

**T. C.
İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

Gastronomi Anabilim Dalı

**MUFFİNLERDE KARAYEMİŞ (*PRUNUS
LAUROCERASUS* L.) ve BİTKİ BAZLI PROTEİN
İLAVESİNİN TEMEL KALİTE PARAMETLERİ
ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Ünal ŞAHİN

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Sema AYDIN

İstanbul – 2025

TEZ TANITIM FORMU

YAZAR ADI SOYADI : Ünal ŞAHİN

TEZİN DİLİ : Türkçe

TEZİN ADI : Muffinlerde Karayemiş (*Prunus Laurocerasus* L.) ve Bitki Bazlı Protein İlavesinin Temel Kalite Parametreleri Üzerine Etkilerinin İncelenmesi

ENSTİTÜ : İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

ANABİLİM DALI : Gastronomi

TEZİN TÜRÜ : Yüksek Lisans

TEZİN TARİHİ : 26.06.2025

SAYFA SAYISI : 95

TEZ DANIŞMANLARI : Dr. Öğr. Üyesi Sema AYDIN

DİZİN TERİMLERİ : *Prunus laurocerasus* L., Karayemiş, Muffin, Bezelye Proteini, Antioksidan, Ürün Geliştirme

TÜRKÇE ÖZET : Bu çalışmada, bezelye proteini ve antioksidan açısından zengin karayemiş ilavesiyle geliştirilen muffinlerin kalite özellikleri incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda, özellikle yüksek oranlı karayemiş ilavesinin ürünün nem içeriğini, renk yoğunluğunu, fenolik bileşenlerini ve antioksidan kapasitesini artırdığı belirlenmiştir.

DAĞITIM LİSTESİ : 1. İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsüne
2. YÖK Ulusal Tez Merkezine

Ünal ŞAHİN

**T. C.
İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

Gastronomi Anabilim Dalı

**MUFFİNLERDE KARAYEMİŞ (*PRUNUS
LAUROCERASUS* L.) ve BİTKİ BAZLI PROTEİN
İLAVESİNİN TEMEL KALİTE PARAMETLERİ
ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Ünal ŞAHİN

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Sema AYDIN

İstanbul – 2025

BEYAN

Bu tezin hazırlanmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğu, kullanılan verilerde herhangi tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez olarak sunulmadığını beyan ederim.

Ünal ŞAHİN

.../.../2025



İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Ünal ŞAHİN'in “**Muffinlerde Karayemiş (*Prunus Laurocerasus* L.) ve Bitki Bazlı Protein İlavesinin Temel Kalite Parametreleri Üzerine Etkilerinin İncelenmesi**” adlı tez çalışması, jürimiz tarafından Gastronomi Anabilim Dalı Gastronomi Bilim Dalı YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan

Doç. Dr. Salim İBİŞ

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Sema AYDIN
(Danışman)

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Ramazan İNAN

ONAY

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

... / ... / 20..

Prof. Dr. İzzet GÜMÜŞ

Enstitü Müdürü

ÖZET

Bu çalışmada, sağlıklı beslenmeye yönelik artan farkındalık doğrultusunda, yaygın olarak tüketilen fırıncılık ürünlerinden muffinlerin fonksiyonel bileşenlerle zenginleştirilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, bitki bazlı protein kaynağı olan bezelye proteini (%3 sabit oranda) ve antioksidan açısından zengin karayemiş meyvesi (*Prunus laurocerasus* L.) (%5, %10 ve %15 oranlarında) kullanılarak farklı formülasyonlarda muffinler üretilmiş ve bu ilavelerin muffinlerin temel kalite parametreleri üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Geliştirilen formülasyonlar; fizikokimyasal analizler, spektrofotometrik yöntemlerle antioksidan ve fenolik madde içeriği tayinleri ve eğitimli panelistler tarafından gerçekleştirilen duyusal değerlendirmelerle çok boyutlu olarak incelenmiştir. Elde edilen veriler sonucunda, bezelye proteini ve karayemiş ilavesinin muffinlerin toplam protein miktarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık oluşturmadığı tespit edilmiştir. Nem oranı, karayemişin meyve yapısı nedeniyle özellikle yüksek oranlı ilavelerde artış göstermiş, bu durum ürünün tekstürel özelliklerini olumlu yönde etkilemiştir. Renk analizinde, karayemişin koyu pigmentleri nedeniyle ürün renginde belirgin bir koyulaşma gözlemlenmiştir. Fenolik madde ve antioksidan kapasite analizleri sonucunda ise, özellikle %10 ve %15 oranlarında karayemiş ilavesi yapılan muffin örneklerinin, tüm örnekler arasında en yüksek toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Duyusal değerlendirmelerde, karayemiş ilavesi arttıkça renk yoğunluğu, karakteristik tat ve tatlılık parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı artışlar gözlenmiştir. Çalışma sonucunda, sürdürülebilir bitkisel protein ve doğal antioksidan kaynaklarının yaygın tüketilen gıda ürünlerinde değerlendirilmesine yönelik bir yaklaşım sunulmaya çalışılmış ve bezelye proteini ile karayemişin muffin üretiminde birlikte kullanılmasının, besinsel içeriği zenginleştirilmiş geleneksel ürünlerin geliştirilmesine katkı sağlayabileceği düşünülmüştür.

Anahtar Kelimeler: *Prunus laurocerasus* L., Karayemiş, Muffin, Bezelye Proteini, Antioksidan, Ürün Geliştirme

SUMMARY

In this study, in line with the increasing awareness of healthy eating, it was aimed to enrich commonly consumed bakery products, specifically muffins, with functional ingredients. For this purpose, muffins were produced in different formulations using a plant-based protein source—pea protein (at a fixed ratio of 3%)—and cherry laurel fruit (*Prunus laurocerasus* L.), which is rich in antioxidants, at concentrations of 5%, 10%, and 15%. The developed formulations were comprehensively evaluated through physicochemical analyses, spectrophotometric determination of antioxidant and phenolic contents, and sensory evaluations conducted by trained panelists.

The results revealed that the addition of pea protein and cherry laurel did not cause a statistically significant difference in the total protein content of the muffins. Due to the structural characteristics of the cherry laurel fruit, higher inclusion levels resulted in increased moisture content, which positively influenced the textural properties of the muffins. In color analysis, a distinct darkening of the product color was observed due to the dark pigments of cherry laurel. Analyses of phenolic content and antioxidant capacity indicated that muffin samples containing 10% and 15% cherry laurel exhibited the highest total phenolic content and antioxidant activity among all samples.

In the sensory evaluations, statistically significant increases were observed in parameters such as color intensity, characteristic taste, and sweetness as the cherry laurel ratio increased. As a result, this study aimed to present an approach for incorporating sustainable plant-based protein and natural antioxidant sources into widely consumed food products. The combined use of pea protein and cherry laurel in muffin production was found to contribute to the development of traditional bakery products with enhanced nutritional value.

Keywords: *Prunus laurocerasus* L., Cherry Laurel, Muffin, Pea Protein, Antioxidant, Product Development

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
SUMMARY	ii
İÇİNDEKİLER	iii
KISALTMALAR.....	v
TABLolar LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
EKLER LİSTESİ.....	viii
ÖNSÖZ.....	ix
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM FONKSİYONEL GIDA

1.1. Fonksiyonel Gıda Kavramı ve Tarihsel Gelişimi	4
1.2. Fonksiyonel Gıdaların Sınıflandırılması ve Düzenleyici Çerçeveler	6
1.3. Biyoaktif Bileşenler ve Sağlık Etkileri	7
1.3.1. Antioksidanlar ve Fitokimyasallar	10
1.4. Fonksiyonel Gıda Pazarı ve Tüketici Eğilimleri	11
1.5. Bitkisel Protein Kaynakları ve Sürdürülebilirlik	13
1.6. Bezelye Proteini (<i>Pisum sativum</i> L.): Biyokimyasal Özellikleri ve Fonksiyonel Potansiyeli	14
1.7. Karayemiş (<i>Prunus laurocerasus</i> L.): Fitokimyasal Profili ve Antioksidan Kapasitesi	17
1.8. Muffin ve Kek Ürünlerinde Kalite Unsurları ve Fonksiyonel Potansiyeli	19
1.9. Muffin Formülasyonlarında Protein ve/veya Antioksidan Kaynaklı Fonksiyonel Bileşen Kullanımına Yönelik Literatür Bulguları.....	20

İKİNCİ BÖLÜM ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

2.1. Materyal	26
2.2. Metotlar.....	27
2.2.1. Muffin Üretimi	27
2.3. Protein Tayini	30
2.4. Toplam Karbonhidrat Tayini	32
2.5. Nem Tayini	32
2.6. Renk Analizi	33
2.7. Tekstür Analizi	34
2.8. Spektrofotometrik Analizler	36
2.8.1. Özütleme İşlemi.....	36
2.8.2. Toplam Fenolik Madde Tayini	36

2.8.3. Antioksidan Kapasite Analizleri.....	37
2.9. Duyusal Analiz	38
2.10. İstatistiksel Analiz	39

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1. Protein Tayini	40
3.2. Toplam Karbonhidrat Tayini	42
3.3. Nem Tayini	45
3.4. Renk Analizi	47
3.5. Tekstür Analizi	49
3.6. Spektrofotometrik Analiz Sonuçları	52
3.6.1. Toplam Fenolik Madde Tayini	53
3.6.2. Antioksidan Kapasite Analizi.....	55
3.7. Duyusal Analiz Sonuçları	57

SONUÇLAR VE ÖNERİLER	61
KAYNAKÇA	64
EKLER.....	76

KISALTMALAR

AACC	:	American Association of Cereal Chemists (Amerikan Hububat Kimyacıları Derneği)
ABTS	:	2,2'-Azino-bis(3-etilbenzotiyazolin-6-sülfonik asit)
ADA	:	American Dietetic Association (Amerikan Diyetetik Derneği)
DSSF	:	Yağsız Ayçiçeği Çekirdeği Unu (Defatted Sunflower Seed Flour)
DPPH	:	2,2-Difenil-1-pikrilhidrazil
EFSA	:	European Food Safety Authority (Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi)
FAO	:	Food and Agriculture Organization (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü)
FDA	:	Food and Drug Administration (Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi)
FOSHU	:	Food for Specified Health Uses (Belirli Sağlık Amaçlı Gıdalar)
L	:	Extensibility (Uzatılabilirlik)
NRC	:	National Research Council (Ulusal Araştırma Konseyi)
GAE	:	Gallic Acid Equivalent (Galik Asit Eşdeğeri)
P	:	Tenacity (Direnç / Sertlik)
PBI	:	Plant Biotechnology Institute (Bitki Biyoteknolojisi Enstitüsü)
RSM	:	Response Surface Methodology (Tepki Yüzey Metodolojisi)
TPC	:	Toplam Fenolik Bileşen Miktarı
UV	:	Ultraviolet (Ultraviyole)
QDA	:	Kantitatif Tanımlayıcı Analiz (Quantitative Descriptive Analysis)
WHO	:	World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)

WPC : Peynir Altı Suyu Protein Konsantresi (Whey Protein Concentrate)



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. Karayemiş ilavesine göre muffin formülasyonları (g)	28
Tablo 2. Muffinlerin örneklerine ait protein tayini sonuçları.....	40
Tablo 3. Muffinlerin toplam karbonhidrat miktarı	43
Tablo 4. Muffinlerin nem değerleri	45
Tablo 5. Muffinlerin renk analizi sonuçları.....	47
Tablo 6. Muffinlerin tekstür değerleri	49
Tablo 7. Muffinlerin toplam fenolik madde değerleri.....	53
Tablo 8. Muffinlerin antioksidan kapasiteleri.....	55
Tablo 9. Muffinlerin duyusal analiz sonuçları	57

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Karayemiş meyvesi (<i>Prunus laurocerasus</i> L.).....	19
Şekil 2. Farklı oranlarda karayemiş ilavesiyle üretilen muffin hamurları	29
Şekil 3. Farklı oranlarda karayemiş ilavesiyle pişirilen muffinlerin dış görünüşleri	29
Şekil 4. Farklı oranlarda karayemiş ilavesiyle pişirilen muffinlerin iç görünüşleri	30
Şekil 5. Protein tayininde kullanılan yakma ünitesi	31
Şekil 6. Protein tayininde kullanılan distilasyon ünitesi	31
Şekil 7. Yağ ekstraksiyonu için kullanılan soxhlet ünitesi	32
Şekil 8. Nem tayininde kullanılan etüv	33
Şekil 9. Renk tayininde kullanılan kolorimetre.....	34
Şekil 10. Tekstür profil analizörü	35
Şekil 11. Spektrofotometrik ölçümlerde kullanılan spektrofotometre.....	36
Şekil 12. Fenoliklerin ekstraksiyonu için kullanılan ultrasonik su banyosu.....	37

EKLER LİSTESİ

EK-A. Duyusal Değerlendirme Formu	76
EK-B. Etik Kurul Onayı.....	78



ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının yürütülmesinde ve tamamlamasında bilgi ve birikimiyle hiçbir zaman desteğini esirgemeyen değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Sema AYDIN'a,

Tez çalışmam kapsamında gerçekleştirilen analizlerde sağladıkları laboratuvar altyapısı, teknik imkânlar ve akademik rehberlik nedeniyle Kırklareli Üniversitesi Gıda Ar-Ge İnovasyon ve Girişimcilik Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne ve İstanbul Gelişim Üniversitesi İstanbul Çalışmaları Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne,

Analiz aşamasında sağladıkları bilimsel görüş ve yönlendirmelerle çalışmama değerli katkılarda bulunan sevgili arkadaşlarım Yüksek Biyomühendis Büşra Nur YENİ ve Uzman Moleküler Biyolog Oğuzhan YENİ'ye,

Her zaman yanımda olan, sabrıyla, anlayışıyla ve manevi desteğiyle bu süreci benim için daha kolay ve anlamlı kılan sevgili eşim Dr. Öğr. Üyesi Aybike Esra ŞAHİN'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ünal ŞAHİN

GİRİŞ

Sağlıklı beslenme konusundaki artan farkındalık, gıda sektöründe yenilikçi ve fonksiyonel ürünlerin geliştirilmesine yönelik çalışmaları büyük ölçüde hızlandırmıştır (Day vd., 2009). Özellikle fırıncılık sektörü, geniş ürün yelpazesi ve tüketiciler tarafından yaygın olarak tercih edilmesi nedeniyle bu dönüşümün önemli bir odak noktasını oluşturmaktadır. Muffinler, tatlı lezzeti, yumuşak ve nemli dokusu ile çiğnenebilir yapısı sayesinde tüketiciler tarafından büyük ilgi gören küçük keklerdir ve atıştırılabilir olarak idealdir. Ancak, günümüzde tüketiciler yalnızca açlıklarını gidermekle kalmayıp, aynı zamanda besin eksikliğini önleyerek fiziksel ve zihinsel sağlıklarını destekleyen temel besin öğelerini içeren gıdalara da yönelmektedir (Govindh ve Sindhuja, 2024).

Fonksiyonel gıdalar, temel beslenme gereksinimlerini karşılayanın ötesine geçerek insan sağlığı üzerinde olumlu etkilere sahip olma potansiyeline sahiptir (Bigliardi ve Galati, 2013). Bu tür ürünler, hastalık riskini azaltma ve genel sağlık durumunu iyileştirme gibi işlevleri üstlenebilmektedir. Hayvansal protein üretimi, biyolojik çeşitlilik kaybı, iklim değişikliği ve tatlı su kaynaklarının tükenmesi gibi çevresel etkilerin yanı sıra, antibiyotik direnci ve ortaya çıkan yeni hastalıkların artışıyla da ilişkilendirilmektedir; bu nedenle, daha az hayvansal proteine dayalı bir beslenme modeline geçişin sürdürülebilirlik açısından fark yaratabileceği düşünülmektedir (Aiking, 2014).

Özellikle yüksek karbonhidrat içeriğine sahip gıdaların aşırı tüketiminin, özellikle insülin duyarlılığı yüksek bireylerde obezite gelişimini kolaylaştırabileceği bildirilmiştir. Bu doğrultuda, karbonhidrat yönünden zengin fırıncılık ürünlerinde protein oranının artırılması; tokluk süresini uzatma, aşırı gıda alımını engelleme ve glisemik yanıtı dengeleme potansiyeli nedeniyle giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Ayrıca, yürütülen klinik araştırmalar, proteinle zenginleştirilmiş karbonhidrat kaynaklarının, standart formülasyonlara kıyasla kan şekeri dalgalanmalarını azalttığını ve daha uzun süreli doyumluk sağladığını ortaya koymaktadır. Bu nedenle, geleneksel fırıncılık ürünlerinin protein içeriğinin yükseltilmesi, obezite ile mücadelede stratejik açıdan kayda değer bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir (Ebbeling vd., 2018).

Bitkisel protein kaynakları, sürdürülebilirlik ve beslenme açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Bezelye proteini gibi bitkisel kaynaklar, fırıncılık ürünlerinde yapısal ve besinsel niteliklerin iyileştirilmesine katkıda bulunabilmektedir. Bununla birlikte, unlu mamullere ilave edilen bitkisel proteinlerin ürün hacmini azaltma veya gözenek yapısını olumsuz etkileyebilme riski de bulunmaktadır. Bu nedenle, en uygun kullanım oranlarının saptanması ve formülasyon parametrelerinin sistematik şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir.

Öte yandan, doğal antioksidanların tüketici sağlığı açısından önemi giderek daha fazla artmaktadır. Serbest radikallerin neden olduğu oksidatif stresin azaltılmasında antioksidan bileşenlerin önemli bir rol oynadığı bilinmektedir. Karayemiş (*Prunus laurocerasus* L.), özellikle Türkiye'nin Karadeniz Bölgesi'nde yetişen ve yüksek fenolik madde içeriğiyle dikkat çeken yerel bir meyvedir (Karahalil ve Şahin, 2011). Bu durum, karayemişin fonksiyonel gıda bileşeni olarak kullanılma potansiyelini ortaya koymaktadır. Ancak meyvelerin yüksek su içeriğinin, ürünlerin raf ömrü ve duyu özellikleri üzerinde beklenmedik değişimlere yol açabileceği de bilinmektedir. Dolayısıyla, bitkisel proteini ve meyve katkılarını birlikte kullanan formülasyonların, ürün dokusu ve lezzet kabulünü korumaya özen göstererek optimize edilmesi gerekmektedir.

Literatürde, farklı bitkisel kaynakların katılımıyla fırıncılık ürünlerinin zenginleştirilmesine ilişkin çok sayıda araştırma bulunduğu rapor edilmiştir. Bununla birlikte, bezelye proteini ile karayemiş (*Prunus laurocerasus* L.) gibi iki ayrı fonksiyonel unsurun aynı anda muffin formülasyonuna eklenerek kapsamlı bir şekilde incelendiği bir çalışmaya henüz rastlanmamıştır. Mevcut araştırmaların büyük kısmının, bitkisel proteinlerin veya meyve katkılarının tekil etkilerini değerlendirmeye odaklandığı görülmekte; dolayısıyla bu iki türde bileşenin olası sinerjilerine yönelik bilgi birikiminin sınırlı kaldığı görülmüştür.

Bezelye proteininin karayemiş (*Prunus laurocerasus* L.) ile muffin üretiminde kullanılması, çok yönlü bilimsel ve teknolojik avantajları dolayısıyla dikkate değer bir inceleme alanı olarak öne çıkmaktadır. İlk olarak, bu tür bileşenlerin birlikte kullanımı, ürünlerin protein kalitesi ve içeriğini anlamlı ölçüde yükseltebilmektedir. Buna ek olarak, karayemiş kaynaklı fenolik bileşenlerin antioksidan özellikleri, serbest radikallerin etkisini azaltarak ürünün fonksiyonel niteliğini güçlendirebilmekte ve potansiyel olarak raf ömrünü uzatabilmektedir (Karahalil ve Şahin, 2011). Bu tür

yaklaşımlar, yerel meyvelerin katma değerli gıda ürünlerine dönüştürülmesi bağlamında da kayda değer fırsatlar sunmaktadır. Böylece, yenilikçi formülasyonların geliştirilmesine yönelik çabalar hem besinsel gereksinimlerin karşılanmasında hem de sürdürülebilir gıda kaynaklarının değerlendirilmesinde stratejik bir katkı sağlama potansiyeli barındırmaktadır.

Gelecekteki çalışmaların, bezelye proteini ve karayemişin birlikte kullanıldığı muffin formülasyonlarının raf ömrü, maliyet ve endüstriyel ölçeklenebilirlik boyutlarını da irdelemesi önem taşımaktadır. Bu tür araştırmalar, sadece akademik açıdan değil, aynı zamanda gıda sektörünün pratik uygulamaları açısından da yol gösterici olabilir. Geliştirilen ürünlerin besinsel ve fonksiyonel avantajlarına ek olarak, sürdürülebilirlik ilkelerine uyum sağlaması ve tüketicilerin damak zevkine hitap etmesi, ticari başarının devamlılığı için kritik unsurlardır (Aiking, 2014).

Bu tez çalışması, hem besinsel içeriği zenginleştirilmiş yenilikçi unlu mamul formülasyonlarının geliştirilmesine hem de yerel bitki ve meyve kaynaklarının fonksiyonel gıda bileşeni olarak kullanım potansiyelinin bilimsel temelde değerlendirilmesine yönelik bütüncül bir yaklaşım sunmaktadır. Bu kapsamda, sabit oranda (%3) bitkisel protein kaynağı olarak bezelye proteini ve farklı oranlarda (%5, %10, %15) antioksidan açısından zengin karayemiş (*Prunus laurocerasus* L.) meyvesi ile hazırlanan muffin örnekleri üzerinde çok yönlü analizler gerçekleştirilmiştir. Araştırmada; toplam protein, karbonhidrat ve nem içeriği gibi temel fizikokimyasal parametrelerin yanı sıra, renk özellikleri, tekstürel yapı, toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan kapasite gibi fonksiyonel özellikler değerlendirilmiş; ayrıca ürünlerin duyu nitelikleri eğitilmiş panelistler yardımıyla tamamlanmıştır. Elde edilen veriler, bitkisel protein ve meyve katkısının etkilerini belirlemek üzere istatistiksel yöntemlerle analiz edilmiştir. Çalışmanın sonuçları, fonksiyonel fırıncılık ürünlerinin geliştirilmesinde doğal antioksidan ve sürdürülebilir protein kaynaklarının birlikte kullanımına ilişkin literatüre özgün katkılar sağlamayı ve gıda endüstrisinde uygulamaya yönelik yeni perspektifler sunmayı amaçlamaktadır.

BİRİNCİ BÖLÜM

FONKSİYONEL GIDA

1.1. Fonksiyonel Gıda Kavramı ve Tarihsel Gelişimi

Fonksiyonel gıdalar, temel besleyici niteliklerinin ötesinde fizyolojik süreçleri desteklediği ya da belirli hastalık risklerini azalttığı bilimsel verilerle ortaya konmuş ürünler olarak tanımlanmaktadır (Diplock vd., 2000). Artan sağlık harcamaları ile yaşlanan nüfusun oluşturduğu baskı göz önünde bulundurulduğunda, bu ürünlerin gıda inovasyonu açısından stratejik bir fırsat alanı sunduğu ifade edilmiştir (Bigliardi ve Galati, 2013). Söz konusu gıdaların, doğal halleriyle tüketilebildiği gibi, hedeflenen biyoaktif bileşenlerle zenginleştirilmiş ya da teknolojik olarak modifiye edilmiş formülasyonlar halinde de pazara sunulabildiği rapor edilmiştir (Temple, 2022).

Fonksiyonel gıda kavramının kapsamlı biçimde anlaşılabilmesi için, beslenme biliminin son yüzyılda kaydettiği gelişmelerin sistematik olarak incelenmesi gerekmektedir. Yirminci yüzyılın ilk çeyreğinde, bu disiplinin başlıca amacı, beslenme yetersizliklerinin önlenmesine ve bireylerin sağlıklı büyüme ile gelişim süreçlerinin desteklenmesine odaklanmıştır. Bu bağlamda, araştırmalar insan vücudunun zorunlu gereksinim duyduğu temel besin öğelerinin tanımlanmasına yoğunlaşmış, söz konusu çabalar literatürde ayrıntılı biçimde ele alınmıştır (Cannon ve Leitzmann, 2022). Ayrıca, yetersiz beslenme riskini değerlendirmek amacıyla yetkili kurumlarca günlük besin alım düzeylerine ilişkin resmi öneriler hazırlanmış; bu öneriler, zaman içinde toplumun geneline yönelik kapsamlı beslenme rehberlerine dönüştürülmüştür (Willett vd., 2019).

II. Dünya Savaşı'nın ardından, besin öğelerinin yeterli düzeyde alınması ve temel beslenme gereksinimlerinin karşılanması önemini korumuş olmakla birlikte, pek çok ülkede gözlenen ekonomik refah artışı, gıdaya yönelik tutumun farklılaşmasına zemin hazırlamıştır (Cannon, 2005). Bu dönemde, bireylerin damak zevkleri ile kişisel beğenileri giderek daha belirleyici hâle gelmiş; sonuç olarak, gıda tüketiminde haz eksenli bir yaklaşımın benimsendiği bildirilmiştir (Warde, 1997). Söz konusu kültürel ve ekonomik dönüşüm, yüzyılın son üç yüz yıllık zaman diliminde beslenme bilimi açısından yeni bir farkındalığın gelişmesine öncülük etmiştir. Özellikle belirli gıda bileşenlerinin aşırı miktarlarda tüketilmesinin sağlık üzerinde olumsuz etkiler

doğurabileceğine işaret eden bulgular, alan uzmanlarının dikkatini çekmiştir (Popkin, 1998).

Temel besin gereksinimlerinin ötesinde ek fizyolojik yararlar sunan ürünler, ilk kez 1980'lerin ortalarında Japonya'da "fonksiyonel gıda" olarak tanımlanmıştır (Nayak vd., 2021). Bu kavram, 1991 yılında yürürlüğe konulan Belirli Sağlık Amaçlı Gıdalar (*Foods for Specified Health Uses*, FOSHU) düzenlemesiyle kurumsal zemine oturtulmuştur. Söz konusu mevzuat, fonksiyonel gıdaların yasal statüsünü netleştirmiş ve bilimsel kanıtlara dayalı sağlık beyanlarının resmî olarak onaylanmasına olanak tanıyan ilk düzenleyici çerçeve niteliğini taşımıştır (Shimizu, 2003). Böylece, fonksiyonel gıda kavramının uluslararası ölçekte kabul görmesine yönelik önemli bir adım atılmıştır.

Japonya'daki öncü düzenlemeleri izleyen süreçte, 1990'lı yıllardan itibaren Avrupa ve Kuzey Amerika'da da fonksiyonel gıdalara yönelik bilimsel ve yasal ilgi önemli ölçüde artmıştır (Cannon ve Consumers' Association, 1992). Amerika Birleşik Devletleri'nde Gıda ve İlaç Dairesi (*Food and Drug Administration*, FDA), 1993 yılından itibaren belirli gıda-sağlık ilişkilerine dair beyanları resmen onaylamaya başlamış; Avrupa Birliği ise 2006 yılında yürürlüğe giren Beslenme ve Sağlık Beyanları Tüzüğü (EC No 1924/2006) ile pazarın düzenlenmesine kurumsal bir çerçeve kazandırmıştır (Verhagen vd., 2010). Söz konusu düzenlemeler, sağlık beyanlarının bilimsel kanıtlara dayalı biçimde standardize edilmesine imkân tanımış, böylelikle hem tüketici güveninin pekiştirilmesine hem de sektörün sürdürülebilir büyümesinin desteklenmesine zemin hazırlamıştır.

Toplumlarda artan sağlık bilinci; genel sağlığı destekleyici, fiziksel performansı iyileştirici ve hastalık riskini azaltıcı özelliklere sahip ürünlere yönelik talebi kayda değer biçimde yükseltmiştir (Schneider ve Hoffmann, 2011). Bu eğilimin, fonksiyonel gıda pazarının dinamik büyüme hızına yansıdığı; söz konusu pazarın yakın vadede önemli ölçüde genişlemesinin öngörüldüğü rapor edilmiştir (Vergari, Tibuzzi ve Basile, 2010). Diğer taraftan, bağırsak mikrobiyotasının insan sağlığı üzerindeki etkilerinin daha iyi kavranması, probiyotik ve prebiyotik içeren fonksiyonel gıdaların da araştırılmasını belirgin biçimde hızlandırmıştır (Marco vd., 2021).

Fonksiyonel bir gıdanın pazarda sürdürülebilir bir başarı elde edebilmesi, her zaman kolaylıkla öngörülemezlikle birlikte, çeşitli temel koşulların varlığıyla

ilişkilendirilmiştir. Öncelikle, tüketicinin ürüne yönelik gereksinim düzeyinin ve konuya dair farkındalığının yüksek olması elzem kabul edilmiştir. Sunulan çözümün kolaylıkla benimsenebilir nitelikte bulunması, benimsenme hızını artırıcı bir unsur olarak tanımlanmıştır. Sağlık yararlarının bilimsel delillerle desteklenerek etkili biçimde iletilmesi; ürün lezzetinden ödün verilmemesi; pratik tüketim olanağı sunulması; yaygın ve güvenilir bir dağıtım altyapısının sağlanmış olması; güvenlik ve etkinliğin titiz yöntemlerle doğrulanmış bulunması; erişilebilir bir fiyat düzeyi sunulması; bilim çevreleri ile ilgili otoritelerden destek alınması; ve sağlık beyanlarını düzenleyen açık, eşitlikçi bir yasal çerçevenin mevcut bulunması, başarı şansını artırıcı kritik faktörler olarak vurgulanmıştır (Weststrate, van Poppel, ve Verschuren, 2002).

1.2. Fonksiyonel Gıdaların Sınıflandırılması ve Düzenleyici Çerçeveler

Fonksiyonel bir gıdanın, yaş ya da genetik yapı gibi özelliklerle tanımlanan belirli gruplar için işlevsel olduğu gibi, tüm nüfus için de fayda sağlayabileceği belirtilmiştir (Diplock vd., 1999). Amerikan Diyetetik Derneği (*American Dietetic Association*, ADA), fonksiyonel gıdaları üç temel kategori altında sınıflandırmaktadır (Crowe vd., 2013):

- Biyolojik açıdan aktif bileşenleri doğal olarak içeren geleneksel gıdalar: Sebze, meyve, tahıl, süt ve et gibi temel gıda gruplarının, yalnızca beslenme gereksinimlerini karşılamakla sınırlı kalmadığı; bünyelerinde yer alan doğal biyoaktif bileşenler aracılığıyla sağlık üzerinde olumlu etkiler gösterebildiği vurgulanmıştır. Portakal suyunda bulunan vitaminler, soya bazlı ürünlerde tanımlanan izoflavonlar ile yoğurtta doğal olarak yer alan probiyotik mikroorganizmalar bu sınıfa dâhil edilmiştir.
- Bileşimi teknolojik müdahalelerle zenginleştirilmiş ya da güçlendirilmiş gıdalar: Bu kategoride, besin değerleri hedeflenen biyoaktif bileşenlerin ilavesiyle artırılmış ürünlere yer verilmiştir. Omega-3 yağ asitleriyle zenginleştirilmiş yumurtalar ve margarinler ile kalsiyum ve D vitamini ilavesi yapılmış süt ürünleri, örnek olarak gösterilmiştir.
- Sentetik olarak formüle edilmiş biyoaktif bileşenlerle zenginleştirilmiş ürünler: Doğal kaynaklardan doğrudan elde edilmeyen (örneğin prebiyotik etki gösteren sindirilemeyen karbonhidratlar gibi) bileşenlerin ilavesiyle geliştirilen gıdalar bu kategori kapsamında değerlendirilmiştir.

Mevcut sınıflandırma yaklaşımına ek olarak, fonksiyonel gıdalar hedeflenen sağlık yararlarına veya içerdikleri biyoaktif bileşenlerin niteliğine göre de alt kategorilere ayrılabilir. Bu kapsamda, kardiyovasküler işlevleri desteklediği, bağışıklık yanıtını güçlendirdiği ya da sindirim sistemi fonksiyonlarını iyileştirdiği bildirilen ürünlerin ayrı kategoriler altında incelendiği belirtilmiştir (Granato vd., 2020).

Avrupa Birliği'nde ise fonksiyonel gıdalar için özel bir yasal kategori oluşturulmadığı ve bu ürünlerin yürürlükteki genel gıda mevzuatı kapsamında değerlendirildiği bildirilmiştir. Ayrıca, beslenme ve sağlık beyanlarının Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (*European Food Safety Authority*, EFSA) tarafından kapsamlı bir bilimsel incelemeye tabi tutulduğu ve ancak yeterli düzeyde bilimsel kanıtlarla desteklenen beyanların onaylandığı ifade edilmiştir (Verhagen vd., 2010).

Benzer şekilde, Amerika Birleşik Devletleri'nde Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) de fonksiyonel gıdalar için ayrı bir düzenleyici çerçeve tesis etmemiş; bu ürünleri "konvansiyonel gıdalar", "diyet takviyeleri", "tıbbi gıdalar" veya "yeni gıdalar" kategorileri içinde sınıflandırmıştır. FDA uygulamalarında, belirli gıda-sağlık ilişkilerine yönelik olarak "nitelikli sağlık beyanları" ve "yapı/fonksiyon beyanları" olmak üzere iki kademeli beyan sistemine izin verildiği bildirilmiştir (Hasler vd., 2004).

Düzenleyici çerçeveler arasındaki farklılıklar, küresel fonksiyonel gıda pazarında uyumlulaştırma gereksinimini belirgin hâle getirmiştir. Bu gereksinime yanıt olarak, Codex Alimentarius Komisyonu gibi uluslararası kuruluşlar tarafından fonksiyonel gıdalar için ortak standartlar ile kılavuzların geliştirilmesine yönelik çalışmalar yürütülmektedir. Anılan çabaların, tüketici güveninin pekiştirilmesi, uluslararası ticaretin kolaylaştırılması ve alanla ilgili bilimsel araştırmaların teşvik edilmesi bakımından kritik bir rol oynadığı vurgulanmıştır (Aggett vd., 2005).

1.3. Biyoaktif Bileşenler ve Sağlık Etkileri

Biyoaktif bileşenler, doğada bulunan, besin zincirinde yer alan ve insan sağlığı üzerinde etkili olduğu bilimsel olarak ortaya konmuş zorunlu (vitaminler gibi) ya da zorunlu olmayan (polifenoller gibi) bileşenler olarak tanımlanmaktadır (Biesalski vd., 2009). Etimolojik kökeni Yunancadaki "bios" (yaşam) ve Latince'deki "activus" (dinamik, enerjik) sözcüklerine dayanan bu kavram, canlı organizmalarda fizyolojik

ya da hücresel düzeyde doğrudan etki oluşturma kapasitesine sahip bileşikleri ifade etmektedir. Söz konusu etkilerin, bileşiğin kimyasal özellikleri, uygulanan doz ve biyoyararlanım oranı gibi değişkenlere bağlı olarak olumlu ya da olumsuz biçimde ortaya çıkabileceği belirtilmiştir. Bu bağlamda, biyoaktif gıda bileşenlerinin yalnızca temel beslenme gereksinimlerini karşılamakla sınırlı kalmadığı; bireylerin genel sağlık durumunu da doğrudan etkileyebilecek bir potansiyele sahip olduğu vurgulanmıştır. Bazı tanımlamalarda “biyoaktif bileşik” teriminin, gıdalarda doğal olarak bulunan, gıdadan türetilen ya da gıda zincirinin herhangi bir aşamasında yer alan maddelerle ilişkilendirilerek “biyoaktif gıda” kavramı ile eşdeğer biçimde kullanıldığı ifade edilmiştir. Bu tanımların, bileşikleri çoğu zaman bitkisel kaynaklar ve tarımsal ürünlerle sınırlı olarak ele aldığı da rapor edilmiştir (Oh ve Jun, 2014).

Doğal biyoaktif bileşiklerin; bitkiler, mantarlar, deniz kökenli organizmalar ve diğer doğal kaynaklardan türetilen geniş bir molekül yelpazesini kapsadığı belirtilmiştir (Jin, Quan, Hou ve Fan, 2016). Bu bileşiklerin biyolojik faaliyetleri, antioksidan ve antiinflamatuvar özelliklerden antimikrobiyal ve antikanser etkilere kadar uzanan geniş bir spektrumda yer almaktadır. Dolayısıyla hem sağlık hizmetlerinde terapötik ajanlar hem de beslenme alanında fonksiyonel bileşenler olarak öne çıkmaktadırlar (Atanasov vd., 2021). Bu bileşiklerin yalnızca yüksek etkinlik düzeyine sahip olmaları nedeniyle değil, aynı zamanda sentetik muadillerine kıyasla daha düşük toksisite profilleri sunmaları sebebiyle de yoğun ilgi gördüğü belirtilmiştir. Ayrıca, adı geçen doğal bileşiklerin geleneksel tıpta uzun süredir kullanıldığı; halk bilgisine dayanan bu uygulamaların, günümüzde modern bilimsel yöntemlerle giderek daha fazla doğrulandığı ifade edilmiştir (Núñez, Vasconcellos ve Alaniz, 2022).

Doğal biyoaktif bileşiklerin, yüksek orandaki yapısal çeşitliliklerinin yol açtığı karmaşık etki mekanizmalarına sahip olduğu önceki çalışmalarla belirlenmiştir (Lautié vd., 2020). Polifenoller, alkaloidler, terpenoidler ve karotenoidler gibi farklı sınıflara ait her molekül grubunun, biyolojik sistemlerle etkileşimini belirleyen özgün kimyasal yapıları sahip olduğu bildirilmiştir. Bu kimyasal çeşitliliğin, söz konusu bileşiklerin hastalık patogeneze dâhil özgül biyolojik yolları hedefleyebilmesine imkân tanıdığı ve böylece kişiselleştirilmiş tedavi stratejilerinin geliştirilmesini desteklediği ortaya konmuştur. Ayrıca, doğal özütlerde eş zamanlı olarak bulunan çok sayıda biyoaktif molekülün sinerjik biçimde etkileşime girdiği; bu sinerjinin toplam etkinliği

artırdığı ve terapötik potansiyeli genişlettiği rapor edilmiştir. Bu etkileşimlerin daha ayrıntılı biçimde aydınlatılması ve terapötik amaçlarla değerlendirilmesi, ilaç keşfi ile geliştirme süreçleri açısından umut vadeden bir araştırma alanı olarak görülmüştür (Grigalunas, Brakmann ve Waldmann, 2022).

Biyoaktif bileşiklerin antioksidan, antiinflamatuvar, antimikrobiyal, antiaterojenik, antitrombotik, kardiyoprotektif ve vazodilatör özellikler sergileyebildiği; meyveler, sebzeler, otlar, baharatlar, tahıllar, baklagiller ile çikolata, çay, kahve ve şarap gibi ürünlerde doğal olarak bulunduğu bilinmektedir (Hamed, Mohamed ve Ibrahim, 2015). Uluslararası sağlıklı beslenme kılavuzlarında, özellikle sebze ve meyve tüketimine vurgu yapılmış; bireylerin günde en az 400 g meyve ve sebze tüketmeleri önerilmiş ve böylelikle bitki bazlı gıdaların yüksek düzeyde alımının teşvik edilmesi amaçlanmıştır (WHO, 2019).

Fonksiyonel gıdaların sağlık üzerindeki etkilerinin, içerdikleri biyoaktif bileşiklerin niteliği, miktarı ve biyoyararlanım düzeyi ile doğrudan ilişkili olduğu ifade edilmiştir. Bu ürünlerin, temel besin öğeleri olan vitaminler, mineraller, karbonhidratlar, proteinler ve diyet liflerinin yanı sıra, probiyotikler, prebiyotikler, fitokimyasallar ve omega-3 yağ asitleri gibi çok sayıda fonksiyonel bileşeni de bünyelerinde barındırdığı rapor edilmiştir (Güneş vd., 2018).

Fonksiyonel özelliklerin temelini oluşturan biyoaktif bileşikler, menşei kaynaklarına göre sınıflandırılmaktadır: bitkisel kökenliler “fitokimyasallar”, hayvansal kökenliler ise “hayvansal biyoaktif bileşikler” olarak tanımlanmaktadır. Bu bileşiklerin, organizmada çeşitli moleküler ve hücrel yolakları aktive ederek sağlığın korunmasına katkı sunduğu ve bazı hastalıkların gelişme riskini azaltabildiği bildirilmiştir (Açıkgöz ve Önenç, 2006).

Fonksiyonel gıdalara olan tüketici talebindeki artış, üretim süreçlerinin ölçeklendirilmesini zorunlu hale getirmiştir. Bu ölçek büyütme sürecinin, yalnızca üretim hacminin artırılmasını değil, aynı zamanda özenli bir planlama ile çok boyutlu uygulama stratejilerinin hayata geçirilmesini gerektiren karmaşık bir dönüşümü içerdiği belirtilmiştir. Küçük ölçekli üretimden endüstriyel ölçeğe geçiş aşamasında bileşenlerin davranışlarında önemli değişiklikler meydana gelebileceği; dolayısıyla hedeflenen fonksiyonel etkinliğin sürdürülebilmesi için taşıma sistemlerinin, üretim

parametrelerinin ve formülasyonların yeniden yapılandırılmasının gerekebileceği vurgulanmıştır (Rashidinejad, 2024).

1.3.1. Antioksidanlar ve Fitokimyasallar

Antioksidanlar, serbest radikallerin yol açtığı oksidatif hasarı önleyebilen veya azaltabilen biyoaktif bileşikler olarak tanımlanmaktadır. Literatürde yaygın biçimde kullanılan antioksidan kavramının, katalizörün tamamen elimine edilmesinden ziyade reaksiyon zincirlerinin kırılması yoluyla oksidasyonun sınırlandırılmasına işaret ettiği bildirilmiştir (Matill, 1947). Zincir reaksiyonlarının, kendileri de katalizör ya da pro-oksidan özellik gösterebilen etmenlerce sürdürülebildiği hatırlandığında, söz konusu ayrımın mutlak bir netliğe sahip olmadığı öne sürülmüştür. Bununla birlikte, pro-oksidanların ilave reaksiyon zincirlerinin başlatılmasına neden olduğu, buna karşılık inhibitörlerin mevcut zincirleri sonlandırdığı hâkim görüş olarak benimsenmiştir. Ayrıca, oksidatif stresin kardiyovasküler hastalıklar, nörodejeneratif bozukluklar, kanser ve erken yaşlanma gibi çeşitli patolojik durumlarla yakından ilişkili olduğu bildirilmiştir. Bu bağlamda, gıdalarda doğal olarak bulunan temel antioksidan bileşikler arasında askorbik asit (C vitamini), tokoferoller, karotenoidler ve polifenoller yer almaktadır (Lobo, Patil, Phatak ve Chandra, 2010).

Bu çerçevede, fitokimyasalların da sağlığın korunmasına katkıda bulunduğu ileri sürülmüştür. Bitkilerde doğal olarak bulunan ve besleyici nitelik taşımayan söz konusu biyoaktif bileşiklerin, kuruyemişler, tam tahıllar, meyveler ve sebzeler gibi bitkisel kaynaklı besinlerin önemli bir bölümünü oluşturduğu belirtilmiştir. Bu tür besinlerin, fenolik bileşikler, terpenoidler, pigmentler ve diğer doğal antioksidanlar bakımından zengin olması nedeniyle kalp hastalıkları, kanser, diyabet ve hipertansiyon gibi kronik rahatsızlıklara karşı koruyucu bir etki gösterdiği ileri sürülmüştür. Buna ek olarak, fitokimyasal çeşitliliğin vücuda doğal bir savunma mekanizması kazandırdığı ve böylelikle genel sağlığın sürdürülmesine destek olduğu düşünülmüştür (Craig, 1997).

Flavonoidler, fitokimyasallar arasında özel bir önem taşımaktadır. Bu bileşiklerin, laboratuvar koşullarında (in vitro) gerçekleştirilen deneylerde güçlü antioksidan özellikler sergilediği rapor edilmiştir; ancak canlı organizmalar içindeki (in vivo) rolleri —örneğin antioksidan, anti-inflamatuar, enzim inhibitörü veya enzim aktivitesini artırıcı, hücre bölünmesini baskılayıcı ya da bunların haricinde başka biyolojik işlevler— henüz tam olarak açıklığa kavuşmamıştır. Bununla birlikte,

flavonoidlerin indirgeme potansiyellerinin, klasik antioksidan etkilerden bağımsız bir mekanizma ile hücre içi redoks dengesini düzenleyebileceği, bu sayede hücre yaşlanmasına karşı koruyucu bir rol üstlenebileceği vurgulanmıştır (Rice-Evans, 2001).

Benzer şekilde, antosiyaninlerin de pek çok fizyolojik ve biyokimyasal süreçte kilit rol oynadığı bildirilmiştir. Özellikle taç yapraklarda gerçekleşen antosiyanin sentezinin, tozlayıcıları çekme amacıyla bağlantılı olduğu öne sürülmüştür; tohum ve meyvelerdeki sentezin ise, tohum yayılımına katkıda bulunabileceği düşünülmüştür. Bunun yanı sıra, antosiyaninlerin ve diğer flavonoidlerin otobur canlılara karşı caydırıcı etki sergileyebildiği ve UV (ultraviyole) ışınımının yol açtığı zararlara karşı koruma sağlayabildiği belirtilmiştir. Antosiyaninlerin bu denli geniş bir işlev yelpazesine sahip olması, bu bileşiklerin sentez mekanizmalarının ve sentezin düzenlenme biçimlerinin hangi temel prensiplere dayandığını araştırma gerekliliğini ortaya koymuştur (Holton ve Cornish, 1995).

1.4. Fonksiyonel Gıda Pazarı ve Tüketici Eğilimleri

Küresel fonksiyonel gıda pazarının büyüklüğünün 2021 yılında yaklaşık 280,7 milyar ABD doları düzeyinde olduğu tahmin edilmiş ve 2022–2030 yılları arasında yıllık ortalama %8,5’lik bir bileşik büyüme oranıyla 586,1 milyar ABD dolarına ulaşmasının beklendiği bildirilmiştir. Pazar dağılımına bakıldığında, süt ürünlerinin 2021 yılında %38’in üzerinde bir payla öne çıktığı, unlu mamullerin, tahılların, etin, yumurtanın, soya ürünlerinin, balığın, katı ve sıvı yağların ise önemli segmentler arasında yer aldığı ifade edilmiştir. Bölgesel gelir dağılımında, fonksiyonel gıda pazarının %35,8’inin Asya-Pasifik bölgesinde, %24,7’sinin ise Kuzey Amerika’da yoğunlaştığı rapor edilmiştir (Grand View Research, 2020).

Buna ek olarak, 2019 yılına ilişkin veriler, küresel fonksiyonel gıda pazarının yaklaşık 178 milyon ABD doları düzeyinde olduğunu göstermiştir ve söz konusu pazar hacminin 2021–2027 döneminde %6,7 oranında artarak 268 milyon ABD dolarına ulaşacağı öngörülmüştür (Fonksiyonel Gıda Pazarı, 2020). Özellikle süt ürünleri segmentinin, 2019 yılında 48 milyon ABD doları değerinde olduğu ve %6,6’lık tahmini büyüme oranıyla 2027 yılına kadar 73 milyon ABD dolarına yükselmesinin beklendiği belirtilmiştir. Asya-Pasifik bölgesinin 2019 yılı itibarıyla %46,8’lik pazar payı ile öne çıktığı ifade edilmiştir (Research and Markets, 2020). Bu verilerdeki

farklılıkların, kapsam ve ölçüm yöntemlerindeki ayrımlardan kaynaklanabileceği düşünülmüştür; ancak genel eğilimin, fonksiyonel gıdalara yönelik talebin hızla artmakta olduğu yönündedir.

Bu büyümeyi destekleyen unsurlar incelendiğinde, öncelikle besleyici ve sağlıklı destekleyici gıda katkılarına yönelik talebin yükselişi dikkat çekmiştir. Tüketicilerin, beslenmenin fiziksel ve zihinsel sağlık üzerindeki etkilerini daha iyi kavramasıyla birlikte, temel ihtiyaçları karşılamamanın ötesinde ek sağlık faydaları sunan gıdalara eğilimin arttığı belirtilmiştir. Bu durumun, vitaminler, mineraller, lif ve omega-3 yağ asitleri gibi bileşenlerle zenginleştirilmiş fonksiyonel ürünlerin hızlı şekilde yaygınlaşmasına yol açtığı öne sürülmüştür (Hilton, 2017). Yaşam tarzına bağlı hastalıkların yaygınlaşmasıyla birlikte, daha fazla bireyin sağlığını korumak ve hastalık riskini azaltmak amacıyla beslenme alışkanlıklarında değişiklikler yaptığı ifade edilmiştir (Daliri ve Lee, 2015). Bu kapsamda, ek sağlık yararları sunan fonksiyonel gıdaların, artan talepleri karşılamak için önemli bir seçenek hâline geldiği ileri sürülmüştür (Rashidinejad, 2024).

Ürün kategorileri açısından değerlendirildiğinde, fonksiyonel içeceklerin (enerji içecekleri, fonksiyonel sular ve bitki çayları), fonksiyonel süt ürünlerinin (özellikle probiyotik yoğurtlar ve kefir), fonksiyonel atıştırmalıkların (protein barları ve fonksiyonel çikolatalar) ve fonksiyonel fırıncılık ürünlerinin (tam tahıllı ekmekler ve besin öğeleriyle zenginleştirilmiş unlu mamuller) öne çıkan başlıca segmentler olduğu bildirilmiştir (Mordor Intelligence, 2024). Tüketicilerin bu ürünleri tercih etme nedenlerinin oldukça çeşitlilik gösterdiği; ancak fonksiyonel gıdaların kabulünün, çoğunlukla bu ürünlerin sağladığı düşünülen faydalarla bağlantılı olduğu rapor edilmiştir. Bağışıklık sisteminin güçlendirilmesi, sindirim sağlığının iyileştirilmesi, enerji seviyesinin artırılması ve kilo yönetimi gibi spesifik yararlar, tüketicileri bu gıdalara yönelten başlıca etkenler arasında sayılmıştır (Yücel vd., 2018). COVID-19 pandemisinin de fonksiyonel gıdalara talebi artırdığı ve özellikle C vitamini, D vitamini, çinko ve probiyotikler gibi bağışıklık destekleyici bileşenler içeren ürünlerin satışlarında önemli artışlar gözlemlendiği belirtilmiştir (Galanakis vd., 2021).

Sürdürülebilirlik ve etik tüketim kavramlarının da fonksiyonel gıda pazarını şekillendiren önemli faktörler arasında yer aldığı vurgulanmıştır. Tüketicilerin, sağlık yararlarının yanı sıra çevresel sürdürülebilirlik, hayvan refahı ve sosyal sorumluluk gibi konuları da satın alma kararlarında giderek daha fazla dikkate aldığı öne

sürülmüştür. Bu doğrultuda, bitkisel kaynaklı fonksiyonel gıdalar, organik sertifikalı ürünler ve sürdürülebilir ambalajlama stratejileri geliştiren markaların pazarda rekabet avantajı elde ettiği ifade edilmiştir (Asioli vd., 2017).

Sonuç olarak, fonksiyonel gıda pazarının, tüketici beklentilerindeki değişimler, teknolojik gelişmeler ve bilimsel bulgular doğrultusunda dinamik bir şekilde büyümeye devam ettiği bildirilmiştir. İlerleyen dönemde, daha spesifik sağlık yararları sunan, bilimsel araştırmalarla desteklenen, sürdürülebilir ve kişiselleştirilmiş fonksiyonel gıda ürünlerinin pazarda daha fazla ön plana çıkacağının öngörüldüğü belirtilmiştir.

1.5. Bitkisel Protein Kaynakları ve Sürdürülebilirlik

Bilimsel literatür, vücudun temel ve yaşamsal fizyolojik süreçlerinin devamlılığı için proteinlerin merkezi bir role sahip olduğunu göstermektedir. Kas gelişiminde, antikorların ve enzimlerin üretiminde stratejik bir rol oynadığı kaydedilen proteinlerin, insan vücudunda yedek olarak depolanmadığı; bunun yerine, metabolizma ve özellikle üre döngüsü yoluyla atıldığı ifade edilmiştir (National Library of Medicine, t.y.). Dinamik bir denge hâlinde dahi sürekli parçalanıp yeniden sentezlenen proteinlerin eksikliğinin, ciddi işlev bozukluklarına neden olabildiği belirtilmiştir. Gıdalardan alınan proteinlerin, gastrointestinal sistemde proteolitik enzimler aracılığıyla amino asitlere ayrıldığı ve bu amino asitlerin vücut proteinlerinin yapımında kullanıldığı saptanmıştır (Dolganyuk vd., 2023). Yeterli protein tüketiminin her birey için elzem olduğu vurgulanmış ve Dünya Sağlık Örgütü (*World Health Organization*, WHO) tarafından, günlük 0.83 g/kg düzeyinde uluslararası bir diyet protein önerisi sunulmuştur (Ahnen vd., 2019).

Hayvansal kaynaklı proteinlerin, gıda endüstrisinde yüzyıllardır geleneksel üretim süreçlerinde tercih edildiği aktarılmıştır. Köpürme kabiliyeti ve stabilitesinden jel oluşturma ve emülsifikasyon özelliklerine kadar uzanan işlevsel nitelikleri, bu proteinlerin uzun süre boyunca yaygın biçimde kullanılmasına katkıda bulunmuştur. Bununla birlikte, hayvancılık faaliyetlerinin çevre üzerinde bitkisel üretime kıyasla çok daha büyük bir etki yarattığına dikkat çekilmektedir (Munialo, 2024). Son yıllarda hızlı nüfus artışıyla birlikte dünya genelinde gıda ihtiyacının karşılanmasında yaşanan zorluklar, protein kaynaklarında alternatif arayışını ivmelendirmiştir (Çetiner ve Bilek, 2019). Bu doğrultuda, daha düşük maliyetli, sürdürülebilir ve çevre dostu olma

potansiyeline sahip bitki bazlı protein kaynaklarının değerlendirildiği, akademik ve endüstriyel çevrelerde giderek artan bir ilgiye işaret edilmiştir (Munialo, 2024). Ayrıca, hayvansal protein arzının küresel gereksinimi karşılayamaması hâlinde bitkisel proteinlerin kritik bir rol üstleneceği savunulmuştur (Shanthakumar vd., 2022).

Küresel ölçekte nüfus artışının, yeterli ve dengeli beslenme gereksinimine yönelik gıda üretimi talebini doğrudan etkilediği tespit edilmiştir. Tarım arazilerinin biyoenerji hammaddeleri ile hayvansal yem gibi doğrudan insan tüketimine yönelik olmayan üretim amaçlarına tahsisinin artması, gıda üretimine ayrılacak alanları kısıtlayarak besin güvenliğine ilişkin endişeleri derinleştirmektedir. Tarihsel süreçte olduğu gibi günümüzde de hayvansal kaynaklı proteinlerin, geleneksel gıda proteinleri arasında önemli bir paya sahip olduğu ve toplam gıda üretimindeki etkisinin kayda değer düzeyde seyrettiği bildirilmiştir. Özellikle süt ve yumurta gibi hayvansal protein kaynaklarının uzun yıllardır bilimsel incelemelere konu olduğu, bununla birlikte 1 kilogram hayvansal protein üretimi için yaklaşık 6 kilogram bitkisel protein kullanımının gerektiğinin bazı araştırmacılarca öne sürüldüğü belirtilmiştir (Aiking, 2014).

Bitkisel kökenli proteinlerin ise genellikle çevresel açıdan daha sürdürülebilir ve yenilenebilir kaynaklar oldukları için hayvansal proteinlere potansiyel bir alternatif oluşturabileceği ifade edilmiştir. Üstelik bitkisel protein üretiminin, hayvancılığa oranla daha az arazi kullanımına ihtiyaç duyması ve sera gazı emisyonlarını kayda değer ölçüde azaltması, ormansızlaşma ve iklim değişikliği risklerini hafifletebileceğine işaret etmektedir (Nasrabadi, Doost ve Mezzenga, 2021). Bu bakımdan, bitkisel proteinlerin gıda endüstrisindeki geleceğinin, artan nüfus ve ekolojik kaygılar ışığında daha da önem kazanacağı öngörülmüştür.

1.6. Bezelye Proteini (*Pisum sativum* L.): Biyokimyasal Özellikleri ve Fonksiyonel Potansiyeli

Baklagiller (*Fabaceae*) familyasında yer alan türlerin, tahıllardan sonra küresel ölçekte en yaygın ve stratejik tarım ürünü grubunu oluşturduğu kabul edilmektedir. Bu familyanın önemli üyelerinden bezelye (*Pisum sativum* L.), hem tarla hem de bahçe formlarıyla, insan beslenmesinde ve hayvan yeminde tarihsel olarak kullanılan en eski kültür bitkilerinden biri olarak tanımlanmaktadır. Bezelyenin, çimlenme ile vejetatif

büyüme evrelerinde düşük sıcaklıklara tolerans gösterebilmesi, soya fasulyesi ve fasulye yetiştiriciliğine elverişsiz coğrafyalarda “serin mevsim” alternatifi hâline gelmesine olanak tanımaktadır (Lu vd., 2019).

Bahçe bezelyesinin olgunlaşmamış kapsül ve tohumları taze sebze şeklinde tüketilirken, tarla bezelyesinin çoğunlukla kurutularak tane formunda pazara sunulduğu; sarı, yeşil, marrowfat ve maple gibi çeşitli ticari sınıflarla dünya pazarında geniş yer edindiği bildirilmektedir. Farklı genetik yapılar, hasat dönemleri ve nihai kullanım amaçları, tarla ve bahçe bezelyelerini birbirinden ayıran temel unsurlar arasında sıralanmaktadır (Lu vd., 2019).

Tarla bezelyesinin, dünya çapında en geniş ölçekte üretilen baklagil türlerinden biri olduğu ve bugün 84 ülkede tarımının yapıldığı bildirilmektedir (Dahl, Foster ve Tyler, 2012). Küresel baklagil üretiminin yaklaşık %36’sını karşıladığı, 2008 yılında toplam 10 milyon hektarlık bir alanda 12.13 milyon ton üretimle kayıtlara geçmiştir (Endres ve Hendrickson, 2010). En büyük üreticiler sırasıyla Kanada, Rusya, Çin, Hindistan ve ABD olarak tanımlanmış; özellikle Kanada’nın yeşil ve sarı bezelye tanelerinin üretimi ve ihracatı bakımından lider konumda olduğu görülmüştür. Bu ülkede, 2014 yılında 1.5 milyon hektar tarım alanında gerçekleştirilen üretimin 3.3 milyon tona eriştiği, bu miktarın ikinci sıradaki Rusya’nın iki katı olduğu kaydedilmiştir. Kanada’da 2016 yılında 4.84 milyon ton, 2017 yılında ise 4.59 milyon ton bezelye üretildiği bildirilmiştir. Aynı dönemde, dünya genelinde en büyük ithalatçı ülkenin Hindistan olduğu, onu Çin ve Bangladeş’in izlediği kaydedilmiştir (Lu, He, Zhang, ve Bing, 2020).

Son yıllarda bitki bazlı proteinlere yönelik hızlı talep artışı ile bezelye yetiştiriciliğinin düşük maliyetli oluşu, bezelye proteinine duyulan ilgiyi önemli ölçüde güçlendirmiştir. Bu kapsamda, bezelye proteini pazarının 2020 yılına kadar 34.8 milyon ABD doları seviyesine ulaşacağı öngörülmüştür (Grand View Research, 2015). Diğer bitkisel protein kaynakları arasında, tüketicilerin genellikle marketlerde bulunan ve kolayca tanınan ürünlere yöneldiği, bunun yanı sıra bitkisel üretim veya işleme süreçlerinde ortaya çıkan yağlı tohum küspeleri (ör. ay çekirdeği, fındık, kolza) ve baklagil kabuklarında (ör. bezelye kabuğu) da önemli miktarda protein bulunduğu belirlenmiştir (Ismail vd., 2020).

Bezelye proteininin üç ana formda hazırlanabildiği rapor edilmiştir: bezelye unu, bezelye proteini konsantresi ve bezelye proteini izolatu. Bezelye unu, kabukları alınmış bezelyelerin kuru öğütülmesiyle elde edilirken, konsantre formunun üretiminde çoğunlukla “acid leaching” yaklaşımı veya daha ekonomik kabul edilen kuru ayırma yöntemleri kullanılmaktadır. Bezelye proteini izolatu ise ıslak işleme uygulamalarıyla üretilmektedir. Kuru öğütme ve hava sınıflandırması gibi tekniklerin geliştirilmesinde, Kanada’nın Saskatoon şehrindeki Ulusal Araştırma Konseyi’ne (*National Research Council*, NRC) bağlı Bitki Biyoteknolojisi Enstitüsü’nün (*Plant Biotechnology Institute* – PBI, eski adıyla *Prairie Bölgesel Laboratuvarı*) önemli katkılar sunduğu ifade edilmiştir (Owusu-Ansah ve McCurdy, 1991).

Bezelye proteini izolatu’nun nötr tadı, yüksek çözünürlüğü ile su-yağ bağlama kapasitesi sayesinde et ürünlerinde “uzatıcı” olarak kullanım için ideal bir bitkisel protein kaynağı sunduğu; emülsifikasyon ve köpük oluşturma kabiliyetlerinin arzu edilen doku ile stabilizeyi sağladığı belirtilmektedir. Bu özellikler dolayısıyla izolatu, et ve balık ürünlerinden bisküvilere, hamur işlerinden sos ve çorbalara, diyet ve bebek mamalarına kadar çok çeşitli gıda matrislerinde değerlendirildiği kaydedilmiştir (Sandberg, 2011).

Güncel araştırmalar, bezelye proteininin yüksek protein içeriği hedeflenen süt, et ve vejetaryen ürünlerin yanı sıra sporcu besinlerinde yaygın biçimde formüle edildiğini göstermektedir. Hem hayvan hem de insan denekli yürütülen çalışmalar, bezelye proteininin ve hidrolizatlarının toklukla ilişkili fizyolojik sinyalleri tetikleyerek tüketilen öğün miktarını azaltabildiğini ortaya koymuştur. Örneğin, kültürde çoğaltılan enteroendokrin hücreler ile fare bağırsak dokularında anlamlı peptid salınımlarının uyarıldığı tespit edilmiş (Geraedts vd., 2011); ayrıca sıçanlarda mideye uygulanan bezelye proteini infüzyonlarının, öğün boyutunu düşürdüğü rapor edilmiştir (Häberer vd., 2011). Bu bulgular, bezelye proteinine dayalı bileşenlerin yalnızca besin değerini artırmakla kalmayıp olası fonksiyonel faydalar da sunabileceğine işaret etmektedir.

1.7. Karayemiş (*Prunus laurocerasus* L.): Fitokimyasal Profili ve Antioksidan Kapasitesi

Türkiye, coğrafi yapısı ve değişken ekolojik koşulları nedeniyle dünyanın önde gelen gen merkezlerinden biri olarak tanımlanmıştır. Bu kapsamda, pek çok meyve türünün doğal habitatını barındırdığı ve dünya çapında meyvecilik kültürünün önemli odak noktalarından biri olduğu belirtilmiştir. Karadeniz Bölgesi, söz konusu zengin biyoçeşitliliğin önemli bir parçasını oluşturmakta, bu bölgenin uygun ekolojik yapısı sayesinde pek çok meyve ve bitki türünün varlık gösterdiği kaydedilmiştir. Karayemiş (*Prunus laurocerasus* L.) de bölgede doğal olarak yetişen, meyve ve süs bitkisi olarak değerlendirilen türler arasında yer almaktadır (İslam ve Deligöz, 2012).

Karayemişin (bölgesel adıyla “taflan”) kökeninin Anadolu ve Kafkaslar olduğu, başlangıçta Trabzon çevresine özgü bir endemik tür olarak bilindiği, ancak zamanla Karadeniz kıyılarına yayıldığı bildirilmiştir. Bitkinin ilk tanımlamasının, 1553 yılında Fransız doğa bilimci Bellon/Petrus Bellonius Cenomanus (1518-1564) tarafından yapıldığı, ardından 1546 yılında Alman İmparatorluğu elçisi David Ungnad tarafından Avrupa’ya götürüldüğü ifade edilmiştir. Yunanistan’a, mülteciler aracılığıyla taşınarak Drama ve Kavala bölgelerinde yetiştirilmeye başlandığına değinilmiştir. Günümüzde Türkiye genelinde süs bitkisi olarak yetiştirildiği, özellikle Karadeniz bölgesinde pazarlarda veya sokak satıcıları tarafından satışa sunulduğu, ayrıca Doğu Trakya’da da rastlandığı kaydedilmiştir (Germanidou, 2021).

Sahip olduğu geniş dağılım alanı itibarıyla, Karayemişin Karadeniz Bölgesi’nde Rize, Trabzon, Giresun, Sinop (Ayancık), Zonguldak (Devrek), Kastamonu, Bartın ve Bolu çevresinde doğal popülasyonlar oluşturduğu görülmüştür (Karan, 2015). Aynı zamanda, Marmara Bölgesi’nde İzmit (Kartepe), Adapazarı, İstanbul (Belgrad Ormanları ve Alemdağ) ile Bursa (Uludağ) ve Karadeniz kıyısına yakın ormanlarda varlığı saptanmıştır. Güney Anadolu’da ise Osmaniye’nin Gâvur Dağları ile bazı Amanos Dağları bölgelerinde yetiştigi not edilmiştir. Karadeniz bölgesinde ev bahçelerinde ve park alanlarında sıkça rastlanan bu bitkinin meyvelerinin pazarlarda satıldığı ve taze tüketildiği, ayrıca reçel, pekmez ve tuzlama gibi geleneksel ürünlerin yapımında da kullanıldığı vurgulanmıştır (Yetgin ve Eryılmaz, 2010).

Karayemişin *Rosaceae* familyasına ait, herdem yeşil, çalı ya da küçük ağaç formunda gelişen bir tür olduğu kaydedilmiştir (Alasalvar, Al-Farsi ve Shahidi, 2005).

Yaklaşık 5 ila 6 metre boya ulaşabildiği, yapraklarının ortalama 5.5 cm genişlikte ve 13.8 cm uzunlukta olduğu belirlenmiştir. Parlak, koyu yeşil ve derimsi dokuda yaprakları sayesinde dikkat çekici bir görünüm sergilediği, erken ilkbaharda dik duran çiçekler oluşturduğu ifade edilmiştir. Tam çiçeklenmenin 10-25 Mart tarihleri arasında başladığı, 25 Haziran ile 15 Temmuz tarihleri arasında hasada elverişli hâle geldiği ve çiçeklenmeden hasada dek yaklaşık 120 günlük bir periyot gerektiği belirtilmiştir. Salkımlar hâlindeki siyah kiraza benzer konik meyvelerin, olgunlaşma sürecinde kırmızıdan morumsu siyaha dönüşen bir renk geçişi gösterdiği gözlenmiştir. Ortalama meyve boyutlarının 1.8 cm genişlik ve 2.1 cm uzunlukta olduğu, tek meyvenin ağırlığının yaklaşık 4.8 gram düzeyinde bulunduğu bildirilmiştir. Meyve kabuğunun ince, pürüzsüz ve parlak olduğu, etli kısmının ise sulu ve açık pembe ya da krem beyaz renkte bulunabildiği kaydedilmiştir. Bu meyvelerin toplam çözünmüş kuru madde içeriğinin 15.4 °Brix, pH değerinin 4.8, titre edilebilir asit oranının ise %0.23 olarak ölçüldüğü aktarılmıştır (İslam, 2002).

Fenolik bileşikler bakımından zengin karayemiş meyvesi dokusunun, yüksek antioksidan kapasitesi sayesinde potansiyel sağlık yararları sunduğu; gastro-intestinal bozukluklarda destekleyici etki gösterdiği, diyabetik beslenmeye elverişli olduğu ve tokluk hissini artırıcı özellikler sergilediği bildirilmiştir (Prior vd., 1998). Çekirdek fraksiyonunun hipotansif etkilere sahip olduğu; yapraklarda bulunan aqualaurocerasin bileşiğinin antispazmodik ve antitussif uygulamalarda kullanıma uygun olduğu bildirilmiştir. Ayrıca yüzlek kök sistemi nedeniyle erozyon kontrolünde ve peyzaj düzenlemesinde değerlendirildiği de literatürde yer almaktadır (Yetgin ve Eryılmaz, 2010).



Şekil 1. Karayemiş meyvesi (*Prunus laurocerasus* L.)

Kaynak: Rao, P., Reddy, K., ve Gupta, H. (2008). Pharmacognosy of prunus laurocerasus linn-A homoeopathic drug. *Indian Journal of Research in Homoeopathy*, 2(3), 6-9. doi:10.53945/2320-7094.1792

1.8. Muffin ve Kek Ürünlerinde Kalite Unsurları ve Fonksiyonel Potansiyeli

Muffin, tüm dünyada yaygın biçimde tüketilen, fincan şeklindeki kaplarda sunulan ve tatlı kek kategorisinde değerlendirilen bir fırın ürünü olarak tanımlanmıştır (Nabilah vd., 2022). Tatlı fırın ürünleri, bilhassa muffinler, karakteristik lezzetleri ve yumuşak dokularıyla tüketicilerin ilgisini çekmektedir. Bu ürünlerdeki nihai yapının, görsel özelliklerin ve duysal kabul düzeyinin, formülasyonda yer alan temel bileşenlerin göreceli oranlarına doğrudan bağlı olduğu bildirilmiştir (Martínez-Cervera vd., 2012).

Kek, tüketim sıklığı oldukça yüksek olan bir başka fırın ürünü olup, kalitesi kullanılan hammaddeler, hamurun havalandırılması ve üretim aşamalarının yönetilme biçimiyle yakından bağlantılıdır (Topkaya ve Işık, 2019). Üretimde, pişirme sürecinin özel bir önemi bulunduğu ifade edilmiş, bu sürecin ısı ve kütle transferinin eş zamanlı gerçekleştiği, hamurun iç sıcaklığının hızla yükseldiği ve kuru bir yüzey kabuğunun olduğu bir işlem olduğu belirtilmiştir. Bu süreçte iç sıcaklıktaki artış, hamurun gözenekli yapıya dönüşmesine ve ürün hacminin genişlemesine zemin hazırlayan kimyasal-fiziksel reaksiyonlarla doğrudan ilişkilidir. Dolayısıyla fırın sıcaklığının, pişirme süresinin ve fırın içi bağıl nemin; hacim, gözenek dağılımı, kabuk kalınlığı ve genel doku kalitesi üzerindeki belirleyici kritik rolleri vurgulanmıştır (Hadiyanto vd., 2008). Söz konusu özellikler arasında, yüzey kabuğu renginin de önemli bir yer tuttuğu bildirilmiştir. Yüzey kabuğu rengi, tüketicinin ürünü ilk görsel değerlendirmesinde belirleyici bir unsur olarak öne çıkmakta ve kalite algısını doğrudan yönlendirmektedir

(Mundt ve Wedzicha, 2007). Hamur pH'ı (asitlik düzeyi), şeker derişimi, başlangıç nem içeriğı ve protein kaynaklı amino asit kompozisyonu gibi formülasyon faktörlerinin yanı sıra pişirme ısısı, yöntemi ve süresi, renk gelişimini etkileyen başlıca değişkenler arasında sıralanmaktadır (Baltacıoğlu ve Uyar, 2017). Muffinlerin gözenekli-süngerimsi mikro yapısı; genel yoğunluk, iç-kabuk nem dengesi, gözeneklilik oranı ve tekstürel karakteristikler üzerinden analiz edilmektedir. Bununla birlikte, adı geçen karakteristiklerin üretim parametreleri ve formülasyon değişikliklerine bağılı olarak farklılık gösterdikleri bildirilmiştir (Baik vd., 2000).

Keklerin yüksek kalitesi ise genellikle optimal bileşen oranları yoluyla elde edilen büyük hacim ve yumuşaklıkla ilişkilendirilmiştir. Şeker ve yağın yumuşatıcı bir işlev üslendiğı, yumurtanın ise yapı üzerinde sertleştirici etki gösterdiği rapor edilmiştir (Gélinas vd., 1999). Bununla birlikte, kek kategorisinin bileşimsel ve proses bazlı çeşitliliğı oldukça geniştir; bu durum, kullanılan bileşenlerin fonksiyonel rollerine ilişkin literatürdeki bilgilerin sınırlı kalmasına yol açmaktadır (Godefroidt vd., 2019). Öte yandan, geleneksel biçimde buğday unuyla hazırlanan muffinlerin tatlı bir lezzet profili sunduğı ve hem öğün eşlikçisi hem de atıştırmalık olarak tüketilebildiğı gözlenmiştir (Purnomo vd., 2012).

Küresel fırıncılık sektörü, çeşitli zorluklara karşın 2014-2019 döneminde büyüme eğilimini sürdürdüğü bildirilmektedir (IBISWorld, 2020). Artan dünya nüfusu ve çalışan birey sayısı, hazır gıda talebini yükseltmiş; muffinler uygun fiyat, ürün çeşitliliğı ve pratik tüketilebilirlik avantajları sayesinde geniş bir müşteri tabanı kazanmıştır (Rosales-Soto vd., 2012).

Günümüzde fırın ürünleri pazarında sağlık odaklı, kullanımı kolay ve erişilebilir seçenekler küresel beslenme sisteminde temel konumda bulunmakta; endüstriyel üretim hattından çıkan tatlı profilli ürünlerin en yoğun tüketici grubunu çocukların oluşturduğu belirtilmiştir (Castelló vd., 2021).

1.9. Muffin Formülasyonlarında Protein ve/veya Antioksidan Kaynaklı Fonksiyonel Bileşen Kullanımına Yönelik Literatür Bulguları

Purnomo ve arkadaşları (2012) tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada, mısır, buğday ve tatlı patates unlarından üretilen muffinlerin formülasyonu ile üretim sürecinin iyileştirilmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda, formülasyon tasarımı teknikleri ve hedonik derecelendirme testlerinden yararlanılmış; tepki yüzey metodolojisi

(*Response Surface Methodology*, RSM) ile proses değişkenleri optimize edilmiştir. Ayrıca, doku analizi uygulanmış ve yaklaşık bileşim incelemeleri yapılmıştır. Araştırma verilerine göre, %4 buğday unu, %86 mısır unu ve %10 tatlı patates unu içeren karışımın en uygun formülasyon olduğu, pişirme açısından ise 157°C’de 39 dakikalık koşulların ideal sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Buğday ununun yüksek oranda mısır ve tatlı patates unlarıyla değiştirilmesinin, duyuasal açıdan kabul edilebilir muffinler elde etme imknı sunduğu gözlenmiştir.

Jauharah ve çalışma arkadaşları (2014) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, buğday ununa farklı oranlarda (%10, %20 ve %30) genç mısır tozu eklenmesiyle elde edilen bisküvi ve kek örnekleri üzerinde gerçekleştirilen ayrıntılı bir değerlendirmede, fizikokimyasal ve duyuasal nitelikler kıyaslanmıştır. Genç mısır tozunun eklenmesiyle protein ve toplam diyet lifi miktarlarında önemli artışlar gözlenmiş, ancak yüksek ikame seviyelerinin ürünlerin sertliğini yükselttiği tespit edilmiştir. Dokuz puanlı hedonik test kapsamında yürütülen duyuasal incelemeler, %10 ikame düzeyinin besinsel kazanım sağlarken lezzet açısından belirgin bir olumsuzluk yaratmadığını ortaya koymuştur.

Nagarajaiah ve arkadaşları (2019) tarafından gerçekleştirilen çalışmada kapsamında rafine unun, proso darı unu ile havuç ve pancar reçelleri belirli oranlarda ikame edilerek hazırladıkları muffin örneklerinde, besinsel bileşen profili, antioksidan aktivite ve duyuasal kalite ögeleri ayrıntılı biçimde incelenmiştir. Protein ve diyet lifi miktarları, geçerli kimyasal yöntemler doğrultusunda değerlendirilmiş; antioksidan kapasite ise dört farklı analitik teknikle ölçülmüştür. Bu ölçümlere paralel olarak yürütülen duyuasal analizler, proso darı unu eklemesinin muffinlerin protein ve lif düzeylerini anlamlı biçimde yükselttiğini; havuç ve pancar reçellerinin eşzamanlı kullanımının toplam antioksidan potansiyelini artırdığını göstermiştir. Ayrıca, söz konusu bileşen kombinasyonlarının panelist beğenisini olumsuz etkilemediği gözlemlenmiş; böylece, bu yaklaşımın fonksiyonel muffin geliştirme çalışmalarında dikkate değer bir alternatif sunabileceği ne sürülmüştür.

Jarpa-Parra ve çalışma arkadaşları (2017) tarafından gerçekleştirilen incelemede, melek keki ile muffin formülasyonlarında yumurta ve süt proteinlerinin mercimek proteini izolatu ile bütünüyle değiştirilmesinin ürün nitelikleri üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Mercimek proteini kullanımının köpük ve emülsiyon kararlılığına katkısı araştırılmış; eşzamanlı olarak ürün hacmi, hamur reolojik

davranışı, kırıntı morfolojisi, pişirme kaybı ve tekstürel parametreler ölçülmüştür. Ayrıca, görünüm ve lezzet gibi duysal kriterler tüketiciler tarafından değerlendirilmiştir. Bulgular, protein ikamesinin hacim değerini düşürmediğini, pişirme kayıplarını sınırlandırdığını ve kırıntı bütünlüğünü desteklediğini ortaya koymuştur. Buna karşın depolama boyunca sertlik ile çiğnenebilirliğin artış eğilimi gösterdiği; ancak %100 mercimek proteini izolatu içeren numunelerin dahi tatmin edici duysal kabul düzeyini koruduğu rapor edilmiştir.

Buğday ununun %10–%50 oranında acı bakla unuyla ikame edildiği muffin örnekleri üzerinde gerçekleştirilen bir araştırmada, ürünlerin fiziksel ve duysal özellikleri 5 °C’de yedi gün boyunca depolanarak değerlendirilmiştir. Hacim, ağırlık, nem, renk ve doku analizleriyle desteklenen bu incelemelerde, duysal veriler yarı eğitimli panelistler tarafından 9 puanlık hedonik ölçek aracılığıyla toplanmıştır. Elde edilen sonuçlar, ikame oranı %30’a kadar çıkarıldığında protein ve diyet lifi içeriklerinde belirgin yükselişlerin sağlandığı, buna karşın tat ve doku beğenisinin korunduğunu göstermiştir. Ayrıca, % 40 oranına kadar da genel kabul düzeyinin makul seviyelerde sürdüğü saptanmıştır. Bu bulgular, acı bakla ununun yüksek oranda eklenmesine rağmen hem besleyici değer hem de duysal niteliklerin kısmen dengeli biçimde sürdürülebileceğine işaret etmiştir (Nasar-Abbas ve Jayasena, 2012).

Gomes ve arkadaşları (2021) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, farklı oranlarda buğday unu, tam buğday unu ve yeşil bezelye ununun harmanlandığı kek formülasyonlarında, fiziksel-duysal nitelikler ile esansiyel amino asit profilleri detaylı biçimde değerlendirilmiştir. Bulgular, yüksek bezelye unu seviyesinin ürün sertliğini artırdığını, ancak %80 buğday unu, %10 bezelye unu ve %10 tam buğday unundan oluşan tarifi hem besleyici hem de duysal açıdan daha elverişli bir performans sergilediğini göstermiştir.

Yumurta yerine farklı oranlarda peynir altı suyu protein konsantresi (*Whey Protein Concentrate*, WPC) uygulanan keklerin kalite parametrelerindeki değişimleri sistematik bir şekilde inceleyen bir çalışma kapsamında, WPC ilavesinin hamur viskozitesi ve işlevsel özellikler üzerindeki etkileri belirlenmiş; pişirme performansı ile duysal kabul panel testleri aracılığıyla saptanmıştır. Bulgularda, %15 WPC içeren formülün tat, doku ve genel beğeni açısından üstün sonuçlar verdiği tespit edilirken, WPC desteğinin pişirme kalitesini iyileştirdiği de rapor edilmiştir. Ayrıca, WPC

eklenmesinin raf ömrünü uzattığı ve mikrobiyolojik dayanıklılığı artırdığı gözlenmiştir (Kaur vd. (2005))

Grasso ve arkadaşları (2019) tarafından yürütülen bir çalışmada, buğday unu, geri dönüştürülmüş yağsız ayçiçeği çekirdeği unu (*Defatted Sunflower Seed Flour*, DSSF) ile %18 ve %36 oranlarında ikame edilerek kısa hamurlu bisküviler üretilmiş; bu bisküvilerin fiziksel, kimyasal ve duyuşsal özellikleri değerlendirilmiştir. Nem, protein, yağ ve kül miktarlarının belirlenmesinde AOAC yöntemleri uygulanmış; renk ölçümleri kolorimetre ile yapılmış, doku özellikleri ise üç nokta eğilme düzeneğine sahip bir doku analiz cihazıyla değerlendirilmiştir. Toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite analizleri gerçekleştirilmiş; duyuşsal değerlendirmeler ise Kantitatif Tanımlayıcı Analiz (*Quantitative Descriptive Analysis*, QDA) yöntemiyle yapılmıştır. Bulgular, DSSF ilavesinin protein, kül, toplam fenolik madde ve antioksidan kapasiteyi anlamlı düzeyde artırdığını; karbonhidrat oranını ise azalttığını ortaya koymuştur. Ayrıca, DSSF düzeyi arttıkça ürün renginde koyulaşma, sertlikte artış ve gözenek yoğunluğunda azalma gözlenmiştir. Özellikle %18 DSSF içeren örneklerin, kontrol grubuna pek çok parametre açısından benzerlik gösterdiği ve duyuşsal kabul açısından daha uygun olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, geri dönüştürülmüş bitkisel kaynaklı proteinlerin sürdürülebilir ve fonksiyonel gıda bileşenleri olarak fırıncılık ürünlerinde değerlendirilme potansiyelini ortaya koymaktadır.

Glutensiz unlarla hazırlanan keklerin fiziksel ve duyuşsal niteliklerini konu alan bir çalışmada, %100 pirinç unu temelinde kinoa ununun artan oranlarda (%25–%75) eklenmesiyle elde edilen formülasyonlar ayrıntılı biçimde değerlendirilmiştir. Hazırlanan örneklerin özgül ağırlık, viskozite ve doku profili gibi temel göstergeleri, cihaz odaklı yöntemlerle saptanmıştır. Duyusal değerlendirmeler, dokuzlu hedonik test çerçevesinde gerçekleştirilmiş; görünüm, tat, tatlılık, doku ve genel kabul gibi özelliklere ilişkin puanlar toplanmıştır. Elde edilen bulgular, pirinç-kinoa karışımlarının yumuşak doku özellikleri sağladığını ve özellikle %75 düzeyinde kinoa kullanımının tat profilini iyileştirdiğini göstermiştir. Bu oranın, en yüksek duyuşsal analiz puanlarını aldığı ve tüketici beğenisini olumlu yönde etkilediği kaydedilmiştir. Buna karşılık, %100 kinoa ununun belirgin acılık ortaya çıkardığı ve duyuşsal puanlarda düşüşe yol açtığı ifade edilmiştir. Bu sonuçların, glutensiz kek

formülasyonlarında kinoa ununun belirli oranlarda kullanılmasının faydalı olabileceğine işaret ettiği öne sürülmüştür (Bhaduri, 2013).

Farklı oranlarda buğday, mısır ve darı unlarının bir araya getirildiği çok tahıllı keklerin besin değerini ve duyuşsal özelliklerini değerlendirmeye yönelik kapsamlı bir çalışmada, Amerikan Hububat Kimyacıları Derneği (*American Association of Cereal Chemists*, AACC) protokollerine dayalı olarak nem, ham protein, yağ ve lif tayinleri yapılmıştır. Oda sıcaklığında 30 günlük depolama süresine ilişkin duyuşsal incelemelerde, dokuz puanlık hedonik test kullanılarak renk, aroma, tat, doku ve genel kabul puanları kaydedilmiştir. Test sonuçlarına göre, %40 buğday, %30 mısır ve %30 darı unlarından oluşan T3 formülasyonu, protein ile lif seviyelerini yükseltmiş ve aroma ile doku bakımından olumlu farklılıklar sergilemiştir. Söz konusu formülün, depolama süresi boyunca yüksek düzeyde genel kabul edilebilirliğini koruduğu gözlenmiş, bu durumun daha uzun raf ömrü açısından avantaj teşkil edebileceği belirtilmiştir (Rohi vd., 2022).

Ben Jeddou ve arkadaşlarının (2017) yılındaki çalışmalarında patates kabuğu tozunun buğday ununa çeşitli oranlarda eklenmesiyle üretilen keklerdeki hamur özellikleri, doku yapısı ve duyuşsal karakteristikler ayrıntılı biçimde değerlendirilmiştir. Alveograf analizleri aracılığıyla hamurun fiziksel nitelikleri, L* ve b* değerleri üzerinden renk değişimleri ile P/L oranı (elastikiyet [P] ile uzatılabilirlik [L] dengesi) kullanılarak elastikiyet-uzatılabilirlik dengesi incelenmiştir. Ayrıca, panelistler yardımıyla keklerin duyuşsal puanlaması gerçekleştirilmiştir. Bulgular, patates kabuğu tozu ilavesinin Alveograf performansını olumlu yönde etkilediğini, sertliği düşürdüğünü ve renk parametrelerinde farklılık yarattığını göstermiştir. Özellikle buğday ununun %5 düzeyinde ikame edilmesinin, protein ve diyet lifi bakımından zengin içerik sunarken duyuşsal açıdan da beğenilen ürünler oluşturabildiği öne sürülmüştür.

Gao ve arkadaşlarının (2017) yürüttükleri bir çalışmada, farklı oranlarda (%50 ve %100) Stevia tatlandırıcısının kullanıldığı muffin formülasyonlarında, tatlılığın yanı sıra potansiyel acı veya metalimsi aromaların maskelenmesi amacıyla kakao ve vanilya gibi ilave lezzet unsurlarından yararlanıldığı belirtilmiştir. Renk, doku ve genel duyuşsal puanlamalar üzerinden yürütülen incelemelerde, %50 ikamenin kontrol grubuna yakın duyuşsal özellik sergilediği tespit edilmiştir. Öte yandan, %100 Stevia içeren örneklerin daha sert bir dokuya ve düşük hedonik puanlara sahip oldukları

gözenmiştir. Bu veriler, yüksek tatlandırıcı oranlarında ortaya çıkabilen acı-metalimsi tatların, belirli ölçülerde aroma katkılarıyla kısmen maskelenebileceğini düşündürmüştür. Buna rağmen, tam ikame uygulamalarında tat kalite profili ve tüketici kabulü yönünden belirgin dezavantajların bulunduğu da belirtilmiştir.

Bu çalışmalar toplu olarak değerlendirildiğinde; alternatif tahıllar, baklagil proteinleri, yan ürün unları ve şeker yerine doğal tatlandırıcılar gibi bileşenlerin fırıncılık ürünlerine besinsel zenginlik kazandırdığı ve çoğu durumda duyuusal kabulde ciddi kayıplara yol açmaksızın ürün kalitesinin korunduğu gözlenmiştir. Böylece farklı un ve katkı bileşenlerinin rasyonel kombinasyonları sayesinde fonksiyonel, tüketici dostu ve sürdürülebilir nitelikteki fırıncılık ürünlerinin geliştirilmesi yönündeki potansiyelin devam ettiğine işaret edilmiştir.

İKİNCİ BÖLÜM

ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

2.1. Materyal

Bu çalışma kapsamında, bezelye proteini tozu ve karayemiş (*Prunus laurocerasus* L.) ilavesiyle hazırlanan muffin örnekleri ile geleneksel muffinler arasında karşılaştırmalı değerlendirmeler yapılmıştır. Araştırmada kullanılan tüm kimyasallar analitik saflıkta temin edilmiş olup, deneysel uygulamalar Kırklareli Üniversitesi Gıda Ar-Ge İnovasyon ve Girişimcilik Uygulama ve Araştırma Merkezi laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

Karayemiş meyvesi Karadeniz Bölgesi'nden taze olarak tedarik edilmiş, olgun ve zarar görmemiş örnekler arasından seçilmiştir. Toplanan meyveler, $6\pm1^{\circ}\text{C}$ 'de saklanmış ve en geç 24 saat içerisinde muffin üretiminde kullanılmıştır. Temizlenen meyvelerin çekirdekleri çıkarıldıktan sonra ev tipi blender (Arzum, Türkiye) aracılığıyla püre hâline getirilmiş, ardından muffin formülasyonlarına eklenmiştir.

Muffin üretiminde temel bileşen olarak Tip 550 buğday unu, rafine toz şeker, taze tavuk yumurtası (ortalama 60 ± 2 g), pastörize tereyağı ve ultra yüksek sıcaklıkta işlenmiş (UHT) tam yağlı inek sütü kullanılmıştır. Tarife sabit oranda kabartma tozu ve iyotlu sofr tuzu eklenmiştir. Tüm bileşenler Türkiye'deki yerel tedarikçilerden temin edilmiş ve üretici önerilerine uygun olarak serin ve kuru koşullarda muhafaza edilmiştir.

Kimyasal analizler için gerekli reaktifler, ilgili standart metotların uygulanmasında kullanılmak üzere analitik saflıkta sağlanmıştır. Protein tayininde Kjeldahl yöntemi esas alınmış; sülfürik asit (H_2SO_4 , Merck, Almanya), potasyum sülfat (K_2SO_4 , Sigma-Aldrich, Almanya), bakır sülfat ($\text{CuSO}_4\cdot5\text{H}_2\text{O}$, Sigma-Aldrich, Almanya) ve sodyum hidroksit (NaOH , Merck, Almanya) gibi kimyasallar kullanılmıştır. Toplam karbonhidrat miktarı, doğrudan analiz edilmemiş; bunun yerine, nem, protein, yağ ve kül oranlarının toplamının 100'den çıkarılmasıyla dolaylı olarak hesaplanmıştır (fark yöntemi). Toplam fenolik madde tayininde Folin-Ciocalteu reaktifi (Merck, Almanya) ve sodyum karbonat (Na_2CO_3 , Merck, Almanya), antioksidan kapasite ölçümlerinde ise DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil, Sigma-

Aldrich, Almanya), ABTS (2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit), Sigma-Aldrich, Almanya), potasyum persülfat ($K_2S_2O_8$, Merck, Almanya) ve Trolox (Sigma-Aldrich, Almanya) kullanılmıştır. Tüm kimyasallar, üretici tavsiyelerine uygun olarak ışık ve ısı kaynaklarından uzak, uygun kaplarda saklanmıştır. Işık geçirgenliğine duyarlı kimyasallar amber şişelerde, +4°C'de depolanarak olası bozulmalar önlenmiştir.

Çalışmada kullanılan ekipmanlar arasında, muffinlerin hazırlanması için elektrikli mikser ve elektrikli fırın (Vestel, Türkiye) kullanılmıştır. Analiz aşamalarında, nem tayini için NÜVE marka etüv (FN 055/120, Ankara, Türkiye), kül tayini için kül fırını (FHPX-03, Daihan Scientific Co., Wonju, Kore), yağ miktarı tayini için Soxhlet ekstraksiyon ünitesi (WHM12293, Daihan Scientific Co., Kore) kullanılmıştır. Toplam protein tayininde, Kjeldahl yöntemi kapsamında yakma ve distilasyon işlemleri gerçekleştirilmiş; bu amaçla laboratuvar tipi yakma tüpleri ve distilasyon sistemleri kullanılmıştır. Fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu için ultrasonik su banyosu (ISOLAB Laborgeräte GmbH, 621.05.010, Almanya), santrifüjleme için Beckman Allegra X-22R (ABD) santrifüj cihazı ve 0.45 µm PTFE şırınga filtreleri kullanılmıştır. Toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite (DPPH, ABTS) analizlerinde UV-Vis spektrofotometre (Shimadzu UV-1800, Tokyo, Japonya) kullanılarak ölçümler gerçekleştirilmiştir. Numunelerin renk değerleri kolorimetre (CR-400, Konica Minolta, Tokyo, Japonya) ile, tekstürel özellikleri ise tekstür profil analizörü (Model TA.HDplusC, Stable Microsystems Ltd., Surrey, Birleşik Krallık) yardımıyla belirlenmiştir. Ek olarak, numune karışımlarının homojenizasyonu ve bazı reaksiyonlarda çözeltilerin karıştırılması amacıyla vortex karıştırıcı (RS-VA 10, Phoenix Instrument, Garbsen, Almanya) kullanılmıştır. Tüm cihazlar, üretici talimatlarına uygun şekilde düzenli kalibrasyon ve bakım süreçlerinden geçirilmiş olup, her analizden önce çalışma verimlilikleri doğrulanmıştır.

2.2. Metotlar

2.2.1. Muffin Üretimi

Muffin örnekleri, Vasantha ve arkadaşları (2009) tarafından raporlanan formülasyonların modifiye edilmesi yoluyla hazırlanmıştır. Kullanılan tüm bileşenler Tablo 1'de ayrıntılı olarak sunulmuştur. Kontrol grubunda bezelye proteini ve karayemiş bulunmamaktadır. Kontrol hamurunun hazırlanma aşamasında, bütün

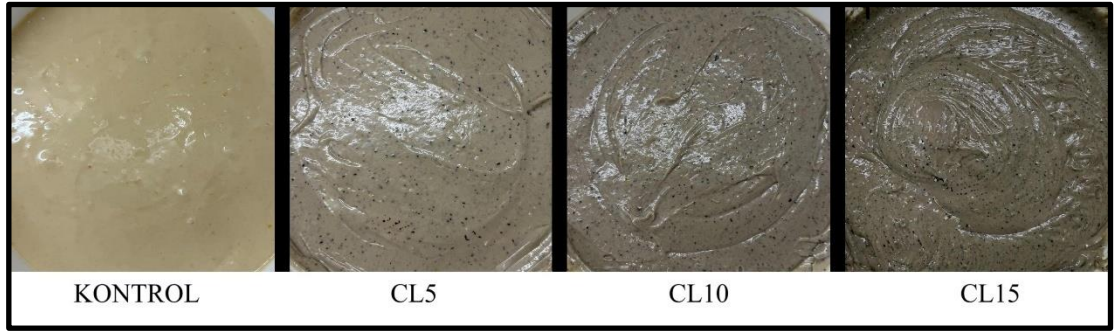
yumurta ile şeker bir mikser (Arzum, İstanbul, Türkiye) kullanılarak 1. hızda 1 dakika süreyle karıştırılmıştır. Ardından, tereyağı, süt, un, kabartma tozu ve tuz sırasıyla eklenmiş; 4. hızda 3 dakika boyunca işlenerek homojen bir hamur elde edilmiştir.

Tablo 1. Karayemiş ilavesine göre muffin formülasyonları (g)

Karayemiş Oranı				
Bileşenler	Kontrol	CL5	CL10	CL15
Un (g)	34,35	26,35	21,35	16,35
Toz şeker (g)	15,62	15,62	15,62	15,62
Tereyağı (g)	15,62	15,62	15,62	15,62
Kabartma tozu (g)	1,40	1,40	1,40	1,40
Süt (g)	24,97	24,97	24,97	24,97
Yumurta (g)	7,81	7,81	7,81	7,81
Tuz (g)	0,23	0,23	0,23	0,23
Bezelye proteini (g)	0,00	3,00	3,00	3,00
Karayemiş (g)	0,00	5,00	10,00	15,00

Kaynak: Vasantha Rupasinghe, H. P., Wang, L., Pitts, N. L., ve Astatkie, T. (2009). Baking and sensory characteristics of muffins incorporated with apple skin powder. *Journal of Food Quality*, 32(6), 685-694. doi:10.1111/j.1745-4557.2009.00275.x

Karayemiş ilaveli muffinlerin üretiminde, öncelikle taze karayemiş meyveleri yıkanmış, çekirdekleri çıkarılmış ve bir mutfak robotunda (Arzum, İstanbul, Türkiye) püre hâline getirilmiştir. Elde edilen bu püre, buğday ununun kısmen ikamesi amacıyla %5, %10 ve %15 oranlarında hamura eklenmiştir. Bezelye proteini ise tüm deney gruplarında sabit tutularak %3 düzeyinde kullanılmıştır. Ardından, tüm bileşenler mikserde 4. hızda 3 dakika süreyle karıştırılarak deney grubuna ait muffin hamurları elde edilmiştir. Farklı oranlarda karayemiş ilavesiyle üretilen muffin hamurlarının görselleri Şekil 2’de verilmiştir.

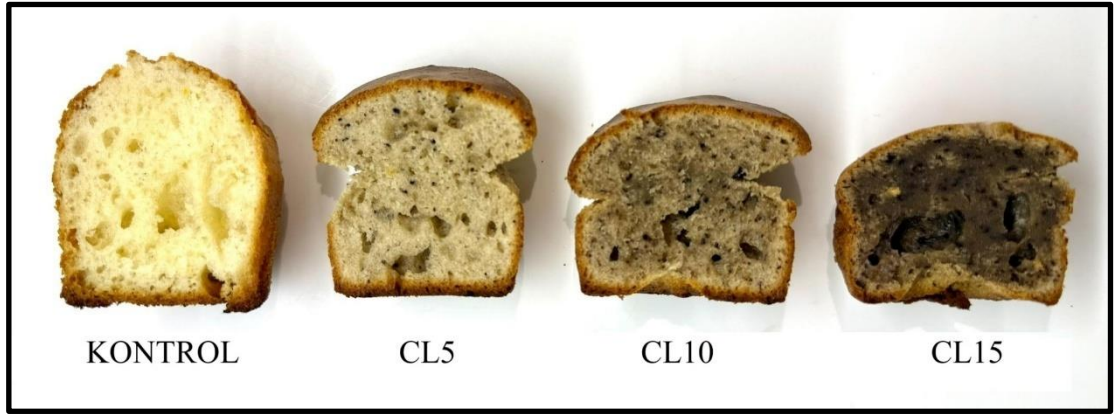


Şekil 2. Farklı oranlarda karayemiş ilavesiyle üretilen muffin hamurları

Hazırlanan hamurlar önceden 210 °C'ye ısıtılmış bir fırında (Vestel, Türkiye) 20 dakika süreyle ısıtılma tabi tutulmuştur. Söz konusu pişirme sıcaklığı ve süresi, ön denemelerden elde edilen bulgular temelinde, muffinlerin iç ve dış kısımlarında hedeflenen pişme derecesini sağlamak amacıyla optimize edilmiştir. Pişirilen muffinlerin dış ve iç görünüşleri Şekil 3 ve Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 3. Farklı oranlarda karayemiş ilavesiyle pişirilen muffinlerin dış görünüşleri



Şekil 4. Farklı oranlarda karayemiş ilavesiyle pişirilen muffinlerin iç görünüşleri

2.3. Protein Tayini

Muffin kek numunelerinin toplam protein içerikleri Kjeldahl metoduna göre belirlenmiştir (Kjeldahl, 1883). 1 gram numune homojenize edildikten sonra yakma tüpüne alınmış ve üzerine 10 g yakma tuzu ve 25 mL derişik H_2SO_4 ilave edilmiştir. Ardından 200-250°C 15 dakika ön yakmayı takiben 350-400°C’de ortamda siyah nokta kalmayıncaya kadar yaklaşık 1-2 saat yakma yapılmıştır. Yakma işleminin ardından tüpler oda sıcaklığına kadar soğutulmuş ve 100 mL saf su ilave edilerek bir süre daha soğumaya bırakılmıştır. Damıtma işlemi için 50 mL %4’lük borik asit çözeltisi üzerine 5-6 damla karışık indikatör çözeltisi damlatılmış ve 100 mL %33’lük NaOH çözeltisi ile yaklaşık 150 mL destilat toplanıncaya kadar damıtma gerçekleştirilmiştir. Damıtma sonucu oluşan amonyum borat miktarı, çözeltinin rengi açık pembe renge dönünceye kadar 0.1 H_2SO_4 ile titre edilmiş ve harcanan asit miktarları kaydedilmiştir. %Azot ve %Protein miktarları aşağıdaki formüller kullanılarak belirlenmiştir;

$$\%Azot \text{ Miktarı} =$$

$$\% \text{ Protein Miktarı} = \%Azot \times F$$

Bu denklemlerde:

V_0 = Kör deneme titrasyonunda harcanan H_2SO_4 çözeltisi miktarı (mL)

V_1 = Numune titrasyonunda harcanan H_2SO_4 çözeltisi miktarı (mL)

N = Titrasyonda kullanılan H_2SO_4 çözeltisinin normalitesi (0.1 N)

0.014 = Azotun miliekivalen ağırlığı

m = Örnek miktarı

F = Faktör (Tahıl ürünleri için 5.70 olarak kabul edilmiştir).



Şekil 5. Protein tayininde kullanılan yakma ünitesi



Şekil 6. Protein tayininde kullanılan distilasyon ünitesi

2.4. Toplam Karbonhidrat Tayini

Muffin örneklerinin toplam karbonhidrat miktarı, “fark yöntemi” kullanılarak hesaplanmıştır. Bu yöntemle, örneklerin nem, kül, protein ve yağ içerikleri belirlenmiş, ardından bu dört bileşenin yüzde (%) cinsinden toplamı 100’den çıkarılarak karbonhidrat miktarı elde edilmiştir. Toplam karbonhidrat içeriği aşağıdaki formülle hesaplanmıştır:

$$\% \text{Karbonhidrat} = 100 - (\% \text{Nem} + \% \text{Kül} + \% \text{Protein} + \% \text{Yağ})$$



Şekil 7. Yağ ekstraksiyonu için kullanılan soxhlet ünitesi

2.5. Nem Tayini

Muffin kek örneklerinin nem içeriği, AOAC 930.15 (2005) metodu kullanılarak belirlenmiştir. Bu bağlamda, öncesinde darası alınmış kurutma kaplarına üç gram kek numunesi homojen bir şekilde tartılmış ve bir etüv (FN 055/120, NÜVE, Ankara, Türkiye) yardımıyla $105 \pm 2^\circ\text{C}$ ’de sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuştur. Analizler üç paralelli olarak gerçekleştirilmiş ve her paralelden iki ölçüm alınmıştır.



Şekil 8. Nem tayininde kullanılan etüv

2.6. Renk Analizi

Renk analizi, gıda ürünlerinin kalite kontrolünde önemli bir parametredir ve ürünün görsel özelliklerini değerlendirmek için kullanılır. Renk analizi, özellikle pişirme süreçlerinde meydana gelen Maillard reaksiyonu ve karamelizasyon gibi kimyasal değişikliklerin ürün üzerinde bıraktığı etkileri incelemek için kullanılır. Renk analizi, genellikle CIELab renk uzayı kullanılarak gerçekleştirilir. Bu sistem, bir ürünün rengini üç boyutlu bir modelde açık-koyu (L^*), kırmızı-yeşil (a^*) ve sarı-mavi (b^*) eksenlerinde ölçer. Bu sayede, ürünlerin renk özellikleri nicel olarak değerlendirilebilir (Ureta vd., 2014).

Muffin kek örneklerinin renk özellikleri bir kolorimetre cihazı (CR-400, Konica Minolta, Tokyo, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir. Renk ölçümleri 3 paralelli olarak yürütülmüş olup ölçümler D 65 aydınlatma, 2° observer açısı koşulları altında gerçekleştirilmiş ve CIELab değerleri elde edilmiştir.



Şekil 9. Renk tayininde kullanılan kolorimetre

2.7. Tekstür Analizi

Gıdalarda doku analizi, bir ürünün mekanik ve fiziksel özelliklerini değerlendiren bir testtir. Bu analiz, gıdanın ağızda bıraktığı hissi ve çiğneme sırasında nasıl parçalandığını ölçer, kalite kontrol ve ürün geliştirme süreçlerinde kritik bir rol oynar. Sensörük analiz, tüketicilerin ürünü nasıl algıladığını anlamak için insan panelistlerle yapılırken, enstrümantal doku analizi, tekstür analizörleri ile mekanik özelliklerin objektif ölçümünü sağlar. Tekstür profil analizi gibi yöntemlerle, sertlik, esneklik ve yapışkanlık gibi özellikler değerlendirilir. Bu yöntemler, üreticilerin istenen doku özelliklerini korumasına ve ürün kalitesini güvence altına almasına yardımcı olur (Li vd., 2025).

Muffin kek örneklerinin tekstür profil analizi, bir tekstür profil cihazı (Model TA.HD plus C, Stable Microsystems Ltd, Surrey, UK) aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Muffin kek numuneleri (yaklaşık 20 mm çap ve 20 mm yükseklik) bir silindirik prob (P/25, paslanmaz çelik, Stable Microsystem Ltd, Surrey, UK) kullanılarak; ilk algılama kuvveti (trigger force) 5 g, 1 mm/s ön test ve test hızı ve 2 mm/s post test hızı

koşulları altında iki kez orijinal yüksekliğinin %50'sine kadar sıkıştırılmıştır. İki sıkıştırma arası süre 5 saniye olarak ayarlanmıştır. Tekstürel ölçümler 25 °C'de gerçekleştirilmiştir. Muffinler için en önemli parametreler olarak sertlik (g), elastikiyet (mm), koheziflik (birimsiz), sakızımsılık (g), çiğnenebilirlik (g.mm) ve esneklik (birimsiz) belirlenmiştir. Analizler üç paralelli olarak gerçekleştirilmiş ve her paralelden iki ölçüm alınmıştır.



Şekil 10. Tekstür profil analizörü

2.8. Spektrofotometrik Analizler

Spektrofotometrik analizlerde, muffin örneklerinden elde edilen ekstraktlar UV-VIS spektrofotometre (Shimadzu, Tokyo, Japonya) kullanılarak değerlendirilmiştir.



Şekil 11. Spektrofotometrik ölçümlerde kullanılan spektrofotometre

2.8.1. Özütleme İşlemi

Muffin kek örneklerinden fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu için 4 gram numune 16 mL metanol (%80) ile karıştırılmış ve tüpler 30 dakika boyunca 40 kHz frekans ve 25 ± 2 °C’de bir ultrasonik banyo (ISOLAB Laborgeräte GmbH, 621.05.010, Almanya) içerisinde bekletilmiştir. Daha sonra, tüpler bir santrifüj (Beckman Allegra, X-22R Benchtop Centrifuge, United States) kullanılarak 6000 rpm’de 10 dakika santrifüjlenmiş ve süpernatantlar 0.45 µm filtre ile filtrelenmiş ve ekstratlar elde edilmiştir. Ekstraksiyon üç paralelli olarak gerçekleştirilmiştir.

2.8.2. Toplam Fenolik Madde Tayini

Elde edilen ekstraktların toplam fenolik içeriği Folin-Ciocalteu yöntemine göre belirlenmiştir (Singleton ve Rossi, 1965). Bu amaçla, ilk olarak, 7.5 mL distile su test tüplerine aktarılmış ve üzerine 100 µL ekstrat ve 500 µL Folin-Ciocalteu reaktifi ilave edilmiştir. Ardından tüpler vortekslenmiş (Vortex RS-VA 10, Phoenix Instrument, Garbsen, Almanya) ve 3 dakika boyunca bekletilmiştir. Daha sonra, tüplere 1 mL

doymuş sodyum karbonat (Na_2CO_3) çözeltisi ve 900 μL distile su ilave edilmiştir. Tüpler tekrar vortekslenmiş ve 1 saat boyunca oda sıcaklığında karanlık bir ortamda bekletildikten sonra bir UV-VIS spektrofotometre (Shimadzu, Tokyo, Japonya) kullanılarak 720 nm’de absorbans okumaları alınmıştır. Sonuçlar, gallik asit kalibrasyon eğrisi kullanılarak mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/kg kuru madde olarak ifade edilmiştir. Her paralelden iki ölçüm alınmıştır.



Şekil 12. Fenoliklerin ekstraksiyonu için kullanılan ultrasonik su banyosu

2.8.3. Antioksidan Kapasite Analizleri

Antioksidan kapasite analizinde kullanılan DPPH ve ABTS yöntemleri, gıdalardaki antioksidan kapasitenin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan spektrofotometrik analizlerdir. DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) yöntemi, serbest radikal tutucu kapasiteyi ölçmek için kullanılır ve bu süreçte mor renkli DPPH çözeltisi, antioksidanların varlığında sarı renge dönüşür. Bu değişim, spektrofotometre ile ölçülerek, antioksidan kapasite belirlenir. ABTS (2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit)) yöntemi ise, ABTS radikal katyonlarının indirgeyici ajanlarla renk değişimini izleyerek antioksidan kapasiteyi değerlendirir. Her iki yöntem de hızlı, hassas ve düşük maliyetli olup, çeşitli gıda matrislerinde

uygulanabilirliği ile dikkat çeker (Kozłowska vd., 2022; Majewska vd., 2024; Wołosiaak vd., 2022).

Ekstraktların DPPH serbest radikal temizleme kabiliyeti, DPPH metoduna göre belirlenmiştir (Brand-Williams vd., 1995). Numune ekstraktları (150 µL), 2.850 mL 0.1 mM DPPH (metanol ile hazırlanmış) çözeltisi ile karıştırılmış ve karışım 30 dakika boyunca oda sıcaklığında karanlık bir ortamda bekletilmiştir. Ardından bir UV-Vis spektrofotometre (Shimadzu, Tokyo, Japonya) aracılığıyla 517 nm dalga boyunda metanole karşı absorbans ölçümleri alınmıştır. Sonuçlar, Trolox standart eğrisi kullanılarak µM Trolox cinsinden ifade edilmiştir. Her paralelden iki ölçüm alınmıştır.

Ekstraktların ABTS serbest radikal temizleme aktivitesi, ABTS metoduna göre belirlenmiştir (Re vd., 1999). İlk olarak, ABTS stok çözeltisi metanol ile seyreltilerek 734 nm dalga boyunda 0.70 ± 0.02 absorbans elde edilmiştir. Daha sonra, 20 µL numune ekstraktı, 3.0 mL ABTS çözeltisi ile karıştırılmış ve karışım 7 dakika boyunca oda sıcaklığında karanlık bir ortamda bekletilmiştir. Ardından, UV-Vis spektrofotometre (Shimadzu, Tokyo, Japonya) kullanılarak 734 nm dalga boyunda metanole karşı absorbans ölçümleri alınmıştır. Sonuçlar, Trolox standart eğrisi kullanılarak µM Trolox cinsinden ifade edilmiştir. Her paralelden iki ölçüm alınmıştır.

2.9. Duyusal Analiz

Duyusal analiz için tanımlayıcı duyusal analiz yöntemi kullanılmıştır (Stone ve Sidel, 2004). Bu yöntemde duyusal karakteristikler, panelistlerin eğitimi ve önceden belirlenmiş tanımlayıcı terimler aracılığıyla sistematik bir şekilde belirlenmiştir. Analizde 9 puanlı bir ölçek kullanılmış olup bu ölçekte 1, en düşük yoğunluğu; 9, en yüksek yoğunluğu temsil etmektedir. Muffin örneklerinin duyusal analizleri, İstanbul Gelişim Üniversitesi'nde önlisans, lisans öğrencileri ile akademisyenlerden oluşan eğitimli 20 panelistin katılımıyla gerçekleştirilmiştir. Panelistlerin yaşları 18 ile 51 arasında değişmektedir. Tüm panelistler gıda alanında eğitim almış veya ilgili alanlarda deneyim sahibi bireylerdir. Kullanılan duyusal değerlendirme formu Ek 1'de verilmiştir. Duyusal analiz koşulları, panelistlerin tarafsızlığını sağlamak amacıyla kontrollü bir ortamda gerçekleştirilmiştir. Örnekler, panelistlere yarım muffin şeklinde sunulmuş, dengeli bir sırayla ve rastgele atama yöntemiyle dağıtılmıştır. Ilık ve filtrelenmiş su damak temizliği için kullanılmış olup her örnek arasında, 30 saniyelik

bekleme süresi uygulanmıştır. Değerlendirme sürecinde tek körleme yöntemi uygulanmış ve örnekler üç haneli kodlarla kodlanmıştır.

2.10. İstatistiksel Analiz

Verilerin istatistiksel analizi IBM SPSS Statistics 25 programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçların anlamlılık düzeyleri %95 güven aralığında değerlendirilmiş olup, gruplar arasındaki farkların belirlenmesinde tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır. Anlamlı fark bulunan durumlarda, farkın hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek amacıyla Tukey testi kullanılmıştır.



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Protein Tayini

Üretilen bezelye proteini ve farklı oranlarda karayemiş ilaveli muffin örneklerinin protein tayini sonuçları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Muffinlerin örneklerine ait protein tayini sonuçları

Örnekler	Toplam Protein Miktarı (%)
Kontrol	7,75±0,14 ^a
CL5	7,59±0,05 ^a
CL10	7,64±0,07 ^a
CL15	7,55±0,05 ^a

Kontrol, CL5, CL10 ve CL15 sırasıyla %0, %5, %10 ve %15 oranında karayemiş ilavesiyle hazırlanmış muffin örneklerini temsil etmektedir.

Aynı sütündeki farklı harfler, gruplar arasındaki istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları göstermektedir (p<0,05).

Deney sonuçlarına göre, kontrol grubunun protein içeriği %7,75 ± 0,14 olarak belirlenmiştir. Karayemiş ilaveli gruplarda ise protein içeriği sırasıyla CL5 grubunda %7.59 ± 0.05, CL10 grubunda %7.64 ± 0.07 ve CL15 grubunda %7.55 ± 0.05 olarak saptanmıştır. Bu değerler incelendiğinde, karayemiş ilavesinin protein içeriği üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark yaratmadığı gözlemlenmiştir.

Topkaya ve Işık (2019) tarafından yürütülen çalışmada, nar kabuğu ilavesiyle protein oranında belirli değişimler kaydedilmiş olsa da, bu değişiklikler istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Gashi vd., (2024) çalışmalarında orman meyvelerinin kurutulup toz haline getirilerek unlara belirli oranlarda ilave edilmesinin, ürüne renk ve antioksidan gibi fonksiyonel özellikler kazandırdığını, ancak protein içeriğini önemli ölçüde değiştirmedığını belirtmişlerdir. Buğday ununun %3, %6 ve %9 oranlarında yaban mersini ilave edildiği muffin çalışmalarında, protein ve yağ gibi temel besin değerlerinde küçük farklılıklar gözlemlense de, esas değişimin fenolik bileşen içeriğinde olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca, düşük ikame oranlarında protein yüzdesindeki azalmaların istatistiksel olarak anlamsız bulunduğu ve bu nedenle literatürde “meyve tozu ilavesi muffinlerin protein oranını önemli ölçüde etkilemedi” şeklinde ifadelerle yer verildiğini belirtmektedirler.

Pecyna ve arkadaşları (2024) yılındaki çalışmalarında, %10'a kadar ahududu posası (kurutulmuş meyve posası) eklenerek üretilen glutensiz ekmeklerde, protein oranının kontrol grubuna kıyasla değişmediğini tespit etmişlerdir ($p>0,05$). Bu sonucun, ikame edilen pirinç ununun protein miktarına yakın bir protein içeriğine sahip olan ahududu posasının kullanılmasına bağlı olduğu belirtilmiştir. Benzer şekilde, Gumul ve arkadaşlarının (2020) yılındaki çalışmalarında, vişne posasının %10 ve %20 oranlarında ilavesiyle üretilen glutensiz ekmekte de protein içeriğinde kontrol ile anlamlı bir fark gözlenmemiştir (kontrol yaklaşık %2,33 protein; 20% posalı örnek %2,55; $p>0,05$). Yüksek posalı örneklerde sadece çok küçük bir artış görülmüş olup bu fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Alshawhi (2024) tarafından yürütülen bir çalışmada, buğday ununun %5, %10, %15 ve %20'si üzüm posası tozu ile ikame edilerek hazırlanan atıştırmalık ürünlerde, protein içeriğinin yaklaşık %12,2–12,4 arasında değiştiği ve kontrol grubuyla arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı belirtilmiştir ($p>0,05$). Bu durumun, üzüm posası tozunun protein içeriğini önemli ölçüde etkilemediğini belirtmektedirler.

Kohajdová vd., (2013) çalışmalarında bezelye ununun kraker bisküvi üretimindeki uygunluğunu araştırmışlardır. Duyusal analiz sonuçlarına göre, %10 oranında bezelye unu içeren karışım unuyla hazırlanan kraker bisküviler, yalnızca buğday unuyla yapılan bisküvilerle karşılaştırıldığında anlamlı bir fark göstermemiştir. Ancak bezelye unu oranının daha da artırılması, ürünlerin aroma, lezzet, sertlik, renk ve genel beğenilirlik gibi özelliklerini olumsuz etkilemiştir.

Yapılan değerlendirmeler sonucunda, karayemiş ve bezelye proteini ilavesinin muffinlerin toplam protein miktarında istatistiksel olarak anlamlı bir değişikliğe yol açmadığı tespit edilmiştir. Bu bulgunun, literatürde benzer protein takviyelerinin ürünlerin besin içeriği üzerindeki etkilerini inceleyen diğer çalışmaların sonuçları ile tutarlı olduğu düşünülmektedir. Öyle ki, meyve posası veya tozu gibi protein oranı nispeten düşük bileşenlerin ikamesiyle yürütülen çalışmalarda, "seyreltme etkisi" nedeniyle protein içeriğinde anlamlı bir artış gözlenmediği sıklıkla rapor edilmiştir (Alshawhi, 2024; Gashi vd., 2024; Pecyna vd., 2024; Topkaya ve Işık, 2019).

Mevcut çalışmada bu seyreltme etkisinin, formülasyona %3 oranında ilave edilen bezelye proteininin temkinli zenginleştirme potansiyeliyle dengelendiği ve

sonuç olarak protein düzeylerinin kontrol grubuyla benzer düzeyde korunduğu değerlendirilmiştir. Bezelye proteininin %3 gibi sınırlı oranlarda kullanılmasına ilişkin temel gerekçenin, daha yüksek protein konsantrasyonlarının ürünün tekstürel ve duyuşal nitelikleri üzerinde oluşturabileceği olumsuz etkilerden kaçınma kaygısı olduğu söylenilebilir. Nitekim, literatürde yüksek oranda bitkisel protein veya lif ilavesinin gluten ağını zayıflatarak sert, yoğun ve düşük gözeneklilikte yapılar meydana getirdiği ve istenmeyen tat profilleri oluşturabildiği sıklıkla rapor edilmektedir (Hrušková vd., 2023; Bianchi vd., 2022). Bu bağlamda, duyuşal kabul edilebilirliğin sürdürülmesi amacıyla daha ihtiyatlı bir zenginleştirme düzeyinin benimsenmesi tercih edilmiştir.

Öte yandan, bezelye proteini ilavesinin, toplam protein düzeyini değiştirmese de lösin, lizin ve arginin başta olmak üzere esansiyel amino asitlerin oranını artırarak ürünün biyolojik değerini anlamlı ölçüde iyileştirdiği düşünülmektedir (Kohajdová vd., 2013). Gelecek çalışmalarda, yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) tabanlı amino asit analizleri ile in vitro sindirilebilirlik testlerinin yürütülmesi; ayrıca farklı katkı oranlarının protein kalitesi ve fonksiyonel özellikler üzerindeki etkilerinin incelenmesi önerilmektedir. Bu yaklaşımların, hem besin profili dengesinin hem de duyuşal kabul edilebilirliğin eş zamanlı değerlendirilmesine imkân tanıyacağı öngörülmektedir.

3.2. Toplam Karbonhidrat Tayini

Geliştirilen muffin formülasyonlarının besinsel kompozisyonu kapsamında, toplam karbonhidrat içeriği üzerindeki değişimler fark yöntemiyle hesaplanmış ve elde edilen bulgular, karayemiş ilavesinin bu makro besin ögesi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Fırıncılık ürünleri, küresel diyetlerde önemli bir karbonhidrat kaynağı teşkil etmekle birlikte, bu ürünlerin yüksek glisemik potansiyeli, obezite ve ilişkili metabolik sendromlar gibi halk sağlığı sorunları bağlamında endişelere yol açmaktadır (WHO, 2019). Bu nedenle, geleneksel tariflerin besinsel profilini iyileştirmeye yönelik stratejiler, fonksiyonel gıda geliştirme çalışmalarının merkezinde yer almaktadır (Day vd., 2009). Bu kapsamda, geliştirilen muffin örneklerinin toplam karbonhidrat içerikleri analiz edilmiş olup, elde edilen bulgular Tablo 3'te sunulmuştur.

Sonuçlara göre, kontrol grubuna ait muffinlerin toplam karbonhidrat içeriği %50,15 olarak tespit edilirken, artan oranlarda karayemiş ikamesiyle bu değerin miktara bağlı şekilde azaldığı ve %15 karayemiş içeren formülasyonda (CL15) %45,09 seviyesine gerilediği saptanmıştır. Gruplar arasındaki bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olması, karayemiş ilavesinin ürünün temel besin kompozisyonunu etkili bir şekilde modifiye ettiğini ortaya koymaktadır.

Muffin örneklerinde gerçekleştirilen toplam karbonhidrat tayini sonuçları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Muffinlerin toplam karbonhidrat miktarı

Örnekler	Toplam Karbonhidrat Miktarı (%)
Kontrol	50,15±0,2 ^a
CL5	49,39±0,4 ^b
CL10	47,71±0,16 ^c
CL15	45,09±0,28 ^d

Kontrol, CL5, CL10 ve CL15 sırasıyla %0, %5, %10 ve %15 oranında karayemiş ilavesiyle hazırlanmış muffin örneklerini temsil etmektedir.

Aynı sütundaki farklı harfler, gruplar arasındaki istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları göstermektedir ($p<0,05$).

Gözlemlenen bu düşüşün altında yatan sebebin, formülasyondaki bileşenlerin kompozisyonel farklılıklarından kaynaklanan seyreltme etkisi olduğu düşünülmektedir. Muffinlerin ana bileşeni olan buğday unu, yaklaşık %70-72 oranında karbonhidrat (büyük ölçüde nişasta) içermektedir (Zhang, Liu, Shen, Chen, He ve Liu, 2022). Buna karşılık, ikame malzemesi olarak kullanılan karayemiş meyvesine ait karbonhidrat içeriğinin %14-20 aralığında olduğu bilinmektedir (Alasalvar ve Chang, 2020). Dolayısıyla, yüksek karbonhidrat içeriğine sahip unun, daha düşük karbonhidrat ve yüksek nem içeriğine sahip karayemiş meyvesi ile yer değiştirmesi, nihai ürünün birim ağırlığındaki toplam karbonhidrat yüzdesini oransal olarak azaltmıştır. Bu durum, nem analizi sonuçlarıyla da desteklenmektedir; karayemiş ilavesiyle ürünlerin nem içeriğinin %26,07'den %33,88'e yükseldiği görülmüştür. Bu bulgunun, literatürdeki benzer çalışmalarla tutarlı olduğu saptanmıştır. Öyle ki, meyve posaları veya pürelerinin fırıncılık ürünlerine eklenmesiyle yürütülen birçok araştırmada, benzer bir seyreltme etkisiyle toplam karbonhidrat miktarında düşüşler rapor edilmiştir. Örneğin, frenk üzümü dolgulu çöreklerde (Kirtaeva ve Martynova, 2021) ve yaban mersini ilaveli bisküvilerde (Aksoylu, 2012) karbonhidrat oranının azaldığı bildirilmiştir. Benzer şekilde, geri dönüştürülmüş ayçiçeği çekirdeği unu gibi

lifli bileşenlerin de ikame edildikleri ürünlerde karbonhidrat oranını düşürdüğü tespit edilmiştir (Grasso vd., 2019).

Toplam karbonhidrat içeriğinde belirlenen niceliksel azalma önem taşımakla birlikte, karbonhidrat profilindeki niteliksel değişim de dikkat çekmektedir. Toplam karbonhidrat miktarı, fark yöntemiyle hesaplandığından, sindirilebilir karbonhidratlar (nişasta ve şekerler) ile sindirilemeyen karbonhidrat fraksiyonları (diyet lifleri) birlikte değerlendirilmektedir (Grasso vd., 2019).

Alasalvar ve Chang (2020), karayemiş meyvesindeki diyet lifi içeriğinin tür ve olgunluk seviyesine göre %1,61 ile %4,02 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Diyet lifleri, sindirim sisteminde çözünmeden kalan karbonhidrat fraksiyonlarını ifade etmekte olup, özellikle glisemik yanıtın modülasyonu ve tokluk hissinin uzatılması gibi fizyolojik etkileri sebebiyle fonksiyonel gıdaların önemli bileşenleri olarak değerlendirilmektedir (Mudgil ve Barak, 2013).

Kirtaeva ve Martynova (2021) meyve ve orman meyveli dolgulu çörekler ürettikleri çalışmalarında, frenk üzümü meyvesinin hem tek başına hem de elma ve armut meyveleriyle birlikte dolgu malzemesi olarak kullanıldığında ürünün karbonhidrat içeriğini azalttığını tespit etmişlerdir.

Aksoylu (2012) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, tatlı bisküviye yaban mersini ilavesiyle bisküvilerin nem, kül, yağ ve lif miktarında artış, protein ve karbonhidrat miktarında ise azalma; haşhaş tohumunun ilave edilmesiyle bisküvilerin kül, protein, yağ ve lif miktarında artış, nem ve karbonhidrat miktarında ise azalma tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, karayemiş ilavesinin, muffinlerin karbonhidrat içeriğinde yalnızca niceliksel bir azalmaya neden olmakla kalmayıp, aynı zamanda beslenme kalitesini olumlu yönde etkileyebilecek niteliksel bir değişime de yol açtığı tespit edilmiştir. Elde edilen bu bulgu, sağlıklı yaşam tarzını benimseyen tüketiciler arasında düşük karbonhidrat içerikli fonksiyonel gıdalara yönelik artan talebin bilindiği günümüz pazar koşullarında özellikle önem arz etmektedir. Bu bağlamda, karayemiş ile zenginleştirilmiş muffinlerin, düşük karbonhidratlı diyetleri takip eden bireyler için potansiyel bir alternatif oluşturabileceği ve bu özelliğinin, ürünün pazar değerini artırmada etkili olabileceği değerlendirilmektedir (Zbikowska, Lukasiak, Kowalska, Lukasiak, Kozłowska ve Marciniak-Lukasiak, 2024).

3.3. Nem Tayini

Üretilen muffinlerin ölçülen nem değerleri Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Muffinlerin nem değerleri

Örnekler	Nem Miktarı (%)
Kontrol	26,07 ± 0,30 ^a
CL5	27,47 ± 0,49 ^b
CL10	30,67 ± 0,29 ^c
CL15	33,88 ± 0,49 ^d

Kontrol, CL5, CL10 ve CL15 sırasıyla %0, %5, %10 ve %15 oranında karayemiş ilavesiyle hazırlanmış muffin örneklerini temsil etmektedir.

Aynı sütundaki farklı harfler, gruplar arasındaki istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları göstermektedir ($p<0,05$).

Üretilen kontrol muffin örneklerinde ortalama %26,07 nem tespit edilmiştir. Karayemiş miktarındaki artışa bağlı olarak nem oranı %33,88 seviyesine ulaşmıştır. Bu sonuçlar, karayemiş ve bezelye proteini ilavesiyle hazırlanan muffin formülasyonlarında nem miktarının kademeli olarak arttığını göstermektedir. Yapılan varyans analizi sonucunda, gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).

Gashi ve arkadaşları (2024) çalışmalarında, yaban mersini ve kıvılcık tozları ile zenginleştirilmiş muffinler üretmişler ve %6 yaban mersini, %3 kıvılcık, %6 kıvılcık ve %9 kıvılcık içeren numunelerin, kontrol grubuna kıyasla anlamlı derecede daha yüksek nem değerine sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Brigagão vd., (2021) ananas kabuğu, muz kabuğu ve kabak çekirdeği unları kullanılarak yapılan glutensiz muffinlerin optimizasyonu üzerine gerçekleştirdikleri çalışmada, ananas kabuğu unu ve muz kabuğu ununun muffinlerin nem içeriğini artırdığı, buna karşın kabak çekirdeği ununun kullanıldığı formülasyonda nem içeriğinin daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Yeşilkanat ve Savlak (2021) çalışmalarında, hurma tozu ilavesiyle ürettikleri glutensiz keklerde, ilave oranı arttıkça nem içeriğinin arttığını tespit etmişlerdir ve bu artışın temel nedeninin hurma tozunun içerdiği diyet lifinin yüksek su bağlama kapasitesi olabileceğini belirtmişlerdir. Çalışmada, diyet lifinin su tutma özelliğinin kekin yapısal bütünlüğü ve nem dengesine katkı sağlayarak, kekin daha nemli ve yumuşak bir dokuya sahip olmasına yardımcı olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca, pişirme

sırasında daha düşük şeker içeriği nedeniyle kekin kabarma kapasitesinin azalmasının, suyun buharlaşmasını sınırlayarak kekin daha fazla nem tutmasına yol açabileceği belirtilmiştir.

Vivienne ve arkadaşları (2016) çalışmalarında, olgunlaşmış ve olgunlaşmamış muz unlarının nem içeriğini sırasıyla %18,48 ve %20,43 olarak belirlemişlerdir. Olgunlaşmamış muz unu, olgunlaşmış muz ununa göre daha fazla nem içerdiği, bu durumun muzun olgunlaşma sürecindeki su kaybından kaynaklanabileceği, yüksek nem oranının unun su tutma kapasitesini etkileyerek, ürünlerin dokusal özelliklerinde değişikliklere yol açtığını tespit etmişlerdir. Buğday unu ile kıyaslandığında, muz unlarının daha yüksek nem içeriğine sahip olmasının, özellikle glutensiz unlar kullanılarak yapılan fırın ürünlerinin nem dengesinin korunmasına yardımcı olabileceğini belirtmişlerdir.

Bala vd., (2018) çalışmaları kapsamında ürettikleri kontrol grubu muffinlerin düşük nem içeriğine (%21,44) sahip olduğunu, soya protein izolatu ve kaliteli protein mısırı kullanılarak üretilen muffinlerinin ise en yüksek nem içeriğine (%24,96) sahip olduğunu ve buğday bazlı muffinlerin nem içeriğinin %25,95 olduğunu tespit etmişlerdir.

Çalışmada elde edilen bulgular, karayemiş ve bezelye proteini ilavesinin muffinlerin nem içeriğini istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artırdığını göstermektedir. Kontrol grubunda %26,07 olarak ölçülen nem oranı, karayemiş takviyesiyle %33,88 seviyesine yükselmiştir. Bu sonuç, literatürdeki benzer çalışmalarla tutarlılık arz etmektedir. Nitekim, yaban mersini ve kızcılık tozu (Gashi vd., 2024), ananas ve muz kabuğu unu (Brigagão vd., 2021) ve hurma tozu (Yeşilkanat ve Savlak, 2021) gibi meyve bazlı ve yüksek lifli bileşenlerin kullanıldığı çalışmalarda da unlu mamullerin nem içeriğinde artış rapor edilmiştir. Bu artışın altında yatan temel mekanizmanın, karayemişin bünyesinde bulunan diyet lifinin yüksek su tutma kapasitesi olduğu düşünülmektedir. Lif molekülleri, hamur matriksi içinde suyu bağlayarak pişirme sırasındaki buharlaşmayı sınırlar ve nihai ürünün daha nemli kalmasını sağlar (Yeşilkanat ve Savlak, 2021). Ayrıca, formülasyona eklenen proteinlerin de (soya proteini izolatu gibi) su bağlama özellikleri sayesinde nemi artırdığı bilinmektedir (Bala vd., 2018). Dolayısıyla, karayemiş ilavesiyle gözlenen nem artışı; daha yumuşak, daha taze ve arzu edilen bir doku profili oluşturarak tüketici

kabulünü olumlu yönde etkileme potansiyeline sahip önemli bir fonksiyonel özellik olarak öne çıkmaktadır.

3.4. Renk Analizi

Muffin örneklerinde yapılan renk analizi sonuçları aşağıdaki Tablo 5'te verilmektedir.

Tablo 5. Muffinlerin renk analizi sonuçları

Örnekler	L*	a*	b*
Kontrol	69,86 ± 0,36 ^d	-3,06 ± 0,26 ^d	26,42 ± 0,37 ^c
CL5	63,31 ± 0,30 ^c	-0,32 ± 0,26 ^c	19,14 ± 0,37 ^b
CL10	57,42 ± 0,30 ^b	1,93 ± 0,26 ^b	18,93 ± 0,37 ^b
CL15	47,01 ± 0,30 ^a	2,83 ± 0,26 ^a	16,25 ± 0,37 ^a

Kontrol, CL5, CL10 ve CL15 sırasıyla %0, %5, %10 ve %15 oranında karayemiş ilavesiyle hazırlanmış muffin örneklerini temsil etmektedir.

Aynı sütundaki farklı harfler, gruplar arasındaki istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları göstermektedir (p<0,05).

L* değerinin yüksek olduğu (69,86) ve daha açık renk tonuna sahip olduğu gözlemlenmiştir. Karayemiş ilavesiyle birlikte L* değerlerinde belirgin bir düşüş meydana gelmiş olup, %15 ilaveli örneklerde bu değer %47,01'e kadar gerilemiştir. Bu durum, muffinlerin renginin koyulaştığını ve katkı oranı arttıkça daha yoğun bir renk değişimi meydana geldiğini göstermektedir. Ürünlerin L* değerlerindeki değişimin karayemiş ilavesiyle birlikte istatistiksel olarak anlamlı bir fark yarattığı belirlenmiştir (p<0,05).

a* değerleri incelendiğinde, kontrol grubunda -3,06 gibi negatif bir değerle başlayan bu parametrenin, karayemiş ilavesiyle birlikte pozitif değerlere yükseldiği ve kırmızılık tonunun arttığı tespit edilmiştir. Özellikle %15 ilaveli örneklerde a değeri 2,83* olarak ölçülmüştür. a* değerinde karayemiş ilavesinin istatistiksel olarak anlamlı bir fark yarattığı saptanmıştır (p<0,05).

b* değerleri ise kontrol grubunda 26,42 gibi yüksek bir seviyede bulunurken, karayemiş ilavesiyle birlikte kademeli olarak düşüş göstermiş ve %15 ilaveli örneklerde 16,25'e kadar gerilemiştir. Bu durum, muffin örneklerinde sarılık tonunda azalmaya işaret etmektedir. Karayemiş ilavesiyle birlikte b* değerlerinde de istatistiksel olarak anlamlı bir azalma gözlemlenmiştir (p<0,05).

Karayemiş ilavesi muffinlerin rengine koyulaşmaya neden olmuş; özellikle %10 ve %15 oranlarında bu değişim daha belirgin hale gelmiştir. L^* ve b^* değerlerinde gözlemlenen düşüşler, beyazlık ve sarılık tonunun azaldığını; a^* değerindeki artış ise kırmızılık tonunun belirginleştiğini ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, karayemiş ilavesinin muffinlerin renk özelliklerini hem görsel hem de istatistiki olarak anlamlı düzeyde etkilediğini göstermektedir.

Topkaya ve Işık (2019) tarafından yapılan çalışmada, nar kabuğu tozu eklenen keklerin renk ölçüm sonuçlarına göre, nar kabuğu tozu miktarı arttıkça keklerin L aydınlık değerinin kontrol grubuna kıyasla azaldığını, a kırmızılık ve b sarılık değerlerinin de azaldığını belirlemişlerdir. Bu azalmaların istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) olduğunu saptamışlardır.

Brigagão ve arkadaşlarının (2021) ananas kabuğu, muz kabuğu ve kabak çekirdeği unları kullanılarak üretilen glutensiz muffinlerin optimizasyonu üzerine gerçekleştirdikleri çalışmada, ananas kabuğu unu içeren muffinlerin daha düşük L^* değerleriyle daha koyu renkli olduğunu, muz kabuğu unu eklenmesinin ise muffinlerin daha açık renkli olmasına yol açtığını tespit etmişlerdir. Ananas kabuğu unu konsantrasyonunun artmasının, muffinlerin daha düşük hue açısı ve daha az renk doygunluğu ile sonuçlandığını, muz kabuğu unu eklenmesinin ise muffinlere daha sarımsı bir ton ve daha yüksek renk yoğunluğu kazandırdığını belirlemişlerdir.

Gashi vd., (2024) yaban mersini ve kıızılcık tozları ile zenginleştirilmiş muffinler ile gerçekleştirdikleri çalışmalarında, yaban mersini ve kıızılcık tozlarının muffinlere eklenmesinin renk parametrelerinde önemli değişikliklere yol açtığını tespit etmişlerdir. Özellikle, daha fazla yaban mersini ve kıızılcık tozu eklenmesiyle muffinlerin kabuklarındaki aydınlık değerinin (L^*) anlamlı derecede azaldığını, kırmızılık (a^*) değerinin arttığını gözlemlemişler ve sarılık (b^*) değerinin ise %0'dan %6'ya kadar olan ekstrakt eklenmesiyle azaldığını, ancak %6 ve %9 arasında ise belirgin bir farkın gözlemlenemediğini belirtmişlerdir. Yaban mersini ve kıızılcık tozları ile zenginleştirilmiş muffinlerin iç kısmındaki renk değişimlerinin de benzer şekilde, eklenen tozların miktarına bağlı olarak belirginleştiğini tespit etmişlerdir. Antosiyaninlerin bu renk değişimlerinde etkili olduğunu, çünkü bu doğal pigmentlerin kırmızıdan maviye kadar canlı renkler sunduğunu ve muffinlere eklendiklerinde diğer bileşenlerle etkileşime girerek pişirme sırasında renk özelliklerinde değişikliklere yol açtığını belirtmişlerdir.

Elde edilen bulgular, karayemiş ilavesinin muffinlerin renk parametreleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve doza bağımlı bir etki oluşturduğunu göstermektedir. L* (aydınlık) ve b* (sarılık/mavilik) değerlerindeki düşüş ile a* (kırmızılık/yeşillik) değerindeki artışın nedeninin; karayemişin doğal bileşiminde yer alan siyanidin-3-glukozit gibi antosiyanin bileşiklerinin, pişirme sırasında meydana gelen Maillard reaksiyonları ve karamelizasyon süreçleriyle kimyasal etkileşime girmesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Tobolka, Škorpilová, Beňo, Podskalská ve Rajchl, 2024). Ayrıca, ısı işlem sırasında antosiyanin moleküllerinin uğrayabileceği yapısal dönüşümlerin ve potansiyel kompleks oluşumlarının da bu nihai renk profilini şekillendiren temel mekanizmalar arasında yer alabileceği değerlendirilmektedir (Patras, Brunton, O'Donnell ve Tiwari, 2010). Öte yandan, elde edilen çalışma sonuçları, antosiyanin açısından zengin diğer meyve tozlarıyla gerçekleştirilen önceki araştırmalarla uyumludur ve karayemişin unlu mamuller üzerinde öngörülebilir renk değişimleri sağlayabilecek potansiyeline işaret etmektedir.

3.5. Tekstür Analizi

Muffinlerin tekstür değerleri, muffinlerin dokusal yapısını ortaya koymak amacıyla Tablo 6'da ayrıntılı olarak verilmiştir.

Tablo 6. Muffinlerin tekstür değerleri

Parametreler	Kontrol	CL5	CL10	CL15
Sertlik (g)	445,14±24,75 ^a	616,79±19,47 ^b	679,31±33,49 ^c	828,05±12,24 ^d
Elastikiyet (mm)	0,516 ± 0,025 ^c	0,387 ± 0,014 ^a	0,479 ± 0,029 ^{bc}	0,464 ± 0,002 ^b
Koheziflik (Birimsiz)	0,236 ± 0,010 ^c	0,132 ± 0,017 ^a	0,172 ± 0,004 ^b	0,181 ± 0,007 ^b
Çiğnenebilirlik (g.mm)	64,31±5,60 ^c	37,16±8,63 ^a	47,08±2,58 ^{ab}	66,70±3,20 ^c
Sakızimsılık (g)	107,65±15,39 ^b	83,42±10,11 ^a	106,54±12,77 ^b	145,36±4,68 ^c
Esneklik (Birimsiz)	0,0848 ± 0,0047 ^c	0,0500 ± 0,0051 ^a	0,0682 ± 0,0030 ^b	0,0738 ± 0,0032 ^b

Kontrol, CL5, CL10 ve CL15 sırasıyla %0, %5, %10 ve %15 oranında karayemiş ilavesiyle hazırlanmış muffin örneklerini temsil etmektedir.

Aynı satırdaki farklı harfler, gruplar arasındaki istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları göstermektedir (p<0,05).

Sertlik parametresi değerlendirildiğinde, karayemiş ilave oranının artmasıyla birlikte muffinlerin sertlik değerlerinde anlamlı bir artış görülmektedir. Kontrol grubunda ortalama sertlik 445,14 g iken, bu değer %5 karayemiş ilaveli grupta 616,79 g, %10 ilaveli grupta 679,31 g ve %15 ilaveli grupta ise 828,05 g'ye

yükselmiştir. Tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları, gruplar arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir ($p<0,001$). Ayrıca Levene testi varyansların homojen olduğunu doğrulamıştır ($p>0,05$). Tukey HSD testi sonuçlarına göre, kontrol grubuyla tüm karayemiş ilaveli gruplar arasında anlamlı farklar saptanmıştır ($p<0,05$). %15 ilaveli gruptaki sertlik değeri, diğer gruplardan istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur. Karayemişin içerdiği lif ve fenolik bileşiklerin muffinlerde sert ve dirençli bir yapı oluşmasına neden olduğu düşünülmektedir.

Kontrol grubuna ait örneklerde ortalama elastikiyet değeri 0,52 mm olarak ölçülmüş; bu değer %5 ilave edilen grupta 0,39 mm'ye düşmüştür. %10 ve %15 karayemiş ilaveli gruplarda elastikiyet değerleri sırasıyla 0,48 mm ve 0,46 mm olarak kaydedilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre gruplar arasında elastikiyet açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar mevcuttur ($p<0,001$). Levene testi varyans homojenliğini doğrulamıştır ($p>0,05$). Tukey testi bulguları, %5 ilaveli grubun hem kontrol grubundan hem de %10 ve %15 gruplarından anlamlı düzeyde farklı olduğunu ortaya koymuştur ($p<0,01$). Ancak %10 ve %15 grupları ile kontrol grubu arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p>0,05$). Analiz sonuçları, düşük oranda karayemiş ilavesinin muffinlerde elastikiyeti olumsuz etkilediğini; ancak artan oranlarda bu etkinin azaldığını ve elastikiyetin kısmen yeniden sağlandığını göstermektedir.

Koheziflik analizinde, kontrol grubunun ortalama değeri 0,24 olarak belirlenmiştir. %5 ilaveli grupta bu değer 0,13'e düşerken, %10 ve %15 gruplarında sırasıyla 0,17 ve 0,18 olarak ölçülmüştür. ANOVA sonuçları gruplar arasında anlamlı farklılıklar olduğunu göstermektedir ($p<0,001$) ve Levene testi varyans homojenliğini doğrulamıştır ($p>0,05$). Tukey HSD testi kontrol grubunun tüm ilaveli gruplardan anlamlı düzeyde farklı olduğunu göstermektedir ($p<0,001$). %5 grubu, hem %10 hem de %15 gruplarından da anlamlı biçimde farklıdır ($p<0,01$). Ancak %10 ve %15 grupları arasında anlamlı fark saptanmamıştır ($p>0,05$). Sonuçlar, düşük oranda karayemiş ilavesinin kohezifliği zayıflattığını; daha yüksek oranlarda ise ürünün yapısal bütünlüğünün kısmen geri kazanıldığını göstermektedir.

Çıgnenebilirlik analizinde, kontrol grubunda ortalama değer 64,31 g.mm iken, %5 ilaveli grupta bu değer 37,16 g.mm'ye düşmüştür. %10 ve %15 gruplarında çıgnenebilirlik değerleri sırasıyla 47,08 g.mm ve 66,70 g.mm olarak tespit edilmiştir.

ANOVA sonuçlarına göre gruplar arasında anlamlı fark vardır ($p<0,001$), ve Levene testi homojenlik varsayımını karşılamaktadır ($p>0,05$). Tukey testi, %5 ilaveli grubun kontrol ve %15 ilaveli gruplardan anlamlı düzeyde düşük çiğnenebilirlik gösterdiğini ($p=0,001$), %10 ilaveli grubun da kontrol ve %15 gruplarından anlamlı farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur ($p<0,05$). Ancak kontrol ile %15 ilaveli grup arasında anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p=0,950$). Bu sonuçlar, düşük düzeyde karayemiş ilavesinin çiğnenebilirliği olumsuz etkileyebileceğini göstermektedir.

Kontrol grubu 107,65 g değeriyle en yüksek sakızimsılık değerine sahiptir. %5 ilave edilen grupta bu değer 83,42 g'ye düşerken, %10 ilaveli grupta 106,54 g ve %15 ilaveli grupta 145,36 g olarak ölçülmüştür. ANOVA analizine göre gruplar arasında anlamlı fark vardır ($p<0,001$), Levene testi ise homojenliği doğrulamaktadır ($p>0,05$). Özellikle %15 karayemiş ilaveli grup, tüm diğer gruplardan anlamlı şekilde farklılık göstermektedir ($p<0,05$). %10 ve kontrol grupları arasında anlamlı fark bulunmamıştır ($p=0,999$). Analiz sonuçları, yüksek oranlı karayemiş ilavesinin sakızimsılığı artırdığını, bu etkinin özellikle %15 ilaveli grupta daha belirgin olduğunu göstermektedir.

Esneklik parametresinde, kontrol grubundaki ortalama değer 0,0848 iken, %5 karayemiş ilaveli grupta bu değer 0,05'e düşmüştür. %10 ve %15 gruplarında ise esneklik değerleri sırasıyla 0,0682 ve 0,0738 olarak belirlenmiştir. ANOVA sonuçları bu farkların anlamlı olduğunu göstermektedir ($p<0,001$), Levene testi de homojenlik varsayımını sağlamaktadır ($p>0,05$). Tukey testi sonuçlarına göre, %5 grubunun tüm diğer gruplardan istatistiksel olarak farklı olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). %10 ve %15 grupları arasında fark görülmezken ($p=0,382$), bu gruplar kontrol grubuna göre daha düşük esnekliğe sahiptir. Ancak %15 grubunda sonuçlar, esnekliğin yeniden kontrol seviyesine yaklaştığını göstermektedir.

Mashau ve arkadaşları (2022) çalışmalarında, buğday ununun iki farklı ham muz unu çeşidiyle değiştirilmesinin gevrek bisküvilerin doku özellikleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Elde ettikleri bulgular, buğday unu yerine ham muz unu eklenen bisküvilerin, kontrol örneğine kıyasla daha sert olduğu yönündedir. Özellikle %10 oranında Mabonde (bir ham muz türü) çeşidiyle zenginleştirilen örneklerde sertlikte %37'ye varan bir artış gözlemlenmiştir. Ayrıca ham muz unu içeren bisküvilerin, kontrol grubuna göre daha yüksek kırılabilirlik değerleri gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Yapılan tekstür analizleri, muffin formülasyonlarına eklenen karayemişin (*Prunus laurocerasus* L.) ürünlerin fiziksel karakteristiklerini istatistiksel olarak anlamlı biçimde değiştirdiğini ortaya koymuştur. Özellikle %15 oranındaki karayemiş ilavesi ile sertlik, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik parametrelerinde kayda değer artışlar tespit edilmiş; bu bulgular, karayemişin muffinlerin dokusal yapısını daha yoğun ve dirençli hale getirdiğine işaret etmektedir. Buna karşın, düşük oranlarda karayemiş ilavesinin elastikiyet, koheziflik ve esneklik parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı azalmalara yol açtığı görülmüştür.

Karayemiş miktarındaki artışla birlikte tekstürel parametrelerde çeşitli değişimler gözlenmiş; özellikle ürün sertliğinde dikkate değer bir artış meydana gelmiş, ancak koheziflikte daha kısıtlı değişimler ortaya çıkmıştır. Bu gözlemler, karayemişin içerdiği diyet lifi, fenolik bileşikler ve diğer biyolojik aktif bileşenlerin, pişirme sürecinde protein ve nişasta etkileşimleri üzerinde muhtemel bir modifiye edici etkisi olduğunu düşündürmektedir.

3.6. Spektrofotometrik Analiz Sonuçları

Araştırma kapsamında geliştirilen muffin keklerin kimyasal özelliklerinin belirlenmesine yönelik olarak yapılan analizler, toplam fenolik madde miktarının tayini ve antioksidan kapasitenin ölçülmesine ilişkin ABTS ve DPPH yöntemleri ile gerçekleştirilen toplam antioksidan aktivite tayinini içermektedir. Her iki yöntemle elde edilen veriler, muffinlerin antioksidan kapasitesi açısından değerlendirilmesine imkan sağlamıştır.

3.6.1. Toplam Fenolik Madde Tayini

Araştırma kapsamında üretilen muffinlerin ölçülen toplam fenolik madde miktarları Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Muffinlerin toplam fenolik madde değerleri

Örnekler	Toplam Fenolik Madde (mg GAE/kg)
Kontrol	973,85 ± 20,86 ^a
CL5	1734,64 ± 14,62 ^b
CL10	1966,52 ± 18,39 ^c
CL15	2195,59 ± 21,61 ^d

Kontrol, CL5, CL10 ve CL15 sırasıyla %0, %5, %10 ve %15 oranında karayemiş ilavesiyle hazırlanmış muffin örneklerini temsil etmektedir.

Aynı sütundaki farklı harfler, gruplar arasındaki istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları göstermektedir (p<0,05).

Farklı oranlarda karayemiş (*Prunus laurocerasus* L.) ilavesiyle hazırlanan muffin örneklerinin toplam fenolik madde (TPC) içerikleri incelendiğinde, karayemiş oranındaki artışa bağlı olarak TPC düzeylerinde anlamlı bir yükseliş gözlemlenmiştir. Kontrol grubundaki muffinlerin ortalama TPC değeri 973,85 mg GAE/kg olarak belirlenmiş; bu değer, %5 karayemiş ve %3 bitki bazlı protein ilaveli grupta 1734,64 mg GAE/kg, %10 ilaveli grupta 1966,52 mg GAE/kg ve %15 ilaveli grupta 2195,59 mg GAE/kg seviyesine ulaşmıştır.

Yapılan Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) sonucunda, gruplar arasında toplam fenolik madde miktarları açısından istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu belirlenmiştir (p<0,001). Levene testi sonuçları varyansların homojen olduğunu ortaya koymuş ve bu durum ANOVA testinin güvenilirliğini desteklemiştir (p>0,05). Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi bulgularına göre, kontrol grubundaki TPC değeri karayemiş ilavesi yapılan tüm gruplara kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde düşük bulunmuştur (p<0,05). Ayrıca karayemiş oranı arttıkça gruplar arasında da anlamlı farklılıklar belirlenmiştir.

Gashi ve arkadaşları (2024) çalışmalarında orman meyvelerinin kurutulup toz haline getirilerek unlara belirli oranlarda ilave edilmesinin, ürüne renk ve antioksidan gibi fonksiyonel özellikler kazandırdığı, ancak protein içeriğini önemli ölçüde değiştirmedeği belirtilmiştir. Örneğin, buğday ununun %3, %6 ve %9 oranlarında yaban mersini tozu veya turna yemişi tozu ile ikame edildiği muffin çalışmalarında, protein ve yağ gibi temel besin değerlerinde küçük farklılıklar gözlense de esas

değişimin fenolik bileşen içeriğinde olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca, düşük ikame oranlarında protein yüzdesindeki azalmaların istatistiksel olarak anlamsız bulunduğu ve bu nedenle literatürde “meyve tozu ilavesi muffinlerin protein oranını önemli ölçüde etkilemedi” şeklinde ifadeler yer verildiği belirtilmektedir. Örneğin, %5–10 oranında kara üzüm posası eklenen keklerde protein miktarında kontrol grubu ile anlamlı bir fark rapor edilmemiş, aynı zamanda artış da gözlenmediği belirtilmiştir.

Alshaw (2024) yılındaki çalışmasında, buğday ununun %5, %10, %15 ve %20 oranlarında üzüm posası tozu ile ikame edilmesiyle hazırlanan kompozit un ve atıştırmalık ürünlerde toplam fenolik madde içeriğinde anlamlı artışlar gözlemlendiğini belirtmiştir. Fenolik madde miktarındaki bu artışa paralel olarak, ürünlerin antioksidan kapasitelerinde de yükselme olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bulguları, üzüm posası tozunun fenolik bileşikler yönünden zengin bir içerik sunduğu ve bu özelliğiyle geliştirilen ürünlerin fonksiyonel özelliklerini destekleyebileceği yönünde yorumlamıştır.

Yapılan analizler neticesinde, muffin formülasyonuna dahil edilen karayemişin (*Prunus laurocerasus* L.) toplam fenolik madde (TPC) miktarını istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artırdığı tespit edilmiştir. Kontrol grubuyla karşılaştırıldığında, karayemiş ilave oranındaki artışa paralel olarak TPC değerlerinde karayemiş miktarına bağımlı bir yükseliş gözlenmiştir. Bu artış, özellikle %15 konsantrasyonunda karayemiş içeren muffin numunelerinde en yüksek seviyeye ulaşmış; bu durum, karayemişin doğal fenolik bileşenlerinin ürün matrisine etkin bir biçimde aktarıldığını ortaya koymuştur.

3.6.2. Antioksidan Kapasite Analizi

Araştırma kapsamında üretilen muffinlerin ölçülen DPPH ve ABTS antioksidan aktivite miktarları Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Muffinlerin antioksidan kapasiteleri

Örnekler	DPPH (μM Trolox)	ABTS (μM Trolox)
Kontrol	432,66 $\pm$ 51,20 ^a	990,97 $\pm$ 27,34 ^a
CL5	1212,80 $\pm$ 82,89 ^b	1528,55 $\pm$ 41,75 ^b
CL10	1653,57 $\pm$ 90,19 ^c	2047,90 $\pm$ 56,90 ^c
CL15	1986,55 $\pm$ 66,98 ^d	2312,14 $\pm$ 63,13 ^d

Kontrol, CL5, CL10 ve CL15 sırasıyla %0, %5, %10 ve %15 oranında karayemiş ilavesiyle hazırlanmış muffin örneklerini temsil etmektedir.

Aynı sütundaki farklı harfler, gruplar arasındaki istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları göstermektedir ($p<0,05$).

Kontrol grubunda yer alan muffinlerin DPPH ile ölçülen antioksidan aktivite değeri 432,66 μM Trolox, ABTS ile ölçülen değerleri ise 990,97 μM Trolox olarak tespit edilmiştir. Karayemiş ilave edilen örneklerde ise her iki yönetime göre de antioksidan aktivite değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir artış gözlemlenmiştir. %15 karayemiş içeren örneklerde DPPH değeri ortalama 1986,55 μM Trolox, ABTS değeri ise ortalama 2312,14 μM Trolox olarak tespit edilmiştir.

DPPH analizine ilişkin Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) sonuçları, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunduğunu ortaya koymuştur ($p<0,001$). Levene testi sonuçları varyansların homojenliğini teyit etmektedir ($p>0,05$). Tukey HSD çoklu karşılaştırma testine göre, kontrol grubu ile %5, %10 ve %15 karayemiş ilaveli gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklılıklar mevcuttur ($p<0,001$). En yüksek fark, kontrol ile %15 ilave grubu arasında olup yaklaşık 1553,89 μM Trolox seviyesindedir. Karayemişin, serbest radikalleri giderme kapasitesi üzerinde önemli ve doz bağımlı bir etkiye sahip olduğu düşünülmektedir.

ABTS analizine ilişkin ANOVA sonuçları da gruplar arasında anlamlı farklılıklar olduğunu göstermiştir ($p<0,001$). Levene testi varyans homojenliğini doğrulamış ve Tukey HSD testi sonuçlarına göre tüm gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar saptanmıştır. Karayemiş ilavesi arttıkça ABTS ile ölçülen toplam antioksidan kapasitenin anlamlı düzeyde yükseldiği tespit edilmiştir. Özellikle %15

karayemiş içeren muffin örneklerinin, tüm gruplardan anlamlı düzeyde yüksek ABTS değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Işık vd., (2017) çalışmalarında yaban mersini ilaveli muffin örneklerinin toplam antioksidan aktivite kapasitelerini incelemişler ve artan yaban mersini miktarının toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivite üzerinde anlamlı etkiler yarattığını tespit etmişlerdir ($p<0,05$). Çalışmada, %8, %16 ve %24 oranlarında yaban mersini ilave edilen keklerin toplam fenolik madde içeriklerinin, kontrol kek örneğine göre sırasıyla 1,23; 1,40 ve 2,38 kat daha yüksek olduğu, antioksidan aktivite düzeylerinin kontrol grubuna göre sırasıyla 2,44; 3,72 ve 7,92 kat artış gösterdiği belirtilmiştir. Söz konusu artışın yaban mersininin içeriğinde doğal olarak bulunan antosiyaninler, flavonoller, klorojenik asit ve prosiyanidinler gibi fenolik bileşiklerden kaynaklandığı ifade edilmiştir.

Bektaş vd., (2023) çalışmalarında, farklı oranlarda kıvılcık (*Cornus mas* L.) meyvesi ilavesiyle muffin kekler üretmişler ve kıvılcık ilavesinin keklerin toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivitesinde artışa neden olduğunu saptamışlardır.

Bu çalışmada elde edilen bulgular, karayemiş ilavesinin muffinlerin antioksidan kapasitesinde istatistiksel açıdan anlamlı bir artışa neden olduğunu göstermiştir. Elde edilen antioksidan potansiyel umut verici görünmekle birlikte, ürünün laboratuvar ortamından nihai tüketiciye etkili bir şekilde ulaşabilmesi için bazı potansiyel zorlukların dikkate alınmasını gerektirmektedir. Polifenol miktarı açısından zengin bileşenlerin yüksek oranlarda ilave edilmesi; ürünün renk, doku ve tat gibi duyuşal özelliklerini etkileyebilme potansiyeline sahiptir. Bu durum, besinsel içerik ile tüketici kabulü arasında bir denge kurulmasını gerekli kılmaktadır (Dahdah vd., 2024). Ayrıca, karayemişin yapısında bulunduğu düşünülen antosiyaninler gibi biyoaktif bileşiklerin termal işlemlere karşı hassasiyeti, pişirme süreci boyunca nihai ürünlerdeki kalıcılıklarının dikkatle değerlendirilmesini gerektirmektedir (Gomes vd., 2021). Son olarak, bir gıda ürününün sağlık üzerindeki gerçek etkisi, içerdiği bileşiklerin vücut tarafından emilimi ve kullanımı, yani biyoyararlanımı ile yakından ilişkilidir. Bu nedenle, gelecekteki araştırmaların, daha kapsamlı duyuşal analizlere, raf ömrü çalışmalarına ve gıda matrisinin biyoaktif bileşiklerin salınımı üzerindeki etkisini anlamak amacıyla in vitro sindirim modellerine odaklanması önerilmektedir (Gagneten vd., 2021; Manach vd., 2005).

3.7. Duyusal Analiz Sonuçları

Karayemiş (*Prunus laurocerasus* L.) ilavesinin muffinlerin duyusal profili üzerindeki etkileri, eğitimli bir panelist grubu tarafından on farklı tanımlayıcı özellik kapsamında değerlendirilmiş ve elde edilen bulgular, ürünün tüketici kabulünü şekillendiren temel nitelikler hakkında dikkate değer veriler sunmuştur. Elde edilen veriler Tablo 9’da sunulmuştur.

Duyusal analiz, gerekli eğitimlerin verildiği toplam 20 kişilik panelist grubu tarafından gerçekleştirilmiş olup; her bir muffin örneği için renk yoğunluğu, karakteristik tat, tatlılık, çiğnenebilirlik, elastikiyet, sertlik, burukluk, kuruluk, sakızimsılık ve esneklik olmak üzere toplam 10 farklı tanımlayıcı özellik değerlendirilmiştir. Panelistler örnekler üzerinde, 1 (hiç algılanmıyor) ile 9 (çok yoğun algılanıyor) arasında değişen dokuzlu skala kullanarak değerlendirme yapmışlardır.

Tablo 9. Muffinlerin duyusal analiz sonuçları

Tanımlayıcılar	Kontrol	CL5	CL10	CL15
Renk Yoğunluğu	6,15±1,79 ^a	6,50±1,67 ^a	7,05±1,40 ^{ab}	7,75±1,16 ^b
Karakteristik Tat	1,85±0,88 ^c	5,90±2,02 ^b	6,65±1,87 ^{ab}	7,65±1,23 ^a
Tatlılık	4,95±2,59 ^b	5,95±2,33 ^{ab}	6,30±2,06 ^{ab}	6,95±1,73 ^a
Çiğnenebilirlik	6,25±1,86 ^b	3,60±1,88 ^c	5,60±2,14 ^b	6,90±1,68 ^a
Elastikiyet	6,75±1,83 ^a	3,95±1,88 ^c	5,65±2,16 ^b	5,95±2,04 ^b
Sertlik	3,70±2,06 ^c	5,70±1,90 ^b	6,50±1,99 ^a	7,05±1,61 ^a
Burukluk	1,90±0,97 ^c	5,60±2,19 ^b	6,00±2,03 ^b	6,70±1,49 ^a
Kuruluk	6,05±2,28 ^a	5,45±2,19 ^{ba}	5,00±2,18 ^{ba}	4,05±2,19 ^b
Yapışkanlık	5,35±2,37 ^a	4,90±2,22 ^a	5,60±2,14 ^a	6,65±2,18 ^a
Esneklik	6,80±1,85 ^a	4,25±1,89 ^b	5,20±2,35 ^{ab}	5,65±2,30 ^{ab}

Kontrol, CL5, CL10 ve CL15 sırasıyla %0, %5, %10 ve %15 oranında karayemiş ilavesiyle hazırlanmış muffin örneklerini temsil etmektedir.

Aynı satırdaki farklı harfler, gruplar arasındaki istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları göstermektedir ($p<0,05$).

Fonksiyonel bir gıda ürününün başarısı, yalnızca besinsel içerik bakımından üstünlüklerine değil, aynı zamanda tüketicinin damak zevkine ve duyusal beklentilerine ne ölçüde yanıt verdiğine de bağlıdır (Rai S vd., 2023). Bu bağlamda, karayemiş ilavesinin muffinlerin renk, tat, aroma ve doku gibi kritik parametrelerini istatistiksel olarak anlamlı düzeyde değiştirdiği tespit edilmiştir. Bu değişimler,

karayemişin biyoaktif bileşen profilinin gıda matrisine entegrasyonunun bir yansıması olarak ortaya çıkmış ve hem arzu edilen hem de optimizasyon gerektiren duyuşal nitelikleri işaret etmiştir.

Duyuşal analizin ilk aşaması olan görsel değerdendirme, karayemiş ilave oranındaki artışa paralel olarak renk yoğunluğu puanlarının istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yükseldiğı gözlenmiştir. %15 karayemiş içeren numuneler (CL15), panelistler tarafından en yüksek renk yoğunluğuna (7,75) sahip olarak değerdendirilmiştir. Bu bulgu, enstrümantal renk analizi sonuçlarıyla tam bir tutarlılık göstermekte olup, L* (aydınlık) değerdindeki düşüşü ve a* (kırmızılık/yeşillik) değerdindeki artışı doğrulamaktadır. Literatürde, yaban mersini ve kıızılcık gibi antosiyanin açısından zengin meyve tozlarının eklendiğı muffinlerde de benzer şekilde rengin koyulaştığı ve kırmızılığın arttığı rapor edilmiştir (Gashi vd., 2024). Bu renk değerişimi, karayemişin doğal yapısında bulunan siyanidin-3-glukozit gibi antosiyanin pigmentlerinin pişirme sırasındaki Maillard reaksiyonları ve karamelizasyon süreçleriyle etkileşime girmesinin bir sonucu olarak değerdendirilmektedir. Tüketici algısında renk, ürünün tazeliğı, doğallığı ve lezzeti hakkında ilk ipucunu verdiğinden, karayemişin sağladığı bu canlı ve doğal renk profili, ürünün çekiciliğini artırma potansiyeline sahip önemli bir özellik olarak kaydedilmiştir (Hrušková vd., 2023).

Tat profili incelendiğinde, karayemiş ilavesinin hem karakteristik tat hem de burukluk algısını önemli ölçüde etkilediğı saptanmıştır. Karayemiş oranındaki artışla birlikte, panelistler tarafından algılanan "karakteristik tat" puanları kontrol grubuna (1,85) kıyasla anlamlı derecede yükselmiş ve CL15 grubunda en yüksek değere (7,65) ulaşmıştır. Bu durum, karayemişin kendine özgü meyvemsi ve aromatik bileşenlerinin pişirme sürecinde korunarak nihai ürüne başarıyla aktarıldığını göstermektedir. Bununla birlikte, en dikkat çekici bulgulardan biri, burukluk (astringency) algısındaki artış olmuştur. Kontrol grubunda oldukça düşük düzeyde algılanan burukluk değeri (1.90), karayemiş ilavesiyle miktara bağımlı bir şekilde artarak CL15 grubunda 6.70 puanına ulaşmıştır. Burukluk, genellikle tanenler gibi polifenolik bileşiklerin ağızdaki mukoza ve tükürük proteinleri ile etkileşime girerek bir çökelti oluşturması ve bunun sonucunda ağızda kuruluk, pürüzlülük ve büzülme hissine neden olmasıyla tanımlanan karmaşık bir duyuşal algıdır (Huang ve Xu, 2021). Bu çalışmada spektrofotometrik analizlerle de teyit edildiğı üzere, karayemişin nispeten yüksek toplam fenolik madde içeriğı, algılanan burukluğun temel nedeni olabilir. Benzer şekilde, siyah frenk üzümü

gibi tanen ve polifenol açısından zengin meyvelerin de ürünlere eklendiğinde asidik ve buruk bir tat profili oluşturduğu bilinmektedir (Gagneten vd., 2021). Tüketici kabulü açısından burukluk, genellikle olumsuz bir özellik olarak değerlendirilse de, kahve veya kırmızı şarap gibi ürünlerde olduğu gibi belirli bir düzeydeki burukluğun, ürünün kompleks ve zengin bir lezzet profiline sahip olduğu şeklinde yorumlanabileceği de bildirilmiştir (Lesschaeve ve Noble, 2005).

Muffinlerin dokusal özellikleri, hem enstrümantal analizler hem de duyuusal değerlendirmelerle tutarlı sonuçlar vermiştir. Panelistler tarafından algılanan sertlik, karayemiş ilave oranıyla doğru orantılı olarak artmış; kontrol grubunda 3,70 olan sertlik puanı, CL15 grubunda 7,05'e yükselmiştir. Bu bulgu, tekstür analiz cihazıyla ölçülen ve 445 g'dan 828 g'a çıkan sertlik değerleriyle paralellik göstermiştir. Bu artışın temel mekanizmasının, karayemişin içerdiği yüksek diyet lifi ile açıklanabileceği düşünülmektedir. Lif moleküllerinin; su bağlama kapasiteleriyle hamurun reolojik özelliklerini değiştirdikleri ve pişirme sırasında gluten ağının gelişimini kısmen engelleyerek daha yoğun, daha az gözenekli ve dolayısıyla daha sert bir iç yapı oluşumuna neden oldukları önceki çalışmalarda rapor edilmiştir. Benzer şekilde, chia tohumu (Kowalski, Mikulec ve Pustkowiak, 2020) ve çeşitli meyve posaları gibi lifli bileşenlerin eklendiği fırıncılık ürünlerinde de sertliğin arttığı tespit edilmiştir. Öte yandan, elastikiyet ve esneklik gibi iç yapının bütünlüğünü ve geri yaylanma kabiliyetini yansıtan parametrelerde, karayemiş ilavesiyle bir düşüş gözlenmiştir. Özellikle %5'lik ilave (CL5), bu parametrelerde en düşük puanları almıştır. Bu durum, düşük konsantrasyonlardaki lif parçacıklarının gluten matrisini zayıflatıcı bir etki göstermiş olabileceğini, ancak daha yüksek konsantrasyonlarda (%10 ve %15) lifin kendi yapısal ağını oluşturarak bu olumsuz etkiyi kısmen telafi etmiş olabileceğini düşündürmektedir. Çiğnenebilirlik ve sakızımsılık gibi ağızda kalıcılıkla ilişkili parametrelerdeki değişimler ise daha karmaşık bir örüntü sergilemiştir. Bu bulgular, fonksiyonel bileşenlerin doku üzerindeki etkilerinin doğrusal olmayabileceğini ve optimum formülasyonun belirlenmesinde daha fazla parametre içeren dikkatli bir doz-yanıt analizinin ileriki çalışmalar için önemini ortaya koymaktadır.

Ağızda bıraktığı his ile ilgili olarak, kuruluk ve yapışkanlık parametreleri de değerlendirilmiştir. Karayemiş ilave oranının artmasıyla birlikte, panelistler tarafından algılanan kuruluk hissinin istatistiksel olarak önemli ölçüde azaldığı saptanmıştır. Bu

durum, enstrümantal yöntemlerle belirlenen nem analizi sonuçlarıyla tutarlılık göstermiştir. Daha önce de belirtildiği gibi; karayemiş meyvesine ait lifli yapının, nihai ürünün daha yüksek nem içeriğine sahip olmasını sağladığı düşünülmektedir. Bu artan nem içeriği, panelistler tarafından "daha az kuru" veya "daha nemli" olarak algılanmıştır. Söz konusu özelliğin, fırıncılık ürünlerinde tazelik algısının güçlendirilmesi ve raf ömrünün uzatılması açısından önemli bir avantaj sağlayabileceği öne sürülmüştür (Yeşilkanat ve Savlak, 2021). Yapışkanlık puanlarında ise gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaması ($p>0,05$), karayemiş ilavesinin ağızda rahatsız edici bir yapışkanlık hissine neden olmadığını göstermesi açısından olumlu bir bulgu olarak değerlendirilmiştir.



SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında, karayemiş (*Prunus laurocerasus* L.) ve bezelye proteininin muffinlerin fonksiyonel özellikleri üzerindeki etkileri kapsamlı biçimde değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda, karayemiş ilavesinin muffinlerin fenolik madde içeriği ile antioksidan kapasitesi (DPPH ve ABTS yöntemleriyle belirlenen) üzerinde anlamlı ve doza bağımlı bir artış sağladığı belirlenmiştir. Bu durum, karayemişte bulunan fenolik bileşiklerin pişirme işlemi sırasında termal stabilitesini koruyarak nihai ürüne başarıyla aktarıldığını göstermektedir (Baker vd., 2022).

Bununla birlikte, ürünlerin toplam protein içeriği açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Bu sonucun, düşük protein içeriğine sahip karayemiş meyvesinin oluşturduğu seyreltme etkisinin, ilave edilen %3 oranındaki bezelye proteininin zenginleştirici etkisiyle dengelenmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca, bezelye proteininin amino asit profili açısından sahip olduğu üstünlük nedeniyle muffinlerin besinsel değerini artırma potansiyeline sahip olduğu kanısına varılmıştır (Ahnen vd., 2019).

Fizikokimyasal parametreler incelendiğinde, karayemişin içerdiği nispeten yüksek miktardaki diyet lifinin ve suyun, ürünlerin nem seviyesini artırdığı ve bunun sonucunda duysal analizde daha nemli bir tekstür olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, lif bileşenlerinin gluten yapısıyla etkileşime girmesi, muffinlerin dokusal özelliklerinde sertliğe yol açmıştır. Bu sertlik, özellikle yüksek karayemiş oranlarında daha belirgin hale gelmiştir.

Renk parametrelerinin değerlendirilmesi, karayemiş antosiyaninlerinin ürün renginde koyulaşmaya neden olduğunu göstermiştir. Bu bulgu, enstrümantal ölçümlerle desteklenmiş ve duysal panel değerlendirmeleri ile tutarlı bulunmuştur.

Duysal analiz sonuçları, karayemiş ilavesiyle karakteristik meyvemsi tat miktarının doza bağlı olarak arttığını göstermiştir. Ancak, artan fenolik bileşik yoğunluğuna bağlı olarak belirginleşen burukluk hissi ve dokusal sertliğin, tüketici kabulünü olumsuz etkileyebilecek potansiyele sahip olduğu görülmüştür. Elde edilen bu veriler, fonksiyonel gıda geliştirme sürecinde besinsel faydalar ile duysal kabul arasındaki dengenin önemini bir kez daha ortaya koymuştur (Baker vd., 2022).

Genel değerlendirmede, elde edilen bulgular, yerel ve yeterince değerlendirilmeyen bir kaynak olan karayemişin fonksiyonel muffin formülasyonlarında kullanımı açısından potansiyel taşıdığını göstermektedir. Karayemiş ilaveli muffinlerin, antioksidan kapasite açısından zengin bir ürün profili sunduğu belirlenmiştir. Ancak, bu bulgular ışığında bazı önerilerin geliştirilmesi gerekli görölmüştür.

Öncelikle, karayemiş katkılı muffinlerin ticari uygulanabilirliğinin artırılması açısından duysal özelliklerin optimizasyonu üzerine çalışılması önerilmektedir. Özellikle yüksek lif içeriğine bağlı olarak artan sertlik ve fenolik bileşiklerden kaynaklanan burukluk hissinin giderilmesi amacıyla, farklı fiziksel formlarda (örneğin ince partiköl boyutlu toz veya freeze-dry formu) karayemiş kullanımının veya doğal tat maskeleyici ajanların formülasyona entegrasyonunun araştırılması önerilmektedir (Dahdah vd., 2024). Böylelikle, besinsel faydaların korunması ve tüketici algısının iyileştirilmesi mümkün olabilir.

Fonksiyonel gıdaların sağlık üzerindeki etkilerinin, içerdiği biyoaktif bileşenlerin biyoyararlanımıyla doğrudan ilişkili olduğu literatürde sıkça belirtilmektedir (Manach vd., 2005; Scalbert vd., 2005). Bu nedenle, karayemiş içeren muffinlerde fenolik bileşiklerin sindirim sürecindeki davranışlarının detaylı biçimde incelenmesi amacıyla in vitro sindirim modellerinin kullanılması önerilmektedir. Bu modeller, fenolik bileşiklerin gastrointestinal sistem boyunca ne ölçüde salındığını ve emilim için biyoyararlanabilir hale geldiğini belirlemek açısından değerli olacağı düşünölmektedir (Gagneten vd., 2021).

Ayrıca, karayemişte bulunan biyoaktif bileşenlerin — özellikle antosiyaninlerin — termal işlemler ve depolama süreci boyunca stabilitesinin incelenmesi önem arz etmektedir. Bu bağlamda, pişirme sıcaklığı ve süresi gibi termal parametrelerin optimize edilmesi ile depolama koşullarının ürün stabilitesine etkilerinin ayrıntılı şekilde değerlendirilmesi gerekebilir (Gomes vd., 2021). Böylece fonksiyonel bileşenlerin daha etkin şekilde korunması ve ürünün raf ömrünün artırılması mümkün hale gelebilir.

Protein kalitesindeki niceliksel sabitliğe rağmen, niteliksel açıdan ortaya çıkan olumlu durumun tam olarak kanıtlanabilmesi için bezelye proteini ile buğday proteininin birleşiminden doğan komplementer etkilerin, detaylı amino asit analizleri

ve Protein Sindirilebilirliği Düzeltilmiş Amino Asit Skoru (PDCAAS) hesaplamaları ile desteklenmesi önerilmektedir (Ahnen vd., 2019). Böylelikle, protein kalitesindeki iyileşmeler bilimsel temellerle ortaya konularak, ürünlerin fonksiyonel özelliklerine ilişkin daha bütüncül değerdendirmeler yapılabilecektir.

Sonuç olarak, bu çalışma karayemiş ve bezelye proteini ilavesinin muffinlerin fonksiyonel profilini anlamlı düzeyde geliştirdiğini göstermiştir. Bununla birlikte, ürünlerin ticari olarak sürdürülebilir kılınabilmesi ve tüketici kabulünün artırılabilmesi için duysal özelliklerin optimizasyonu, biyoaktif bileşenlerin sindirim sürecindeki davranışlarının incelenmesi, ürünlerin termal stabilitelerinin detaylandırılması ve protein kalitesine yönelik kapsamlı analizlerin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu bütüncül yaklaşım sayesinde, fonksiyonel muffinlerin hem tüketici beğenisini artıracıecek hem de sağlık odaklı tüketim açısından değerdli bir alternatif oluşturabileceği öngörülmektedir. Böylece bilimsel ve endüstriyel anlamda fonksiyonel gıda literatürüne yenilikçi katkılar sağlanması hedeflenmektedir.

KAYNAKÇA

- Açıkgöz, Z., ve Önenç, S. S. (2006). Fonksiyonel yumurta üretimi. *Journal of Animal Production*, 47(1). Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/hayuretim/issue/7621/99858>
- Aggett, P. J., Antoine, J.-M., Asp, N.-G., Bellisle, F., Contor, L., Cummings, J. H., Howlett, J., Müller, D. J. G., Persin, C., Pijls, L. T. J., Rechkemmer, G., Tuijelaars, S., ve Verhagen, H. (2005). PASSCLAIM, Process for the Assessment of Scientific Support for Claims on Foods. | *European Journal of Nutrition*, 44. doi:10.1007/s00394-005-1101-6
- Ahnen, R. T., Jonnalagadda, S. S. ve Slavin, J. L. (2019). Role of plant protein in nutrition, wellness, and health. *Nutrition Reviews*, 77(11), 735–747. doi:10.1093/nutrit/nuz028
- Aiking, H. (2014). Protein production: Planet, profit, plus people? *The American Journal of Clinical Nutrition*, 100, 483-489. doi:10.3945/ajcn.113.071209
- Aksoylu, Z. (2012). *Bisküvinin fonksiyonel özellik taşıyan bazı bitkisel ürünlerce zenginleştirilmesi* (Yüksek lisans tezi), Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa. YÖK Tez Merkezi veri tabanından erişildi (Tez no: 316561).
- Alasalvar, C. ve Chang, S. K. (2020). Antioxidants, polyphenols, and health benefits of cherry laurel: a review. *Journal of Food Bioactives*, 10, 47–52. doi:10.31665/JFB.2020.10225
- Alasalvar, C., Al-Farsi, M., ve Shahidi, F. (2005). Compositional characteristics and antioxidant components of cherry laurel varieties and pekmez. *Journal of Food Science*, 70(1), 47-52. doi:10.1111/j.1365-2621.2005.tb09064.x
- Alshawi, A. H. (2024). Enriching wheat flour with grape pomace powder impacts a snack's chemical, nutritional, and sensory characteristics. *Czech Journal of Food Sciences*, 42(4). Erişim adresi: https://cjfs.agriculturejournals.cz/artkey/cjf-202404-0008_enriching-wheat-flour-with-grape-pomace-powder-impacts-a-snack-s-chemical-nutritional-and-sensory-characteris.php
- Asioli, D., Aschemann-Witzel, J., Caputo, V., Vecchio, R., Annunziata, A., Næs, T., ve Varela, P. (2017). Making sense of the “clean label” trends: A review of consumer food choice behavior and discussion of industry implications. *Food Research International*, 99, 58-71. doi:10.1016/j.foodres.2017.07.022
- Atanasov, A. G., Zotchev, S. B., Dirsch, V. M., ve Supuran, C. T. (2021). Natural products in drug discovery: advances and opportunities. *Nature reviews Drug discovery*, 20(3), 200-216. doi:10.1038/s41573-020-00114-z
- Baik, O. D., Marcotte, M., ve Castaigne, F. (2000). Cake baking in tunnel type multi-zone industrial ovens Part II. Evaluation of quality parameters. *Food Research International*, 33(7), 599-607. doi:10.1016/S0963-9969(00)00096-X

- Baker, M. T., Lu, P., Parrella, J. A., ve Leggette, H. R. (2022). Consumer acceptance toward functional foods: A scoping review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3), 1217. doi:10.3390/ijerph19031217
- Bala, A., Gul, K. ve Riar, C. S. (2018). Nutritional and quality characteristics of gluten free muffins from quality protein maize, soy protein isolate and short grain rice. *Journal of Food Science and Technology*, 55(6), 2230–2239. doi:10.1007/s13197-018-3147-4
- Bala, M., T. V., A. K., Tushir, S., Nanda, S., ve Gupta, R. (2018). Quality protein maize based muffins: Influence of non-gluten proteins on batter and muffin characteristics. *Journal of Food Science and Technology*, 56. doi:10.1007/s13197-018-3529-8
- Baltacıoğlu, C., ve Uyar, M. (2017). Kabak (*Cucubita pepo* L.) tozunun kek üretiminde potansiyel kullanımı ve kek kalite parametrelerine etkisi. *Akademik Gıda*, 15(3), 274-280. doi:10.24323/akademik-gida.345267
- Bektaş, B., Özer, S., ve Karaman, S. (2023). Farklı oranlarda kıvılcık (*Cornus Mas* L.) meyvesi ilavesi ile üretilen muffin keklerin biyokimyasal, tekstürel, biyoaktif ve duyuşal özelliklerinin incelenmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 27, 415-423. doi:10.29050/harranziraat.1187931
- Bianchi, F., Giuberti, G., Cervini, M., ve Simonato, B. (2022). Fortification of durum wheat fresh pasta with maqui (*Aristotelia chilensis*) and its effects on technological, nutritional, sensory properties, and predicted glycemic index. *Food and Bioprocess Technology*, 15(7), 1563-1572.
- Biesalski, H. K., Dragsted, L. O., Elmadfa, I., Grossklaus, R., Müller, M., Schrenk, D., ... ve Weber, P. (2009). Bioactive compounds: Definition and assessment of activity. *Nutrition*, 25(11-12), 1202-1205. doi:10.1016/j.nut.2009.04.023
- Bigliardi, B., ve Galati, F. (2013). Innovation trends in the food industry: The case of functional foods. *Trends in Food Science & Technology*, 31(2), 118-129. doi:10.1016/j.tifs.2013.03.006
- Brigagão, T., Fortes, R., Lourenço, C., Carvalho, E., Cirillo, M., Nachtigall, A., ve Vilas Boas, B. M. (2021). Optimization of gluten-free muffins made with pineapple peel, banana peel, and pumpkin seed flours. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45. doi:10.1111/jfpp.16037
- Britton, G. (1995). Structure and properties of carotenoids in relation to function. *The FASEB Journal*, 9(15), 1551-1558. doi:10.1096/fasebj.9.15.8529834
- Cannon, G. (1992) *Food and Health: The Experts Agree*. Consumers' association, London.
- Cannon, G. (2005). The rise and fall of dietetics and of nutrition science, 4000 BCE–2000 CE. *Public Health Nutrition*, 8(6a), 701-705. doi:10.1079/phn2005766

- Cannon, G., ve Leitzmann, C. (2022). Food and nutrition science: The new paradigm. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 31(1), 1-15. doi:10.6133/apjcn.202203_31(1).0001
- Craig, C. L. (1997). Evolution of arthropod silks. *Annual Review of Entomology*, 42(1), 231-267. doi:10.1146/annurev.ento.42.1.231
- Craig, W. J. (1997). Phytochemicals: Guardians of our health. *Journal of the American Dietetic Association*, 97(10), 199-204. doi:10.1016/S0002-8223(97)00765-7
- Crowe, K. M., Francis, C. (2013). Position of the academy of nutrition and dietetics: Functional foods. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 113(8), 1096-1103. doi:10.1016/j.jand.2013.06.002
- Çetiner, M., ve Bilek, S. E. (2019). Bitkisel protein kaynakları. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 33(2), Article 2. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/cutarim/issue/42081/470649>
- Dahdah, P., Cabizza, R., Farbo, M. G., Fadda, C., Del Caro, A., Montanari, L., Hassoun, G., ve Piga, A. (2024). Effect of partial substitution of wheat flour with freeze-dried olive pomace on the technological, nutritional, and sensory properties of bread. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8, 1400339. doi:10.3389/fsufs.2024.1400339
- Dahl, W. J., Foster, L. M., ve Tyler, R. T. (2012). Review of the health benefits of peas (*Pisum sativum* L.). *British Journal of Nutrition*, 108, 1-10. doi:10.1017/S0007114512000852
- Daliri, E.BM. ve Lee, B.H. (2015). Current Trends and Future Perspectives on Functional Foods and Nutraceuticals. In: Liong, MT. (eds) Beneficial Microorganisms in Food and Nutraceuticals. *Microbiology Monographs*, 27. Springer, Cham. doi:10.1007/978-3-319-23177-8_10
- Day, L., Seymour, R. B., Pitts, K. F., Konczak, I. ve Lundin, L. (2009). Incorporation of functional ingredients into foods. *Trends in Food Science & Technology*, 20(9), 388–395. doi:10.1016/j.tifs.2008.05.002
- Diplock, A. T., Aggett, P. J., Ashwell, M., Bornet, F., Fern, E. B., ve Robertfroid, M. B. (1999). Scientific concepts of functional foods in Europe: consensus document. Special Publication-Royal Society of Chemistry, 248, 8-60.
- Dolganyuk, V., Sukhikh, S., Kalashnikova, O., Ivanova, S., Kashirskikh, E., Prosekov, A., Michaud, P., ve Babich, O. (2023). Food proteins: Potential resources. *Sustainability*, 15(7), 5863. doi:10.3390/su15075863
- Ebbeling, C. B., Feldman, H. A., Klein, G. L., Wong, J. M. W., Bielak, L., Steltz, S. K., ... ve Ludwig, D. S. (2018). Effects of a low carbohydrate diet on energy expenditure during weight loss maintenance: Randomized trial. *BMJ*, 363, k4583. doi:10.1136/bmj.k4583

- Endres, G., ve Hendrickson, P. (2010). Row crop performance with tillage systems and placement of fertilizer. *Carrington Research Extension Center Annual Report*, 15.
- Fonksiyonel Gıda Pazarı*. (2024). Allied Market Research. Erişim adresi: <https://www.alliedmarketresearch.com/functional-food-market> (Erişim tarihi: 12.04.2025)
- FoodStruct (2024). Muffin, nutrition facts. Erişim adresi: <https://foodstruct.com/food/muffin>
- Gagnetten, M., Archaina, D. A., Salas, M. P., Leiva, G. E., Salvatori, D. M., ve Schebor, C. (2021). Gluten-free cookies added with fibre and bioactive compounds from blackcurrant residue. *International Journal of Food Science and Technology*, 56(4), 1734–1740. doi:10.1111/ijfs.14798
- Galanakis, C. M., Rizou, M., Aldawoud, T. M. S., Ucak, I., ve Rowan, N. J. (2021). Innovations and technology disruptions in the food sector within the Covid-19 pandemic and post-lockdown era. *Trends in Food Science ve Technology*, 110, 193-200. doi:10.1016/j.tifs.2021.02.002
- Gashi, N., Hasani, E. ve Salihu, S. (2024). Quality evaluation of muffins enriched with blueberry and cranberry powders. *International Journal of Food Science*, 2024, 7045401. doi:10.1155/2024/7045401
- Geraedts, J., Montag, M., Magli, M. C., Repping, S., Handyside, A., Staessen, C., ... ve Gianaroli, L. (2011). Polar body array CGH for prediction of the status of the corresponding oocyte. Part I: clinical results. *Human Reproduction*, 26(11), 3173-3180. doi:10.1093/humrep/der294
- Godefroidt, T., Ooms, N., Pareyt, B., Brijs, K., ve Delcour, J. A. (2019). Ingredient functionality during foam-type cake making: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(5), 1550-1562. doi:10.1111/1541-4337.12488
- Gomes, J., Serrano, C., Oliveira, C., Dias, A., ve Moldão, M. (2021). Thermal and light stability of anthocyanins from strawberry by-products non-encapsulated and encapsulated with inulin. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*, 20(1), 79–92. doi:10.17306/J.AFS.2021.0878
- Govindh, M., ve Sindhujaasree, S. (2024). Formulation of fermented black rice muffin. *PSG Collage of Arts ve Science*, 4(5). doi:10.58257/IJPREMS35612
- Granato, D., Barba, F. J., Kovačević, D. B., Lorenzo, J. M., Cruz, A. G., ve Putnik, P. (2020). Functional foods: Product development, technological trends, efficacy testing and safety. *Annual Review of Food Science and Technology*, 11, 93-118. doi:10.1146/annurev-food-032519-051708
- Grand View Research. (2020). *Fonksiyonel Gıdalar Pazar Büyüklüğü ve Trend Analizi Raporu..* Erişim adresi: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/functional-food-market> (Erişim tarihi: 22.03.2025)

- Grasso, S., Omoarukhe, E., Wen, X., Papoutsis, K., ve Methven, L. (2019). The Use of Upcycled Defatted Sunflower Seed Flour as a Functional Ingredient in Biscuits. *Foods*, 8(8), 305. <https://doi.org/10.3390/foods8080305>
- Grigalunas, M., Brakmann, S., ve Waldmann, H. (2022). Chemical evolution of natural product structure. *Journal of the American Chemical Society*, 144(8), 3314-3329. doi:10.1021/jacs.1c11270
- Gumul, D., Korus, A. ve Ziobro, R. (2020). Extruded preparations with sour cherry pomace influence quality and increase the level of bioactive components in gluten-free breads. *International Journal of Food Science*, 2020, 8024398. doi:10.1155/2020/8024398
- Güneş, Ömer, Soylu, M., İnanç, N., Tascılar, E., Sertoğlu, E., Taş, A., Serdar, M. A., ve Özcan, O. (2018). Relationship between red blood cell membrane fatty acid composition and dietary fatty acids level in obese adolescents with/without metabolic syndrome. *Progress in Nutrition*, 20(4), 648-658. doi:10.23751/pn.v20i4.6039
- Güneş, R., Palabıyık, İ., ve Kurultay, Ş. (2018). Şekerleme teknolojisinde fonksiyonel ürün üretimi. *Gıda*, 43(6). doi:10.15237/gida.GD18088
- Häberer, D., Tasker, M., Foltz, M., Geary, N., Westerterp, M., ve Langhans, W. (2011). Intragastric infusion of pea-protein hydrolysate reduces test-meal size in rats more than pea protein. *Physiology & Behavior*, 104(5), 1041-1047. doi:10.1016/j.physbeh.2011.07.003
- Hamed, M. M., Mohamed, M. A. E. M., ve Ibrahim, M. T. (2015). Phytochemical investigation and cytotoxic characterization of bioactive constituents from *Conyza dioscoridis*. *Planta Medica*, 81(16), PW_76. doi: 10.1055/s-0035-1565700
- Hasler, C. M., Bloch, A. S., Thomson, C. A., Enrione, E., ve Manning, C. (2004). Position of the American Dietetic Association: Functional foods. *Journal of the American Dietetic Association*, 104(5), 814-826. doi:10.1016/j.jada.2004.03.015
- Hilton, J. (2017). Growth patterns and emerging opportunities in nutraceutical and functional food categories: Market overview. In *Developing New Functional Food and Nutraceutical Products*, 1-28. doi: 10.1016/B978-0-12-802780-6.00001-8
- Holton, T. A., ve Cornish, E. C. (1995). Genetics and biochemistry of anthocyanin biosynthesis. *The Plant Cell*, 7(7), 1071. doi:10.1105/tpc.7.7.1071
- Hrušková, M. ve Švec, I. (2015). Chemical, rheological and bread characteristics of wheat flour influenced by different forms of chia (*Salvia hispanica* L.). *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 27(12), 872-877. doi: 10.9755/ejfa.2015.04.073
- Huang, R. ve Xu, C. (2021). An overview of the perception and mitigation of astringency associated with phenolic compounds. *Comprehensive Reviews in*

Food Science and Food Safety, 20(1), 1036–1074. doi:10.1111/1541-4337.12679

- Ismail, L. M., Soliman, M. I., Abd El-Aziz, M. H., ve Abdel-Aziz, H. M. (2022). Impact of silica ions and nano silica on growth and productivity of pea plants under salinity stress. *Plants*, 11(4), 494. doi:10.3390/plants11040494
- Işık, F., Urgancı, Ü., ve Turan, F. (2017). Yaban mersini ilaveli muffin keklerin bazı kimyasal, fiziksel ve duyusal özellikleri. *Akademik Gıda*, 130-138. doi:10.24323/akademik-gida.333664
- İslam, A. (2002). ‘Kiraz’ cherry laurel (*Prunus laurocerasus*). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 30(4), 301-302. doi:10.1080/01140671.2002.9514227
- İslam, A., ve Deligöz, H. (2012). Ordu ilinde karayemiş (*Laurocerasus officinalis* L.) seleksiyonu. *Akademik Ziraat Dergisi*, 1(1). doi:10.29278/azd.132750
- İsmail, B. P., Senaratne-Lenagala, L., Stube, A., ve Brackenridge, A. (2020). Protein demand: Review of plant and animal proteins used in alternative protein product development and production. *Animal Frontiers*, 10(4), 53-63. doi:10.1093/af/vfaa040
- Jin, L., Quan, C., Hou, X., ve Fan, S. (2016). Potential pharmacological resources: Natural bioactive compounds from marine-derived fungi. *Marine Drugs*, 14(4), 76. doi:10.3390/md14040076
- Karahalil, F. Y., ve Şahin, H. (2011). Phenolic composition and antioxidant capacity of Cherry laurel (*Laurocerasus officinalis* Roem.) sampled from Trabzon region, Turkey. *African Journal of Biotechnology*, 10(72). Erişim adresi: <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/97656>
- Kirtaeva, T. N., ve Martynova, A. S. (2021). The usage of the fruit-berry raw in the production of bakery products. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 666(5), 052029. doi:10.1088/1755-1315/666/5/052029
- Kjeldahl, J. (1883). Neue Methode zur Bestimmung des Stickstoffs in organischen Körpern. *Zeitschrift für analytische Chemie*, 22(1), 366-382. doi:10.1007/BF01338151
- Kohajdová, Z., Karovičová, J. i Magala, M. (2013). Rheological and qualitative characteristics of pea flour incorporated cracker biscuits. *Croatian journal of food science and technology*, 5 (1), 11-17. Erişim adresi: <https://hrcak.srce.hr/106157>
- Kowalski, S., Mikulec, A., ve Pustkowiak, H. (2020). Sensory assessment and physicochemical properties of wheat bread supplemented with chia seeds. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 70(4), 387-397. doi:10.31883/pjfn/129015

- Kozłowska, M., Ścibisz, I., Przybył, J. L., Laudy, A. E., Majewska, E., Tarnowska, K., Małajowicz, J., ve Ziarno, M. (2022). Antioxidant and antibacterial activity of extracts from selected plant material. *Applied Sciences*, 12(19), Article 19. doi:10.3390/app12199871
- Krystallis, A., Maglaras, G., ve Mamalis, S. (2008). Motivations and cognitive structures of consumers in their purchasing of functional foods. *Food Quality and Preference*, 19(6), 525-538. doi:10.1016/j.foodqual.2007.12.005
- Lautié, E., Russo, O., Ducrot, P., ve Boutin, J. A. (2020). Unraveling plant natural chemical diversity for drug discovery purposes. *Frontiers in Pharmacology*, 11, 397. doi:10.3389/fphar.2020.00397
- Lesschaeve, I. ve Noble, A. C. (2005). Polyphenols: factors influencing their sensory properties and their effects on food and beverage preferences. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 81(1), 330–335. doi:10.1093/ajcn/81.1.330S
- Li, J., Chen, Y., Cao, X., Tang, J., Xie, L., Liu, L., Wan, Y., ve Hu, R. (2025). Unveiling the texture secrets of morchella germplasm: Advanced grading and quality assessment through texture profile analysis (TPA). *Foods*, 14(1), 87. doi:10.3390/foods14010087
- Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., ve Chandra, N. (2010). Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy Reviews*, 4(8), 118-126. doi:10.4103/0973-7847.70902
- Lu, Z. X., He, J. F., Zhang, Y. C., ve Bing, D. J. (2020). Composition, physicochemical properties of pea protein and its application in functional foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(15), 2593-2605. doi:10.1080/10408398.2019.1651248
- Lu, Z.-H., Donner, E., ve Liu, Q. (2019). Resistant starches in foods. In B. Caballero, P. Finglas, ve F. Toldrá (Eds.), *Encyclopedia of Food and Health*, 556-558. doi:10.1016/B978-0-444-64046-8.00241-X
- Mabogo, F., Mashau, M., ve Ramashia, S. (2021). Effect of partial replacement of wheat flour with unripe banana flour on the functional, thermal, and physicochemical characteristics of flour and biscuits. *International Food Research Journal*, 28, 138-147. doi:10.47836/ifrj.28.1.14
- Majewska, E., Drużyńska, B., Derewiaka, D., Ciecierska, M., ve Pakosz, P. (2024). Comparison of antioxidant properties and color of selected polish honeys and manuka honey. *Foods*, 13(17), 17. doi:10.3390/foods13172666
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., ve Jiménez, L. (2005). Polyphenols: Food sources and bioavailability. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 79(5), 727-747. doi:10.1093/ajcn/79.5.727
- Marco, M. L., Sanders, M. E., Gänzle, M., Arrieta, M. C., Cotter, P. D., De Vuyst, L., Hill, C., Holzappel, W., Lebeer, S., Merenstein, D., Reid, G., Wolfe, B. E., ve Hutkins, R. (2021). The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on fermented foods. *Nature Reviews*

Gastroenterology ve Hepatology, 18(3), s.196-208. doi:10.1038/s41575-020-00390-5

Martirosyan, D. M., ve Singh, J. (2015). A new definition of functional food by FFC: what makes a new definition unique?. *Functional Foods in Health and Disease*, 5(6), 209-223. doi:10.31989/ffhd.v5i6.183

Mashau, M., Rambau, F., ve Ephraim, T. (2022). Influence of unripe banana flour incorporation on the physical, antioxidant properties and consumer acceptability of biscuits. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, e2632. doi:10.55251/jmbfs.2632

Mattill, H. A. (1947). Antioxidants. *Annual Review of Biochemistry*, 16(1), 177-192. doi:10.1146/annurev.bi.16.070147.001141

McClements, D. J., Newman, E., ve McClements, I. F. (2019). Plant-based milks: A review of the science underpinning their design, fabrication, and performance. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(6), 2047-2067. doi:10.1111/1541-4337.12505

Mordor Intelligence. (2024). *Fonksiyonel Gıda Pazarı Boyutu—Pay, Büyüme Trendleri ve Tahmin Analizi Üzerine Endüstri Raporu (2025—2030)*. Erişim adresi: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/global-functional-food-market> (Erişim tarihi: 11.10.2024)

Mudgil, D. ve Barak, S. (2013). Composition, properties and health benefits of indigestible carbohydrate polymers as dietary fiber: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 61, 1–6. doi:10.1016/j.ijbiomac.2013.06.044

Mundt, S., ve Wedzicha, B. L. (2007). A kinetic model for browning in the baking of biscuits: Effects of water activity and temperature. *LWT-Food Science and Technology*, 40(6), 1078-1082. doi:10.1016/j.lwt.2006.07.011

Munialo, C. D. (2024). An exploration of alternative proteins as a potential sustainable solution to meeting the nutritional needs of the ever-increasing global population. *International Journal of Food Science and Technology*, 59(5), 2846-2859. doi:10.1111/ijfs.17099

Nabilah, G., Priatini, W., ve Tsaniah, I. (2022). Modified non-gluten tape muffin made with mocaf and breadfruit flour. *The Journal Gastronomy Tourism*, 9(2), 91-98. doi:10.17509/gastur.v9i2.52377

Nasrabadi, M. N., Doost, A. S., ve Mezzenga, R. (2021). Modification approaches of plant-based proteins to improve their techno-functionality and use in food products. *Food Hydrocolloids*, 118, 106789. doi:10.1016/j.foodhyd.2021.106789

National Library of Medicine (US). (t.y.). *What are proteins and what do they do?* MedlinePlus Genetics. Erişim adresi: <https://medlineplus.gov/genetics/understanding/howgeneswork/protein/>

- Nayak, S. N., Aravind, B., Malavalli, S. S., Sukanth, B. S., Poornima, R., Bharati, P., Hefferon, K., Kole, C., ve Puppala, N. (2021). Omics technologies to enhance plant based functional foods: An overview. *Frontiers in Genetics*, 12. doi:10.3389/fgene.2021.742095
- Nosworthy, M. G., Neufeld, J., Frohlich, P., Young, G., Malcolmson, L., ve House, J. D. (2017). Determination of the protein quality of cooked Canadian pulses. *Food Science & Nutrition*, 5(4), 887-894.
- Núñez, C. V., Vasconcellos, M. C. D., ve Alaniz, L. (2022). Are natural products, used as antitumoral/antiangiogenic agents, less toxic than synthetic conventional chemotherapy?. *Frontiers in Pharmacology*, 13, 1055516. doi:10.3389/fphar.2022.1055516
- Oh, Y. S., ve Jun, H. S. (2014). Role of bioactive food components in diabetes prevention: Effects on Beta-cell function and preservation. *Nutrition and Metabolic Insights*, 7, 13589. doi:10.4137/NMIS13589
- Owusu-Ansah, Y. J., ve McCurdy, S. M. (1991). Pea proteins: A review of chemistry, technology of production, and utilization. *Food Reviews International*, 7(1), 103-134. doi:10.1080/87559129109540903
- Patras, A., Brunton, N. P., O'Donnell, C. ve Tiwari, B. K. (2010). Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods: Mechanisms and kinetics of degradation. *Trends in Food Science & Technology*, 21(1), 3–11. doi:10.1016/j.tifs.2009.07.004
- Pecyna, A., Krzywicka, M., Blicharz-Kania, A., Buczaj, A., Kobus, Z., Zdybel, B., Domin, M., ve Siłuch, D. (2024). Impact of incorporating two types of dried raspberry pomace into gluten-free bread on its nutritional and antioxidant
- Popkin, B. M. (1998). The nutrition transition and its health implications in lower-income countries. *Public health nutrition*, 1(1), 5-21. *Applied Sciences*, 14(4), 4. doi:10.3390/app14041561
- Rai S, Wai PP, Koirala P, Bromage S, Nirmal NP, Pandiselvam R, Nor-Khaizura MAR ve Mehta NK. (2023). Food product quality, environmental and personal characteristics affecting consumer perception toward food. *Front. Sustain. Food Syst.* 7:1222760. doi:10.3389/fsufs.2023.1222760
- Rao, P., Reddy, K., ve Gupta, H. (2008). Pharmacognosy of *prunus laurocerasus* linn-A homoeopathic drug. *Indian Journal of Research in Homoeopathy*, 2(3), 6-9. doi:10.53945/2320-7094.1792
- Rashidinejad, A., Dima, C., Karaca, A. C., ve Jafari, S. M. (2024). A review on rutin-loaded nanocarriers: Fundamentals, bioavailability, application in functional foods, and challenges. *European Polymer Journal*, 113385. doi:10.1016/j.eurpolymj.2024.113385
- Research and Markets. (2020). *Functional food market by ingredient, product, and application: Global opportunity analysis and industry forecast, 2020–2027*. Erişim adresi:

<https://www.researchandmarkets.com/reports/5157246/functional-food-market-by-ingredient-product>

- Rice-Evans, C. (2001). Flavonoid antioxidants. *Current Medicinal Chemistry*, 8(7), 797-807. doi:10.2174/0929867013373011
- Rosales Soto, M. U., Brown, K., ve Ross, C. F. (2012). Antioxidant activity and consumer acceptance of grape seed flour-containing food products. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(3), 592-602. doi:10.1111/j.1365-2621.2011.02882.x
- Sandberg, A.-S. (2011). Developing functional ingredients: A case study of pea protein. *Functional Foods: Concept to Product: Second Edition*, 358-382. doi:10.1533/9780857092557.3.358
- Scalbert, A., Johnson, I. T., ve Saltmarsh, M. (2005). Polyphenols: antioxidants and beyond. *The American Journal Of Clinical Nutrition*, 81(1), 215S-217S. doi:10.1093/ajcn/81.1.215S
- Schneider, K., ve Hoffmann, I. (2011). Nutrition ecology—a concept for systemic nutrition research and integrative problem solving. *Ecology of Food and Nutrition*, 50(1), 1-17. doi:10.1080/03670244.2010.524101
- Shanthakumar, P., Klepacka, J., Bains, A., Chawla, P., Dhull, S. B., ve Najda, A. (2022). The current situation of pea protein and its application in the food industry. *Molecules*, 27(16). doi:10.3390/molecules27165354
- Shimizu, T. (2003). Health claims on functional foods: The Japanese regulations and an international comparison. *Nutrition Research Reviews*, 16(2), 241-252. doi:10.1079/NRR200363
- Temple, N. J. (2022). A rational definition for functional foods: A perspective. *Frontiers in Nutrition*, 9, 957516. doi:10.3389/fnut.2022.957516
- Tobolka, A., Škorpilová, T., Beňo, F., Podskalská, T., ve Rajchl, A. (2024). Effect of various carbohydrates in aqueous solutions on color stability and degradation kinetics of selected anthocyanins during storage. *Foods*, 13(22), 3628. doi:10.3390/foods13223628
- Topkaya, C., ve Isik, F. (2019). Effects of pomegranate peel supplementation on chemical, physical, and nutritional properties of muffin cakes. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(6), e13868. doi:10.1111/jfpp.13868
- Ureta, M., Olivera, D., ve Salvadori, V. (2014). Quality attributes of muffins: Effect of baking operative conditions. *Food and Bioprocess Technology*, 7. doi:10.1007/s11947-012-1047-7
- Vasantha Rupasinghe, H. P., Wang, L., Pitts, N. L., ve Astatkie, T. (2009). Baking and sensory characteristics of muffins incorporated with apple skin powder. *Journal of Food Quality*, 32(6), 685-694. doi:10.1111/j.1745-4557.2009.00275.x

- Vergari, F., Tibuzzi, A., ve Basile, G. (2010). An overview of the functional food market: from marketing issues and commercial players to future demand from life in space. *Bio-Farms for Nutraceuticals: Functional Food And Safety Control By Biosensors*, 308-321
- Verhagen, H., Vos, E., Francl, S., Heinonen, M., ve van Loveren, H. (2010). Status of nutrition and health claims in Europe. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 501(1), 6-15. doi:10.1016/j.abb.2010.04.012
- Vivienne, I., Uchenna, O., Peace, A., ve Clinton, O. (2016). Composition and sensory properties of plantain cake. *African Journal of Food Science*, 10(2), 25-32. doi:10.5897/AJFS2015.1292
- Warde, A. (1997). Consumption, food and taste: Culinary antinomies and commodity culture. *London: SAGE Publications*.
- Weststrate, J. A., Van Poppel, G., ve Verschuren, P. M. (2002). Functional foods, trends and future. *British Journal of Nutrition*, 88(S2), 233-235.
- Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., ... ve Murray, C. J. L. (2019). Food in the Anthropocene: The EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*, 393(10170), 447–492. doi:10.1016/S0140-6736(18)31788-4
- Wołosiak, R., Drużyńska, B., Derewiaka, D., Piecyk, M., Majewska, E., Ciecierska, M., Worobiej, E., ve Pakosz, P. (2022). Verification of the conditions for determination of antioxidant activity by ABTS and DPPH assays—A practical Approach. *Molecules*, 27(1). doi:10.3390/molecules27010050
- World Health Organization. (2019, Mayıs). *Healthy Diet* [Fact sheet]. Erişim adresi: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet> (Erişim tarihi: 21.04.2025)
- Yeşilkanat, N., ve Savlak, N. (2021). Utilization of persimmon powder in gluten-free cakes and determination of their physical, chemical, functional and sensory properties. *Food Science and Technology*, 41, 637-645. doi:10.1590/fst.31020
- Yücel, E. K., Özkan, P., ve Yücel, E. (2018). Tüketici yenilikçiliği ile fonksiyonel gıdalara yönelik tutum arasındaki ilişki: Üniversite öğrencileri üzerine bir uygulama [17. UİK Özel Sayı]. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 17. doi:10.18092/ulikidince.434408
- Zbikowska, A., Lukasiak, P., Kowalska, M., Lukasiak, A., Kozłowska, M., ve Marciniak-Lukasiak, K. (2024). Incorporation of chokeberry pomace into baked products: Influence on the quality of the dough and the muffins. *Applied Sciences*, 14(21), 9675. doi:10.3390/app14219675
- Zhang, S., Liu, S., Shen, L., Chen, S., He, L., ve Liu, A. (2022). Application of near-infrared spectroscopy for the nondestructive analysis of wheat flour: A review. *Current Research in Food Science*, 5, 1305–1312. doi:10.1016/j.crfs.2022.08.006



EKLER

EK-A

DUYUSAL DEĞERLENDİRME FORMU

Sunulan 4 farklı muffin örneğini aşağıda verilen duyu özellikler bakımından değerlendirip, 1-9 arasında işaretleme yapınız. Tanımlayıcı açıklamaları sonraki sayfada almaktadır. Her tadım sonrasında su içiniz ve 30 saniye bekleyiniz.

Dr. Öğr. Üyesi Sema AYDIN, Y.L. Öğr. Ünal ŞAHİN.

NUMUNE NUMARASI:

RENK YOĞUNLUĞU											
Çok düşük (açık)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Çok yüksek (koyu)	
KARAKTERİSTİK TAT											
Karakteristik tat yok	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yoğun karakteristik tat	
TATLILIK											
Tatlılık hissedilmiyor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Çok yoğun tatlılık	
ÇİĞNENEBİLİRLİK											
Çok düşük çiğnenebilirlik	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Çok yüksek çiğnenebilirlik	
ELASTİKİYET											
Çok düşük	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Çok yüksek	
SERTLİK											
Aşırı yumuşak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aşırı sert	
BURUKLUK											
Hiç algılanmıyor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yoğun burukluk hissi	
KURULUK											
Nemli/doygun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ağızda kuruluk hissi yüksek	
YAPIŞKANLIK											
Hiç yapışkan değil	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Aşırı yapışkan/ağızda kalıcı	
ESNEKLİK											
Çok düşük	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Çok yüksek	

Duyusal Analizde Kullanılan Tanımlayıcılar

Özellik	Tanım
Renk Yoğunluğu	Algılanan renk yoğunluğu
Karakteristik tat	Muffin çiğneme sırasında algılanan karakteristik tat yoğunluğu
Tatlılık	Muffin çiğneme sırasında algılanan tatlılık yoğunluğu
Çiğnenebilirlik	Yutmaya uygun bir kıvama gelene kadar çiğneme için gereken çiğneme sayısı (1 çiğneme/saniye hızında)
Elastikiyet	Gıdanın sıkıştırıldıktan sonra orijinal şekline geri dönme yeteneği
Sertlik	Ürünü belirli bir mesafeye kadar deforme etmek için gereken kuvvet, yani azı dişleriyle sıkıştırma, kesici dişlerle ısırma veya dil ile damak arasında sıkıştırma kuvveti
Burukluk	Çiğneme sırasında dil veya damakta hissedilen kuruluk/büzülme hissi yoğunluğu
Kuruluk	Ağızda kuru his oluşturma derecesi
Yapışkanlık	Test sırasında ağızda yapışma derecesi
Esneklik	Ürünün sıkıştırıldıktan sonra orijinal şekline geri dönme derecesi.

Puan Skalası

Puan	Anlamı	Açıklama
1	Yok (Algılanamaz)	Değerlendirilen özellik algılanamaz veya tespit edilemez düzeydedir.
2	Çok Zayıf	Özellik algılanması zor seviyededir, duysal olarak belirgin değildir.
3	Zayıf	Özellik düşük seviyede algılanır, ancak fark edilebilir.
4	Orta-Zayıf	Özellik hafif şekilde algılanır, ancak belirgin değildir.
5	Orta	Özellik net şekilde algılanır, ancak orta seviyededir.
6	Orta-Güçlü	Özellik belirgin seviyededir, ancak yüksek yoğunlukta değildir.
7	Güçlü	Özellik yüksek yoğunlukta algılanır ve belirgindir.
8	Çok Güçlü	Özellik oldukça yoğun ve baskındır, duysal olarak dikkat çekicidir.
9	Aşırı Güçlü (Maksimum Algı)	Özellik maksimum seviyede algılanır, çok yüksek yoğunlukta.

ETİK KURUL ONAYI



T.C.
İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Etik Kurul Başkanlığı

ETİK KURUL KARAR ÖRNEĞİ

Toplantı No	Toplantı Tarihi	Toplantı Saati	Toplantı Yeri
2025 – 06	18.04.2025	14.00	Rektör Yardımcısı Odası

KARAR NO: 2025-06-104: Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Gastronomi Tezli Yüksek Lisans Programı 221429011 numaralı Ünal ŞAHİN' in, Dr. Öğr. Üyesi Sema AYDIN' ın danışmanlığında yürütülen "Muffinlerde Karayemiş (*Prunus Larocerasus*) ve Bitki Bazlı Protein İlavesinin Temel Kalite Parametreleri Üzerine Etkilerinin İncelenmesi" konulu çalışması hakkında yapacağı anket sorularının, etik kurallara uygun olup olmadığını tespit etmek üzere, İGÜ Etik Kurulumuzun 30.10.2024 tarih ve 2024-16 sayılı toplantısında, İGÜ Etik Kurul Yönergesinin 12(1) maddesine göre değerlendirme yapmak üzere görevlendirilen öğretim elemanlarımızın raporları incelenmiş olup, ilgili çalışmada yer alan bilimsel araştırmanın etik kurallara uygun olduğuna oy birliği ile karar verildi.

ASLI GİBİDİR

Etik Kurul Başkanlığı 18.04.2025 TARİH 2025 – 06 ETİK KURUL TOPLANTI TUTANAĞI KARAR ÖRNEĞİ

Cihangir Mah. Şehit Jandarma Komando Er Hakan Öner Sokak No:1 34310 Avcılar / İSTANBUL
Tel: (+90212) 422 70 00 Faks: (+90212) 422 74 01
www.gelisim.edu.tr [https://\(birim\).gelisim.edu.tr](https://(birim).gelisim.edu.tr) [\(birim\)@gelisim.edu.tr](mailto:(birim)@gelisim.edu.tr)

KYS.ID.004 / 4.08.2022 / 0 / 4.08.2022

1/1

