer almaktadır (Aoun, vd., 2023). Makarnalık buğday ile ekmeklik buğday genetik olarak birbirine yakın türleridir. Ancak; çevresel koşullara adaptasyon yetenekleri ve bazı temel teknolojik özellikleri bakımından farklılık göstermektedir. Bu farklılıklar, özellikle kullanım amaçlarına yönelik ürün kalitesinde belirleyici olmaktadır (Manstrangelo vd., 2021). Durum buğdayının yetiştirilmesinde bölgesel farklılıklar bulunsa da, makarnalık buğday ıslah çalışmalarında temel hedefler; yüksek tane verimi, sarı renkli irmik elde etme potansiyeli, üstün gluten kalitesi, yatmaya karşı direnç, düşük ve yüksek sıcaklıklarla birlikte kuraklığa tolerans ile başta pas hastalıkları olmak üzere önemli buğday hastalıklarına karşı dayanıklılığın artırılması gelmektedir (Özberk vd., 2024).

Ortalama olarak, yerel ekmeklik buğday çeşitlerinin yalnızca %25'i ve makarnalık buğday çeşitlerinin %30'u çiftçiler tarafından verim bakımından iyi olarak değerlendirilmiş olsa da, bu çeşitlerin tane kalitesi ve ev tipi ürünlere uygunluğu açısından

memnuniyet oranı oldukça yüksektir. Nitekim çiftçilerin %83'ü ekmeklik, %93'ü ise makarnalık buğday çeşitlerini bu özelliklerinden dolayı tercih etmektedir. Makarnalık buğday üretiminin yoğun olduğu dört bölgeden, güney kıyı ve doğu Akdeniz bölgelerinde tahılın büyük ölçüde bulgur üretiminde kullanıldığı görülmektedir (%55,5 ve %87,1). Buna karşın; Orta Karadeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde makarnalık buğday, hem bulgur hem de ekmek üretiminde yaygın olarak değerlendirilmektedir (%61,1 ve %83,3) (Özberk vd., 2024).

Ekmeklik buğday ve durum buğdayı, dünya genelinde farklı tüketim çeşitleriyle gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Saini vd., 2023). Durum buğdayı; makarna, spagetti, erişte gibi ürünlerin üretiminde ham madde olarak işlenirken, ekmeklik buğday ise ekmek, kek ve bisküvi gibi unlu mamullerin üretiminde yaygın biçimde kullanılmaktadır (Saini vd., 2023). Durum buğdayının öğütülmesi prosesi, partikül boyutu 112-500 µm arasında değişen semolina üretimiyle sonuçlanmaktadır. Semolina; *Triticum turgidum* ssp. *durum*'un öğütülmesiyle elde edilen iri partiküllere sahip bir irmiktir. Elde edilen semolina, kullanım amacına göre farklı sınıflara ayrılmaktadır. İri taneli semolina genellikle kuskus üretiminde tercih edilirken, makarna üretiminde de sıklıkla kullanılmaktadır. İnce yapıda olan semolina ise; özellikle Akdeniz ülkelerinde, ekmeklik buğdayla karıştırılarak geleneksel ekmek ve mayasız ekmek üretiminde değerlendirilmektedir (Aoun, vd., 2022).

Ekmeklik buğday ile karşılaştırıldığında, durum buğdayı; daha yüksek tahıl depolama proteini içeriği, belirgin tane sertliği, yoğun sarı pigmentasyonu, yüksek verimlilik sağlayan öğütme özellikleri ve üstün pişirme kalitesi ile öne çıkmaktadır (Melash ve Abraham, 2022). Durum buğdayı; sert yapılı taneleriyle bilinmekte olup, diğer buğday türlerine kıyasla daha sert bir endosperm yapısına sahiptir. Bu sertlik özelliği; buğdayın öğütülebilirliğini, irmiğin su tutma kapasitesini ve elde edilen hamurun pişirme kalitesini etkilemektedir. Tane sertliğinin oluşumunda, endospermde bulunan nişasta granülleri ile depolama proteinleri arasındaki etkileşim ve bağlanma düzeyindeki yapılaşma önemli rol oynamaktadır (Melash ve Abraham, 2022).

Durum buğdayı; yüksek tahıl protein içeriği ve içerdiği sarı renkli karotenoid pigmentler sayesinde makarna, irmik ve spagetti üretimi için tercih edilen kaliteli bir hammadde olarak öne çıkmaktadır (Saini vd., 2023). Durum buğdayının; pişirme ve

depolama kolaylığı, yüksek sindirilebilirlik seviyesi, besinsel içeriği ve düşük maliyeti gibi özelliklerinden dolayı da makarna üretimi için ideal bir gıda hammaddesi olarak görülmektedir. Yaklaşık %12-16 oranında protein, %70 karbonhidrat, %1,9 yağ, %1,6 lif ve %1,6 mineral içeriği ile besleyici bir tahıl olan durum buğdayı, tüketici beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Durum buğdayından elde edilen irmik, diğer buğday çeşitlerine göre daha uzun raf ömrü sunmaktadır. Diğer taraftan; sahip olduğu duyuusal ve yapısal niteliklerinden dolayı fonksiyonel bileşenlerin entegre edilebildiği, kaliteli bir makarna üretiminin oluşmasını sağlar (Saini vd., 2023).

Durum buğdayın gluten varlığı, hem hamurun reolojik özelliklerini hem de elde edilen son ürünün kalitesini doğrudan etkilemektedir. Ayrıca; düşük gluten içeren irmikten oluşan ürünlerde yetersiz yapı oluşumu, istenmeyen renk özellikleri ve düşük özgül hacimli ekmekler veya ürünler gözlemlenmiştir. Gluten; esas olarak nişasta, diğer polisakkaritler ve suda çözünebilir bileşenlerin uzaklaştırılmasından sonra kalan, alkolde çözünmeyen gluteninler ve alkolde çözünen gliadinlerden oluşur (Melash ve Abraham, 2022). Bu proteinler; hamura esneklik ve viskoelastik yapı kazandırmaktadır. Endosperm proteinlerinin yaklaşık %80-85'ini oluşturan gluten, ürün kalitesinin temel belirleyicisi olarak kabul edilmektedir. Buğday ununun su ile karıştırılması ile oluşan gluten matrisi, viskoelastik özellik göstererek hamurun işlenebilirliğini sağlamak ve ürün yapısını şekillendirilmektedir (Saini vd., 2023).

Durum buğdayı; insan beslenmesi açısından önemli olan provitamin A, antioksidanlar bileşikler gibi değerli besin öğelerini bünyesinde bulundurmaktadır. Karotenoid pigment içeriği; yüksek lif oranı ve protein miktarı ile birlikte durum buğdayının besleyici değerini artırmakta, bununla birlikte oluşan nihai ürünlerin teknolojik ve duyuusal özelliklerine de olumlu işlevler kazandırmaktadır (Saini vd., 2023). Sarı renk oluşumundan sorumlu olan karotenoidler, ürünün son kullanım kalitesini belirleyen temel faktörler arasında yer almaktadır. Sarı renk büyük ölçüde lutein, zeaksantin ve  $\beta$ -kriptoksantin gibi karotenoid bileşenlerinden kaynaklanmakta olup, durum buğdayındaki toplam karotenoid içeriğinin yaklaşık %85'ini oluşturmaktadır (Saini vd., 2023). Durum buğdayında ortalama karotenoid içeriği; kuru madde bazında yaklaşık  $6,2 \pm 0,13$  mg/kg oranındadır ve bu oran, özellikle makarna gibi nihai ürünlerin

kalite kriterlerinin belirlenmesinde önemli bir özellik olarak değerlendirilmektedir (Saini vd., 2023).

## **B. Durum Buğdayından Üretilen Makarna**

Makarnanın sahip olduğu popülerliğin sebeplerinden biri beslenme alanındaki bakış açısıdır. En büyük gerekçe de makarna karbonhidratlarının rahatça sindirebilir olması ve az miktarda yağ içermesinden dolayı besleyiciliğinin yüksek olmasıdır (Bresciani vd., 2022). Geleneksel makarna el yapımı metotlardan modern endüstriyel üretim süreçlerine kadar hem mutfaklarda hem de büyük ölçekli gıda endüstrisinde önemli yer tutmaktadır (Kaur, 2023).

Tahıl ürünleri içerisinde öne çıkan makarna için yeni ürünler formüle edilerek yapılan inovasyon çalışmaları ve ürün zenginleştirmeleri konusundaki araştırmalar aralıksız sürdürülmektedir. Özellikle makarnanın beslenme içeriğinin ve sağlığa yararlarının artırılması üzerine yapılan çalışmalar önem arz etmektedir.

Dünyada İtalya, Fransa ve Yunanistan hariç diğer ülkelerde ekmeçlik buğday (*Triticium aestivum L.*) makarna üretimi için kullanılsa da hamurda reolojik özellikleri (akıcılık, yoğurma), pişirme kalitesinde değişiklik ve tüketici açısından da yetersiz duyuşal özelliklere neden olmaktadır. Buna karşılık durum buğdayı irmiğinin en iyi makarna kalitesini sağlayabileceği görülmektedir (Bresciani vd., 2022). Durum buğdayı (*Triticium durum L.*) dünyada makarna üretiminin sadece %6-8'ini kapsamaktadır. Makarnada en uygun ürün özelliklerini sağlamasına rağmen durum buğdayı kullanımı düşüktür (Wang, 2021a). Diğer taraftan, ekmeçlik buğdayın durum buğdayından maddi olarak %20-25 daha avantajlı olması ve kolay erişilebilir olması daha fazla kullanılmasını sağlamaktadır (Bresciani vd., 2022).

Durum buğdayının (*Triticium durum L.*) genel özellikleri; kırmızı ve kehribar sarısı renğinde, uzun ve sivri dane fiziksel yapısına sahiptir. Çok sert yapılı olup değirmende un gibi toz haline gelmez ayrıca ince kabuklu yapıya da sahiptir (Bresciani vd., 2022). Durum buğdayının en önemli özelliği proteince zengin olduğundan gluten ağı da yüksek oranda olduğundan için makarnada daha sıkı ve yapışkanlığı daha az bir yapıya olanak tanıdığından yüksek kaliteli üretim sağlar (Wang, 2021a). Durum buğdayı (*Triticium durum L.*) yüksek

protein ve gluten içermesi özelliklerinden dolayı, makarnanın pişirme sırasında şeklini koruması ve istenilen bozulmamış yapıya sahip olmasını sağlar (Kaur, 2023).

Makarna, geleneksel şekilde üretildiğinde karbonhidrat içeriği yüksek bir üründür (Wang vd., 2021a). İçerik bileşenleri yaklaşık şu şekildedir: %12-13 su, % 10.5 – 13.5 protein, %75 karbonhidrat ve % 0 – 2 yağ (Wang vd., 2021a). Diğer bileşenler ise; mineral, vitamin, tiamin, riboflavin, niasin ve folik asit gibi mikro besinlerdir. Makarna, durum buğdayının öğütülmesi sırasında diyet lifi bileşenlerin kaybolması nedeniyle diyet lifi içermez (Wang vd., 2021a).

Makarnanın temel bileşeni olan Durum buğdayı (*Triticium durum L.*) yapısında, glutenin ve gliadin olmak üzere iki ana önemli protein içermektedir (Kaur, 2023). Bu proteinler; hamura su eklendiğinde birleşerek gluten yapısını oluşturmaya başlar, bu da hamurun yapısının elastikiyetini ve dayanıklılığını sağladığından, hamur şekillendirme ve pişirme süreçlerinde esnekliğini sağlayarak istenilen şekil verilebilir (Kaur, 2023). Üretimde şekil verildikten sonra kurutma işlemi sağlanır. Ardından makarna paketlenerek tüketime ve satışa hazır duruma gelir (Olivero ve Fogliano, 2016). Makarna üretiminde nihai üründe üç önemli noktaya dikkat edilmelidir: piştikten sonra suya geçen çözünür katı madde oranı %6'yı geçmemeli ve piştikten sonraki ağırlık artışı (su absorpsiyonu) iki katına yükselmelidir (Wang vd., 2021a).

Makarnanın besin içeriğinin geliştirilmesi amacıyla çeşitli bitkisel su, posa ve ekstraktlar sıvı veya toz halde makrana formülüne ilave edilebilmektedir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ile Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) makarnanın gıda ürünleri içerisinde beslenme açısından çeşitlendirilebilecek bir ürün olduğunu bildirmiştir (Köten ve Atlı, 2021). Sebzeler, sağlık açısından faydalı birçok farklı bileşenler içerirken, tüketiciler meyve ve sebzelerin faydalı özellikleri olduğunu bilseler bile WHO, önerilen günlük dozun genellikle tüketilemediğini ifade etmektedir (Wang vd., 2021a). FDA 1949 yılında mineral olarak demir ve vitamin eklenerek makarnanın zenginleştirildiğini bildirmiştir (Köten ve Atlı, 2021).

Yapılan birçok araştırma, tüketiciler tarafından sebze tüketiminin yetersiz olduğunu ve sağlıksız beslenme alışkanlıklarının her yıl yaklaşık 2,7 milyon insanın ölümüne neden olduğunu ortaya koymaktadır (Asfaq vd., 2022). Makarna tüketiminin, özellikle Akdeniz beslenmesinde, obezite riski taşıyan insanlarda kilo artışında önemli derecede düşüşe etki

ettiği ve kadın bireylerde vücut kitle indeksini düşürebildiği, bel çevresinde kilo alımını azalttığı, ayrıca bilinenin aksine tüketicinin yaşamını daha iyi sürdürebileceği bulunmuştur (Wang vd., 2021a).

Ekonomik açıdan gelişmiş ve yüksek standartlı toplumlarda kişilerin giderek fiziksel aktivitelerinde düşüş olması, işlenmiş ve lif yönünden eksik ürünlerin fazlaca tüketilmesi sonucunda; kalp hastalığı, gastrointestinal hastalıklar, obezite, diyabet gibi hastalıkların arttırdığı görülmüştür (Köten ve Atlı, 2021). Bu durum, sebze açısından zengin beslenmenin insan sağlığı üzerindeki kritik önemini vurgulamakta ve beslenme alışkanlıklarında planlı sebze tüketiminin artırılmasının tüketiciler açısından önemini göstermektedir (Asfaq vd., 2022). Lif yönünden zengin olan besinlerin tüketiminin insan sağlığına faydalı olduğu bilinmektedir. Lif içeren gıdaların faydaları ve sağlık üzerine etkileri üzerine araştırmalar yapılmaya odaklanılmıştır (Köten ve Atlı, 2021). Makarnaya fonksiyonellik kazandırmak için baklagiller, tam tahıllı gevrekler, bitkisel bazlı içerikler, diyet lifleri ve et ürünleri bile eklenebilmektedir (Wang vd., 2021a).

Durum buğdayından oluşan makarnanın içeriğinin bakliyat, tahıl ürünleri ve sebzelerle güçlendirilmesi, üzüm gibi meyvelerin tozları ya da havuç, ıspanak, enginar gibi sebzelerin püreleri ilave edilerek zenginleştirilmesi çalışmaları yapılmış ve makarnanın kimyasal ve duyuşsal özellikleri incelenmiştir (Gatta vd., 2023). Makarna formülüne eklenen ürünler makarnanın esnekliğini ve mekanik darbelere dayanıklılığını düşürerek kırılma, pürüzlü yüzey ve düşük kalite gibi sorunlara yol açabilir (Giannetti, vd. 2021). Bu nedenle formülasyon denemelerinde ilave edilen bileşenlerin oranlarının belirlenmesi kritik öneme sahiptir. En önemli nokta, eklenen sebze bileşenin etkisini korumayı hedefleyen, reçetede eklenen bileşenin ne şekilde üretildiği ile ilgili olarak son çıkan makarnanın kalitesine göre en iyi birleşimi araştırmaktır (Gatta vd., 2023).

Diyet lifi, besleyiciliği artırmak, makarnanın glisemik indeksini düşürmek, kabızlığı önlemek ve bağırsak mikrobiyotası alanında kısa zincirli yağ asitlerinin oluşmasını başlatmak gibi önemli işlevlere sahiptir (Olivero ve Fogliano, 2016). Diyet lifi, çözünür ve çözünmez diye ikiye ayrılır; çözünür lif insanda kalın bağırsakta rahatça fermente olur ve çözünmez lif bağırsakta sindirimi zor olup yavaşça fermente olur (Wang vd., 2021a). İnsan vücudunda diyet lifi gastrointestinal sistemde bağırsağa gitme süresini kısaltır, kabızlığı önler ve bağırsak florasına fayda sağlayan mikroorganizmaların oluşmasını

sağlar (Wang vd., 2021a). Kepekli makarna, yüksek lif içeriğinden dolayı mide boşalmasını yavaşlatarak tokluk hissini uzatır ve açlık hissini azaltır (Wang vd., 2021a).

Tam buğday makarnasında diyet lifi oranı 2-3 kat yükselmektedir (9,88 g/100 g) (Wang vd., 2021a). Glutensiz bileşenlerin makarna hamuruna eklenmesi, hamurun reolojik ve yapısal özelliklerinde önemli değişikliklere yol açarak gluten ağının zayıflamasına neden olabilir (Giannetti vd., 2021). Makarna ürünlerine fazla miktarda lif eklendiğinde, görünüm ve duyuşsal karakterlerinde birkaç eksiklikler oluşabilmektedir. Bu bileşenlerin katılmasıyla oluşan fonksiyonel makarnanın tüketicilerin beğeni ve kabul edilebilirliğine dikkat ederek, kalitesine önem verilmelidir. Çünkü katılan bileşenlerin etki mekanizmalarının faydaları olduğu kadar zararları da olabilmektedir (Wang vd., 2021a). Örneğin, fonksiyonel makarnalara geleneksel olmayan yüksek proteinli bileşenlerin katılması, protein içeriğini artırırken, kalite üzerinde olumsuz etkiler yarattığı bulunmuştur (Messia vd., 2021). Yapılan başka bir araştırmada, sebze unu eklenmesinin spagettinin diyet lifi içeriğini, özellikle de çözünmeyen lif oranını anlamlı şekilde artırdığı ve bu sayede ürünün fonksiyonel özelliklerini iyileştirdiği rapor edilmiştir (Asfaq vd., 2022).

Makarnanın kalitesini ve muhafaza ederken raf ömrünü arttırmak amacıyla, üretim sırasında ana bileşenler hariç çeşitli ilave maddeler de tercih edilmektedir (Kaur, 2023). Araştırmacılar, inovasyon reçetelerinin kimyasal özelliklerde düzeltirken ve görüntü olarak cazip hale getirirken eklenen maddenin oranına göre pişirme sırasında kayıpların oluşmasına ya da makarnanın yapısında olumsuz etkiye neden olmaması oldukça önemlidir (Gatta vd., 2023). Gıdalarda doğal renk maddeleri, fenolik bileşikler, glukozinolatlar, C vitamini ve tokoferoller gibi biyolojik olarak aktif bileşikler bulunmaktadır (Sobota vd., 2020). Gıdaların bu tür ilaveler ile zenginleştirilmesi fonksiyonel gıdalar yoluyla insanları sağlıklı beslenmeye teşvik etmeye yönelik önemli bir strateji sunmaktadır (Wang vd., 2021a). Bu bileşenler, yapay katkı maddelerine istinaden tüketiciler tarafından daha yüksek kabul görmekte ve güvenilir bir alternatif olarak değerlendirilmektedir (Sobota vd., 2020).

Ürüne katılacak katkı maddelerinin oranı ve cinsi, makarnanın besin değeri ile pişirme duyuşsal kalitesini dengede tutmalıdır (Sobota vd., 2020). Makarnanın içeriğindeki kimyasal bileşim, pH dereceleri ve katkı maddelerinin etkisiyle biçimlenmekte olup, bu

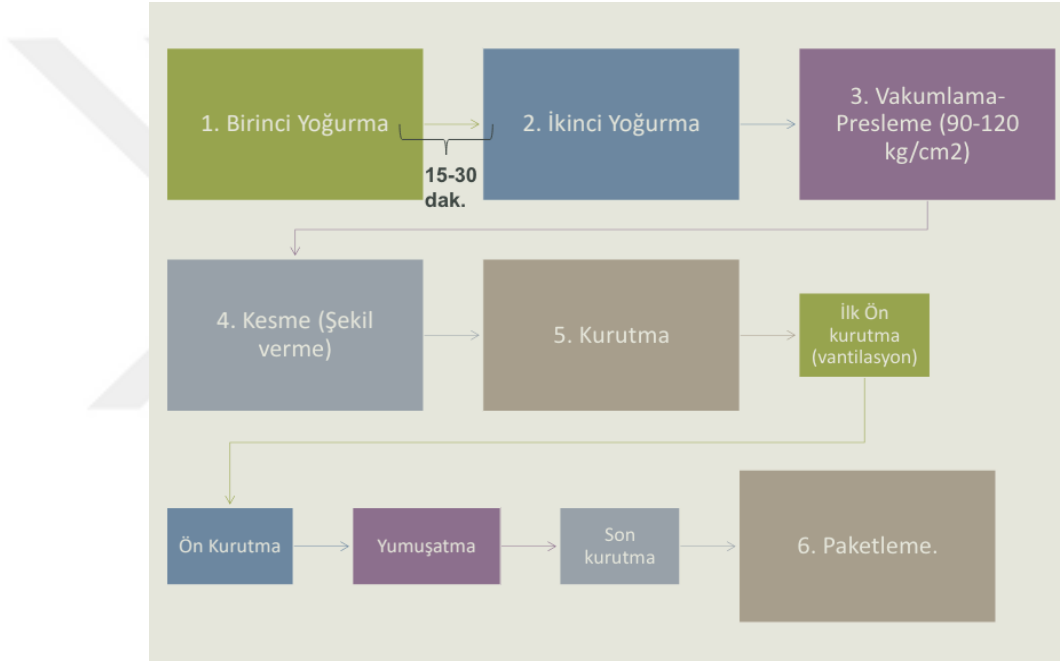
faktörler gıdanın renk, doku ve duyuşal özellikleri üzerinde tanımlayıcı şekilde etki eder. Sodyum karbonat ve potasyum karbonat gibi alkali bileşiklerin ilave edilmesi, hamurun pH derecesini yükselterek renk değişimlerine sebep olmakta ve tat dokusunu etkilemektedir (Kaur, 2023). Öte yandan, gluten oluşumunu optimize etmek makarna hamurunun yapısal elastikiyetini artırmak ve pişirme özelliklerini düzeltmek amacıyla bazı üreticiler tarafından gıda cinsi tuzlar, enzimler ve emülgatörler gibi katkı maddelerini kullanılmaktadır. Bu katkılar, nihai ürünün teknolojik ve duyuşal kalite parametrelerini düzeltme yönünde etki göstermektedir (Kaur, 2023).

Ayrıca gıda işleme ve pişirme yöntemleri, fonksiyonel ürünlere eklenen bileşenlerin besin değerini değiştirebilmektedir (Wang vd., 2021a). Makarna üretim aşamalarının büyük bir bölümü, nihai üründe mineral, vitamin ve fitokimyasal içeriklerin azalmasına neden olmaktadır (Olivero ve Fogliano, 2016). Bağlayıcı maddeler ve katkı maddeleri kullanılarak hamurun viskoelastik özellikleri iyileştirilebilir (Giannetti vd., 2021). Makarna hamuruna yumurta sarısı eklendiğinde daha besleyici ve yumuşak bir doku kazandırırken, tuzlar ve enzimler ise elastikiyet, yapı ve gluten gelişimini iyileştirildiği için bazı üreticiler tarafından tercih edilmektedir (Kaur, 2023). Makarna hamurunun yoğurulma ve karıştırılma sürecinde, gluten gelişimi sağlanarak protein molekülleri arasında disülfid bağları oluşturulur. Bu olayın mekanik etkileşimi ve suyun etkisiyle oluşan bu oluşum, makarna hamurunun dayanıklılığını artırır ve pişirme esnasında yapısını korumasını sağlar (Kaur, 2023). Makarna üretim akış şeması Şekil 1'dde gösterilmiştir. Makarna üretimi nispeten kolay bir proses görülse de, sebze ilavesi bu prosesi karmaşık duruma sokabilmekte ve sebzelerin besin değerini doğrudan etkileyebilmektedir (Olivero ve Fogliano, 2016).

Öte yandan, ekstrüzyon sıcaklık derecesi, nem oranı ve kurutma koşullarının dikkatli şekilde ayarlanması, ürünün dokusal stabilitesini artırabilir (Giannetti vd., 2021). Taze makarna için, 1-3 dk hafif sıcaklıkta pastörizasyon işlemi uygulanmakta ve nem içeriği %24 oranına ulaşana kadar hafif bir kurutma işlemi gerçekleştirilmektedir. Makarnaya yüksek sıcaklık uygulanırsa kurutma esnasında, sıcaklığa duyarlı biyoaktif bileşenlerin yıkılmasına yol açabilmektedir (Olivero ve Fogliano, 2016). Sebze gibi ürünlerin tozunun kullanılması, özellikle hava fırınında kurutma işlemi ile besin değerinde

azalmaya yol açmaktadır, ayrıca katı parçacık boyutunun ürün kalitesinde olumsuzluklar yaratabileceği de belirtilmiştir (Sobota vd., 2020).

Makarnada kurutma ve pişirme sıcaklığı, özellikle ısıya duyarlı olan fitokimyasalların stabilitesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Örneğin; C vitamini gibi bazı bileşenler yüksek sıcaklığa dayanarak ısı işlemlerinde yıkılmaktadır. Bundan dolayı, hem kurutma hem de pişirme aşamalarında, nihai üründeki C vitamini oranının düşmesine sebep olmaktadır. Fakat, kimi durumlarda ısı uygulaması belirli biyoaktif bileşiklerin biyoyararlanımını yükseltebilmektedir (Olivero ve Fogliano, 2016).



Şekil 1 Makarna üretimi akış şeması

Yüksek sıcaklıkta kurutma işlemi, proteinlerin koagüle olmasına ve Maillard tepkimesinin aracılığıyla çapraz bağlar oluşturmasına sebep olarak, nişastanın matriks içinde immobilize edilmesini sağlayan protein ağının stabilizasyonuna katkıda bulunmaktadır. Bu aşama sonucunda, makarnadaki proteinler önceden koagüle hale geldiğinden pişirme esnasında nişasta granüllerinin su alarak şişmesi kısıtlamakta bundan dolayı daha sert, pişirme dayanıklılığı yüksek ve üstün teknolojik özelliklere sahip bir makarna oluşturulmaktadır (Olivero ve Fogliano, 2016). Bununla birlikte, makarnanın oksidatif bozulmalara karşı uygun paketleme ve depolama ortamı oluşturularak ürünün duyuşal özellikleri saklanmalıdır (Giannetti vd., 2021). Bu bilgiler doğrultusunda,

makarna üretim aşamalarında, nihai üründe mineral, vitamin ve fitokimyasal içeriklerinde azalma görülebileceği söylenebilir (Olivero ve Fogliano, 2016).

Makarnanın pişirilme sürecinde ise yapıda bulunan nişasta granülleri suyu emerek şişer ve jelleşme diye tanımlanan bir fizikokimyasal oluşum gerçekleşir. Makarnanın temel karbonhidrat bileşeni olan nişasta, amiloz ve amilopektin moleküllerinden oluşmaktadır (Kaur, 2023). Makarnada diyet lifin oranını yükseltilmesi bu matris değiştirerek su emme kapasitesini yükseltirken, optimum pişirme süresini kısaltmaktadır (Wang vd., 2021a). Doğrusal yapıya sahip amiloz molekülleri, amilopektin molekülleri, jelleşme esnasında daha sağlam bir jel yapısı oluştururken, dallanmış yapıda olan amilopektin molekülleri, ise daha yumuşak ve yapışkan bir jel oluşmasını sağlamaktadır. Bu süreç, makarnanın son yapısını ve pişirme ile kalitesini belirleyen en önemli noktalardan biridir (Kaur, 2023). Ayrıca, fonksiyonel makarnada lif oranının artması, pişirme süresinde belirgin bir azalmaya yol açarken, lif ilavesinin su emme kapasitesi ve şişme indeksi üzerinde farklı etkiler gösterebildiği belirtilmiştir (Wang vd., 2021a).

Makarnanın dokusunu ve pişirme kalitesini etkileyen en önemli faktörler, pişirme süresi ve suyun sıcaklığıdır. Fazla pişirme, nişasta taneciklerinin aşırı su emmesine ve jelleşmesine sebep olarak makarnanın dokusal bütünlüğünü kaybetmesine neden olabilir. Yetersiz pişirme sonucunda ise çiğ ve nişastalı tat hissedilirken, üründe istenmeyen pişmemiş bir yapı olduğu görülebilir (Kaur, 2023). Diğer taraftan, makarnanın yüksek sıcaklıktaki suda pişirilmesi, suda çözünen besin bileşenlerinin suya geçmesine veya ısıya duyarlı bileşenlerin denatüre olmasına sebep olarak besin değerinde düşüslere sebep olabilmektedir (Olivero ve Fogliano, 2016). Örneğin suda çözünen antioksidan maddelerde pişirme esnasında kayıplar oluşur, kaynatma işlemi ile oksidasyon ve besin bileşenlerinde bozulma görülebilir. Bu faktörler, gıdaların besleyici özelliklerini olumsuz yönde etkileyebilir (Wang vd., 2021a).

Pişirme esnasında meydana gelen gluten kaybı sertliğin azalmasına neden olur. Ayrıca baklagil gibi alternative bileşenler içeren makarnalarda baklagillerin hoş olmayan tat ve aroma oluşturması tüketici kabulünü olumsuz etkileyebilmektedir. Ancak, belirli bir orana kadar, baklagil bileşenlerinin istenmeyen tatları, diğer bileşenlerle maskelenerek dengelenebilir (Messia vd., 2021). Sebze ilave edilmiş makarnalarda pişirme ile sebze bileşenleri pişirme suyuna geçebilir. Oluşan gluten yapısı ve nişasta jelleşmesi ile bu

kayıplar kısmen engellenebilmektedir (Olivero ve Fogliano, 2016). Gluten oluşumunu optimize etmek, makarna hamurunun yapısal elastikiyetini artırmak ve pişirme özelliklerini düzeltmek amacıyla bazı üreticiler tarafından gıda cinsi tuzlar, enzimler ve emülgatörler gibi katkı maddelerini kullanılmaktadır. Bu katkıları, nihai ürünün teknolojik ve duyu kalite parametrelerini düzeltmeyi amaçlamaktadır (Kaur, 2023). Makarna pişirme suyuna tuz ilavesi, hem duyu özellikler hem de doku stabilitesi üzerinde öneme sahiptir. Tuz; makarnanın pişirilme esnasında lezzetini artırırken, aynı zamanda nişasta jelleşmesini etkileyerek makarnanın pişmeye karşı kuvvetini arttırmakta ve daha sıkı, sağlam bir yapı oluşumunu sağlamaktadır. Bu etki, makarnanın pişmesi sırasında gluten yapısının korunmasında ve optimum tekstürel özelliklerin korunmasında katkı sağlamaktadır (Kaur, 2023).

Makarnanın kalite kriterleri; piştikten sonraki diriliği, pişirilirken oluşan kayıp, üründe yapışkanlık oluşumları ve teknolojik karakteristikleri olarak sıralanabilir (Gatta vd., 2023). Makarna kalitesindeki farklılıklar, yüksek pişirme kaybı ve optimum pişirme süresi, su emme, suda şişme indeksi, dokusal özellikleri (dirilik, esneklik, yapışkanlık), gibi özelliklerdeki değişimlerle ortaya çıkmaktadır (Wang vd., 2021a). Pişirme süresi ile su emme miktarları birbiri ile ilişkilidir. Ayrıca yapısal kalitesi yüksek olan bir makarna, minimum düzeyde ağırlık kaybı göstermelidir (Gianetti, vd. 2021). Sebze bileşenli ürünler üzerine yapılan çalışmalar, bu tür makarnaların pişirme kaybı, sertlik ve elastikiyet gibi kalite özelliklerinin genellikle geleneksel irmik makarnalarına kıyasla daha düşük olduğunu göstermiştir (Sobota vd., 2020). Fonksiyonel bileşenlerin makarnaya eklenmesi, bazı açılardan makarnanın kalitesini düzeltebilir. Örneğin, bazı diyet lifi bileşenlerin makarnada pişirme kaybını azalttığını ortaya konmuştur. Ayrıca, dirençli nişasta II ve IV'ün artan ikame seviyelerinin pişirme kaybını azalttığını bildirmiştir (Wang vd., 2021a).

Öte yandan, makarna pişirme suyunda da değişiklikler yapılabilmektedir. Bu değişiklikler makarnanın nihai lezzetini doğrudan etkileyebilmektedir. Bazı makarnaların pişirme önerilerinde baharatlı su içerisinde pişirilmesi veya otlar ve sarımsak gibi aromatik tat veren bileşenlerin katılması önerilmektedir, bu işlemler makarnanın duyu kalitesini artırarak tüketici tarafından beğenilerini olumlu açıdan etki etmektedir (Kaur, 2023).

Son zamanlarda yaygınlaşan sürdürülebilirlik çalışmaları makarna araştırmalarında da kendini göstermiştir. Gıda endüstrilerinden oluşan yan ürünlerin veya atık maddelerin makarna üretiminde alternatif bileşenler olarak kullanımını araştırılmaktadır. Örneğin bir araştırmada; bira yapımından meydana gelen kullanılmış tahıllar veya sebze kabuklarının makarna hamuruna ilave edilmesi, yalnızca gıda israfını düşürmekle kalmayıp, üretilen makarnanın besleyiciliğini artırarak makarnanın tat ve yapı özelliklerini geliştirmektedir (Kaur, 2023).

Literatürde makarna ile yapılan çalışmalar incelendiğinde; pek çok formülasyon çalışması olduğu görülmektedir. Sadeghi ve Bhagya (2008) yılında yapılan çalışmada farklı oranlarda hardal protein izolatı (MPI) ile zenginleştirilmiş makarna üretilmesi amaçlanmıştır. MPI ilavesinin (%2,5 %5 ve %10) makarna hamurunun reolojik özellikleri, kimyasal bileşimi, pişme kalitesi, besin değeri ile renk parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Reolojik analizler; düşük oranlı MPI ilavesinin hamur gelişimi üzerinde olumlu etkiler sağladığı, fakat yüksek seviyelerin gluten ağının zayıfladığını göstermiştir. Kimyasal analizler; MPI'nin özellikle essansiyel amino asitler tarafından ürünün içeriğini ve besleyiciliğini artırdığını ortaya koymuştur. Pişirme kalitesi ise; artan MPI oranlarının pişirme kaybını düşürdüğünü ve bu durumun düşük çözünürlük kapasitesine bağlı olduğunu göstermiştir. Duyusal değerlendirmelerde %2,5 oranında olan ürün olumlu bulunurken, daha yüksek oranlarda lezzet ve aroma açısından olumsuzluklar görülmüştür. Mikroyapısal analizler ile MPI ilavesinin daha homojen bir yapı oluşumuna katkı sağladığı belirtilmiştir (Sadeghi ve Bhagya, 2008).

Yapılan diğer bir çalışmada, yağsız soya unu, Bengal nohut unu, mantar tozunun makarnaya ilavesi çalışılmıştır. Mantar tozu takviyesi yapılan makarnanın pişme süresi, kontrol grubuna göre anlamlı şekilde yükselirken, buharda pişirilen mantar ilaveli makarna, pişirilmemiş makarnaya istinaden daha kısa sürede pişmiştir. Mantar tozu oranı arttıkça; su emilimi de artmıştır ve buharda pişirilen makarnalar, pişmemiş ürünlere kıyasla %16 daha az su emmiştir. Bengal nohut unu takviyesiyle yapılan makarnalar, pişirme kayıplarını ve genel kabul edilebilirlik düzeyi daha yüksek puanlar almıştır. Yağsız soya unu ilaveli ise makarnanın pişme süresini artırmıştır, su emilimini ve hacim olarak genişlemesini artırmıştır. Soya unu ilave edilen makarnada buharda pişirme, pişme süresini kısaltırken besin kaybını da azaltmıştır. Bitkisel proteinlerle yapılan noodle'lar

daha yüksek su emilimi ve hacim artması göstermiş, buharda pişirme işlemi sayesinde besleyiciliği artmış ve katı madde kaybı azalmıştır (Kaur vd., 2013).

Kaur vd., (2012) tarafından yapılan bir araştırmada, diyet lifi ile zenginleştirilmiş makarnaların fonksiyonel özellikleri incelenmiştir. Çalışmada; durum buğdayı irmiği ve farklı oranlarda (%5, 10, 15, 20 ve 25) buğday, pirinç, arpa ve yulaf kepeği ile diyetetik makarna üretilmiştir. Artan kepek oranı makarnanın rengini koyulaştırmış, optimum pişirme süresini kısaltmış, su emme kapasitesini ve hacim artışını yükseltmiştir. Kepek miktarı ile pişirme sırasında kayıpların artmıştır. Duyusal analizde; %15'e kadar yapılan zenginleştirmelerin en yüksek seviyede kabul edilebilirlik puanları aldığı gözlenmiştir. Elde edilen bulgular; tahıl kepeklerinin fonksiyonel özellikleri bozulmadan diyet lifi yönünden zengin makarnaların üretiminde etkin şekilde kullanılabileceğini göstermektedir.

Diğer bir çalışmada; zeytinyağı endüstriyel yan ürünü zeytin ezmesi ununun ilavesi ile durum buğdayı makarnasının kimyasal bileşimi, pişirme ve duyusal kalitesi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Hamura %10, %15 oranlarında zeytin ezmesi unu (OPF) katılmıştır. Çalışmada reçeteye ek olarak %10 OPF'nin yanı sıra %0,3 ve %0,6 oranlarında Transglutaminaz (TG) da ilave edilmiştir. Makarnayı zeytin ezmesi unu ile zenginleştirmek için en iyi oran %10 olarak bulunmuştur. %0,6 TG eklenmesi makarnanın elastikiyet, dirilik, yapışkanlık ve hacim artışı yönünden genel olarak kalitesini yükseltmiştir. Bununla birlikte; makarnada pişirme kaybı, şişme indeksi ve su emme kapasitesinde %0,6 TG ilaveli üründe önemli seviyede azalmaya sebep olduğu görülmüştür. Biyokimyasal yönünden bakıldığında, %10 OPF ve %0,6 TG ilaveli fonksiyonel makarna örneklerinin biyoaktif bileşen seviyelerini arttırmıştır. Sonuçlara bakıldığında; makarna zenginleştirilmesinde OPF ve TG'nin uygun oranlarda ilave edilmesi, zeytinyağı endüstriyel yan ürünlerinin değerlendirilmesinin olumlu olabileceğini göstermiştir (Padalino vd., 2018).

Başka bir araştırmada, makarnanın spaghetti çeşidine eklenen yulaf kepeği ve elma ununun üründe pişirme verimi, besinsel içeriği ve yapısal özellikleri üzerindeki etkileri gözlemlenmiştir. Yulaf kepeği ve olgunlaşmamış elma unu eklenmesiyle üretilen makarnalarda; kontrol örneğine nispeten daha fazla pişirme kaybı ve su emilimi göstermiştir. Elma unu ilaveli makarnada elma ununun daha fazla su emmesi, içeriğindeki

çözünebilir lif oranının yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Yulaf kepeği kül miktarı açısından en yüksek orana sahipken, elma unu düşük protein değerlerine sahiptir. Örneklerde; yağ miktarına bakıldığında belirgin bir değişim görülmezken, lif oranları ise en çok yulaf kepeği ile anlamlı şekilde yükselmiştir. Elma unu ile yapılmış makarnada antioksidan yönünden en yüksek değerler elde edilmiştir. Yulaf kepeği ilaveli makarnaların daha düşük nişasta içeriğine sahip olduğu ve dirençli nişasta değerleri arasında anlamlı değişiklik olmadığı görülmüştür (Espinosa-Solis vd., 2019).

Makarnaya mantar tozlarının ilavesinin çalışıldığı bir çalışmada, fonksiyonel makarna üretilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaçlara makarna formülasyonuna %2,5; 5; 7,5 ve 10 oranlarında Lion's Mane, Maitake, Reishi ve Enoki türü kurutulmuş mantar tozları eklenerek üretilen makarnalar fiziksel, kimyasal ve teknolojik özellikleri yönünden incelenmiştir. Makarna örneklerine mantar ilavesi; kül ve protein içeriğini artırırken, nem miktarında azalma görülmüştür. Karbonhidrat oranında en yüksek değeri Enoki mantarı olduğu görülmüş, protein değeri açısından ise %10Reishi mantarı yüksek miktarlarda çıkmıştır. Makarnalara mantar eklenmesi bazı örneklerde hamur dayanıklılığı ve elastikiyetini pozitif yönde etkilemiştir. Reishi mantarı ilave edilen örneklerde renk farklılaşması gözlemlenmiştir (Szydłowska-Tutaj vd., 2021).

Kultys vd. (2022) tarafından yapılan bir araştırmanın temel amacı; makarnanın diyet lifi içeriğini artırmak için havuç ve pancar-elma posalarının kullanılmasıdır. Çalışmada; havuç ile pancar-elma posası oranları sırasıyla %10, 20, 30 ilave edilmiştir. Yapılan analizlerde posa miktarı arttıkça ürünlerde pişme süresi azalmıştır. Ürünlerde su emme ve şişme kapasitesinde; havuç posasının eklenmesiyle çözünür lif yönünden yükselmiştir. Makarna örneklerinde doku testlerinde; eklenen posa oranı arttıkça sertlik, yapışkanlık, sakızlık, elastikiyet ve çiğneme gibi özelliklerde azalma görülmüştür. Makarna örneklerine eklenen posa oranı arttıkça; diyet lifi içeriğinde havuç posası yüksek çözünür lif oluştururken, pancar-elma posası çözünmeyen lif yönünden zenginleştiği görülmüştür. Tüketici testlerinde; %10 havuç posa içeren makarna beğeni puanı yönünden kontrol örneğe daha yakın çıkarken, %30 ilaveli örnekler doku zayıflığı ve çatlama sebebiyle daha düşük puanlar verilmiştir.

Diğer bir çalışmada; brokoli yan ürünleri, zeytinyağı prinası ve nar kabukları tozları makarnaya eklenmiştir. Çalışmada; eklenen yan ürün örneklerde nem değeri

hafifçe yükselmiştir. Polifenol, flavonoid ve antioksidan aktivite seviyeleri eklenen yan ürünlerle artış göstermiştir. Makarnaya eklenen ilaveler birlikte kullanıldığında mikrobiyal gelişimi geciktirerek raf ömrünü uzamasını sağlamıştır. Sonuçlar; yan ürünlerin bir arada kullanılmasında sinerjik etki gösterdiğini ve raf ömrünü pozitif etkilediğini göstermektedir (Lordi vd., 2023).

### C. Yer Elması (Jerusalem Artichoke)

Yer elması (*Helianthus tuberosus L.*) *Asteraceae* familyasına ait, yumrulu bir bitki olup özellikle yüksek inülin içeriği ile dikkat çekmektedir. *Helianthus tuberosus*, literatürde ayçiçeği ile aynı cins içinde yer alır. Kökeni Kuzey Amerika'nın doğusuna dayanmakta olup adı, yerli Topinambas kabilesine atıfta söylenerek şekillenmiştir (Badawy, 2023). Yer elması; farklı yerlerde halk arasında 'toprak elması' vb. gibi 100'den fazla isimle bilinen, tarımsal ve besinsel değerinden dolayı önemli bir bitkidir (Dubkova vd., 2020). İlk olarak Kuzey Amerika'da keşfedilen bu bitki, günümüzde birçok farklı iklimde yetiştirilebilmektedir (Badawy vd., 2023). Yer elması (Şekil 2); yetiştirildiği bölgenin iklim tipine bağlı olarak yumrularının dış rengi açık kahverengiden kırmızıya ve bazen mor rengine kadar değişiklik gösterebilir (Sharati vd., 2021). Besin değeri ve sağlık üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle hem geleneksel tıpta hem de modern gıda endüstrinde değerlendirilmektedir (Badawy vd., 2023).

Yer elması yumruları, sıcak iklimlerin hakim olduğu birçok bölgede doğal olarak yetişen bir bitkidir. Bu bitki, besin değeri açısından yüksek bileşenler içermesi ve çeşitli endüstriyel uygulamalara uygunluğu nedeniyle önemli bir tarımsal ürün olarak değerlendirilmektedir (Ceylan, vd. 2021). Yenilebilir yumrular, patatesi andıran bir görünüme sahip olmakla birlikte, yüzeyleri daha girintili çıkıntılı ve pürüzlü bir dokudadır (Cankurtaran vd., 2020). Yer elması yumruları; başta düşük glikemik indeksli bir polifruktan denilen inulin olmak üzere, prebiyotik bileşenler içeren ve önem arz eden besin içeriğinden zengindir (Dubkova vd., 2020).

Inulin tipi fruktanlar, fruktoz bileşenlerinin  $\beta$ -(2-1) bağları ile birbirleriyle birleşmesiyle meydana gelen bitkisel kaynaklı depolama polisakkaritleridir. Genellikle doğrusal yapıda olan bu polisakkaritlerde, sınırlı sayıda  $\beta$ -(2-6) bağları içeren dallanmış

yapılarda görülebilir (Morreale vd., 2019). İnülinin sahip olduğu  $\beta$ -(2-1) bağ yapısı, ona prebiyotik özellik kazandırmaktadır (Difonzo vd. 2022). Her diyet lifi prebiyotik özelliği içermese de, çoğu prebiyotik içeriği ile birlikte diyet lifi özelliği taşır (Hughes vd., 2022). Sindirime uğramadan kolona ulaşan inülin, burada *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* gibi faydalı mikroorganizmalar tarafından fermente edilerek kısa zincirli yağ asitlerinin üretimini ve bağırsak pH'nın düşmesini sağlar (Difonzo vd. 2022).

Yapılan çalışmalarda inülin (hem uzun hem de kısa zincirli) ve psyllium ile içeriği zenginleştirilmiş fonksiyonel makarnanın, içeriğinde bulunan bu bileşenlerin yüksek su bağlama gücüne sahip olması nedeniyle su emme kapasitesini arttırdığını göstermiştir. Ayrıca fonksiyonel makarnada önemli bir kalite parametresi olan pişirme kaybında, diyet lifi eklenmesi ile doğrudan etki ettiği görülmektedir (Wang vd., 2021a).



Şekil 2 Yer elması dilimlerinin kurutulması ve yer elması tozu

## 1. Besinsel İçeriği

Yer elması zengin bir karbonhidrat kaynağı olup, özellikle prebiyotik özelliklere sahip olan inülin açısından oldukça değerlidir. Bunun yanı sıra vitaminler (C, B1, B2, B3, B5, B6 ve Folat) ve mineraller (potasyum, fosfor, demir, magnezyum) bakımından da zengindir. Yağ oranı düşük olup, yüksek lif içeriği ile bağırsak sağlığını destekleyen bir besindir. Yer elmasının ana maddesi olan karbonhidrat bileşeni, %80 fruktoz ve %20 glikoz içeren inülinidir. Sindirimi zor olan bu bileşen, diyet lifi gibi görev görerek enerji alımını nişastaya kıyasla büyük bölümünü (1:3 şeklinde) azaltır (Cankurtaran vd., 2020).

Yer elmasının yumruları düşük kalorili olup neredeyse hiç nişasta ve lipit bileşenleri içermez. Yer elması umrularında tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri bulunurken, doymuş yağ asitlerine rastlanmaz Yer elması unu, histidin, izolösin, metionin, fenilalanin ve valin gibi temel aminoasitler bakımından zengin bir içeriğe sahiptir. Yer elması, yüksek inülin içeriği ve düşük karbonhidrat derecesi dolayısıyla diyabetli bireyler için uygun besin olarak değerlendirilmektedir. Yapılan araştırmalar, insanın günlük 5 ila 15 gr inülin tüketiminin sağlık üzerine olumlu etkiler sağladığını bildirmiştir (Badawy vd., 2023). Bununla birlikte, yüksek kuru madde içeriği ile besin değerini artıran yer elması, çeşitli gıda ürünlerinde besleyiciliği arttırmak için bir kullanım potansiyeline sahiptir (Badawy vd., 2023).

## **2.Fonksiyonel Özellikleri**

Yer elması, bağırsak florasının dengelenmesinde önemli rol oynayan prebiyotikler açısından oldukça değerlidir. İçerisindeki inülin, bağırsaklardaki faydalı bakterilerin gelişimini destekleyerek gastrointestinal sistemini düzenler ve bağışıklık sistemini güçlendirir. Ayrıca, inülin, lipid dengesi, mineral Emilimi ve immün sistemi düzenlemesi üzerindeki olumlu etkilere sahiptir (Cankurtaran vd., 2020). Ayrıca reolojik ve besinsel özellikleri düzeltme potansiyeline sahiptir. Yer elması yumrularının yüksek lif ve mineral içeriği, beslenme açısından değerli olup, insan sağlığına çeşitli faydalar sunmaktadır (Cankurtaran vd., 2020).

Yer elması, düşük glisemik indeksi sayesinde kan şekerinin dengelenmesine katkıda bulunur. Özellikle diyabet hastaları için sağlıklı bir karbonhidrat alternatifi olabilir. İçeriğindeki inülin, glikoz Emilimini yavaşlatarak insülin direncini azaltabilir. Düzenli tüketimi Tip2 diyabetin engellemesine katkı sağlayabilir. İnülin, fruktoz birimlerinin bağlandığı bir polisakkarittir. Oligo-fruktoz ise inlünün parçalanma sonucu oluşan daha küçük moleküllerdir. Bu bileşiklerin sağlık açısından faydalı etkileri, özellikle diyabetin önlenmesi ve kanserin önlenmesi gibi durumlarda ilişkilidir. İnülin, vücutta doğrudan sindirilmeyen bir bileşik olduğundan kan şekerini direkt etkilemez ve bundan dolayı diyabet hastalarına yönelik ürünlerde tercih edilmektedir (Badawy vd., 2023).

Yüksek potasyum içeriği sayesinde kan basıncını düzenleyici etkisi bulunmaktadır. Ayrıca, yer elmasının düzenli tüketimi kolesterol seviyelerinin dengelenmesine yardımcı

olabilir ve kardiyovasküler hastalık riskini azaltabilir. Vitamin ve mineral içeriği sayesinde bağımsıklık sistemini destekler. Özellikle C vitamini içeriği, vücudu enfeksiyonlara karşı koruyarak bağımsıklık fonksiyonlarını iyileştirmektedir. Ayrıca, inülin insan kolonundaki faydalı bağırsak bakterilerinin büyümesini ve aktivitelerini destekleyerek prebiyotik özelliklere sahip olup, sindirim sağlığını iyileştirmeye yardımcı olur (Badawy vd., 2023).

### **3. Gıda Endüstrisinde Kullanımı**

Yer elması, fonksiyonel gıdaların geliştirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Yer elmasının toz formuna öğütülerek dönüştürülmesi, bu bitkinin gıda üretim endüstrisinde daha geniş kullanım, üretme alanı yaratmasına olanak sağlamaktadır (Dubkova vd., 2020). Probiyotik yoğurtlarda, unlu mamullerde ve sağlıklı atıştırmalıkta kullanımına rastlanmaktadır. Ayrıca glutensiz ürünlerin üretilmesinde de kullanılmaktadır. Diğer bir kullanım alanı ise düşük kalorili tatlandırıcı olarak kullanılmasıdır. Gıda tozları; kullanımda düşük hacim, hafiflik ve yoğun besin içeriği gibi avantaj ile ortaya çıkmaktadır. 1 kg taze yer elması, yaklaşık toz olarak 180-190 gr yer elması ile aynı besin değerlerine sahiptir (Dubkova vd., 2020). Yer elması unu (JAF); test edilen tüm çözücülerde yüksek su tutma kapasitesi olduğu gözlemlenmiştir. Bu özellik; unun yüksek seviyede inulin içermesiyle ilişkilidir ve saf inüline aynı seviyelerde su tutma kapasitesi oluşturarak diğer un cinslerinden ap açık şekilde yüksek besin değerleri göstermektedir (Diaz vd., 2022).

Yer elması yumru tozu, teknik açıdan daha rahat işlenebilir olması ve uzun süre saklanabilmesi yönünden avantajlıdır. Bu toz, yüksek kaliteli buğday ununa nispeten daha düşük nem, protein ve lipid muhtevasına sahip olmasına rağmen, daha yüksek oranda diyet lifi, karbonhidrat, vitamin ve mineral içerir. Bu özellikleri, yer elması tozunun besin değerini artıran ve gıda endüstrisinde sağlıklı alternatifler sunan bir bileşen olarak kullanılmasını sağlar (Badawy vd., 2023).

Diyet lifi ilavesi, protein-nişasta matrisinin yapısını değiştirebileceğinden makarna kalitesi, pişirme özellikleri ve duyuşal özellikler üzerinde olumsuz etkilere yol açabilir. Yapılan araştırmalar, düşük polimerizasyon derecesine (DP) sahip ticari inülinin makarnanın sertliğini azalttığını, pişirme kaybını artırdığını ve duyuşal kabul edilebilirliği

olumsuz yönde etkilediğini göstermektedir. Buna karşın, daha yüksek DP'ye sahip inülinin bu etkilerinin daha sınırlı düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Farklı DP seviyelerinde ve değişen konsantrasyonlarda inülin eklenmesiyle yapılan çalışmalar, yüksek DP'li inülinin, düşük DP'li inüline kıyasla nişasta-protein matrisinde daha belirgin bozulmalara neden olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, yüksek DP'li inülin kullanımının kontrol grubuna kıyasla makarnanın sertlik değerini düşürdüğünü belirlenmiştir (Difonzo vd., 2022).

#### **D. Reyhan (*Ocimum basilicum L.*)**

Reyhan (*Ocimum basilicum L.*) *Lamiaceae* familyasına ait aromatik bir bitki olup, dünya genelinde mutfaklarda ve geleneksel tıpta yaygın olarak kullanılmaktadır. 'Basil' kelimesi, köken olarak Yunanca 'Basileus' kelimesine dayanmaktadır ve bu kelime 'kral' anlamına gelmektedir (Bravo vd., 2021). Reyhan (Şekil 3), geniş bir kullanım alanına sahip olup tıp, kozmetik, ilaç ve gıda sektörlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yüzden, halk arasında 'şifalı bitkilerin kralı' olarak da bilinir (Bravo vd., 2021).

*Ocimum* (fesleğen) cinsi, yaklaşık 70 farklı tür içeren geniş bir bitki grubudur ve bu türlerden bazıları otsu yapıdadır. Mor reyhan (*Ocimum basilicum L.*) cinsinin en önemli üyelerinden biridir (Kwon vd., 2020). *Ocimum basilicum*, genellikle küçük ve mor ya da beyaz renkte çiçeklere sahiptir. Ancak bu bitkinin yaprak verimini artırmak amacıyla çiçekleri çoğunlukla kopartılmaktadır. Bu uygulama, bitkinin enerjisini yaprak üretimine yönlendirmesi açısından önemli bir tarımsal tekniktir (Kamelnia vd., 2023).



Şekil 3 Kurutulmuş reyhan ve reyhan tozu

Reyhanın kökeni tam belirlenememekle birlikte, ilk olarak yaklaşık 5000 yıl önce Hindistan veya Afrika'da yetiştirildiği düşünülmektedir. Eski Yunan'da kötülüklerden korunmak için kullanılan reyhan, Mısır'da tapınakların kenarlarına kutsanmak amacıyla dikilmiştir. Özellikle Asya, Afrika, Orta ve Güney Amerika, Güney Avrupa ve Akdeniz gibi tropikal ve ılıman bölgelerde yaygın olarak yetiştirilmektedir (Kwon vd., 2020). Günümüzde ise Fransa, İtalya, Fas ve Mısır gibi ülkelerde yaygın olarak yetiştirilmektedir.

Reyhan (*Ocimum basilicum* L.), mutfaklarda yaygın olarak kullanılan aromatik bir bitki olmasının yanı sıra, zengin besin içeriği ve biyoaktif bileşenleriyle de dikkat çekmektedir. *O. basilicum*'un uçucu yağ bileşimi, yetiştirildiği bölgenin coğrafi konumu, iklim koşulları ve tarımsal uygulamalara bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Özellikle toprak yapısı, sıcaklık, nem oranı ve güneş ışığı gibi çevresel etmenler, uçucu yağın miktarını ve bileşimini belirleyen temel unsurlar arasında yer almaktadır (Kamelnia vd., 2023). Reyhanın esansiyel yağ içeriği, bitkinin aromatik özelliklerini belirler. Ana uçucu bileşenler arasında linalool, metil kavikol (estragol), sineol, eugenol ve metil sinamat bulunur. Bu bileşikler, reyhanın karakteristik kokusunu ve tadını oluştururken, aynı zamanda antimikrobiyal ve antiinflamatuvar özellikler de sergiler. Reyhan tohumları, özellikle çoklu doymamış yağ asitleri bakımından zengin bir içeriğe sahiptir. Yapılan araştırmalar, tohum yağında baskın yağ asitlerinin alfa-linolenik asit (ALA) ve linoleik asit (LA) olduğunu ortaya koymaktadır (Bravo vd., 2021).

Reyhan, düşük kalorili olmasının yanı sıra zengin bir besin profiline sahiptir. Yapılan bir araştırmada, bu tohumların protein oranının %10 ile %22,5 arasında değiştiğini ortaya koymaktadır (Bravo vd., 2021). Özellikle A, K ve C vitaminleri ile kalsiyum, demir, magnezyum ve potasyum gibi mineraller açısından zengindir. Ayrıca, antioksidan özellik gösteren flavonoidler ve polifenoller gibi fitokimyasallar içerir. İçerdikleri karbonhidratlar, prebiyotik özellikleri sayesinde bağırsak mikroflorasının dengelenmesine katkıda bulunabilir (Bravo vd., 2021). Özellikle rosmarinik asit, ellagik asit, kateşin ve likviritijenin gibi bileşikler, reyhanın antioksidan kapasitesine önemli katkıda bulunur. Bu bileşiklerin varlığı, reyhanın serbest radikalleri nötralize etme kapasitesini artırarak, oksidatif stresi azaltmada etkili olduğunu gösterir. Reyhanın öne çıkan flavonoid bileşenleri arasında kuersetin ve rutin yer almakta olup, bu bileşenlerin

anti-enflamatuar ve hücre koruyucu etkileri sayesinde çeşitli kanser türlerine karşı koruyucu özellikler sunduğu bilinmektedir (Nadeem vd. 2022). Reyhan yapraklarının etanol ve su ekstraktları, yüksek antioksidan aktiviteye sahip olmasının yanı sıra, Gram (+) ve Gram (-) bakterilere karşı antibakteriyel etki göstermektedir (Nadeem vd., 2022).

Reyhanın içerdiği sekonder metabolitler, bitkinin savunma mekanizmalarında rol oynar ve insan sağlığı üzerinde çeşitli olumlu etkiler gösterir. Özellikle rosmarinik asit, anti-enflamatuar ve antimikrobiyal özellikleriyle bilinir ve bağışıklık sistemini destekleyici etkiler sunar. Ayrıca, bu bileşiklerin varlığı reyhanın geleneksel tıpta solunum yolu hastalıklarının tedavisinde kullanılmasını destekler. Reyhan, yalnızca solunum yolu hastalıklarının değil aynı zamanda mide-bağırsak hastalıkları, kardiyovasküler rahatsızlıklar, nörobilişsel hastalıklar ve metabolik bozukluklar gibi farklı insan sağlığı yönetiminde de faydalı olduğu bilinmektedir (Aminian vd., 2022). Ayrıca bağırsak bariyerinin korur, inflamasyonun azaltır, yağ üretiminin kontrol altına alınmasını sağlar ve tokluk hissini artıran hormon seviyelerini destekler (Bravo vd., 2021).

Reyhan tohumları, hem öğütülmüş hem de bütün halde unlu mamullerde diyet lifi kaynağı olarak değerlendirilmektedir (Bravo vd., 2021). Çorbalar, sandviçler, krem peynir, soslar, makarna ve çeşitli içeceklerde lezzet arttırıcı olarak kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra, besin değeri yüksek ve kolay bozulabilen gıdaların raf ömrünü uzatma potansiyelini ile gıda muhafazasında da önemli yer almaktadır (Nadeem vd., 2022). Yüksek lif içeriği sayesinde reyhan tohumları, fonksiyonel gıdalarda kullanılarak besin değerini arttırmak amacıyla tercih edilmektedir (Bravo vd., 2021). Son yıllarda yapılan araştırmalar, reyhanın besin değerini ve sağlık üzerindeki olumlu etkilerini detaylı bir şekilde ortaya koymuştur.

Güncel bir araştırmada; *Ocimum basilicum* ekstraktı ile zenginleştirilmiş ekmeklerin, askorbik asit ve potasyum sorbat içeren ekmeklere kıyasla daha yüksek antioksidan aktivite sergilediği belirlenmiştir. Bu bulgu, reyhanın ekstraktının doğal bir antioksidan kaynağı olarak gıda ürünlerinde kullanılma potansiyelini ortaya koymaktadır (Nadeem vd., 2022).

### **III. MATERYAL VE METOT**

#### **A. Materyal**

Yer elması, İstanbul'da online satış yapan bir platformdan temin edildi. Reyhan kurutulmuş halde aktardan satın alındı. Makarnada kullanılan buğday durum buğdayı olup gıda endüstrisinde üreticiden temin edilmiştir. Makarna hamurun kesme ve açılması manuel erişte kesme makinası ile yapılmıştır.

#### **B. Metot**

##### **1. Sebzelerin Hazırlanması**

Yer elması temin edildikten sonra yıkandı ve kabuğu soyuldu. İnce, yuvarlak şekilde kesildi ve fırın ızgarasında tek tek ince tabaka halinde dizildi. Yer elmasının kurutulması, ev tipi fırında 70 °C'de fanlı ayarda ve fırının elde edilen tozlar makarna üretiminde kullanıldı. Reyhan kurutulmuş şekilde alındığı için sadece öğütüldü ve elek sisteminde 425 µm elek açıklığından elenerek kullanıldı.

##### **2. Makarna Hamurunun Hazırlanması**

Durum buğdayı irmiğinden (0 nolu irmik Hak Makarnacılık Gıda San. Tic. A.Ş.) 100 gr alınarak üzerine 40-45 °C arasında olan distile sudan 45-50 ml eklendi ve yoğuruldu. Daha sonra hamur ikiye bölünüp her bir beze manuel makarna kesme makinasının inceltme kısmında beş aşamalı olarak inceltildi incelen hamur 8-10 cm uzunluğunda kesildi. Bu aşamadan sonra hamur, makinanın kesme kısmında tagliatelle şeklinde kesildi.

Bu üretim süreci kullanılarak Şekil 4'de gösterildiği gibi 7 farklı formülasyonda makarna üretildi:

1. Kontrol örnek: 100 gr irmik ve 45 ml su eklendi.

2. %5 Yer elması içeren örnek: 95 g durum buğdayı, 5 g yer elması tozu ve 45 ml su eklendi.
3. %10 Yer elması içeren örnek: 90 g durum buğdayı, 10 gr yer elması tozu ve 50 ml su eklendi.
4. %15 Yer elması içeren örnek: 85 g durum buğdayı, 15 gr yer elması tozu ve 50 ml su eklendi.
5. Reyhanlı %5 Yer elması içeren örnek: 95 g durum buğdayı, 5 g yer elması tozu, 1 g reyhan tozu ve 45 ml su eklendi.
6. Reyhanlı %10 Yer elması içeren örnek: 90 g durum buğdayı, 10 g yer elması tozu, 1 g reyhan ve 50 ml su eklendi.
7. Reyhanlı %15 Yer elması içeren örnek: 85 g durum buğdayı, 15 g yer elması tozu, 1 g reyhan ve 50 ml su eklendi.

Makarnalar bu şekilde yapıldıktan sonra tepsi üzerine serilen filtre kağıdının üzerine tek sıra halinde dizilerek etüvde 50 °C de 5-6 saat kurutulmuştur.



Şekil 4 Makarna hamuru ve şekli

### **3. Makarnada Yapılan Analizler**

#### ***a. Nem Tayini***

Makarnaların kurutulduktan sonraki nem içeriğinin ölçülmesi amacıyla her bir örnek öğütülerek un haline getirilmiştir. Hassas terazide 3-5 gr arası tartılan makarna örnekleri nem tayin cihazına (AND MX 50, Japonya) yerleştirilmiştir 20 dk 105 °C de nem miktarı ölçülmüştür.

#### ***b. Yağ Tayini***

Makarnalarda yağ miktarının belirlenmesi için, Soxhlet ekstraksiyon yöntemi ile üründen yağın çözücüler ile ekstrakte edilmesiyle analiz edilmiştir. Öncelikle analizde kullanılacak balon jojeler etüvde 105 °C’de kurutulmuş sabit tartıma getirilir tartılır. Öğütülen makarna örneklerinden 2-5 gr arası hassas terazide tartılarak ekstraksiyon kartuşuna yerleştirilmiştir. Cihazın alt kısmında balon jojeleri bağlamadan önce çözücü olarak 250 ml hekzan eklenmiştir. Ekstraksiyon kartuşu da cihazın haznesine yerleştirilmiş ve cihaz ısıtıcıya yerleştirilmiştir. Cihaz çalıştırıldığında çözücü ısınarak ve buharlaşarak hazneye ulaşır. Buharlaşan çözücü, örnekten geçerek yağı çözer ve tekrar yoğunlaşıp alt hazneye geri damlar. Bu işlem 4 saat boyunca tekrarlanarak örnekteki yağın çözücü içine tamamen geçmesi sağlanmıştır.

Ekstraksiyon tamamlandıktan sonra alt kısımdaki balon jodede çözücü içinde çözülmüş şekilde bulunan yağ bulunmaktadır. Çözücü, rotary evaporator (Stuart, Osa, Rusya) ile yarım saat sürede uzaklaştırılmıştır. Balon, içerisinde toplanan yağ ile tekrar tartılmıştır ve sonuç hesaplanmıştır (AOAC, 1990).

#### ***c. Protein Tayini***

Makarnaların protein miktarlarının belirlenmesi için, Kjeldahl yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntem, protein içeriğini belirlemek için örnekteki toplam azot miktarını ölçer. Makarna örnekleri öğütüldükten sonra 1-2 gr arası hassas terazide tartılarak Kjeldahl tüpüne aktarılmıştır. Tüp içerisine katalizör tablet ( $K_2SO_4:CuSO_4$ ) eklenmiştir ve üzerine 25 ml derişik sülfirik asit eklenerek yakma ünitesinde (Gerhardt, Bonn, Almanya) yakma işlemi başlatılmıştır. İlk olarak sıcaklık derecesi 200 °C de başlanmıştır ve 1 saat yakma ve sonrasında 300-400 °C’ye sırayla ayarlanmıştır ve her derecede 1 saat beklenmiştir.

İşlem sonunda renk koyu kahverengiden açık yeşile dönüşmelidir. Yakma işleminden sonra tüpler oda sıcaklığına soğutularak distilasyon ünitesine (Gerhardt, Bonn, Almanya) alınır, üniteye sodyum hidroksit (NaOH, %33) bağlanmıştır. Ayrı bir erlenmayere 50 ml borik asit (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, %3) konur üzerine de 3 damla metilen mavisi eklenmiştir. Bu işlem esnasında amonyak (NH<sub>3</sub>) açığa çıkar ve buhar ile sürüklenerek erlenmeyarde toplanır. Daha sonra toplanan distilat, hidroklorik asit (HCl) çözeltisi ile titre edilerek sarfiyat miktarı kaydedilir ve aşağıda verilen formül ile örneklerin protein miktarı hesaplanır (AOAC, 1990).

$$\text{Protein (\%)} = \frac{(A - B) \times N \times 0,014 \times 5,70}{m} \times 100$$

A = 0.1 N titrasyonda harcanan HCl miktarı (ml)

B = Kör denemede harcanan HCl miktarı

N = Titrasyonda kullanılan HCl normalitesi

m = Alınan örnek miktarı (g)

14,007 = Azotun atom ağırlığı

5,70 = Azotun proteine dönüştürülme faktörü

#### ***d. Kül Tayini***

Kül analizi, bir gıdadaki inorganik madde miktarını belirlemek için yapılır. Makarnaları öğüttükten sonra 3-5 gr örnek hassas terazide porselen kroze içerisine tartılmıştır. Analiz başlamadan önce krozeler, 105 °C’de etüvde kurutularak sabit tartıma getirilmiş ve desikatörde oda sıcaklığına soğuduktan sonra darası tartılmıştır. Örnekler krozelere koyulduktan sonra 550 °C’de 5 saat kül fırınında (Binder, Bohemia, Almanya) sabit tartım olana kadar yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Tüm organik bileşikler yakıldığında, örnekler beyaz veya gri renge dönüşmektedir. İşlem bittikten sonra kroze, desikatöre alınarak soğutulduktan sonra hassas terazide tartılmıştır ve kül miktarı (%) hesaplanmıştır.

### ***e. Toplam Diyet Lifi Tayini***

Makarna örneklerinin toplam diyet lifi içeriği AOAC 985.29 standart metoda göre belirlenmiştir.

### ***f. Renk Tayini***

Renk, makarnanın duyuusal özelliklerini ve tüketici kabulünü etkileyen önemli bir kalite parametresidir. Makarnanın rengi, kullanılan unun kalitesine, hamurun bileşimine ve kurutma koşullarına bağlı olarak değişebilir. Özellikle sarı pigmentler (karotenoidler) makarnanın daha parlak ve çekici bir görünüme sahip olmasını sağlar.

Renk analizi, genellikle **CIE Lab** renk sistemi kullanılarak gerçekleştirilir. Bu sistemde üç ana renk parametresi ölçülür:

- **L\*** değeri; parlaklık, açıklık değerini ifade eder (0= siyah, 100=beyaz).
- **a\*** değeri; yeşil (-) ile kırmızı (+) arasındaki renk değişimini gösterir.
- **b\*** değeri; mavi (-) ile sarı (+) arasındaki renk değişimini gösterir.

Makarnanın yüksek **L\*** değeri açık, parlak renkli bir ürünü, yüksek **b\*** değeri ise daha sarı ve kaliteli bir makarna olduğunu gösterir. Örneklerin renk ölçümleri Konica Minolta Chroma Meter (Japonya) cihazı kullanılarak yapılmıştır.

### ***g. Pigment Konsantrasyonu Tayini***

Makarna örneklerinin pigment yani karotenoid içeriği önemli bir kalite parametresidir. Bu amaçla 2 g örnek tüplere alınarak üzerine 10 mL su ile doyurulmuş n-butanol ilave edilerek çalkalanmıştır. Karışım oda sıcaklığında karanlıkta 16 saat bekletildikten sonra 5000 rpm’de 10 dk santrifüjlenmiştir. Elde edilen berrak çözelti 436 nm de UV-VIS spektrofotometrede (PG Instruments T60, UK) ölçülmüştür ve pigment konsantrasyonu aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Yüksel, 2009):

$$\text{Pigment konsantrasyonu (ppm)} = \text{Absorbans} \times 30,1$$

### ***h. Optimum Pişirme Süresi Tayini***

Makarnanın optimum pişirme süresi, pişirme sırasında makarnanın iç kısmında bulunan beyaz noktanın tamamen kaybolduğu ve homojen bir yapıya ulaştığı zamana denir. Bu süre, makarnanın istenilen “al dente” kıvamını elde etmek ve en iyi lezzet, doku özelliklerini sağlamak için kritiktir.

Optimum pişirme süresini belirlemek için şu adımlar izlenmiştir: İlk önce bir beher içerisine 100 ml distile su eklenerek kaynatılmıştır. Makarna örneğinden 10 g tartılarak, kaynar suya eklenerek kaynamaya bırakılmıştır. Daha sonra belirli aralıklarla kontrol edilmiştir ve 60 saniye aralıklarla makarna örneği alınarak iç kısmı iki saat camı arasında ezilerek incelenmiştir. Bu işlem, belirlenen her dakikada bir örnek alınarak tekrarlanmıştır ve içindeki beyaz halkanın tamamen kaybolduğu süre pişirme süresi olarak kabul edilmiştir (Phongthai vd., 2017). Daha doğru bir analiz için üç paralel olarak üç ayrı beherde çalışılmıştır.

### *i. Suyu Geçen Madde Miktarı Tayini*

Makarnanın pişirme kalitesi değerlendirilirken, suya geçen madde miktarı en önemli parametrelerden biridir. Bu değer, pişirme sırasında makarnadan suya geçen çözünmüş katı maddelerin oranını tanımlar ve makarnanın yapısal bütünlüğü ile ilgili kalite göstergesi olarak değerlendirilir.

Makarnada suya geçen madde miktarını belirlemek için üç paralel olarak aşağıdaki standart yöntem uygulanmıştır (Phongthai vd., 2017):

- Makarna tartılır (10 g), kaynayan 100 ml distile suya eklenir ve optimum pişme süresi ile pişirilir. Pişirme tamamlandıktan sonra, makarna süzülür ve pişirme suyu beherde toplanır.
- Sabit tartıma getirilerek darası alınan beherlere süzülen pişirme suyundan 10 ml alınır. Daha sonra suyu buharlaştırmak için su banyosunda 100 °C’de buharlaşması sağlanır.
- Beherde herhangi su kalmaması için etüve 105 °C de 2 saat kurutulduktan sonra desikatöre alınır, soğutulur ve son tartımı yapılır.
- Beherdeki artış, pişirme esnasında suya geçen katı madde miktarıdır ve kuru makarna kütleindeki suya geçen kütle miktarı % olarak hesaplanır.

Daha düşük suya geçen madde miktarı, makarnanın pişirme sırasında yapısını koruduğunu ve yüksek kaliteli olduğunu göstermektedir. Yüksek oranda suya geçen madde miktarı ise makarnanın pişme sırasında fazla miktarda nişasta ve diğer bileşenleri suya geçirdiğini ve yapısal zayıflığını göstermektedir.

#### ***j. Su Absorbsiyonu Tayini***

Su absorpsiyon kapasitesi; makarnanın yapısal özelliklerini, pişme esnasında şişme oranını ve son ürünün yapısını etkileyen temel faktörler arasında yer alır. Bu nedenle; su absorpsiyonunun belirlenmesi, makarna üretimi ve kalite kontrol süreçlerinde önemli bir analiz yöntemidir. Makarnada su absorpsiyon tayini genellikle ağırlık farkı yöntemi ile yapılır. Bu yöntem ise şu aşamaları içermektedir (Phongthai vd., 2017):

- Makarna örneğinden 10 gr hassas terazi ile tartılır.
- Örnek su içerisinde optimum pişirme süresi ile pişirilir.
- Daha sonra suya geçen madde miktarı tayininde yapılan pişirme ve süzme işlemi yapılır.
- Pişmiş makarnaların suyu tam süzülür ve son tartım olarak tartılır.

Su absorpsiyon (%) =  $\frac{\text{Makarna son tartım} - \text{Kuru makarna ağırlığı}}{\text{Kuru makarna ağırlığı}} \times 100$

#### ***k. Toplam Fenolik Madde (TFM) Tayini***

Makarnada toplam fenolik madde miktarının belirlenmesi, fonksiyonel gıda çalışmalarında ve kalite kontrol süreçlerinde yaygın olarak kullanılan bir analiz yöntemidir. Fenolik madde tayini, Wojdylo vd. (2007)'e göre Folin-Ciocalteu reaktifi yöntemi kullanılarak yapılmıştır.

Öğütülmüş makarna (2 g) tartılır ve üzerine 5 ml metanol çözeltisi (hacimce %80) ilave edilmiştir. Örnekler 1 saat ultrasonik su banyosu cihazında ekstrakte edilmiştir. Ardından örnekler 10 dk santrifüj (4000 rpm) edilip süpermetantlar toplanmıştır ve 0,45 mm filtreden geçirilmiştir. Elde edilen ekstraktlar -18 °C'de muhafaza edilmiştir ve biyoaktif madde içeriği analizlerinde kullanılmıştır.

TFM analizi için 0,1 mL ekstrakt, üzerine 0,2 mL Folin-Ciocalteu reaktifi eklenerek vortex ile karıştırılmıştır ve 3 dk boyunca oda sıcaklığında inkübe edilir. Karışıma 2 mL saf su ve 1 mL sodyum karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , %20 a/h) çözeltisi ilave edilerek tekrar vortex ile karıştırılarak 1 saat karanlık yerde oda sıcaklığında inkübe edilmiştir. Hazırlanan örneklerin absorpsiyonu; UV-VIS spektrofotometrede (PG Instruments T60, UK) 765 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Elde edilen analizlerin sonucu; gallik asit (GAE) standardı ile

hazırlanan kalibrasyon eğrisi kullanılarak toplam fenolik madde miktarı mg GAE/100 g kuru makarna olarak hesaplanmıştır.

### ***l. Antioksidan Aktivite***

Antioksidan aktivitenin belirlenmesi amacıyla ABTS (2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)) ve CUPRAC (Bakır iyon indirgeyici antioksidan aktivite) analizleri gerçekleştirilmiştir.

ABTS yöntemi; bir maddenin antioksidan kapasitesini belirlemek için kullanılan spektrofotometrik yöntemdir. Bu yöntem, antioksidan bileşiklerin ABTS<sup>+</sup> radikal kationunu indirgemesine dayanır ve analiz Thaipong vd.'ne (2006) göre gerçekleştirilmiştir. ABTS<sup>+</sup> radikal kation çözeltisi, 7 mm ABTS çözeltisi ve 2,45 mM potasyum persülfat çözeltisi eşit hacimlerde karıştırılarak hazırlandı ve oda sıcaklığında 12-16 saat bekletilmiştir. Hazırlanan çözelti 734 nm'de UV/Vis spektrofotometre ile ölçülmüştür ve çözelti 1,100 absorbansa ulaşana kadar seyreltilmiştir. Makarna ekstraktından 150 µL alınarak 2850 µL absorbansı ayarlanmış ABTS<sup>+</sup> çözeltisi ile karıştırılmıştır ve 2 saat karanlıkta bekletildikten sonra UV-VIS spektrofotometrede (PG Instruments T60, UK) 734 nm'de absorbans değerleri okunmuştur. Kalibrasyon eğrisini oluşturmak için standart olarak Trolox kullanılmıştır. Sonuçlar, 100 g makarna örneği için mg troloks eşdeğeri (TE) olarak hesaplanmıştır.

CUPRAC testi, örneğin bakır indirgeme kapasitesine dayanır. Bu reaksiyon, bakır iyonlarının (Cu<sup>2+</sup>) indirgenerek bakır (Cu<sup>+</sup>) iyonlarına dönüşmesiyle gerçekleşir. İlk olarak deney tüpüne 1 mL CuCl<sub>2</sub> alınmıştır, 1 mL neokuproin, 1 mL amonyum asetat tampon çözeltisi, 0,1 mL ekstakt ve 1 mL distile su eklenmiştir. Deney tüpü vortexlenerek ve 1 saat karanlıkta oda sıcaklığında inkübe edilmiştir ve 450 nm'de UV-VIS spektrofotometrede (PG Instruments T60, UK) absorbans okunmuştur. Kalibrasyon eğrisini oluşturmak için standart olarak Trolox kullanılmıştır. Sonuçlar, 100 g makarna örneği için mg troloks eşdeğeri (TE) olarak hesaplanmıştır (Gümüşay ve Yalçın, 2019).

### ***m. Toplam Monomerik Antosiyanin Tayini***

Gıdalarda toplam monomerik antosiyanin miktarının belirlenmesi için pH farklılık yöntemi en yaygın kullanılan analiz tekniğidir. Bu yöntem antosiyanin pigmentlerinin pH'a duyarlılığına dayanarak çalışır. pH diferansiyel yöntemi kullanılarak numunelerin

toplam monomerik antosiyanin (TMA) içeriği Giusti ve Wrolstad (2001)'e göre gerçekleştirilmiştir. Ekstraktlar potasyum klorür (0,025 M, pH 1,0) ve sodyum asetat (0,4 M, pH 4,5) tampon zeltileleriyle seyreltilmiştir. Absorbanslar saf suya karşı UV-VIS spektrofotometrede (PG Instruments T60, UK) 520 ve 700 nm'de llmştir. Sonuçlar, numunenin 100 g'ı için mg siyanidin-3-glukozit olarak ifade edilmiştir (Toprakçı vd., 2025) (siyanidin-3-glukozit (C3G); molar ekstinksiyon katsayısı: 26900 L/m.mol ve molekül ağırlığı: 449,2 g/mol).

#### ***n. Duyusal Analiz***

Makarna rnekleri suda haşlandıktan hemen sonra duyusal analiz değerlendirilmesi yapılmıştır. Sunumdan önce 7 çeşit makarna rneği için rastgele 3 basamaklı kodlamalar yapılmıştır. Tüm analiz formlarına bu sayılar rastgele sıralarla işlenerek panelistlerin birbirinden farklı sıralarla örnekleri tatması istenmiştir. Bu çalışmada kullanılan duyusal analiz yöntemi İstanbul Aydın Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Etik Kurul Komisyonu'nun 20.02.2025 tarihli ve 2025/02 (EK 1) sayılı kararı ile onaylanmıştır. Duyusal değerlendirme, makarna örneklerinin renk özellikleri, koku özellikleri, tekstür özellikleri (sertlik, yapışkanlık) tat, ve genel beğeni durumları dikkate alınarak 5 puanlı hedonik skalaya göre (1: kötü; 2: yeterli değil; 3: kabul edilebilir; 4: iyi; 5: Çok iyi) 60 eğitimsiz panelist ile gerçekleştirilmiştir.

#### ***. İstatistiksel Analiz***

Elde edilen bulgulara, SPSS Programı (IBM SPSS Statistics 19) kullanılarak istatistiksel analiz yapılmıştır. Varyans Analizi (ANOVA) ve Duncan oklu karşılaştırma testi yapılarak %95 önem seviyesinde sonuçlar karşılaştırılmıştır.

## IV. BULGULAR

### A. Makarna Analizleri

#### 1. Nem ve Kül Miktarı

Makarna örneklerinin %Nem ve %Kül tayin sonuçları Çizelge 1’de verilmiştir. Fonksiyonel makarnaların nem ve kül içeriklerinin analizi, ürünün kalitesini ve besin değerini değerlendirmek açısından önemli parametrelerdir. Yapılan analizlerde, fonksiyonel makarnada nem oranının, kullanılan bileşenlere bağlı olarak değiştiği gözlemlenmiştir. Genellikle, daha yüksek nem içeriği makarnanın daha yumuşak bir yapıya sahip olmasına neden olurken, bu da pişirme esnasında yapının farklılaşmasına neden olur. Makarna üretiminde kurutma işlemi sırasında hamurun nem içeriği %12,5-13 oranına düşürülür (Zingale vd., 2023). Bu; makarnanın sertleşmesini sağlayarak şeklini korur ve raf ömrünü uzatır.

Kontrol makarnada nem istenilen değere yakındır. Yer elması eklenen örneklerde; nem içeriği daha düşük değerlerde bulunmuştur. %5 ve %15 yer elması eklenen makarnada nem içeriği değerleri birbirine yakındır ( $p>0,05$ ). %10 yer elması eklenen makarna ise diğer iki oranlara göre düşüktür. Yer elması eklenen örneklerde kontrol örneğe göre nem değerleri düşüktür ( $p<0,05$ ). Nem değerlerinin fonksiyonel makarnada değişkenlik göstermesi beklenen bir durumdur. Reyhan ile yer elması kombinasyonu makarnaya eklendiğinde, nem içeriğinin kontrol örneğe yaklaştığı görülmektedir. Reyhan ilaveli makarnaların nem değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmemektedir ( $p>0,05$ ).

Mishra vd. (2024) gerçekleştirdikleri çalışmada lif ilavesi yapılan makarna örneklerinde nem oranının, kontrol örneğine göre anlamlı azaldığını göstermiştir. Bu düşüş; yulaf ve psyllium kabuğu gibi diyet lif bileşenlerinin suyu çekme özelliği olan higroskopik yapısından kaynaklanmaktadır.

Kül içeriği ise makarnanın mineral içeriği hakkında bilgi verir. Yüksek kül içeriği; özellikle mineral açısından zengin bileşenlerin kullanıldığı fonksiyonel makarnada, besin değeri açısından önemli bir parametredir. İtalyan mevzuatına göre; makarnada kül içeriği, durum buğdayından yapılan makarna için %0,9 ile %1,35 arasında, tam buğday unundan yapılan makarna için ise %1,4 ile %1,8 arasında olmalıdır (Shehaj ve Muxhaj, 2022).

Çizelgedeki kül oranı değerleri; yer elması ve reyhan ilavesinin makarnanın mineral içeriğini önemli derecede artırdığını göstermektedir. Kontrol makarnada en düşük kül değeri ölçülmüştür ( $p<0,05$ ). Yer elması ve reyhan ilavesiyle birlikte kül miktarında kademeli bir artış gözlenmiştir. Yer elmasının farklı oranlarda eklenmesiyle kül miktarının giderek yüksek değerlere çıktığı görülmektedir ( $p<0,05$ ). Yer elmasının yüksek mineral içeriğine sahip olması, fonksiyonel makarnanın toplam mineral oranını artırarak kül miktarının yükselmesine neden olmuştur. Özellikle %15 yer elması içeren makarnanın kül miktarının en yüksek değerlerden biri olması, yer elmasının önemli bir mineral kaynağı olduğunu göstermektedir. Reyhan ile birlikte yer elması ilave edilen fonksiyonel makarnalarda da kül miktarının arttığı görülmüştür. En yüksek kül oranı; %15 yer elması ve reyhan içeren makarnada tespit edilmiştir. Bu durum; reyhanın da mineral içeriği açısından zengin bir bileşen olduğunu ve fonksiyonel makarnanın toplam kül miktarını artırmada etkili olduğunu göstermektedir.

Fратиanni vd. (2024) tarafından yapılan çalışmanın sonuçları benzer şekilde sebze ilave edilen makarnaların kül miktarının arttığını göstermektedir. Bu çalışmanın bulgularına göre sebze ilavesiyle üretilen makarnalar (2.7-3.0 g/100 g), ırmik makarnası (0,8-g/100 g) ve ticari yapılan ıspanaklı makarnaya (1,3 g/100 g) göre daha yüksek seviyede kül içermektedir.

Çizelge 1: Makarnaların %Nem ve %Kül analiz sonuçları

Örnek	Nem (%)	Kül (%)
Kontrol makarna	11,140 ± 0,115 <sup>a</sup>	0,996 ± 0,144 <sup>c</sup>
%5 Yer elması	8,433 ± 0,534 <sup>c</sup>	1,310 ± 0,040 <sup>d</sup>
%10 Yer elması	7,497 ± 0,165 <sup>d</sup>	1,556 ± 0,028 <sup>bc</sup>
%15 Yer elması	8,393 ± 0,384 <sup>c</sup>	1,855 ± 0,042 <sup>a</sup>
%5 Yer elması ve Reyhan	9,610 ± 0,115 <sup>b</sup>	1,424 ± 0,053 <sup>cd</sup>
%10 Yer elması ve Reyhan	9,517 ± 0,100 <sup>b</sup>	1,656 ± 0,008 <sup>b</sup>
%15 Yer elması ve Reyhan	9,603 ± 0,083 <sup>b</sup>	1,936 ± 0,035 <sup>a</sup>

## 2. Protein ve Yağ Miktarı

Yer elması tozunda yapılan analizler sonucunda protein içeriğinin  $14,414 \pm 0,029$  ve yağ içeriğinin  $0,321 \pm 0,100$  olduğu bulunmuştur. Makarnalarda yapılan analiz sonuçları ise Çizelge 2’de verilmiştir. Bu çalışmada, farklı oranlarda yer elması ve reyhan ilaveli makarnaların protein içeriği analiz edilmiştir. Kontrol makarna örneği;  $14,895$  protein içeriğine sahip olup, bu değer geleneksel makarna üretiminde kullanılan durum buğdayının protein içeriği ( $10,5-13,5$ ) ile bütünlük sağlamaktadır.

Yer elması ilavesiyle protein oranında bazı değişimler gözlemlenmiştir.  $5$  oranında yer elması eklenen makarnalarda protein değerleri kontrol makarnaya kıyasla daha düşük olup, bu durum yer elmasının durum buğdayı ile kıyaslandığında daha düşük protein içeriğine sahip olmasıyla açıklanabilir. Ancak  $10$  ve  $15$  oranında yer elması içeren makarnada protein değeri kontrol grubu ile istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir ( $p > 0,05$ ). Bu analiz değerlerine bakıldığında foksiyonel makarna örneklerinde protein miktarında anlamlı bir değişim olmadığı görülmektedir.

Reyhan ile yer elması ilavesinin birlikte yapıldığı örneklerde ise protein miktarının arttığı ancak kontrol makarnaya göre yine istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığa sahip olmadığı gözlemlenmiştir ( $p > 0,05$ ). Bu durum; reyhanın protein içeriği ve muhtemel protein bağlayıcı bileşikler içermesi ile bağlantılı olabilir.

Çizelge 2 Makarnaların protein (%) ve yağ (%) içeriği

Örnek	Protein (%)	Yağ (%)
Kontrol makarna	$14,895 \pm 0,584^{ab}$	$0,747 \pm 0,057^d$
$5$ Yer elması	$13,585 \pm 0,253^c$	$1,295 \pm 0,190^{bcd}$
$10$ Yer elması	$13,823 \pm 0,420^{bc}$	$1,607 \pm 0,371^{ab}$
$15$ Yer elması	$14,310 \pm 0,752^{abc}$	$2,013 \pm 0,345^a$
$5$ Yer elması ve Reyhan	$14,271 \pm 0,336^{abc}$	$0,849 \pm 0,158^{cd}$
$10$ Yer elması ve Reyhan	$15,353 \pm 0,418^a$	$0,859 \pm 0,153^{cd}$
$15$ Yer elması ve Reyhan	$15,154 \pm 0,633^a$	$1,505 \pm 0,379^{abc}$

Yağ analizi verilerine göre; kontrol makarna değeri standart makarnaya ( $0-2$ ) göre değerlendirildiğinde yakın değerler görülür ve anlamlı bulunur. Yer elması içeren makarnalarda; yer elması içeriğine bağlı olarak yağ içeriği belirgin bir şekilde artmıştır. Bu artış; yer elmasının doğal içeriğinden kaynaklıdır. Yer elması, düşük kalorili ve sağlıklı yağlar içeren bir sebze olarak bilinir. Eklenen yer elması oranı arttıkça, yağ içeriği de artmaktadır.

Reyhan ve yer elması ilavesi ile hazırlanan makarnalarda ise; yağ içeriği yer elması eklenmiş makarnalara göre daha düşük düzeylerde olduğu görülmüştür. Bu da reyhanın gibi bitkisel bileşenlerin daha az yağ içermesi ile açıklanabilir. Reyhan ilaveli makarnalarda yer elması içeriğinin artmasıyla yağ içeriği bir miktar artsa dahi reyhan içeren makarnaların yağ içerikleri birbirinden anlamlı farklılığa sahip değildir ( $p>0,05$ ).

Ashfaq vd. (2022) tarafından gerçekleştirilen çalışmanın sonuçlarına göre patates ve bezelye kabuğu tozu ilavesinin artmasıyla makarnaların yağ içeriğinin arttığı görülmüştür. Bu yükselme; sebze türü ürünlerin ilave edilmesinin makarnanın besleyiciliğini olumlu yönde etkilediğini kanıtlamaktadır.

### 3. Toplam Diyet Lifi

Makarna örneklerinin diyet lifi içeriği Çizelge 3'de verilmiştir. Üretilen makarnaların diyet lifi değerleri %3,47 ve %8,27 arasında değişmektedir. Makarna örneklerinin diyet lifi içeriği incelendiğinde yer elması ve reyhan ilavesinin fonksiyonel makarnanın diyet lifi içeriği üzerinde önemli etkiler oluşturduğunu göstermektedir. Kontrol makarna; standart makarnaya (100 gr'da 2-4 gr) yakın bir değerde diyet lifi içermektedir.

Yer elması ilave edilmiş makarnalar, yer elması içeriğine bağlı olarak diyet lifi değerlerinde değişime neden olmuştur. Düşük oranda yer elması içeren makarna (%5) örneklerinin diyet lifi içeriği kontrol örneğinden anlamlı şekilde farklı değilken ( $p>0,05$ ); %10 ve %15 yer elması içeren örnekler kontrol makarnasından yüksek diyet lifi değerlerine sahiptir ( $p<0,05$ ). Ayrıca yer elması içeriği arttıkça diyet lifi anlamlı şekilde artmıştır ( $p<0,05$ ). Yer elması; yüksek lif içeriği ile bilinen bir sebze olup, farklı oranlarda eklenmesiyle diyet lifi içeriğini artırmıştır.

Reyhan ve yer elması ilavesi ile makarnalarda; yer elmasının diyet lifi içeriğiyle birlikte reyhanın da katkısı önemli bir rol oynamaktadır. Reyhan lif açısından zengin olmasa da yer elması miktarı arttıkça diyet lifi içeriği artmıştır ( $p<0,05$ ). Reyhanın ilave edilmesi; diyet lifi içeriğini artırırken, yer elması miktarının artmasıyla yapılan katkının daha fazla etki yaptığı görülmektedir.

Mishra vd. (2024) diyet lifi ilave edisi ile makarnanın ham lif içeriğinin önemli düzeyde arttığını ve tüketiciler için fonksiyonel özellikler sağlandığını tespit etmiştir

(Mishra vd., 2024). Literatürde makarnaya ilave edilen sebze ürünlerinin makarnanın diyet lifi içeriğini arttırdığını raporlayan çalışmalar bulunmaktadır. Kultys vd. (2022); çalışmasında bitkisel posanın yükselmesi ile diyet lifi içeriğinin bağlantılı olduğunu vurgulamıştır. Diyet lifi içeriği meyve posalarında; havuçta %37, pancarda %12,7 ve elmada %40 olarak belirtilmiştir. Bu farklı içerikler ile üretilen makarnanın lif içeriğinde de farklılıklar olacağı görülmektedir. Lu vd. (2018); makarnaya fonksiyonellik kazandırmak amacıyla beyaz düğme mantarı, shiitake ve porcini mantarlarını kullanarak zenginleştirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre; %5 oranında beyaz düğme mantarı içeren makarnanın diyet lifi içeriği 3,17 g/100 g'dan 6,04 g/100 g'a artmış ve bu artış anlamlı görülmüştür.

Çizelge 3 Makarnaların diyet lifi (%) değerleri

Örnek	% Diyet lifi
Kontrol makarna	3,47 ± 0,24 <sup>d</sup>
%5 Yer elması	3,11 ± 0,22 <sup>d</sup>
%10 Yer elması	4,89 ± 0,34 <sup>c</sup>
%15 Yer elması	6,87 ± 0,48 <sup>ab</sup>
%5 Yer elması ve Reyhan	6,02 ± 0,42 <sup>bc</sup>
%10 Yer elması ve Reyhan	7,44 ± 0,52 <sup>ab</sup>
%15 Yer elması ve Reyhan	8,27 ± 0,59 <sup>a</sup>

#### 4. Renk Analizi

Çalışmada üretilen makarna örneklerinin renk değerleri Çizelge 4'de verilmiştir. Ayrıca üretilen makarnaların fotoğrafları Şekil 5'de görülmektedir. Bu çalışmada yer elması ve reyhan eklenen makarnaların renk değerleri belirlenmiş ve kontrol makarnası ile karşılaştırılmıştır. Farklı formülasyonlarda üretilen makarnaların renk özelliklerinde bazı farklılıklar gözlemlenmiştir.



Şekil 5 Kontrol makarna, %5 YE, %10 YE, %15 YE, %5 YE %1 R, %10 YE %1R, %15 YE %1R içeren makarna örnekleri

Kontrol makarnasında en yüksek  $L^*$  değeri görülmüştür, bu da standartlara (90-95) göre uygun ve daha açık, parlak bir renge sahip olduğunu göstermektedir. Yer elması eklenen makarnalarda;  $L^*$  değerinin kontrol makarnaya göre azaldığı görülmektedir ( $p<0,05$ ). Bu değerler; yer elması ilave etmenin makarnanın rengini kısmen koyulaştırdığını ve daha az parlak bir renk verdiğini göstermektedir. Reyhan ise karakteristik rengi nedeniyle makarnaların  $L^*$  değerlerinde azalmaya neden olmuştur ( $p<0,05$ ). Yer elması ve reyhan içeren makarnalar hem sadece yer elması içeren makarnalardan hem de kontrol makarnasından daha düşük  $L^*$  değerlerine sahiptir. En düşük  $L^*$  değeri; reyhan ve yer elması ilave edilen makarnalarda gözlemlenmiştir. Özellikle %10 yer elması ve reyhan içeren makarna örneği ile en düşük parlaklığa sahiptir ( $p<0,05$ ).

Çizelge 4 Makarnaların renk değerleri

Örnek	$L^*$	$a^*$	$b^*$
Kontrol makarna	96,136± 0,010 <sup>a</sup>	(-) 1,174 ± 0,013 <sup>g</sup>	22,981 ± 0,008 <sup>a</sup>
%5 Yer elması	92,744 ± 0,027 <sup>c</sup>	(-) 0,437 ± 0,011 <sup>e</sup>	21,966 ± 0,013 <sup>b</sup>
%10 Yer elması	92,649 ± 0,012 <sup>d</sup>	(-) 0,240 ± 0,014 <sup>b</sup>	20,433 ± 0,007 <sup>c</sup>
%15 Yer elması	93,377 ± 0,016 <sup>b</sup>	(-) 0,062 ± 0,037 <sup>a</sup>	19,035 ± 0,008 <sup>d</sup>
%5 Yer elması ve Reyhan	83,359 ± 0,169 <sup>f</sup>	(-) 0,751 ± 0,012 <sup>f</sup>	16,83 ± 0,007 <sup>f</sup>
%10 Yer elması ve Reyhan	82,049 ± 0,014 <sup>g</sup>	(-) 0,403 ± 0,015 <sup>d</sup>	16,805 ± 0,008 <sup>g</sup>
%15 Yer elması ve Reyhan	83,954 ± 0,008 <sup>e</sup>	(-) 0,263 ± 0,014 <sup>c</sup>	17,277 ± 0,005 <sup>e</sup>

$a^*$  değeri makarnaların kırmızı-yeşil tonlarını yansıtmaktadır ve standart makarnada  $a^*$  değeri -1 ile 2 arasındadır. Makarna örneklerinde görünen negatif  $a^*$  değerleri yeşillik değeri olarak ifade edilmektedir. Kontrol makarnasının  $a^*$  değerinin yeşillığe doğru azaldığı görülmektedir. Bu durum kontrol makarnanın yer elması ve reyhan içeren diğer örneklerden daha yüksek bir yeşil tona sahip olduğunu göstermektedir. Yer elması eklenen makarnalarda  $a^*$  değeri giderek sifira yaklaşmakta ve yeşil tonu azalmaktadır.

$b^*$  değeri; mavi-sarı eksenini yansıtır ve standart makarnada 20-30 değerleri arasında olmalıdır. Pozitif  $b^*$  değerleri sarı rengi ifade etmektedir. Kontrol makarnasında  $b^*$  değeri standartlara uygun olarak elde edilmiştir. Kontrol makarnanın  $b^*$  değeri diğer örnekler arasında en yüksek değerdedir ( $p<0,05$ ). Yer elması eklenen makarnalarda bu değer; %5, %10, %15 oranlarında giderek azalmaktadır ( $p<0,05$ ). Yer elması ilavesinin makarnanın sarı tonunu azalttığını görülmektedir. Reyhan ile birlikte yer elması ilave edilen makarnalarda; düşen  $b^*$  değeri makarnaların renklerinin daha soluk sarı tonlara geldiği göstermektedir.

Sobota vd. (2020) bulgularında; sebze konsantrelerinin, sebze tozları formlarına kıyasla daha koyu ve yoğun renk özellikler sergilediği görülmüştür. Bu bileşenlerin makarnaya eklenmesi, aynı oranda sebze tozu kullanımına kıyasla üründe renk değişikliklere sebep olmuştur. Çalışmada özellikle pancar eklenmesi, makarna örneklerinde en koyu ve en yoğun kırmızı renklerin oluşmasını sağlamıştır. Kultys vd. (2022) çalışmasında; makarnaya ilave edilen pancar-elma posası oranı arttıkça,  $b^*$  renk parametresinde azalma olduğu görülmüştür. Bu bulguya istinaden, pancar içeriğinde

barındıran mor pigment betanin olmak üzere, polifenol ve flavonoid içeriği ile bağlantılıdır ve bu bileşenler; ürünün renk değişimini sarıdan morumsu renklere dönüştürerek  $b^*$  değerinin azalmasına sebep olmuştur.

## 5. Pigment Konsantrasyonu

Makarna örneklerinin pigment konsantrasyonu değerleri Çizelge 5’de gösterilmektedir. İncelenen makarnaların pigment konsantrasyonları değerlendirildiğinde, farklı ham maddde ilavelerinin renk oluşumu üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Kontrol makarnasında pigment konsantrasyonu değeri sadece durum buğdayı kullanılarak yapılan makarnalar için beklenen bir seviyededir.

Çizelge 5 Makarnalarda pigment konsantrasyonu

Örnek	Pigment içeriği (ppm)
Kontrol makarna	2,453 ± 0,149 <sup>c</sup>
%5 Yer elması	2,709 ± 0,383 <sup>c</sup>
%10 Yer elması	2,408 ± 0,255 <sup>c</sup>
%15 Yer elması	3,145 ± 0,490 <sup>c</sup>
%5 Yer elması ve Reyhan	10,475 ± 0,255 <sup>a</sup>
%10 Yer elması ve Reyhan	7,856 ± 1,064 <sup>b</sup>
%15 Yer elması ve Reyhan	7,826 ± 0,724 <sup>b</sup>

Yer elması ilavesiyle yapılan makarnalarda; pigment konsantrasyonlarında bir miktar artış olduğu gözlemlenmemiştir. Ancak %5, %10 ve %15 yer elması ilave edilen örneklerin pigment içeriği kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığa sahip olmadıkları görülmektedir ( $p>0,05$ ). Yer elması içeriği pigment konsantrasyonunu anlamlı bir şekilde değiştirmemiştir. Bu durum; yer elmasının makarna hamuruna katkısının renk üzerinde sınırlı düzeyde bir etkisi olduğunu göstermektedir.

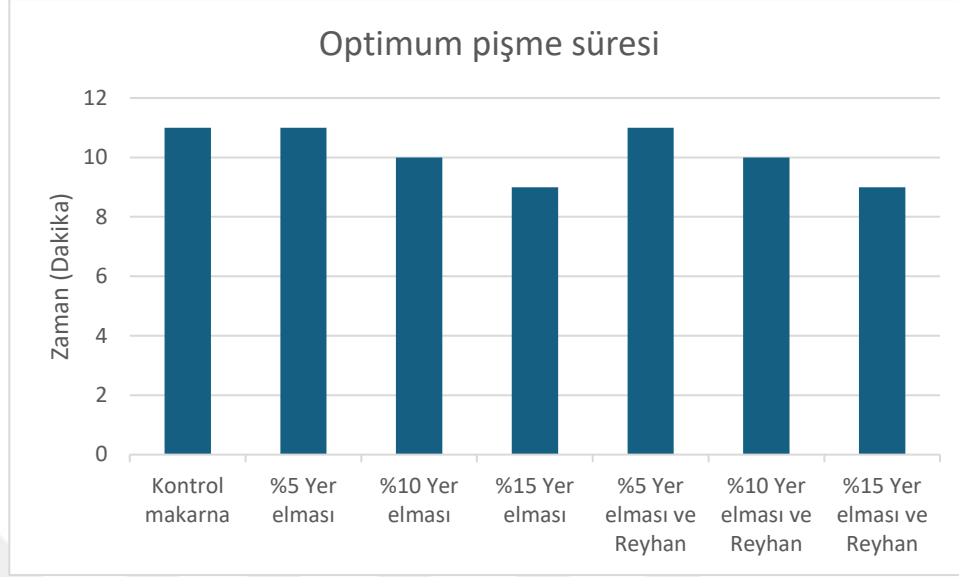
Reyhan ilavesi ve yer elması ilavesi yapılan makarnalarda pigment konsantrasyonunda önemli bir artış olduğu gözlenmiştir ( $p<0,05$ ). Bu durum; reyhanın içerdiği doğal pigmentlerin makarnanın pigment özelliklerini önemli derecede etkilediğini göstermektedir. Sobota vd. (2020) bulgularında; pancar tozu ve pancar konsantresi bileşenlerin makarnaya ilave edilmesi oluşan renk değişimlerinin, içeriğinde bulunan

pigment miktarlarıyla ilişkili olduğu gözlemlenmiştir. Özellikle betasiyanin seviyesi ile toplam renk farkı arasında güçlü bir bağlantısı tespit edilmiştir (Sobota vd., 2020).

## 6. Optimum Pişirme Süresi

Makarna örneklerinin optimum pişirme süresi (OCT) sonuçları Şekil 6'da verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi eklenen farklı oranda yer elmasının fonksiyonel makarnanın pişme süresine etkisi değerlendirilmiştir. Yapılan analizde kontrol örneğinde; 9. dakikada makarnanın pişmediği, 10. dakikada hamur yapısında çok az beyaz noktalar kaldığı ve 11. dakikada tamamen piştiği görülmüştür. %5 yer elması ilaveli makarnada; kontrol örneği ile benzer pişme özellikleri gözlemlenmiş, 9. dakikada pişmediğini, 10 dakikada yapıda çok az beyazlık görüldüğü ve 11. dakikada tam piştiği görülmüştür. %10 yer elması ilave edilen makarnada; optimum pişme süresinde az bir farkla değişim gözlemlenmiştir. Bu örneklerde 9. dakikada makarna yapısında çok az beyazlık kaldığı ve 10. dakikada tam olarak piştiği belirlenmiştir. %15 yer elması ilaveli makarnada ise optimum pişme süresinin daha da kısaldığı; 9. dakikada tamamen piştiği belirlenmiştir.

Wang vd., (2021b) çalışmalarında kullandığı ıspanak ve kırmızı lahana yan ürünleri ile (düşük lif; %1-2), makarnaların optimum pişirme süresini değişmezken, %10 lif takviyesi pişirme süresini kısaltmıştır. Bu durum; yüksek lif oranının su emilimini azaltarak pişme süresini etkilemesi ile açıklanabilmektedir. Ayrıca Fratianni vd. (2024) gerçekleştirdikleri çalışmanın bulgularında; yeşil yapraklı sebze ilaveli makarnalarda optimum pişirme süresinin kontrol örneğine göre anlamlı bir düşüş gösterdiğini belirtmiştir. Kaur vd., (2012) tarafından rapor edilen bulgulara göre makarnaya eklenen tahıl kepeği optimum pişirme süresini kısaltmıştır. Kontrol örneğe göre; %25 buğday, pirinç, arpa ve yulaf kepeği içeren makarnada pişme süreleri daha kısa görülmüştür. Bunun nedeni; kepek ve rüşeym parçacıklarının gluten matrisini bozarak su emilimini daha kolaylaştırmasıdır.



Şekil 6 Makarnalarda optimum pişirme süresi

%5 yer elması ve %1 reyhan ilaveli makarna örneklerinde pişme süresi kontrol makarnasına benzer şekilde gerçekleşmiştir. Örnekte 9. dakikada pişmediği, 10. dakikada yapıda çok az beyaz nokta kaldığı ve 11. dakikada tam olarak piştiği belirlenmiştir. %10 yer elması ve %1 reyhan içeren makarnalarda pişme süresinin biraz daha kısaldığı ve 10. dakikada tamamen piştiği görülmüştür. %15 yer elması ve %1 reyhan ilaveli makarnada ise optimum pişmenin daha da kısaldığı ve 9. dakikada tam olarak piştiği tespit edilmiştir. Reyhan ilavesinin makarnaların pişme süresini etkilemediği, pişme süresinin yine yer elması içeriğine göre değiştiği görülmüştür.

## 7. Suya Geçen Madde Miktarı ve Su Absorpsiyonu

Makarnaların su absorpsiyonu ve pişirme esnasında suya geçen madde miktarları Çizelge 6'da görülmektedir. Makarna örneklerinin su absorpsiyonu (%) ve pişirme esnasında suya geçen madde miktarı sonuçları makarna bileşimine bağlı olarak farklılıklar göstermektedir. Kontrol makarnasında su absorpsiyonu değeri %203,013 ve suya geçen madde miktarı %12,230 olarak belirlenmiştir. %5 yer elması ilaveli makarnada, su absorpsiyon değeri kontrol makarnasına benzer ( $p>0,05$ ) olup %194,947 olarak bulunmuş, suya geçen madde miktarı ise yine anlamlı farklılığa sahip değildir (%11,143,  $p>0,05$ ). %10 ve %15 yer elması içeren makarnalarda; su absorpsiyon miktarının sırasıyla %202,886 ve %209,339 olduğu ve yine kontrol makarnası ile farklı olmadığı görülmüştür.

( $p>0,05$ ). %10 yer elması içeren makarnada suya geçen madde miktarının %15,742'e ve %15 yer elması içeren makarnada %19,633'e yükseldiği bulunmuştur. Bu durum; yer elmasının nişasta ve lif içeriğinin makarnanın pişirilmesi esnasında çözünerek suya geçen madde miktarının artırdığını göstermektedir.

Bazı araştırmalar, diyet lifi eklenmesi makarnanın pişirme esnasında daha fazla oranda katı madde kaybetmesine sebep olduğu kanıtlanmıştır. Pişirme kaybındaki yükseliş, suda çözünebilen bileşenlerin olması ve pişirme sırasında gluten ağının zayıflamasıyla bağlantılıdır. Bu durum, protein ve nişasta matrisinin dağılması ile liflerin suyu tutma kapasitesi artması ile makarna yapısında suyun dengesiz yayılmasına sebep olmaktadır. Fratianni vd., (2024) bir çalışmada; tüm örneklerde pişirme kaybı değerlerinde yükseliş gözlemlenmiştir. Pişirme esnasında düşük değerlerde katı madde kaybı, makarnanın pişme esnasında dokusunu koruma kapasitesini göstermektedir. Biernacka vd., (2022) çalışmada yeşil pırasa yaprakları eklenmesi, makarnada pişirme esnasında oluşan katı madde kaybını artırdığını belirtmiştir. Foschia vd., (2015) tarafından elde edilen sonuçlarda; en yüksek pişirme kaybı, %15 oranında psyllium lifi, inulin ve uzun zincirli inulin ilaveli irmik kullanılarak elde edilen makarnalarda görülmüştür. Kaur vd., (2013) bulgularında, %15 oranlarında mantar tozu, Bengal nohutu unu ve yağsız soya unu katkıları, kontrol örneğine kıyasla %12,5 daha fazla katı madde kaybına sebep olmuştur. Kultys vd., (2022) çalışmada; kontrol örneğine göre, meyve ve sebzelerin yan ürünleri eklenmesi ile üretilen makarnalarda katı madde kaybı artışı görülmüştür. Posanın oranı artmasıyla, pişirme esnasında katı madde kaybını anlamlı şekilde artırmıştır. Özellikle %10 (%12), %20 (%15,7) ve %30 (%14,6) posa miktarlarında, katı madde kaybı artmıştır.

Kaur vd., (2012) çalışmada makarnaların pişirme esnasında su emilimi, kepek eklenmesi ile belirgin bir artış gösterdiğini belirtmiştir. Özellikle %25 pirinç kepeği ilave edilen örneklerde, lif oranlarının artması ile su tutma özelliğinin arttığı tespit edilmiştir. Kontrole göre lif ilaveli örneklerde su emilimi daha yüksektir ve sebebi ise liflerin su bağlama kapasitesi ile bağlantılıdır. Foschia vd., (2015) tarafından rapor edilen bulguları göre; makarna irmiğine diyet lifi ilavesi, su emme kapasitesinde anlamlı bir artışa sebep olmuştur. Su emme durumundaki etkilerine bakıldığında, liflerin dokusal özelliklerinden ya da daha büyük parçacık boyutunda olduğundan kaynaklandığı bildirilmektedir.

Çizelge 6 Makarnada suya geçen madde miktarı ve su absorpsiyonu

Örnek	Su absorpsiyonu (%)	Suya geçen madde miktarı
Kontrol makarna	203,013 ± 12,648 <sup>a</sup>	12,230 ± 1,043 <sup>cd</sup>
%5 Yer elması	194,947 ± 30,387 <sup>a</sup>	11,143 ± 0,376 <sup>d</sup>
%10 Yer elması	202,886 ± 23,856 <sup>a</sup>	15,742 ± 1,203 <sup>bc</sup>
%15 Yer elması	209,339 ± 8,654 <sup>a</sup>	19,633 ± 2,604 <sup>a</sup>
%5 Yer elması ve Reyhan	201,796 ± 15,971 <sup>a</sup>	12,278 ± 0,311 <sup>cd</sup>
%10 Yer elması ve Reyhan	202,832 ± 5,193 <sup>a</sup>	16,290 ± 2,416 <sup>ab</sup>
%15 Yer elması ve Reyhan	188,868 ± 5,193 <sup>a</sup>	18,615 ± 0,876 <sup>ab</sup>

Yer elması ve %1 reyhan içeren makarna örneklerinde farklı yer elması içeriklerine göre su absorpsiyonu (%) değerleri sadece yer elması içeren makarnalara ve kontrol makarnasına göre anlamlı farklılık göstermediği görülmektedir ( $p>0,05$ ). Su absorpsiyon miktarı reyhan ile birlikte %5 yer elması içeren makarnalarda %201,796; %10 yer elması içeren makarnalarda %202,832 ve %15 yer elması içeren makarnalarda %188,868 olarak bulunmuştur. Suya geçen madde miktarı sonuçları incelendiğinde yer elması miktarına göre değiştiği görülmüştür. Reyhan ile birlikte %5 yer elması içeren makarnada kontrol makarnası ile benzer şekilde %12,278 ölçülmüştür ( $p>0,05$ ). %10 yer elması ve %1 reyhan ilaveli makarnada; suya geçen madde miktarının %16,290'a yükseldiği belirlenmiştir ( $p<0,05$ ). %15 yer elması ve %1 reyhan ilaveli makarna; suya geçen madde miktarının %18,615'e ulaştığı görülmüştür.

## 8. Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Aktivite

Makarnaların toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan kapasitesi (ABTS ve CUPRAC yöntemi ile) değerlendirildiğinde, bileşime bağlı olarak önemli farklılıklar gözlemlenmiştir. Elde edilen veriler Çizelge 7'de görülmektedir.

Toplam fenolik madde içeriği açısından, kontrol makarnasında 26,174 mg GAE/100 g fenolik bileşik bulunmuştur. Yer elması ilavesi yapılan makarna örneklerinde toplam fenolik madde miktarının kontrol makarnasına göre istatistiksel olarak anlamlı bir değişim göstermediği görülmektedir ( $p>0,05$ ). %5, %10 ve %15 yer elması ilaveli makarnalarda sırasıyla 29,430 mg GAE/100 g; 23,616 mg GAE/100 g ve 22,453 mg

GAE/100 g değerlerine ulaşılmıştır. Bu sonuçlardan yola çıkarak, yer elması kullanımının fenolik madde içeriği üzerindeki etkisinin sınırlı olabileceği yorumu yapılabilir.

Reyhan ilavelisi ile birlikte yer elması içeren makarnalarda, toplam fenolik madde miktarında belirgin bir şekilde artış gözlemlenmiştir. %5 yer elması ve reyhan içeren makarnada; toplam fenolik madde miktarı 39,023 mg GAE/100 g, %10 yer elması ve reyhan ilaveli makarnada 42,628 mg GAE/100 g ve %15 yer elması ve reyhan ilaveli makarnada 61,523 mg GAE/100 g olarak bulunmuştur. Bu durum; reyhanın fenolik bileşenler açısından zengin bir bitki olmasından dolayı makarnaların toplam fenolik içeriğini artırdığını göstermektedir.

ABTS yöntemi ile belirlenen antioksidan kapasite yönünden, kontrol makarnasının 63,733 mg TE/100 g düzeyinde olduğu belirlenmiştir. %5, %10 ve %15 oranlarında yer elması ilaveli makarnalarda; bu değerler sırasıyla 66,567, 70,900 ve 95,900 mg TE/100g olarak bulunmuştur. Yer elmasının tek başına ilave edildiği makarnalarda oran artsa bile antioksidan aktivitesinde anlamlı bir artış görülmemiştir ( $p>0,05$ ). Yer elması ve reyhan ile birlikte eklenen makarnalarda, antioksidan kapasitenin önemli ölçüde arttığı bulunmuştur ( $p>0,05$ ). %5 yer elması ve reyhan ilaveli makarnada 179,067 mg TE/100 g, %10 yer elması ve reyhan ilaveli makarnada 227,567 mg TE/100 g ve %15 yer elması ve reyhan ilaveli makarnada 275,400 mg TE/100 g olarak gözlemlenmiştir.

Çizelge 7 Makarnaların Toplam fenolik madde ve Antioksidan aktivite

Örnek	Toplam Fenolik Madde (mg GAE/100 g)	ABTS (mg TE/100 g)	CUPRAC (mg TE/100 g)
Kontrol makarna	26,174 ± 3,618 <sup>cd</sup>	63,733 ± 1,886 <sup>d</sup>	163,875 ± 15,910 <sup>e</sup>
%5 Yer elması	29,430 ± 1,809 <sup>c</sup>	66,567 ± 1,179 <sup>d</sup>	163,250 ± 11,490 <sup>e</sup>
%10 Yer elması	23,616 ± 3,782 <sup>cd</sup>	70,900 ± 12,610 <sup>d</sup>	191,375 ± 21,213 <sup>e</sup>
%15 Yer elması	22,453 ± 1,973 <sup>d</sup>	95,900 ± 8,250 <sup>d</sup>	270,125 ± 30,052 <sup>d</sup>
%5 Yer elması ve Reyhan	39,023 ± 2,056 <sup>b</sup>	179,067 ± 5,657 <sup>c</sup>	537,625 ± 28,284 <sup>c</sup>
%10 Yer elması ve Reyhan	42,628 ± 0,411 <sup>b</sup>	227,567 ± 13,435 <sup>b</sup>	703,875 ± 24,749 <sup>b</sup>
%15 Yer elması ve Reyhan	61,523 ± 0,987 <sup>a</sup>	275,400 ± 26,399 <sup>a</sup>	956,375 ± 5,303 <sup>a</sup>

CUPRAC yöntemi ile belirlenen antioksidan kapasite yönünden, kontrol makarnasında 163,875 mg TE/100 g olduğu görülmüştür. Yer elması eklenen makarnalarda %5 ve %10 yer elması oranında sırasıyla bulunan 163,250 mg TE/100 g ve 191,375 mg TE/100 g değerleri kontrol makarnasıyla benzerdir ( $p>0,05$ ). %15 yer elması

içeren makarnada ise CUPRAC metodu ile belirlenen antioksidan aktivite daha yüksek bulunmuştur (270,125 mg TE/100 g) Reyhan ve yer elması ilaveli makarnada antioksidan kapasitesinin daha da yükseldiği tespit edilmiştir. %5 yer elması ve reyhan ilaveli makarnada 537,625 mg TE/100 g, %10 yer elması ve reyhan ilaveli makarnada 703,875 mg TE/100 g ve %15 yer elması ve reyhan ilaveli makarnada 956,375 mg TE/100 g düzeylerine çıktığı gözlemlenmiştir.

## 9. Toplam Monomerik Antosiyanin

Fonksiyonel makarna örneklerinde antosiyanin içeriğinin belirlenmesi için yapılan analiz sonucunda kontrol ve yer elması içeren makarna örneklerinde monomerik antosiyanin tespit edilememiştir. Reyhan ilaveli olan örneklerde monomerik antosiyanin tespit edilebilmiştir ve sonuçlar Çizelge 8’de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde farklı oranlarda yer elması ve reyhan ilaveli makarnalarda antosiyanin içeriği değerlerinde anlamlı bir fark bulunamamıştır ( $p>0,05$ ). Reyhan miktarı değişmediği için ve her makarnada %1 oranında kullanıldığı için monomerik antosiyanin miktarının benzer olması beklenen bir sonuçtur.

Çizelge 8 Makarnada toplam monomerik antosiyanin miktarı

Örnek	mg C3G/kg
%5 Yer elması ve Reyhan	9,936 ± 0,827 <sup>a</sup>
%10 Yer elması ve Reyhan	10,186 ± 2,598 <sup>a</sup>
%15 Yer elması ve Reyhan	9,268 ± 1,771 <sup>a</sup>

## 10. Duyusal Analiz

Makarna örneklerinin tüketiciler tarafından kabul edilebilirliğinin test edilebilmesi amacıyla 60 panelistin gönüllü katılımıyla 5 puanlı hedonik değerlendirme yapılmıştır. Duyusal analiz sırasında yapılan hazırlık çalışması Şekil 7’de görülmektedir. Yapılan duyusal panel sonucunda panelistlerin üretilen makarnalar için verdiği puanların ortalamaları Çizelge 9’da verilmiştir. Tüm sonuçların 2,5 puan üzerinde olması tüm makarnaların kabul edilebilir olduğunu göstermektedir.

Renk sonuçları incelendiğinde kontrol makarnanın ortalama  $4,667 \pm 0,747$  puan aldığı görülmektedir. Fonksiyonel makarna örneklerinin duyusal analiz verilerinin sonuçlarına göre; %5 ve %10 yer elması içeren makarnaların renk beğeni değerleri kontrol makarnası ile istatistiksel olarak benzer bir sonuç göstermiştir ( $p>0,05$ ). Renk değerlendirme puanları %5 ve %10 oranında yer elması ilaveli makarnalarda sırasıyla  $4,467 \pm 0,747$  ve  $4,383 \pm 0,715$  olarak bulunmuştur. Bu değerler istatistiksel olarak da düşük oranlarda yer elması kullanımının tüketiciler tarafından makarnanın rengini olumsuz yönde çok etkilemediğini göstermiştir ( $p>0,05$ ). Ancak %15 oranında yer elması ilaveli makarnanın renk puanı  $4,183 \pm 0,833$ 'e düşerek kontrol makarnasına göre istatistiksel olarak anlamlı bir azalma göstermiştir ( $p<0,05$ ). Yer elması ile birlikte reyhan ilavesi yapılan makarnalarda renk değerlendirme puanlarının kontrol ve yer elması içeren makarna örneklerine göre anlamlı şekilde daha düşük olduğu görülmektedir ( $p<0,05$ ). %5 oranında yer elması ve reyhan içeren makarnada renk puanı  $2,883 \pm 1,379$ , %10 ve %15 oranlarında yer elması ve reyhan ilaveli makarnalarda ise bu değer  $2,950 \pm 1,489$  olarak bulunmuştur. Bu veriler; reyhan ilavesinin makarnanın renk beğenisini olumsuz etkileyebileceğini, tüketicilerin koyu veya yeşilimsi renk oluşan ürünleri daha az tercih edebileceğini düşündürmektedir.

Çizelge 9 Makarna örneklerinin duyusal analiz sonuçları

Örnek	Renk	Koku	Sertlik	Yapışkanlık	Tat	Genel beğeni
Kontrol	$4,667 \pm 0,475^a$	$4,333 \pm 0,774^a$	$4,183 \pm 0,813^a$	$4,217 \pm 0,846^{ab}$	$4,333 \pm 0,752^a$	$4,483 \pm 0,596^a$
%5 Yer elması	$4,467 \pm 0,747^{ab}$	$4,350 \pm 0,820^a$	$4,250 \pm 0,816^a$	$4,350 \pm 0,799^a$	$4,283 \pm 0,715^a$	$4,317 \pm 0,701^{ab}$
%10 Yer elması	$4,383 \pm 0,715^{ab}$	$4,300 \pm 0,809^a$	$4,283 \pm 0,739^a$	$4,150 \pm 0,860^{ab}$	$4,167 \pm 0,785^a$	$4,267 \pm 0,733^{ab}$
%15 Yer elması	$4,183 \pm 0,833^b$	$4,183 \pm 0,948^a$	$4,133 \pm 0,892^{ab}$	$3,983 \pm 0,965^{abc}$	$4,050 \pm 0,832^a$	$4,150 \pm 0,777^b$
%5 Yer elması ve Reyhan	$2,883 \pm 1,379^c$	$3,583 \pm 1,139^b$	$3,933 \pm 0,954^{ab}$	$3,867 \pm 1,049^{bc}$	$3,700 \pm 0,979^b$	$3,767 \pm 0,963^c$
%10 Yer elması ve Reyhan	$2,950 \pm 1,466^c$	$3,617 \pm 1,151^b$	$4,050 \pm 0,891^{ab}$	$3,883 \pm 1,043^{bc}$	$3,600 \pm 1,092^b$	$3,750 \pm 0,895^c$
%15 Yer elması ve Reyhan	$2,950 \pm 1,489^c$	$3,417 \pm 1,253^b$	$3,817 \pm 1,112^b$	$3,750 \pm 1,052^c$	$3,383 \pm 1,250^b$	$3,583 \pm 1,109^c$

Makarnaların koku değerlendirme sonuçlarına göre, kontrol makarnasının puanı  $4,333 \pm 0,774$  olarak bulunmuştur. Yer elmasının %5, %10 ve %15 oranında eklendiği makarnaların koku puanları sırasıyla  $4,350 \pm 0,820$ ,  $4,300 \pm 0,809$  ve  $4,183 \pm 0,948$  olarak bulunmuştur. Makarnalara yer elması ilavesinin koku beğenisini üzerinde anlamlı bir etkisi

olmadığı görülmüştür ( $p>0,05$ ). Bu veriler; yer elmasının makarna kokusunu belirgin şekilde değiştirmedini ve tüketiciler tarafından kabul edilebilir düzeyde algılandığını belirtmektedir. Reyhan ile yer elması ilavesi yapılan makarnalarda koku değerlendirmesinde belirgin bir düşüş tespit edilmiştir ( $p<0,05$ ). %5, %10 ve %15 oranlarında yer elması ilaveli örneklerde; reyhanın makarnaya kattığı aromatik bileşenlerin tüketiciler tarafından daha az beğenildiği veya klasik makarna kokusundan farklı algılandığı gözlemlenmiştir ( $p<0,05$ ).

Duyusal analizde makarna örneklerinde sertlik değerlendirmesi sonucunda, kontrol makarnasının sertlik puanı  $4,183 \pm 0,813$  olarak bulunmuştur. Yer elmasının %5, %10 ve %15 oranında ilave edildiği makarnaların sertlik puanları kontrol makarnasına oldukça yakın değerler olduğu gözlemlenmiştir ( $p>0,05$ ). Yer elması ilavesinin makarnanın sertliğine önemli bir etkisi olmadığını gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar ile, yer elmasının belirli oranlarda kullanıldığında makarnanın sertlik özelliğini koruduğunu tespit edilmiştir. Yer elması ile birlikte reyhan eklenen örneklerde bakıldığında %5 ve %10 yer elması içeren makarnaların sertlik değeri kontrol makarnasından farklı bulunmamıştır ( $p>0,05$ ). Reyhan ilave edilmiş %15 yer elması içeren makarnalarda ise sertlik puanı  $3,817 \pm 1,112$  olarak bulunmuştur ve bu sonuç kontrol makarnasına göre daha düşüktür ( $p<0,05$ ). Ancak reyhan ilaveli tüm makarnalar incelendiğinde aralarında fark olmadığı görülmektedir ( $p>0,05$ ). Reyhan ilavesinin makarnanın yapısını bir miktar yumuşaklığı azaltarak sertlik algısını düşürdüğü belirtilebilir.

Fonksiyonel makarna örneklerinin yapışkanlık açısından değerlendirilmesi sonucunda kontrol makarnasının puanı  $4,217 \pm 0,846$  olarak bulunmuştur. Yer elmasının farklı oranlarda eklenmesi ile yapışkanlık değerinde kontrol makarnaya göre anlamlı bir değişim gözlenmemiştir ( $p>0,05$ ). Farklı oranlarda yer elması ile reyhan ilave edilen makarnalarda ise yapışkanlık puan değerlerinde bir miktar düşüş tespit edilmiştir. Sertlik değerine benzer şekilde reyhan ile birlikte %5 ve %10 oranında yer elması içeren makarnaların yapışkanlık değeri kontrol makarnası ile benzerdir ( $p>0,05$ ). Özellikle %15 yer elması ve reyhan içeren makarnanın yapışkanlık değeri, kontrol makarnasına göre istatistiksel olarak anlamlı bir düşüş göstermiştir ( $p <0,05$ ). Ancak reyhan içeren makarnalar karşılaştırıldığında aralarında anlamlı bir fark görülmemiştir ( $p>0,05$ ).

Duyusal analizde makarna örneklerinin tat parametresinin değerlendirilmesi puanı incelendiğinde kontrol makarnası ile %5, %10 ve %15 yer elması ilaveli makarnaların tat değerlerinin anlamlı farklılığa sahip olmadığı görülmüştür ( $p>0,05$ ). Bu durum, yer elması ilavesinin makarnada belirgin bir tat değişimine neden olmadığı ve tüketiciler tarafından yer elması tadının kabul edilebilir olduğunu göstermektedir. Reyhan ile farklı oranlarda yer elması ilaveli makarnalarda tat puanlarında anlamlı bir düşüş gözlemlenmiştir. Bu düşüş; anlamlı bulunmuş ve kontrol örneği ile farklı değerlerde görülmüştür ( $p<0,05$ ). Bu sonuçlar incelendiğinde standart sapmaların yüksek olduğu görülmektedir. Diğer bir deyişle tüketiciler arasında reyhan ilaveli makarnalar için fikir ayrılıkları oluşmuştur. Aromatik bir bitki olan reyhanın makarnaya eklenmesinin bazı tüketiciler tarafından hoş karşılanmadığını göstermektedir.

Genel beğeni değerlendirmesi açısından da diğer sonuçlara benzer şekilde kontrol ve %5 ve %10 yer elması içeren makarnaların genel beğeni değerleri birbirinden farklı değildir ( $p>0,05$ ) Yer elmasının fazla oranda eklenmesi (%15) kontrole göre genel beğeniye bir miktar düşürmüştür ( $p<0,05$ ). Reyhan ilave edilmiş makarnalarda ise genel beğeni puanları kontrol ve yer elması içeren makarnalara göre daha düşüktür ( $p<0,05$ ). Sayısal değerlere bakıldığında tüm makarnalar için genel beğeni skorları 3'ün üzerinde olduğu için tüm makarnaların kabul edilebilir olduğu sonucuna varılabilir.



Şekil 7 Makarna örneklerinin duyusal analizi

Literatürde sebze tozlarının ve pürelerinin ilave edildiği makarna çalışmalarında değişik bulgular rapor edilmiştir. Lordi vd., (2023) nar kabuk tozu, brokoli yan ürünü tozu ve zeytin yağı üretim yan ürünlerinin tozu ile zenginleştirdiği makarna formülasyonlarının tüketiciler tarafından daha az beğenildiğini belirtmiştir. Gatta vd., (2023) bulgularında; %100 semolina ile üretilen makarnaların kabul edilebilir standardına bakıldığında, enginarın domates tozları (işlenmiş lapa) ile zenginleştirilmiş örnekler hariç diğer enginar ilaveli örneklerde beğenisini kazandığını göstermektedir. Biernacka vd., (2022); pırasa tozu olmayan ve %2 oranında pırasa tozu içeren makarna örnekleri en yüksek genel kabul edilebilirlik puanı alırken, %5 pırasa tozu içeren makarnalar ise tat, renk ve sertlik açısından daha düşük puanlar almıştır. Sonuç olarak, %3'e kadar yeşil pırasa yaprakları ilave edilen makarnalar genel olarak tüketicilerden daha olumlu duyuşal değerlendirmeler yapılmıştır.

## V. SONUÇ

Bu çalışmada durum buğdayından üretilen makarnaya fonksiyonel özellik kazandırmak amacıyla %5, %10 ve %15 oranlarında yer elması ve %1 oranında mor reyhan ilave edilmiştir. Üretilen makarnaların, nem, protein, yağ, kül, topla diyet lifi, renk, pigment konsantrasyonu analizleri, pişirme için optimum süre tayini, pişirme sırasında suya geçen madde miktarı ve su absorpsiyonu tayini, biyoaktif içeriğinin belirlenmesi için toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve toplam monomerik antosiyonin tayini ile tüketici kabul edilebilirliğinin belirlenmesi amacıyla tüketici kabul testi gerçekleştirilmiştir.

Hem yer elması hem de reyhan ilavesi, fonksiyonel makarnanın mineral içeriğini artırarak kül miktarının artmasına neden olmuştur. Özellikle %15 oranında yer elması ve reyhan içeren makarnanın en yüksek kül miktarına sahip olması, bu bileşenlerin mineral bakımından zengin olduğunu ve makarnanın besinsel kalitesini iyileştirdiğini ortaya koymaktadır. Protein analiz sonucunda; %5, %10 ve %15 oranında yer elması ve reyhan ilave edilmesiyle protein miktarında kontrol makarnaya göre bir artış gözlemlenmemiştir. Yer elması ağırlıklı olarak karbonhidrat ve diyet lifi içermesiyle protein oranı düşüktür. Yer elması oranı arttıkça durum buğdayı irmiği oranı azaldığından dolayı, toplam protein miktarında kayda değer bir artış gözlenmemektedir.

Makarna örneklerinde yağ içeriği incelendiğinde, yer elması düşük kalorili bir bileşen olmasına rağmen; doğal yağ asitleri içerdiğinden bu tür fonksiyonel makarnaların yağ içeriği klasik makarnalara göre yükselmiştir. Ayrıca; reyhanın eklenmesi, yağ içeriğini çok fazla etkilememiştir. Diyet lifi içeriğinde yer elması ilavesiyle makarnalarda önemli derecede yükselmiştir. Yer elması içeriğinin artmasıyla diyet lifi içeriğinin de arttığı görülürken, yer elması ve reyhanla birlikte kullanımı da lif içeriğini artırmaktadır. Özellikle fonksiyonel makarna üretiminde bu tür katkıları, makarnanın besleyici değerini artırmakta ve gastrointestinal sistem sağlığını desteklemektedir.

Makarnalara yer elması ve reyhan ilavesi; ürün görünümünde renk özelliklerinde belirgin şekilde değiştirmiştir. Yer elması ve reyhan ilaveli makarnalarda, özellikle

parlaklık ve kırmızımsı tonların daha düşük değerlere sahip olup, doğal bileşenlerin ilavesinin makarnanın renk görünümünü önemli ölçüde etki ettiği gözlemlenmiştir. Ayrıca reyhan ilavesi ile oluşan yüksek pigment konsantrasyonu, fonksiyonel makarna üretiminde doğal renklendirici orjininde kullanım potansiyeli olduğu görülmüştür. Genel verilere bakıldığında; yer elması tek başına pigment konsantrasyonunu apaçık şekilde yükseltmezken, reyhan ilavesinin makarnanın renk karakterinde kuvvetli bir etkisi olduğu tespit edilmiştir.

Fonksiyonel makarnalarda; yer elması oranının artması ile beraber makarnanın pişme süresinin kısaldığı görülmüştür. Bu durum, yer elmasının makarnada su tutma kapasitesini artırarak nişasta jelatinizasyonunu hızlandırabileceği şeklinde açıklanabilir. Farklı oranlarda ilave edilen yer elmasının oranını artarak ilave edilmesi ile makarnanın su absorpsiyon kapasitesi değiştirmezken, suya geçen madde miktarının da arttığı görülmüştür. Yer elması ve reyhan ilavesinin birlikte kullanılmasının su absorpsiyonunu korunmuş ama pişirme esnasında suya geçen madde miktarını yükselttiği gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar; fonksiyonel bileşenlerin makarnanın pişirme esnasında çözünme yatkinliğini değiştirebildiğini ortaya koymaktadır.

Toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan kapasitesinin değerleri, fonksiyonel ürün olarak reyhan ilaveli makarnada önemli düzeyde yükselttiğini görülmüştür. Diğer taraftan; yer elmasının da antioksidan kapasiteyi yükseltici özelliği olduğunu, ama bu özelliği etki etmesinin reyhan kadar belirgin olmadığını göstermektedir. Buna istinaden; farklı oranlarda ilave edilen yer elması ve reyhanla birlikte kullanılan makarnalar, yüksek fenolik madde içeriği ve güçlü antioksidan kapasiteleri ile fonksiyonel gıda olarak tercih edilebilir.

Duyusal analiz sonuçlarında; renk parametresinde yer elmasının tek bileşen olarak düşük ve orta düzeylerde kullanımının (özellikle %5 ve %10 oranlarında) renk tarafından tüketicilerin kabul edilebilir olduğu, fakat reyhan ilavesinin makarnanın duyusal beğenisini önemli derecede düşürdüğü ile açıklanmaktadır. Yer elmasının makarnaların kokusu üzerinde olumsuz bir etki göstermediği, ama makarnada reyhan ilavesinin tüketicilerin koku algısında farklılık oluşturarak beğeni seviyesini düşürdüğü görülmüştür. Makarnada; tat konusunda yer elması içeriği tüketici beğeni üzerinde bir değişime neden olmamıştır. Reyhan ilavesinin ise beğeni üzerinde olumsuz bir etki gösterdiğini

belirlenmiştir. Bu durum; reyhanın kendi içeriğinde has olan kokunun aromatik bileşenlerinin tat algısına etki ederek, panelistler tarafından daha düşük puanlamalarına sebep olmuş olabilir. Genel beğeni değerlendirme sonucu puanlarındaki düşüş; yer elmasının belirli oranlara kadar tüketicinin kabul edilebilir seviyede olduğunu, fakat yüksek oranda (%15) kullanıldığında duyuşsal kalite üzerinde olumsuz etki edebileceği göstermektedir. Makarnaya reyhan ilavesinin ise; duyuşsal değerlendirmede tüketicilerin beğenisini belirgin şekilde azalttığını tespit edilmiştir. Bu durum, reyhanın baskın aromatik bileşen içermesi makarnanın tüketiciler tarafından daha az tercih edilmesi şeklinde açıklanabilir. Ancak genel beğeni puanlarının tamamı incelendiğinde tüm örneklerin 3 puandan yukarda değerlendirildiği görölmektedir. Bu durum tüm makarnaların tüketiciler tarafından kabul edilebilir olduğu şeklinde yorumlanabilir.

## VI. KAYNAKÇA

### KİTAPLAR

AOAC, (1990). “**Official Methods of Analysis**”, (15th ed.), Methods 934.01, 942.05, 954.02, 988.05). association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.

### TEZLER

YÜKSEL, F. (2009). Bazı makarnalık buğday ileri ıslah hatlarının kalite özellikleri ve stabilite yetenekleri. Yök Tez.

### MAKALELER

AMINIAN, A.R., MOHEBBATI, R. & BOSKABADY, M.H. (2022). The effect of ocimum basilicum L.and its main ingredients on respiratory disorders. **Frontiers in Pharmacol**, cilt 12, sayı 805391, ss. 1-14.

AOUN, M. & BOUKID, F. (2023). Novel quality features to expand durum wheat applications. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, cilt 103, sayı 9, ss. 4268-4274.

ASHFAQ, I., BUTT M.S., HUSSAIN, S., BABAR, J. & SYED A. (2022). Development and characterization of vegetable waste powder-based pasta. **Rads Journal of Food Biosciences**, cilt 1, sayı1, ss. 10-16.

BADAWY, W.Z., BAKR, E. & MOHAMED. A. (2023). Improvement of chips quality using Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) tuber as a source of inulin. **Journal of Sustainable Agricultural Science**, cilt 49, sayı 3, ss. 31-39.

BIERNACKA, B., DZIKI, D. & GAWLIK-DZIKI, U. (2022). Pasta enriched with dried and powdered leek: physicochemical properties and changes during cooking. **Molecules**, cilt 27, sayı 14, ss. 1-12.

- BRAVO, H.C., CESPEDES, N.V., ZURA-BRAVO, L. & A MUNOZ, L. (2021). Basil seeds as a novel food, source of nutrients and functional ingredients with beneficial properties: A review. **Foods**, cilt 10, sayı 7, ss. 1-16.
- BRESCIANI, A., PAGANI, M.A. & MARTI A. (2022). Pasta-making process: A Narrative Review on the relation between process variables and pasta quality. **Foods**, cilt 11, sayı 3, ss. 1-18.
- CANKURTARAN, T., CEYLAN, H. & BİLGİÇLİ, N. (2020). Effect of partial replacement of wheat flour by taro and jerusalem artichoke flours on chemical and sensory properties of tarhana soup. **Journal of Food Processing and Preservation**, cilt 44, sayı 10, ss. 1-10.
- CEYLAN, H., BİLGİÇLİ, N. & CANKURTARAN, T. (2021). Improvement Of Functional Cake Formulation Using Jerusalem Artichoke Flour As Inulin Source And Resistant Starch (RS4). **LWT-Food Science and Technology**, cilt 145, sayı 111301, ss. 1-9.
- DIAZ, A., GARCIA, M.A. & DINI, C. (2022). Jerusalem artichoke flour as food ingredient and as source of fructooligosaccharides and inulin. **Journal of Food Composition and Analysis**, cilt 114, sayı 104863, ss. 1-9.
- DIFONZO, G., GENNARO, G. de, CAPONIO, G.R., VACCA, M., POGGETTO, G. Dal, ALLEGRETTA, I., IMMIRZI, B. & PASQUALONE, A. (2022). Inulin from globe artichoke roots: a promising ingredient for the production of functional fresh pasta, **Foods** cilt 11, sayı 19, ss. 1-17.
- DUBKOVA, N.Z., KHARKOV, V.V. & VAKHITOV, M.R. (2021). Using jerusalem artichoke powder in functional food production. **Foods and Raw Materials**, cilt 9, sayı 1, ss. 69-78.
- ESPINOSA-SOLIS, V., ZAMUDIO-FLORES, P.B., TIRADO-GALLEGOS, J.M., RAMIREZ-MANCINAS, S., OLIVAS-OROZCO, G.I., ESPINO-DIAZ, M., HERNANDEZ-GONZALEZ, M., GARCIA-CANO, V.G., SANCHEZ-ORTIZ, O., BUENROSTO-FIGUEROA, J.J. & BAEZA-JIMENEZ, R. (2019). Evaluation

of cooking quality, nutritional and texture characteristics of pasta added with oat bran and apple flour. **Foods**, cilt 8, sayı 8, ss. 299-309.

FOSCHIA, M., PERESSINI, D., SENSIDONI, A., BRENNAN, M.A. & BRENNAN, C.S. (2015). How combinations of dietary fibres can affect physicochemical characteristics of pasta. **LWT-Food Science and Technology**, cilt 61, sayı 1, ss. 41-46.

FRATIANNI, A., VITONE, C., D'AGOSTINO, A., TRIVISONNO, M.C., FALASCA, L. & PANFILI, G. (2024). Development of functional pasta enriched with green leafy vegetables: impact on liposoluble compounds, nutritional, technology and sensorial quality. **International Journal of Food Science and Technology**, cilt 59, sayı 2, ss. 1121-1128.

GATTA, B. La, RUTIGLIANO, M., DILUCIA, F., LIBERATORE, M.T., VISCECCHIA, R., BIMBO, F. & DI LUCCIA, A. (2023). Protein network assessment and sensory characteristics of durum wheat fresh pasta fortified with artichoke bracts and tomato powders. **Food Bioscience**, cilt 54, sayı 102858, ss. 1-12.

GIANETTI, V., MARIANI, M.B., MARINI, F. & BIANCOLILLO, A. (2021). Effects of thermal treatments on durum wheat pasta flavour during production process: a modelling approach to provide added-value to pasta dried at low temperatures. **Talanta**, cilt 225, sayı 121955, ss. 1-2.

GIUSTI, M. M., & WROLSTAD, R. E. (2001). Characterization and measurement of anthocyanins by UV-Visible spectroscopy. **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**, cilt 1, ss F1-2.

GÜMÜŞAY, Ö. A., & YALÇIN, M. Y. (2019). Effects of freeze-drying process on antioxidant and some physical properties of cherry Laurel and Kiwi fruits. **Akademik Gıda**, cilt 17, sayı 1, ss 9-15.

- HUGHES, R., A ALVARADO, D., S SWANSON, K. & D HOLSCHER, H. (2022). The prebiotic potential of inulin-type fructans: a systematic review. **Advances in Nutrition**, cilt 13, sayı 4, ss. 492-529.
- KAMELNIA, E., MOHEBBATI, R., KAMELNIA, R., EL-SEEDI, H.R. & BOSKABADY, M.H. (2023). Anti-inflammatory, immunomodulatory and antioxidant effects of ocimum basilicum L. And its main constituents: a review. **Iranian Journal of Basic Medical Sciences**, cilt 26, sayı 6, ss. 617-627.
- KAUR, G., SHARMA, S., NAGI, H.P.S. & RANOTE, P.S. (2013). Enrichment of pasta with different plant proteins. **Journal of Food Science Technology**, cilt 50, sayı 5, ss. 1000-1005.
- KAUR, G., SHARMA, S., NAGI, H. P. S., & DAR, B. N. (2012). Functional properties of pasta enriched with variable cereal brans. **Journal of Food Science and Technology**, cilt 49, ss 467-474.
- KAUR, P. (2023). Recent advances in the pasta making, **The Pharma Innovation Journal**, cilt 12, sayı 7, ss. 1-5.
- KOTEN, M. & ATLI, A. (2021). Tam arpa unu ile zenginleştirilmiş spagetti makarnanın besinsel, tekstürel ve pişme özelliklerinin belirlenmesi, **Gıda**, cilt 46, sayı 1, ss. 1-16.
- KULTYS, E. & MOCZKOWSKA-WYRWISZ, M. (2022). Effect of using carrot pomace and beetroot-apple pomace on physicochemical and sensory properties of pasta. **LWT-Food Science and Technology**, cilt 168, sayı 113858, ss. 1-10.
- KWON, D.Y., KIM, Y.B., KIM, J.K. & PARK, S.U. (2020). Production of rosmarinic acid and correlated gene expression in hairy root cultures of green and purple basil (ocimum basilicum). **Preparative Biochemistry & Biotechnology**, cilt 51, sayı 1, ss. 35-43.
- LORDI, A., PANZA, O., CONTE, A. & DEL NOBILE, M.A. (2023). Best combination of vegetable by-products for the shelf-life extension of fresh pasta. **Foods**, cilt 13, sayı 1, ss 1-18.

- LU, X., BRENNAN, M. A., SERVENTI, L., LIU, J., GUAN, W., & BRENNAN, C. S. (2018). Addition of mushroom powder to pasta enhances the antioxidant content and modulates the predictive glycaemic response of pasta. **Food Chemistry**, cilt 264, ss 199-209.
- MANSTRANGELO, A.M. & CATTIVELLI, L. (2021). What makes bread and durum wheat different. **Trends in Plant Sicence**, cilt 26, sayı 7, ss. 677-684.
- MELASH, A.A. & ABRAHAM, E.B. (2022). Barriers and levers to enhance end-use funtional properties of durum wheat (*triticum turgidum* l.) Grain: an agronomic implication. **Heliyon**, cilt 8, sayı e09542, ss. 1-10.
- MESSIA, M. C., CUOMO, F., FALASCA, L., TRIVISONNO, M. C., De Arcangelis, E., & Marconi, E. (2021). Nutritional and technological quality of high protein pasta. **Foods**, cilt 10, sayı 3, ss 589.
- MISHRA, S., SARKAR, D., ROY, P., ROY, P., SHRIRAM, N., TEWARI, S. & FARHANA, K. (2024). Proximate analysis of dietary fibre-enriched pasta. **International Journal of Advanced Biochemistry Research**, cilt 8, sayı 12, ss. 94-96.
- MORREALE, F., BENAVENT-GIL, Y. & ROSELL, C.M. (2019). İnülin enrichment of gluten free breads: interaction between inülin and yeast. **Food Chemistry**, cilt 278, s.s. 545-551.
- NADEEM, H.R., AKHTAR, S., SESTILI, P., ISMAIL, T., NEUGART, S., QAMAR, M. & ESATBEYOĞLU T. (2022). Toxicity, antioxidant activity, and phytochemicals of basil (*ocimum basilicum* l.) Leaves cultivated in southern punjab, pakistan. **Foods**, cilt 11, sayı 1239, ss. 1-13.
- OLIVIERO, T. & FOGLIANO, V. (2016). Food design strategies to increase vegetable intake: the case of vegetable enriched pasta. **Trends in Food Science & Technology**, cilt 51, s.s. 58-64.

- ÖZBERK, İ. & ÖZBERK, F. (2024). Status of durum wheat (t. Durum desf.) Genetic resources in the southeastern antolia from past to present. **Ekin Journal of Crop Breeding and Genetics**, cilt 10, sayı 1, ss. 1-10.
- PADALINO, L., D'ANTUONO, I., DURANTE, M., CONTE, A., CARDINALI, A., LINSALATA, V., MITA, G., LOGRIECO, A.F. & DEL NOBILE, M.A. (2018). Use of olive oil industrial by-product for pasra enrichment. **Antioxiants**, cilt 7, sayı 4, ss. 59-73.
- PHONGTHAI, S., D'AMICO, S., SCHOENLECHNER, R., HOMTHAWORNCHOO, W., & RAWDKUEN, S. (2017). Effects of protein enrichment on the properties of rice flour based gluten-free pasta. **LWT**, 80, 378-385.
- SADEGHI, M.A. & BHAGYA, S. (2008). Quality characterization of pasta enriched with mustard protein isolate. **Journal of Food Science**, cilt 73, sayı 5, ss. 229-237.
- SAINI, P., KAUR, H., TYAGI, V., SAINI, P., AHMED, N., DHALIWAL, H.S. & SHEIKH, I. (2023). Nutritional value and end-use quality of durum wheat. **Cereal Research Communications**, cilt 51, ss. 283-294.
- SHARATI, M.A., KHAN, M.U., HLEBA, L., DE SOUZA, C.K., TOKHTAROV, Z., TERENCEV, S., KONOVALOV, S., ARDUVANNOVA, F., BATISHCHEVA, N., SHIGAPOV, I., EKATERINA, S. & KANTIMEROVA, M. (2021). Topinambur (the jerusalem artichoke): nutritional value and its application in food products: an updated treatise. **Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences**, cilt 10, sayı 6, ss. 1-8.
- SHEHAJ, A., & MUXHAJ, L. (2022). Evaluation of physico-chemical parameters of fresh pasta prepared with different recipes. **Journal of Hygienic Engineering & Design**, cilt 40, ss 50-56.
- SOBOTA, A., WIRKIJOWSKA, A. & ZARZYCKI, P. (2020). Application of vegetable concentrates and powders in coloured pasta production. **International Journal of Food Science & Technology**, cilt 55, sayı 56, ss. 1-11.

- SZYDLOWSKA-TUTAJ, M., ZLOTEK, U. & COMBRZYNSKI, M. (2021). Influence of addition of mushroom powder to semolina on proximate composition, physicochemical properties and some safety parameters of material for pasta production. **LWT-Food Science and Technology**, cilt 151, sayı112235, ss.1-7.
- THAIPONG, K., BOONPRAKOB, U., CROSBY, K., CÍSNEROS-ZEVALLOS, L., & BYRNE, D. H. (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. **Journal of Food Composition and Analysis**, 19(6-7), 669-675.
- TOPRAKÇI, İ., KURTULBAŞ, E., & ŞAHİN, S. (2025). Chemometric tools to comprehend a recovery process for the bioactive ingredients from purple basil (*Ocimum basilicum* L.): Box-Behnken design-based optimization and principal component analysis. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, 116676.
- WANG, J., BRENNAN, M.A., SERVENTI, L. & BRENNAN, C.S. (2021a). Impact of functional vegetable ingredients on the technical and nutritional quality of pasta. **Food Science and Nutrition**, cilt 62, sayı 22, ss 1-13.
- WANG, J., BRENNAN, M.A., SERVENTI, L. & BRENNAN, C.S. (2021b). Effect of vegetable juice, puree and pomace on chemical and technological quality of fresh pasta. **Foods**, cilt 10, sayı 8, ss. 1-12.
- WOJDYŁO, A., OSZMIAŃSKI, J., & CZEMERYYS, R. (2007). Antioxidant Activity And Phenolic Compounds In 32 Selected Herbs. **Food Chemistry**, 105(3), 940-949.
- ZINGALE, S., SPINA, A., INGRAO, C., FALLICO, B., TIMPANARO, G., ANASTASI, U. & GUARNACCIA, P. (2023). Factors affecting the nutritional, health and technological quality of durum wheat for pasta-making: a systematic literature review. **Plants**, cilt 12, sayı 530, ss. 1-37.

## **EKLER**

**EK 1-** Etik kurul izni



## EK 1- Etik kurul izni

Evrak Tarih ve Sayısı: 25.02.2025-147816



T.C.  
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürlüğü

Sayı :E-88083623-020-147816  
Konu :Etik Onayı Hk.

25.02.2025

Sayın Merve ZENCİRLİ

Tez çalışmanızda kullanmak üzere yapmayı talep ettiğiniz anketiniz İstanbul Aydın Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Etik Kurul Komisyonu'nun 20.02.2025 tarihli ve 2025/02 sayılı kararıyla uygun bulunmuştur.

Bilgilerinize rica ederim.

Dr.Öğr.Üyesi Hüseyin KAZAN  
Müdür Yardımcısı

**Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.**

Belge Doğrulama Kodu : BSFBKSLSC Pin Kodu : 23892

Belge Takip Adresi : <https://www.turkiye.gov.tr/istanbul-aydin-universitesi-ebys?>

Adres : Beşyol Mah. İnönü Cad. No:38 Sefaköy , 34295 Küçükçekmece / İSTANBUL

Telefon : 444 1 428

Web : <http://www.aydin.edu.tr/>

Kep Adresi : [iau.yazisleri@iau.hs03.kep.tr](mailto:iau.yazisleri@iau.hs03.kep.tr)

Bilgi için : Sezen Uğur YAĞCI

Unvanı : Yazı İşleri Uzmanı

