

**T.C.
NUH NACİ YAZGAN ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı**

**MEYVE ATIKLARI İLE ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ GLUTEN
İÇERMEYEN YENİ EKMEKLERİN GELİŞTİRİLMESİ**

Burcu ERSOY

**Beslenme ve Diyetetik Programı
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Neriman İNANÇ
İKİNCİ DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Zehra GÜLSÜNOĞLU KONUŞKAN**

**AĞUSTOS 2023
KAYSERİ**

T.C.
NUH NACİ YAZGAN ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı

**MEYVE ATIKLARI İLE ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ GLUTEN
İÇERMEYEN YENİ EKMEKLERİN GELİŞTİRİLMESİ**

Burcu ERSOY

Beslenme ve Diyetetik Programı
YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEZ DANIŞMANI

Prof. Dr. Neriman İNANÇ

İKİNCİ DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Zehra GÜLSÜNOĞLU KONUŞKAN

**Bu çalışma; İstanbul Aydın Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
Komisyonunca Kabul Edilen 07/07/2021 tarihli 2021/9 No'lu Proje Kapsamında
Desteklenmiştir.**

AĞUSTOS 2023

KAYSERİ

KABUL VE ONAY SAYFASI

Prof. Dr. Neriman İNANÇ ve Dr. Öğr. Üyesi Zehra GÜLSÜNOĞLU KONUŞKAN danışmanlığında Burcu Ersoy tarafından hazırlanan “Meyve Atıkları ile Zenginleştirilmiş Gluten İçermeyen Yeni Ekmeklerin Geliştirilmesi” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Nuh Naci Yazgan Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü **Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı, Beslenme ve Diyetetik Yüksek Lisans Programında Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

..... / / 2023

Danışman : *Prof. Dr. Neriman İNANÇ*
Nuh Naci Yazgan Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü

Üye : *Dr. Öğr. Üyesi Gizem AYTEKİN ŞAHİN*
Nuh Naci Yazgan Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü

Üye : *Dr. Öğr. Üyesi Armağan Aytuğ YÜRÜK*
Erciyes Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü

ONAY

Bu tezin kabulü Enstitü Kurulunun tarih ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

.... / / 20....

Prof. Dr. Hülya UÇAR

Enstitü Müdürü

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Nuh Naci Yazgan Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan “*Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge*” kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / Nuh Naci Yazgan Üniversitesi Kütüphanesi Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. ⁽¹⁾
- Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ... ay ertelenmiştir. ⁽²⁾
- Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. ⁽³⁾

..... / /

Burcu ERSOY

“*Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge*”

- (1) Madde 6. 1. Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez **danışmanının** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulu** iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.
- (2) Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkânı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez **danışmanının** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulunun** gerekçeli kararı ile altı ay aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.
- (3) Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, **tezin yapıldığı kurum** tarafından verilir *. Kurum ve kuruluşlarla yapılan iş birliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, **ilgili kurum ve kuruluşun önerisi** ile **enstitü** veya **fakültenin** uygun görüşü üzerine **üniversite yönetim kurulu** tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.
Madde 7.2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir

* Tez **danışmanının** önerisi ve **enstitü anabilim dalının** uygun görüşü üzerine **enstitü** veya **fakülte yönetim kurulu** tarafından karar verilir.

ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu, Prof. Dr. Neriman İNANÇ danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve Nuh Naci Yazgan Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzuna göre yazıldığını beyan ederim.

Burcu ERSOY

TEŞEKKÜR

Yoluma her zaman ışık tutan ve kendisiyle çalışmış olmaktan onur duyduğum saygıdeğer danışmanım Prof. Dr. Neriman İNANÇ'a,

Dostluğu ve hocalığıyla bana her konuda yol gösteren, bütün tecrübelerini bana aktaran ve hiçbir aşamada beni yalnız bırakmayan kıymetli eş danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Zehra GÜLSÜNOĞLU KONUŞKAN'a,

BİDEB 2210-A Yurt İçi Genel Yüksek Lisans Burs Programı kapsamında 2 yıl süreyle beni destekleyen TÜBİTAK'a,

Tez çalışmamdaki maddi destekleri için İstanbul Aydın Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne,

Analizlerim konusunda yardım ve desteklerini esirgemeyen Prof. Dr. Meral Kılıç AKYILMAZ ve Dr. Fatma Duygu CEYLAN'a,

Bilgi ve deneyimimi artırmamda bana katkı sunan İstanbul Aydın Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü aileme,

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca üzerimde emeği olan bütün hocalarıma, Süreçteki bütün problemlerimi sabırla dinleyen ve çözüm üreten sevgili Arş. Gör. Büşra GÖZ, Öğr. Gör. Kaan Can UYANIK ve Öğr. Gör. Ceyda DURMAZ başta olmak üzere bütün mesai arkadaşlarıma,

Doğduğum günden bu yana maddi ve manevi her konuda arkamda duran, bana cesareti, sabrı ve gücü öğreten en büyük hazinem babam Yaşar ERSOY, annem Döndü ERSOY ve abim Halil ERSOY'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Burcu ERSOY

ÖZET

Ersoy, B., Meyve Atıkları ile Zenginleştirilmiş Gluten İçermeyen Yeni Ekmeklerin Geliştirilmesi, Nuh Naci Yazgan Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beslenme ve Diyetetik Programı, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 2023. Bu araştırmada, pirinç ve kinoa unu ile üretilen glutensiz ekmeklere gıda atığı olarak kavun çekirdeği tozu ilave edilerek fonksiyonel olabileceği düşünülen ekmeklerin üretilmesi amaçlanmıştır. Pirinç ve kinoa ile yapılan glutensiz ekmek, yeşil mercimek protein izolatu ilave edilen ekmek kontrol ekmekleri olarak kabul edilmiş, üç ayrı dozda (%5, %10 ve %15) kavun çekirdeği tozu (KÇT) ilaveli glutensiz ekmekler üretilmiştir. Ekmeklerin pişme kaybı, hacim ve nem analizleri, makro ve mikro besin ögesi miktarları, tekstür ve renk analizleri incelenmiş ve panelistlerce duyu analizi puanlandırılmıştır. Ayrıca, toplam fenolik madde (TPC) ve toplam flavonoid madde (TFC) miktarı analizleri, 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) ve Bakır İndirgeyici Antioksidan Kapasitesi (CUPRAC) yöntemleri ile total antioksidan aktivite (TAA) analizleri, HPLC ile fenolik bileşen profili analizi gerçekleştirilmiş ve ekmeklerin *in vitro* sindirim öncesi (toplam derişim), mide (ağız ve mide) ve bağırsak (ağız, mide ve bağırsak) fazlarındaki biyoerişilebilirlikleri değerlendirilmiş ve geri kazanım indeksleri hesaplanmıştır. Ekmeklerin kabuk rengi, iç renk ve koku puanları farklı bulunmuştur ($p<0,05$). Ekmeklerin makro ve mikro besin ögeleri miktarlarının anlamlı farklılık gösterdiği ($p<0,001$) en yüksek oranda nem, yağ ve protein, kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), potasyum (K) ve çinko (Zn) miktarlarının %15 KÇT ilaveli ekmekte olduğu saptanmıştır ($p<0,05$). Ekmeklerin TPC ve TFC miktarlarının farklı olduğu (sırasıyla $p=0,045$, $p=0,006$) ve her iki bileşenin mide ve bağırsak fazında artması ve geri kazanım indekslerinin de bağırsak fazında en yüksek oranda olması nedeniyle biyoerişilebilirliğinin yüksek olduğu varsayılmıştır ($p<0,05$). DPPH yönteminde %10 ($p=0,002$), CUPRAC yönteminde %15 KÇT ilaveli ekmeğin ($p=0,026$) TAA değerleri diğer ekmeklere göre en yüksektir. Glutensiz ekmeklerin hidroksibenzoik ve hidroksisinamik asit türevleri (12 bileşen) ve flavonoidlerden (4 bileşen) toplam 16 fenolik bileşen bulunmuştur. Çalışma sonucunda glutensiz ekmeklerin kavun çekirdeği tozu ilavesi ile TPC, TFC, TAA ve biyoerişilebilirliğin arttığı, bu sonuçların biyoyararlılık çalışmaları ile güçlendirilmesinin yararlı olabileceği düşünülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Biyoerişilebilirlik, gıda atığı, glutensiz ekmek, kavun çekirdeği tozu.

Bu çalışma; İstanbul Aydın Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonunca kabul edilen 07/07/2021 tarihli 2021/9 no.lu proje kapsamında desteklenmiştir.

ABSTRACT

Ersoy, B., Development of Gluten-Free New Breads Enriched With Fruit Wastes, Nuh Naci Yazgan University Graduate School of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics, Master's Thesis, Kayseri, 2023. In this study, it was aimed to produce breads that are thought to be functional by adding melon seed powder as food waste to gluten-free breads produced with rice and quinoa flour. Gluten-free bread made with rice and quinoa and bread with green lentil protein isolate were considered as control breads, and three different doses (5%, 10% and 15%) of melon seed powder (MSP) were added to produce gluten-free breads with MSP. Baking loss, volume and moisture analysis, macro and micronutrient composition, texture and color analyze of breads were examined and sensory analyzes were scored by the panelists. In addition, total phenolic content (TPC) and total flavonoid content (TFC) analyzes, total antioxidant activity (TAA) analyzes with 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazil (DPPH) and Copper Reducing Antioxidant Capacity (CUPRAC) methods, phenolic component profile analysis were performed by HPLC. The bioaccessibility of the bread in pre-digestion (total concentration), stomach (mouth and stomach), and intestinal (mouth, stomach, and intestine) phases were evaluated and recovery indices were calculated. The crust, inner color, and odor scores of the bread were found different significantly ($p < 0.05$). The macro and micronutrients content of bread showed significant differences ($p < 0.001$). The highest amount of moisture, ash, fat and protein as well as calcium (Ca), magnesium (Mg), potassium (K), and zinc (Zn) amounts were found in bread with 15% MSP ($p < 0.05$). The TPC and TFC levels of the breads were found different ($p = 0.045$, $p = 0.006$, respectively). Due to the increase of both components in the gastric and intestinal phase and the highest recovery index was the highest in the intestinal phase. It was assumed that their bioaccessibility of the breads was high ($p < 0.05$). The TAA values of the bread with 10% MSP added in the DPPH method ($p = 0.002$) and 15% in the CUPRAC method ($p = 0.026$) are the highest compared to other breads. A total of 16 phenolic components were found in the gluten-free breads including hydroxybenzoic and hydroxycinnamic acid derivatives (12 components) and flavonoids (4 components). As a result of the study, it was concluded that TPC, TFC, TAA, and bioaccessibility and further reinforcement of these results with bioavailability studies could be beneficial.

Keywords: Bioaccessibility, food waste, gluten free bread, melon seed powder.

This study was supported within the scope of the project dated 07/07/2021 and numbered 2021/9, which was accepted by the Scientific Research Projects Commission of Istanbul Aydın University.

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI	iii
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI	iv
ETİK BEYAN.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
ŞEKİLLER VE GRAFİKLER.....	xiv
TABLolar	xv
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Glutenin Tanımı ve Özellikleri	3
2.2. Glutenin Sağlık Üzerine Etkileri.....	3
2.3. Gluten Duyarlılığı (İntoleransı)	4
2.4. Çölyak Hastalığı.....	5
2.5. Buğday Alerjileri.....	5
2.6. Glutensiz Ürünler	6
2.6.1. Glutensiz Ürünlerde Kullanılan Hammaddeler.....	7
2.7. Glutensiz Ürünlerin Proteinle Zenginleştirilmesi	8
2.8. Bitkisel Protein Kaynakları	8
2.8.1. Yeşil Mercimek.....	10
2.9. Hayvansal Protein Kaynakları.....	11
2.10. Glutensiz Ürünlerin Gıda Atıkları ile Zenginleştirilmesi.....	12
2.10.1. Kavun Çekirdeği	14
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	16
3.1. Araştırmanın Yeri ve Zamanı.....	16
3.2. Gereç	16
3.3. Yöntem.....	17
3.3.1. Protein İzolasyon Yöntemi.....	17

3.3.2. Glutensiz Ekmek Yapma Süreci	17
3.3.3. Glutensiz Ekmek Yapımında Oluşan Pişme Kaybı	18
3.3.4. Glutensiz Ekmeklerin Hacmi	18
3.3.5. Glutensiz Ekmeklerin Nem Analizi	18
3.3.6. Glutensiz Ekmeklerin Toplam Protein Miktarının Analizi	19
3.3.7. Glutensiz Ekmeklerin Toplam Yağ Miktarının Analizi.....	19
3.3.8. Glutensiz Ekmeklerin Kül Miktarının Analizi.....	20
3.3.9. Glutensiz Ekmeklerin Karbonhidrat Miktarının Analizi.....	20
3.3.10. Glutensiz Ekmeklerin Mineral Miktarlarının Analizi	20
3.3.11. Glutensiz Ekmeklerin Tekstür Analizi.....	20
3.3.12. Glutensiz Ekmeklerin Renk Analizi.....	21
3.3.13. Glutensiz Ekmeklerin Duyusal Analizi.....	21
3.3.14. Glutensiz Ekmeklerin Fenolik Maddelerinin Ekstraksiyonu	21
3.3.15. Glutensiz Ekmeklerin Toplam Fenolik Madde (TPC) Miktarının Belirlenmesi	22
3.3.16. Glutensiz Ekmeklerin Toplam Flavonoid Madde (TFC) Miktarının Belirlenmesi	22
3.3.17. Glutensiz Ekmeklerin 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) Yöntemi ile Total Antioksidan Aktivitelerinin (TAA) Belirlenmesi	22
3.3.18. Glutensiz Ekmeklerin Bakır İndirgeyici Antioksidan Kapasitesi (CUPRAC) Yöntemi ile Total Antioksidan Aktivitelerinin (TAA) Belirlenmesi	23
3.3.19. Glutensiz Ekmeklerin HPLC Analizi ile Fenolik Bileşenlerinin Tespiti.....	23
3.3.20. Glutensiz Ekmeklerin <i>In vitro</i> Mide-Bağırsak Sistemi Simülasyonu	24
3.3.21. Glutensiz Ekmeklerin Geri Kazanım İndekslerinin Hesaplanması.....	24
3.3.22. İstatistiksel Analiz	24
4. BULGULAR.....	25
4.1. Glutensiz Ekmeklerin Fiziksel Özellikleri.....	25
4.2. Glutensiz Ekmeklerin Makro Besin Ögesi Kompozisyonu	26
4.3. Glutensiz Ekmeklerin Mikro Besin Ögesi İçerikleri.....	27
4.4. Glutensiz Ekmeklerin Tekstürel Profil Sonuçları	28

4.5. Glutensiz Ekmeklerin Dış ve İç Kabuk Renk Değerleri Analizi Sonuçları.....	29
4.6. Glutensiz Ekmeklerin Duyusal Analiz Sonuçları	32
4.7. Glutensiz Ekmeklerin <i>In Vitro</i> Sindirim Öncesi, Mide ve Bağırsak Fazlarında Toplam Fenolik ve Flavonoid Madde Miktarları.....	33
4.8. Glutensiz Ekmeklerin <i>In Vitro</i> Sindirim Öncesi, Mide ve Bağırsak Fazlarında Total Antioksidan Aktivite Değerleri.....	36
4.9. Glutensiz Ekmeklerin <i>In Vitro</i> Sindirim Öncesi, Mide ve Bağırsak Fazı Sonrası Fenolik Bileşenleri	38
4.9.1. Hidroksibenzoik Asit Türevleri	38
4.9.2. Hidroksisinamik Asit Türevleri	40
4.9.3. Flavonoidler	41
5. TARTIŞMA.....	47
5.1. Glutensiz Ekmeklerin Fiziksel Özellikleri.....	47
5.2. Glutensiz Ekmeklerin Makro Besin Ögesi Kompozisyonu	48
5.3. Glutensiz Ekmeklerin Mikro Besin Ögesi İçerikleri.....	50
5.4. Glutensiz Ekmeklerin Tekstürel Profili	50
5.5. Glutensiz Ekmeklerin Dış ve İç Kabuk Renk Değerleri	51
5.6. Glutensiz Ekmeklerin Duyusal Analizi.....	51
5.7. Glutensiz Ekmeklerin <i>In Vitro</i> Sindirim Öncesi, Mide ve Bağırsak Fazlarında TPC, TFC Miktarları ve TAA Değerleri.....	52
5.8. Glutensiz Ekmeklerin <i>In Vitro</i> Sindirim Öncesi, Mide ve Bağırsak Fazı Sonrası Fenolik Bileşenleri	53
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	56
6.1. Çalışmanın Sınırlılıkları	59
7. KAYNAKLAR	60
8. EKLER	71
EK-1: Glutensiz Ekmek Tanımlayıcı Duyusal Analiz Testi	71
EK-2: Orjinallik Raporu	73

SİMGELER VE KISALTMALAR

µg	mikrogram
µL	mikrolitre
AlCl₃	Alüminyum Klorür
AOAC	Association of Agricultural Chemists
Ca	Kalsiyum
CaCl₂	Kalsiyum Klorür
Cu	Bakır
CuCl₂	Bakır (II) Klorür
CUPRAC	Bakır İndirgeyici Antioksidan Kapasitesi
CuSO₄.5H₂O	Bakır (II) Sülfat
DPPH	2,2-difenil-1-pikrilidrazil
Fe	Demir
g	gram
GAE	Gallik Asit Eşdeğerliği
H₂SO₄	Sülfirik Asit
HbA1C	Hemoglobin A1C
HCl	Hidroklorik Asit
HLA	İnsan Lökosit Antijeni
HPLC	Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
ICP-OES	İndüktif Eşleşmiş Argon Plazma-Optik Emisyon Spektrometresi
Ig	İmmunoglobulin
K	Potasyum
K₂SO₄	Potasyum Sülfat
KÇT	Kavun Çekirdeği Tozu
Kg	kilogram
Mg	Magnezyum
mg	miligram
mL	mililitre
Na	Sodyum
Na₂CO₃	Sodyum Karbonat

NaNO₂	Sodyum Nitrit
NH₄AC	Amonyum Asetat
P	Fosfor
PDA	Photodiodearray
RE	Rutin Eşdeğer
SPT	Deri Prick Testi
TAA	Total Antioksidan Aktivite
TE	Trolox Eşdeğerliği
TFC	Toplam Flavonoid Madde
TPC	Toplam Fenolik Madde
YMPI	Yeşil Mercimek Protein İzolatı
Zn	Çinko

ŞEKİLLER VE GRAFİKLER

Şekil		Sayfa
4.1.	Kavun çekirdeği ilaveli glutensiz ekmeklerin görüntüsü.	29
4.2.	Kavun çekirdeği ilaveli glutensiz ekmeklerin duyuusal analiz sonuçlarına ait örümcek diyagramı.	33



TABLOLAR

Tablo		Sayfa
3.1.	Glutensiz ekmek formülasyonları (100 g) *.	18
4.1.	Glutensiz ekmeklerin hacim ve pişme kaybı sonuçları.	25
4.2.	Hammaddelerin makro besin ögesi kompozisyonu (%).	26
4.3.	Glutensiz ekmeklerin makro besin ögesi kompozisyonu (%).	27
4.4.	Glutensiz ekmeklerin mikro besin ögeleri (µg/g).	28
4.5.	Glutensiz ekmeklerin tekstürel profil sonuçları.	28
4.6.	Glutensiz ekmeklerin dış ve iç kabuk renk değerleri.	31
4.7.	Glutensiz ekmeklerin duyu analizi sonuçları.	32
4.8.	Glutensiz ekmeklerin <i>in vitro</i> sindirim öncesi, mide ve bağırsak fazlarında TPC miktarları.	34
4.9.	Glutensiz ekmeklerin <i>in vitro</i> sindirim öncesi, mide ve bağırsak fazlarında TFC miktarları.	35
4.10.	Glutensiz ekmeklerin DPPH yöntemi ile <i>in vitro</i> sindirim öncesi, mide ve bağırsak fazlarındaki TAA değerleri.	37
4.11.	Glutensiz ekmeklerin CUPRAC yöntemi ile <i>in vitro</i> sindirim öncesi, mide ve bağırsak fazlarındaki TAA değerleri.	38
4.12.	Glutensiz ekmeklerin <i>in vitro</i> sindirim öncesi, mide ve bağırsak fazı sonrası fenolik bileşenleri (µg/g)	42
4.13.	Glutensiz ekmeklerin fenolik bileşen grubuna göre miktar karşılaştırması (µg/g).	46

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Gluten buğday, arpa ve çavdar gibi tahıllarda bulunan hamurun yapışmasını engelleme, oluşan ürünün hacmini, elastikiyetini ve kabuk yapısını optimize etme gibi özelliklere sahip bir proteindir (Rosell ve ark., 2014). Çölyak hastalığı, genetik olarak yatkın bireylerde gluten içeren gıdalara ve diğer çevresel faktörlere maruz kalma sonucunda ortaya çıkan hem doğuştan hem de sonradan gelişebilen otoimmün bir hastalıktır. (Green, Lebwohl, ve Greywoode, 2015). Çölyak hastalığı tedavisinde uygulanan tek yöntem gluten içeren gıdaların beslenmeden çıkarılması ile planlanan glutensiz diyetin ömür boyu sürdürülmesidir (Mutlu ve ark., 2019). Çölyak hastalığı ve/veya başka bir sebeple glutensiz diyet uygulayan bireylerde lif, folat, demir (Fe), magnezyum (Mg), çinko (Zn), kalsiyum (Ca) ve D vitamini alımında yetersizlikler ve yüksek yağlı beslenme eğiliminde artış gözlemlenmiştir (Rashid ve ark., 2005). Glutensiz diyet besinsel eksikliklere neden olmasının yanı sıra bireyler için ekonomik bir yük oluşturmaktadır (Panagiotou & Kontogianni, 2017). Bu sebeple son yıllarda meyve ve sebze işleme endüstrisi atıkları değerlendirerek maliyeti düşük, besin değeri yüksek ürünler üretilmesi konusunda çalışmaktadır. Tarım ürünlerinin endüstriyel olarak işlenmesi sonucu oluşan atık ürünler, zengin ve doğal antioksidan içeriğine sahip olabilmektedir. Günümüzde bazı bitkilerin antimikrobiyal ve antioksidan özelliklere sahip olduğu bilinmekte olup, bu bitkilerin üretimi ve işlenmesi sırasında elde edilen yan ürünler ve atıklardan antimikrobiyal ve antioksidan özellikli ekstraktların üretilmesi ve bu yolla gıdaların zenginleştirilmesi giderek önem kazanmaktadır (Turker ve Isleroglu, 2021).

Bu tez çalışması, protein ve mineral açısından zenginleştirilmiş glutensiz ekmek üretimi için yeni bir formülasyon geliştirmek, fenolik bileşenler açısından zengin bir gıda atığı olan kavun çekirdeği kullanılarak maliyeti düşürmek ve gıda atıklarını azaltmak, ekmeklere antioksidan özellikler kazandırmak ve yeşil mercimek kullanılarak protein içeriğini zenginleştirmek amacı ile planlanmıştır. Çalışmada pirinç ve kinoa karışımları ile hazırlanmış glutensiz ekmeklerin teknolojik özellikleri ve protein içeriği yeşil mercimekten izole edilen proteinlerle iyileştirilmiş; farklı dozlarda kavun çekirdeği ilavesi ile elde edilen ekmeklerin makro ve mikro besin ögesi içeriği, tekstürel profili, hacmi, pişme kaybı, renk ve duyuşal özellikleri, toplam fenolik madde (TPC), toplam

flavonoid madde (TFC) miktarları ve total antioksidan aktivite (TAA) değerleri belirlenmiş ve *in vitro* biyoerişilebilirlikleri ortaya konmaya çalışılmıştır.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Glutenin Tanımı ve Özellikleri

Gluten, bazı bitkiler tarafından tohumun büyümesi için enerji kaynağı olarak kullanılan depo proteindir. Buğday, arpa ve çavdar gibi tahılların endosperm kısmında bulunur. Temelde glutenin ve prolamin proteinlerinin bileşiminden oluşmaktadır (Aziz, Branchi, ve Sanders, 2015). Glutenin elastikiyet ve yapışkanlık sağlarken prolamin hamurda viskozite ve uzayabilirlikten sorumludur (Mahmoud ve ark., 2013). Gluten kompleksinin oluşması için ise glutenin ve prolamin proteinlerinin eşit miktarda bulunması ve su ile muamele edilmesi gerekmektedir (Köksal ve Gökmen Özel, 2017).

Gluten, ekmek, makarna, kek, hamur işleri ve bisküvi gibi unlu mamullerin hamur kalitesinin belirlenmesinde önemli bir rol üstlenmektedir (Wieser, 2007). Glutenin “glue” kelimesinden türetilmesi de yapı oluşturmada oynadığı rolün terminolojiye yansımasıdır (El-Chammas ve Danner, 2011). Gluten fermantasyon süresince karbondioksit gazının tutulmasını sağlayarak hamura uygun hacim ve dokuyu kazandırmaktadır (Mahmoud ve ark., 2013). Sağladığı gelişmiş doku özellikleri, nem tutma kapasitesi ve lezzet itibarıyla işlenmiş gıdalarda katkı maddesi olarak da kullanılmaktadır (Kucek ve ark., 2015). Bir üründen glutenin uzaklaştırılması ile lezzet kaybı, düşük kalite ve yapı bozukluğu gibi durumlar meydana gelmektedir (Mahmoud ve ark., 2013).

2.2. Glutenin Sağlık Üzerine Etkileri

Glutenin tüketilmesiyle ortaya çıkan en yaygın sağlık problemi gastrointestinal semptomlardır (Jones ve ark., 1983). Bu semptomlar alerjiye, intoleransa ve çölyak hastalığına bağlı olarak gelişebilir (Biesiekierski, 2017). Bunun yanı sıra glutenin özellikle genetik olarak yatkın olan bireylerde alerji ve intolerans geliştirme olasılığı yüksektir (Camarca ve ark., 2009). Yapısında bulunan gliadin proteini astıma ve gıda alerjilerine neden olan güçlü bir alerjendir (Sollid, 2002). Ayrıca yapılan bir çalışmada gluten alımı obezite, metabolik sendrom ve kardiyovasküler risk ile ilişkilendirilmiştir (Marcason, 2011). Glutenin olumsuz metabolik etkileri hayvan deneyleriyle de desteklenmektedir. Yapılan bir çalışmada, %4 gliadin içeren yüksek yağlı bir diyetle

beslenen fareler, daha yüksek hemoglobin A1c (HbA1c), daha yüksek insülin direnci ve daha fazla hepatik lipid birikimi sergilemişlerdir (Zhang ve ark., 2017). Bunlara bağlı olarak birçok birey glutensiz diyeti dengeli, sağlıklı ve ağırlık kontrolü için faydalı görmektedir (Rostami, Aldulaimi, ve Rostami-Nejad, 2015). Dolayısıyla glutensiz beslenme sağlıklı kalmak isteyen bireyler için odak noktası haline gelmiştir (Gültekin, Akın, ve Elgün, 2019). Bu durumların aksine glutenin fayda gösterdiğini ortaya koyan çalışmalar da vardır. Yapılan bir hayvan çalışmasında glutensiz diyet uygulandığında besin seçimlerinin sınırlandırılmasına ve dengesiz beslenmeye bağlı olarak, mikro besin öğeleri ve lif alımında eksiklik olduğu ortaya konmuştur (Vici ve ark., 2016). Yapılan bir sistematik derlemede ise; ömür boyu glutensiz diyetle beslenen çölyak hastalarında beden kütle indeksi artışı, yüksek kolesterol ve artmış kan glukozu gibi kardiyovasküler risk faktörlerinin olduğu belirtilmiştir (Potter ve ark., 2018). Kırk bin katılımcı ile yapılan bir araştırmanın sonucuna göre de alerji, intolerans veya çölyak hastalığı mevcut olmadığı sürece diyetle gluteni azaltmak sağlığa potansiyel bir fayda sağlamamaktadır (Behrendt, Fasshauer, ve Eichner, 2021).

2.3. Gluten Duyarlılığı (İntoleransı)

Gluten duyarlılığı, gluten ve diğer tahıl bileşenleri tüketildikten saatler veya günler sonra ortaya çıkan bağırsak semptomları ile karakterizedir. Abdominal ağrı ve şişkinlik ve diyare semptomlar arasında yer almaktadır. Bunun yanı sıra yorgunluk, baş ağrısı, kaslarda ve eklemlerde ağrı ve egzama gibi ekstraintestinal semptomlar da ortaya çıkabilmektedir (Leonard ve ark., 2017). Semptomlar çölyak hastalığı veya buğday alerjisine benzese de gluten duyarlılığına IgA ve IgE aracılık etmemektedir. Gluten duyarlılığında gliadinler gibi gluten bileşenleri, kısmen bağırsak geçirgenliğini artırarak bu semptomlara neden olmaktadır (Hollon ve ark., 2015). Gluten duyarlılığı tanısı için yeterli biyobelirteç bulunmamaktadır. Bu nedenle tanı, çölyak hastalığı ve buğday alerjisi dışlama kriterlerine ve diyetten glutenin çıkarılması veya azaltılmasından sonra gözlemlenen iyileşmeye dayanmaktadır. Glutensiz veya gluteni azaltılmış bir diyet sonrasında semptomlar düzeldiğinde, semptomların hastalıkla ilişkili olup olmadığını belirlemek için çift kör, plasebo kontrollü bir yöntemle gluten yüklemesi yapılarak tanının doğrulanması önerilmektedir (Catassi ve ark., 2015).

2.4. Çölyak Hastalığı

Çölyak hastalığı, genetik olarak yatkın bireylerde gluten alımına ve diğer çevresel faktörlere bağlı olarak ortaya çıkan otoimmün bir hastalıktır (Constantin ve ark., 2005). Diğer bir deyişle, gluten alımına bağlı olarak gelişen ince bağırsağın multifaktöriyel enteropatisidir (Jericho vd., 2017). Çölyak hastalığının gıda alerjilerinden farkı, hastada immünoglobulin (Ig) E'ye bağlı bir mekanizmayla ani reaksiyonların gelişmemesidir (Constantin ve ark., 2005). Çölyak hastalığı semptomları, spesifik olmamakla birlikte yaşa ve hastalığın yaygınlığına göre değişmektedir. Bu durum, hastalık tanısı koyma sürecini yavaşlatmakta ve zorlaştırmaktadır (Fasano ve Catassi, 2012; Lionetti ve ark., 2014). Bebeklerde ve küçük çocuklarda görülen semptomlar, büyük çocuklarda görülen semptomlardan farklı olabilmektedir. Bebekler ve küçük çocuklarda diyare, iştahsızlık, karında şişkinlik ve ağrı gibi semptomlar ortaya çıkmaktadır. Hastalık tanısının gecikmesi durumunda, sinirlilik hali, ciddi malnutrisyon ve kas kaybı meydana gelebilmektedir. Daha büyük çocuklarda ise, alınan gluten miktarına bağlı olarak ishal, bulantı ve kusma, karın ağrısı, şişkinlik, kilo kaybı ve kabızlık gibi gastrointestinal semptomlar görülmektedir (Hill ve ark., 2005).

Çölyak hastalığını teşhis etmek ve izlemek için serolojik testler, genetik testler ve histolojik testler gibi çeşitli testler kullanılmaktadır (Snyder ve ark., 2016). Çölyak hastalığının tedavisi ömür boyu glutensiz diyetdir. Glutensiz diyetle uyum sağlamanın zor olması sebebiyle hastaların sıkı takibi önemlidir (Black ve Orfila, 2011). Diyetisyen tarafından düzenli diyet kontrolleri ve büyüme-gelişme takibi yapılmalıdır. Hastaların laboratuvar bulguları düzenli olarak takip edilmelidir (Gallegos ve Merkel, 2019). Beslenmeye bağlı eksiklikler tespit edilmeli ve giderilmelidir. Aksi halde bu eksiklikler semptomların ağırlaşmasına sebep olabilmektedir (Hill ve ark., 2005).

2.5. Buğday Alerjileri

Buğdayın yapısında bulunan albümin, globülin, glutenin ve gliadin alerjen etki göstermektedir (Brier ve ark., 2015). Buğday alerjilerine IgE aracılık etmektedir. (Pourpak ve ark., 2005). Buğday alerjisi, kusma, karın ağrısı, ürtiker, anjiyoödem, anafilaksi, solunum yolu semptomları ve cilt semptomları gibi semptomlara neden olabilmektedir (Christensen ve ark., 2019). Buğday alerjisi insidansı, yaş gruplarına göre farklılık göstermektedir. Buğday alerjisi prevalansının okul çağındaki çocuklarda

yetişkinlere göre daha yüksek olduğu bildirilmektedir (Nilsson ve ark., 2015). Buğday alerjisi tanısı, doğru bir klinik öyküye, fizik muayeneye ve uygun testlerin seçimine dayanmaktadır. Öncelikli testlerden olan kan serumu testi ve deri prick testinde (SPT) buğday özütü ve buğday alerjenlerine özgü IgE'nin ölçülmesi amaçlanmaktadır. Pediatrik ve yetişkin hastalarda buğday alerjisi olması durumunda, klinik öykü ve bahsedilen testlerin sonuçlarından sonra, tanıda altın standart olması sebebiyle çift-kör plasebo kontrollü bir şekilde oral yoldan buğday verilerek semptomlar izlenmektedir. Bu işlem anafilaktik reaksiyonların meydana gelebilme riski nedeniyle tıbbi personel tarafından dikkatli bir şekilde gerçekleştirilmelidir (Sicherer ve Sampson, 2018). İmmunoglobulin E aracılı buğday alerjisi için mevcut olan tek tedavi yöntemi, buğdayın diyetten çıkarılmasıdır. Tedavinin etkisini artırabilmek için uzmanlar tarafından hastalara uygulayacakları buğday eliminasyon diyeti ve gıda etiketlerinin doğru okunması konusunda eğitim verilmelidir (Quirce, Boyano-Martínez, ve Díaz-Perales, 2016).

2.6. Glutensiz Ürünler

Son yıllarda glutenle ilişkili sorunların, özellikle de dünya çapında önemli bir halk sağlığı sorunu haline gelen çölyak hastalığının, yaygınlığı ve farkındalığının artması ile glutensiz diyet uygulayan birey sayısı artış göstermiştir. Glutensiz diyetin sağlıklı yaşama katkı sağladığı düşüncesi de bu artışın bir sebebi olmuştur (El Khoury, Balfour-Ducharme, ve Joye, 2018). Bu durum glutensiz ürünlerin talebinde ve tüketiminde de bir artışa sebep olmuş ve küresel gıda sektörü bu konunun üzerinde daha fazla çalışmaya başlamıştır (Capriles ve Arêas, 2014). Glutensiz diyetin özellikle çölyak hastalığında ömür boyu devam ettirilmesi gereken bir beslenme şekli olmasından dolayı küresel gıda sektörü tüketilecek olan ürünlerin sağlık, ekonomi ve sosyal boyutlarını da ele almaktadır (Bascuñán, Vespa, ve Araya, 2017). Fakat üretilen ürünlerin gereksinimleri karşılayıp karşılamadığı yeterince değerlendirilmemiştir. Glutensiz ürünler, özellikle ekmek, genellikle zayıf doku ve görünümüne, kuru ağız hissine ve zayıf tada sahip gıdalar olarak karakterize edilmektedir. Ayrıca, glutensiz ürünler gluten içeren muadillerine kıyasla sınırlı kullanılabilirlik, yüksek fiyat etiketi, eksik besin içeriği ve kısa raf ömrü ile tercih edilmesi zor besinler haline gelmiştir (Capriles ve Arêas, 2014).

2.6.1. Glutensiz Ürünlerde Kullanılan Hammaddeler

Glutensiz ekmek ve unlu mamullerin üretiminde gluten içeren tahılların spesifik teknolojik özelliklerinin değiştirilmesi gerekmektedir. Glutensiz hammaddelerden ekmek ve unlu mamullerin hazırlanması için uygun hamur birleşimi ve hacmini sağlamak önem arz etmektedir. Ayrıca glutensiz ürünleri bayatlamadan muhafaza etmek de oldukça zordur. Glutensiz ürünlerde yeterli hacim, yumuşaklık ve uzun raf ömrü sağlamak için glutensiz unlar ve nişastalar gibi temel glutensiz bileşenlere ek olarak, meyve veya sebze lifinin hidrokolloidleri, keten ve chia tohumları, karnıyarık otu, modifiye nişastalar ve birçok kaynaktan gelen proteinler gibi teknolojik ve besleyici olarak işlevsel bileşenlerin eklenmesi gerekmektedir (Šmídová ve Rysová, 2022). Nişasta ve hidrokolloidler tahıl esaslı gıdaların doku ve görünüş özelliklerini geliştirmede yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle pirinç nişastası gluten içermemesi, düşük sodyum (Na) miktarı ve kolay sindirilebilir karbonhidratlardan zengin olması sebebiyle glutensiz ürün formülasyonlarında sıklıkla kullanılmaktadır (Gallagher, Gormley, ve Arendt, 2004). Lif ilavesi ise, yararlı sağlık etkilerinin yanı sıra, dokuyu, hacmi, viskoziteyi, duyu kaliteyi ve raf ömrünü iyileştirerek ekmeğin kalitesini artırmaktadır. Bu durum, lifin suyu bağlama ve jel oluşturma kabiliyetinden kaynaklanmaktadır (Culetu ve ark., 2021). Formülasyonlarda kullanılan farklı un ilaveleri dikkate alındığında yapılan bir çalışmada glutensiz ekmeğe keten tohumu tozu ve akasya tohumu tozu %1 oranında ilave edilerek yapışkanlık, doku ve hacim üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda tohum tozlarının eklenmesi, sertliği %30-65 oranında azaltmış ve hacmi %50 oranında artırmıştır (Kumar ve ark., 2019). Glutensiz ekmek üretiminde chia unu kullanılan bir çalışmada ise; kabul edilebilirlik açısından anlamlı bir farklılık gözlenmemekle birlikte ekmeklerin daha iyi bir dokuya sahip olduğu gözlemlenmiştir (Steffolani ve ark., 2014). Bir başka çalışmada da, ekmek formülasyonuna %5-14 oranında tam chia unu eklenmesinin, beyaz glutensiz ekmeğe kıyasla ekmekteki yağ, protein ve lif içeriğini artırdığı saptanmıştır (Sandri ve ark., 2017). Glutensiz ekmek formülasyonuna kinoa ununun dahil edildiği bir çalışmada, %25 oranında kinoa unu ilavesi yapılmış glutensiz ekmeğin kabul edilebilirlik açısından olumlu sonuçlar verdiği saptanmıştır. Ek olarak, %25 oranında yapılan ilavenin ekmeğin bayatlama süresini de geciktirdiği saptanmıştır (Azizi ve ark., 2020). Yapılan bir başka çalışmada da %25 oranında kinoa unu ilave edilmiş glutensiz ekmeklerin daha yüksek duyu skora ve daha yumuşak dokuya sahip

olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle kinoa ununun glutensiz ekmek formülasyonlarında iyi bir alternatif olabileceği belirtilmiştir (Turkut ve ark., 2016).

2.7. Glutensiz Ürünlerin Proteinle Zenginleştirilmesi

Glutensiz ürünlerin üretiminde, protein kaynağı olarak gluten bulunmamasına bağlı olarak gelişen protein eksikliğini gidermek amacıyla farklı protein kaynakları kullanılmaktadır. Son yıllarda çeşitli protein kaynakları kullanarak gluten içeren ürünlere benzer ürünler üretilmeye başlanmıştır. Özellikle fırıncılık ürünlerinde protein, uygun tat ve aromanın oluşturulması için oldukça önemlidir (Deora, Deswal, ve Mishra, 2015). Ayrıca raf ömrünün uzatılması için de proteine ihtiyaç duyulmaktadır (Özüğür ve ark., 2011). Protein ilavesinin, glutensiz ürünlerin besin değerini artırmasının yanı sıra ürün kalitesinin iyileştirilmesi için de kullanıldığı bildirilmiştir (Krupa-Kozak ve ark., 2013). Bu nedenle, protein kaynağının istenen işlevselliğe sahip olması, glutensiz ürün geliştirmede önemli bir rol oynamaktadır. Kullanılan protein kaynakları, gluten proteinine benzer şekilde, ürünlerde ağ benzeri bir yapı oluşturabilmektedir. Dolayısıyla protein bazlı bileşenlerin glutensiz ürünlere ilave edilmesi işlevsel ve besleyici faydalar sağlamaktadır. Glutensiz beslenmenin özellikle çölyak hastalığında yetersiz besin alımına yol açtığı göz önüne alındığında, glutensiz ürünlerin besin içeriğini zenginleştirmek ve kalitesini artırmak için farklı protein kaynaklarının eklenmesi önem arz etmektedir (Marcoa ve Rosell, 2008). Özellikle süt ve soya proteinleri glutensiz ürün formülasyonlarında en çok kullanılan proteinlerdir (Gallagher, Gormley, ve Arendt, 2003). Bunlara ek olarak, baklagil kaynaklarından elde edilen proteinler de glutensiz ürünlerin geliştirilmesi için kullanılmaktadır (Gularte, Gómez, ve Rosell, 2012). Özet olarak, protein temel olarak elastikiyeti artırmak, Maillard reaksiyonunu ve lezzeti artırarak ürün kalitesini iyileştirmek, jelleşme özelliği ile ürün yapısını iyileştirmek ve fom oluşumuna yardımcı olmak için glutensiz ürünlere eklenmektedir (Matos, Sanz, ve Rosell, 2014).

2.8. Bitkisel Protein Kaynakları

Son yıllarda yapılan çalışmalar, glutenin viskoelastik özelliklerini taklit etmek için buğday dışı tahıl proteinlerinin glutensiz ürünlerde kullanılması konusuna odaklanmış ve elde edilen verilerin umut verici olduğu belirtilmiştir. Yeni ve farklı formülasyonların

geliştirilmesi için çok fazla çalışma yapılmıştır (Krupa-Kozak ve ark., 2013). Bitkisel protein kaynakların kullanımı sadece ekmek kalitesini değil, aynı zamanda besin değerlerini de iyileştirmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca glutensiz ürün üretiminde, hayvansal proteinlerin alerjenik karakterinden dolayı, bitkisel proteinler daha fazla tercih edilmektedir (Skendi, Papageorgiou, ve Varzakas, 2021).Yapılan bir çalışmada beyaz buğday, çavdar ve kepekli buğday kullanılarak yapılan ekmek ile gluten içermeyen karabuğday, nohut ve acı bakla kullanılarak yapılan ekmek kıyaslanmıştır. Sonuç olarak, gluten içermeyen ekmekteki lizin ve arjinin miktarı, gluten içeren ekmeğe göre daha yüksek bulunmuştur (Wu ve ark., 2017). Son yıllarda glutensiz ekmek formülasyonlarında çok çeşitli bitkilerden elde edilen protein izolatları kullanılmaktadır. Pirinç unundan elde edilen protein izolatu, hipoalerjenik özelliğı, yumuşak tat, beyaz renk ve yüksek sindirilebilirlik özelliklerinden dolayı glutensiz ekmek üretiminde güvenli bir kaynak olarak kullanılmaktadır (Sahagún ve Gómez, 2018). Pirinç kepeğinden elde edilen protein izolatu da hipoalerjenik özelliğı nedeniyle glutensiz ekmeklerin proteinini artırmak amacıyla kullanılabilmektedir (Phongthai ve ark., 2016). Son yıllarda baklagillerden elde edilen proteinler, protein profili nedeniyle ilgi çekmektedir. Ancak baklagillerin lizin seviyelerinin yüksek olmasına karşın sistin, metionin ve sistein seviyeleri düşüktür (Farzana ve Khalil, 1999). Soya proteini izolatu, soya fasulyesinin ekstraksiyonuyla elde edilmektedir. Başta lizin ve metionin olmak üzere yüksek miktarda esansiyel aminoasit içermesi nedeniyle yüksek biyolojik değere sahiptir (Iqbal ve ark., 2006). Ürünün reolojik özelliklerine katkı sağlamakla birlikte fom oluşturma yeteneğı de güçlüdür (Horstmann ve ark., 2018). Acı bakla olarak adlandırılan lupin proteininin de glutensiz ürünlerde kullanılabilecek zengin bir protein kaynağı olduğı belirtilmektedir (Ziobro ve ark., 2016). Lupin proteininin izolatını elde etmek için kullanılan ekstraksiyon yöntemi, fonksiyonel özelliklerini belirlemede önemli bir rol oynamaktadır (Lo, Kasapis, ve Farahnaky, 2021). Bezelye tohumlarından elde edilen bezelye protein izolatu, başta lizin olmak üzere esansiyel amino asit bakımından zengin ve dengeli amino asit profili nedeniyle gıda endüstrisinde popüler bir ürün haline gelmiştir (Nunes, Raymundo, ve Sousa, 2006). Son yıllarda, baklagillerden elde edilen proteinler, hem amino asit profilini dengelemek için hem de protein matrisini güçlendirmek için kullanılmaktadır (Pico ve ark., 2019).

2.8.1. Yeşil Mercimek

Gıda üretiminde, sürdürülebilir yaşamı sağlamak, enerji, besin öğeleri ve bunların işlevselliğini sağlamak büyük ölçüde hayvansal proteine bağlıdır. Ancak son on yılda kişi başına tüketilen et miktarının azalması, tüketicilerin ekonomik, çevresel ve sürdürülebilirlik kaygıları nedeniyle bitki bazlı protein kullanımı artış göstermiştir (Aiking, 2011). Dolayısıyla bilim insanları gıda formülasyonlarında baklagillerden türetilen bileşenleri kullanmaya başlamıştır (Day, 2013). Baklagiller insanlar için önemli bir besin kaynağıdır. Yüksek oranda protein, karbonhidrat, lif, vitamin ve mineral içeriğine sahiptir. Baklagil tohumları fenolik bileşenler bakımından zengin ve yüksek antioksidan kapasiteye sahip besinlerdir. Ek olarak, bu besinler kardiyovasküler hastalıklar başta olmak üzere birçok hastalığın önlenmesinde önemli bir rol üstlenmektedir (Amarowicz, Karamac, ve Chavan, 2001). Genel olarak baklagiller, çorba ve salata olarak tüketilmektedir. Bu ürünlerin gıda endüstrisinde kullanımını artırmak için yeni uygulamaların geliştirilmesi gerekmektedir. Ürünlerden lif, nişasta ve protein izolatu elde edilerek çeşitli gıda ürünlerinin hazırlanmasında kullanılmaktadır (Boye ve ark., 2010). Baklagillerin asit ve alkali ortamlarda çözünürlükleri yüksek olduğu için ekstraksiyon işlemi de daha kolay olmaktadır (Lee, Htoon, ve Paterson, 2007). Baklagillerden izole edilen proteinlerin işlevselliği, ekstraksiyon yöntemine, proteinleri izole etmek veya konsantre etmek için kullanılan koşullara, baklagilin bileşimsel ve fizikokimyasal özelliklerine ve bu özelliklerin etkilenme derecesine bağlı olarak değişebilmektedir (Farooq ve Boye, 2011). Baklagillerin önemli bir türü olan mercimek, bir tohum içinde bir ila on iki tane, değişken boyut, şekil ve renkte tanenler içeren bir mahsul olarak kabul edilmektedir. Yeşil mercimekte bulunan tanenlerin yüksek protein ve antioksidan kapasiteye sahip olduğu bildirilmiştir (Alasalvar ve ark., 2006). Yeşil mercimeğin karbonhidrat içeriğinin 50 g/100g, protein içeriğinin 26 g/100g, lif içeriğinin 8,4 g/100g olduğu bildirilmiştir (Gallo ve ark., 2022). Ayrıca yeşil mercimek, düşük yağ içeriğiyle de dikkat çekmektedir (Jarpa-Parra, 2018). Yapılan bir çalışmada yeşil mercimeğin total fenolik bileşik içeriğinin kırmızı mercimekten daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Yeşil mercimek, yüksek protein, fenolik bileşik ve antioksidan içeriği nedeniyle glutensiz ürünlerde sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır (Amarowicz ve ark., 2010). Pişmiş yeşil mercimeğin biyoyararlılığı, antioksidan ve anti-inflamatuar aktivitelerini, simüle edilmiş gastrointestinal sindirim kullanılarak inceleyen bir

çalışmada yeşil mercimekteki fenolik bileşiklerin biyoyararlılığının oldukça fazla olduğu saptanmıştır. Bu fenolik bileşikler, oksidatif stres ve inflamasyonu azaltarak kronik hastalıkların önlenmesine yardımcı olmaktadır (Zhang ve ark., 2017). Yeşil mercimek, protein açısından zengin, yağ oranı düşük ve yüksek lifli bir kompleks karbonhidrat kaynağıdır. Ayrıca, oleik, linoleik ve palmitik asit ile B vitaminleri, Ca, fosfor (P) ve K gibi vitamin ve mineralleri de içermektedir. Bu besin içeriği sebebiyle insanlarda kolesterol düşürücü bir etki gösterirken kolon kanseri ve tip 2 diyabet insidansını da azalttığı belirtilmiştir (Roy, Boye, ve Simpson, 2010).

2.9. Hayvansal Protein Kaynakları

Hayvansal kaynaklı proteinlerden süt ve yumurta proteinleri, glutensiz ekmeklerde protein içeriğini artırmak ve amino asit profilini iyileştirmek için kullanılmaktadır. Bu protein kaynaklarının iyi çözünürlüğe, yüksek emülsiyonlaştırma ve köpürme kapasitesine ve yüksek stabiliteye sahip olduğu bilinmektedir (Pico ve ark., 2019). Glutensiz ürünlerin süt proteinleri ile zenginleştirilmesiyle teknolojik fayda sağlamanın yanı sıra ürünleri Ca minerali, lizin, triptofan ve metiyonin gibi esansiyel aminoasitlerce de zenginleştirmek amaçlanmaktadır (Krupa-Kozak ve ark., 2013). Süt proteinlerinden kazein ve peynir altı suyu proteinleri sıklıkla kullanılmaktadır. Kazeinin viskoelastik, kıvam arttırıcı ve bağlayıcı özelliği sayesinde hamur stabilize edilmekte ve elastik bir görünüme sahip olmaktadır. Peynir altı suyu proteinleri de jelleşme özelliğiyle glutensiz ürünlerin kıvamına katkıda bulunmaktadır (Büyükbeşe, Emre, ve Kaya, 2020). Ancak gluten intoleransına veya çölyak hastalığına sahip olan bireylerin laktoz intoleransına da sahip olma olasılığının yüksek olması sebebiyle glutensiz ürünlerde süt proteinlerinin kullanılmasının sakıncalı olduğu durumlar da ortaya çıkabilmektedir (Yağdı ve Gülsünoğlu Konuşkan, 2022). Son yıllarda, yumurta proteinlerinin kaliteli protein kaynağı olması ve hamur yapısına kolay uyum sağlayabilmeleri nedeniyle glutensiz ürünlerin üretiminde yaygın olarak tercih edilmektedir. Yumurta proteinleri, glutenin sağladığı hacim artışı ve elastikiyeti glutensiz ürünlerde sağlayabilmekte ve fırıncılık ürünlerinin üretiminde önemli bir protein ikamesi olarak kullanılmaktadır (Deora ve ark., 2015). Bunların yanı sıra eklenen protein kaynakları, karbonhidratlarla reaksiyona girerek Maillard reaksiyonunu gerçekleştirdiği için kabuk rengini etkilemektedir. Genel olarak, proteinle zenginleştirilmemiş ekmeklere göre kabuğun

parlaklığının daha az, daha koyu ve daha kırmızımsı renkte olduğu gözlemlenmiştir (Sahagún ve Gómez, 2018).

Eklenen protein kaynağının türü, parlaklık ve renk seviyelerinde farklılık görülmesine neden olabilmektedir. Örneğin, glutensiz ürünlerde kullanılan peynir altı suyu proteinlerinin yüksek lizin içeriği ve Maillard reaksiyonunda sahip olduğu önem sebebiyle yumurta akı tozu proteinlerine göre kabuğa daha koyu renk verdiği saptanmıştır (Pico ve ark., 2019). Yapılan çalışmalarda eklenen hayvansal protein miktarının da rengi etkilediği belirtilmiştir. Protein miktarı ne kadar fazla olursa renk o kadar koyu olmaktadır (Komerovski ve ark., 2021; Sahagún ve Gómez, 2018).

2.10. Glutensiz Ürünlerin Gıda Atıkları ile Zenginleştirilmesi

Çölyak hastalarında, malabsorbsiyon nedeniyle folik asit, A, B₆, B₁₂, D, E ve K vitaminlerin ve Fe, bakır (Cu) ve Zn gibi minerallerin alımında eksiklikler görülmektedir. Glutensiz diyet tedavisi almaya başladıktan sonra da bu eksiklikler görülmeye devam etmektedir. Çünkü glutensiz ürünler, gluten içeren gıdalara göre daha düşük vitamin ve mineral içeriğine sahiptir (Vici ve ark., 2016). Emilim bozukluklarının yanı sıra glutensiz diyet tüketiminin de ömür boyu devam ettirilmesi sebebiyle, çölyak hastaları vitamin ve mineral takviyesi kullanmaktadır (Deora, Aylward, ve AR Sokoro, 2017). Mikro besin eksiklikleri epilepsi, serebral ataksi, periferik nöropati, demans gibi nörolojik komplikasyonlar, psikiyatrik semptomlar ve osteopeni, osteoporoz gibi kemik hastalıkları başta olmak üzere birçok probleme neden olabilmektedir (Nardo ve ark., 2019). Demir eksikliğinin sıklıkla görüldüğü çölyak hastalarının büyük bir çoğunluğunda demir eksikliği anemisi de görülmektedir. Demir eksikliği anemisinin oluşması beslenmeyle yakından ilişkili olsa da ince bağırsak villuslarındaki şekil bozukluğuna bağlı malabsorbsiyon da büyük bir etkiye sahiptir (Martín-Masot ve ark., 2019). Çinko eksikliği, yetişkin çölyak hastalarının %50'sinden fazlasında gözlemlenmektedir. Glutensiz diyet tedavisi sonrası ise hastaların %0-40'ında çinko eksikliği olduğu bildirilmiştir (Caruso ve ark., 2013). Çölyak hastalarının sağlıklı bireylere göre serum Zn düzeyleri de düşük bulunmuştur (Fathi ve ark., 2013). Çinko eksikliği durumunun takip edilmesi ve normal düzeylere ulaşana kadar günde 25-40 mg Zn takviyesi verilmesi önerilmektedir. Daha sonraki süreçte ise gluten içermeyen multivitamin ve mineral takviyeleri kullanılabilir (Tunçer ve Yabancı Ayhan, 2021). Yapılan bir çalışmaya

göre; çölyak hastalarının %21,4'ünde ve glutensiz diyet tedavisi alan çölyak hastalarının %19,6'sında magnezyum eksikliği olduğu saptanmıştır (Rujner ve ark., 2004). Çölyakta magnezyum eksikliğinin en önemli nedeni glutensiz diyet olmakla birlikte malabsorbsiyon da nedenler arasında yer almaktadır (Rondanelli ve ark., 2019). Glutensiz ürünlerin Mg içeriği oldukça düşüktür. Buna bağlı olarak çölyak hastalığına sahip bireyler Mg bakımından zengin besinler tüketmeleri için teşvik edilmelidir (Vici ve ark., 2016). Diyetle Mg düzeyi normal seviyeye getirilemeyen hastalara 200-300 mg/gün Mg takviyesi önerilebilmektedir (Rondanelli ve ark., 2019). Çölyak hastalığında kalsiyum eksikliği de önemli bir bulgu olup, hasta çocukların %17,6'sında eksiklik saptanmıştır (Kavak ve ark., 2003). Yetişkin hastalarda ise yaklaşık %41 oranında kalsiyum eksikliği görüldüğü belirtilmiştir (Rondanelli ve ark., 2019). Çölyak hastalarının diyetle aldığı Ca miktarı diyetisyen tarafından periyodik olarak değerlendirilmelidir (Theethira ve Dennis, 2015). Diyetle yeterli alım düzeyine ulaşılamıyorsa Ca takviyesi ile destek verilebilmektedir (Al-Toma ve ark., 2019). Çölyaklılar için alınan takviyeler de dahil günlük alım miktarının 1200-1500 mg/gün olması gerektiği bildirilmiştir (Theethira ve Dennis, 2015).

Gıda kaybı ve israfı, iklim değişikliğine sebep olan sera gazı emisyonuna yol açmaktadır. Bu nedenle, daha sürdürülebilir yöntemler geliştirilerek gıda kayıp ve israfının azaltılması ve doğal kaynaklar üzerindeki baskının hafifletilmesi önem kazanmıştır (Melini ve ark., 2020). En iyi alternatif yollardan biri, fonksiyonel gıda bileşenleri veya nutrasötikler olarak kullanılabilecek olan biyoaktif bileşen kaynağı gıda atıklarının değerlendirilmesidir (Ben-Othman ve ark., 2020). Bitki bazlı ürünlerin endüstriyel olarak işlenmesinden kaynaklanan atıkların, değerli bir biyoaktif molekül ve fenolik bileşen kaynağı olduğu bildirilmiştir (Panzella vd., 2020). Bu bileşenler, kardiyovasküler hastalıklar, tip 2 diyabet, bazı kanser türleri ve nörodejeneratif hastalıklar gibi bulaşıcı olmayan hastalıkların önlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Fenolik bileşenlerin alımı bu nedenle sağlıklı diyetin bir parçasıdır (Wojciech., 2019). Son zamanlarda, insan sağlığını geliştirmek ve çevresel sürdürülebilirliği desteklemek için sürdürülebilir gıda sistemlerinden sağlıklı beslenmeye geçme ihtiyacı vurgulanmaktadır. Diyetin bir parçası olan gıda ürünlerinin, tarımsal gıda atıklarından elde edilen fonksiyonel bileşenler kullanılarak zenginleştirilmesinin, bu ihtiyacı karşılamaya yönelik bir adım olduğu belirtilmiştir (Melini vd., 2020).

2.10.1. Kavun Çekirdeği

Kavun küresel olarak en çok ihraç edilen ve tüketilen meyvelerden biridir. İşleme ve tüketim sırasında yenilebilir kısımları değerlendirilirken tohumlar ve kabuklar gibi yenmeyen parçalar atılmaktadır. Çeşitli iklim ve toprak türlerine uyum sağlayabilen kavun, birçok ülkede yetiştirilmektedir. Dolayısıyla dünya çapında yüksek finansal değere sahiptir (Rolim ve ark., 2018). Kavun folik asit, tiamin ve riboflavin açısından zengin bir meyvedir. İçinde bol miktarda C vitamini ve pro-vitamin A bulunmaktadır (Laur ve Tian, 2011). Araştırmacılara göre meyvenin farklı kısımlarında sakkaroz konsantrasyonu, toplam şeker oranı, çözünür katılar, 5-metiltetrahidrofolik asit ve β -karoten miktarı değişkenlik göstermektedir (Lester, 2008). Kavunun merkez kısmında oldukça fazla sayıda çekirdek bulunmaktadır (Petkova ve Antova, 2015). Kavun çekirdeklerinin kimyasal bileşimi üzerine çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Kuru ağırlık bazında kavun tohumlarının %7,16 nem, %27,41 protein, %30,65 yağ, %29,96 karbonhidrat, %4,83 kül, %25,32 lif içerdiği saptanmıştır (Mallek-Ayadi, Bahloul, ve Kechaou, 2018). Çekirdeklerde bulunan başlıca yağ asitleri incelendiğinde ise; % 24,8-25,6 oranında oleik asit ve % 51,1-58,5 oranında linoleik asit içerdiği ortaya konmuştur (Ren ve ark., 2013). Ayrıca kavun çekirdeğinin, fenolik bileşik içeriği yüksek bir ürün olduğu da belirtilmektedir. Çekirdeklerin yüksek mineral içeriğine sahip olduğu birçok çalışma ile ortaya konmuştur. Yapısında bulunan başlıca mineraller Mg, K ve Ca'dır. Bu çalışmada kavun çekirdeğinin Mg içeriği 1062,25 mg/100g, K içeriği 1148,75 mg/100g ve Ca içeriği 506,13 mg/100g olarak belirlenmiştir. (Mallek-Ayadi ve ark., 2018). Yapılan başka bir çalışmanın analiz sonuçlarına göre çekirdeğin Mg içeriğinin 20,46 mg/100g olduğu saptanmıştır. Na/K oranının 0,043 ve Ca/P oranının 0,002 olduğu bildirilmiştir (Jacob, Etong, ve Tijjani, 2015). Tokoferoller, fosfolipidler ve steroller gibi biyolojik olarak aktif bileşikler, kavun çekirdeğinde bol miktarda bulunmaktadır. Bu nedenle kavun çekirdeği insan sağlığı üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir (Azhari ve ark., 2014). Bir çalışmada kavun çekirdeği ekstraktları hazırlanarak fenolik bileşik, antiproliferatif aktivite ve antioksidan kapasitesi araştırılmıştır. Kavun çekirdeğinde 1,016 mg/100g konsantrasyonunda gallik asit bulunduğu saptanmıştır. Çekirdeğin yer aldığı sulu öz kısmında ise, özellikle kateşin flavonoidlerinin 262 μ g/100g oranında bulunduğu belirtilmiştir (Rolim ve ark., 2018). Yapılan bir başka çalışmada da kavun çekirdeği ekstraktının, yüksek fenolik içeriğe sahip olduğu ve fonksiyonel ürün geliştirme alanına

büyük katkı sağlayacağı sonucuna varılmıştır. Yüksek fenolik içeriği sayesinde anti-inflamatuar etki göstermekte ve oksidatif stresle ilişkili hastalıkların önlenmesine yardımcı olmaktadır (Bouaziz ve ark., 2020). Kavun çekirdeğinin ratlarda analjezik ve anti inflamatuvar etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada çekirdeklerin güçlü antiinflamatuvar ve analjezik etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca çalışmada antioksidan aktivite de incelenmiş ve yüksek bulunmuştur (Gill ve ark., 2011).



3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Araştırmanın Yeri ve Zamanı

Bu tez çalışması, İstanbul Aydın Üniversitesi araştırma laboratuvarlarında Eylül 2022-Mayıs 2023 tarihleri arasında yürütölmüştür. Ekmeklerin renk, tekstür ve Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (HPLC) analizleri için İstanbul Teknik Üniversitesi Kimya-Metalurji Faköltesi Gıda Mühendisliğı araştırma laboratuvarlarından yararlanılmıştır. Mineral analizi için Yıldız Teknik Üniversitesi Merkez Laboratuvarı'ndan hizmet alımı gerçekleştirilmiştir.

3.2. Gereç

Glutensiz ekmek hamurları hazırlanırken kullanılan içilebilir nitelikte su, ayçiçek yağı (Orkide, Türkiye), sakkaroz (Torku, Türkiye), iyotlu tuz (Billur, Türkiye), kuru maya (Efsane, Türkiye), yeşil mercimek (Öğüt, Türkiye), pirinç (Efsane Pilavlık Pirinç, Türkiye) ve beyaz kinoa (Reis, Türkiye) İstanbul'daki yerel marketlerden temin edilmiştir. Kavun çekirdekleri Kırkağaç (*Cucumis melo*) türü kavunlardan çıkarılarak -18 °C'de dondurulmuş ve 24 saat boyunca 0,001 mBar basınçta (-55°C) liyofilizatörde (Teknosem, İstanbul, Türkiye) kurutulmuştur. Ekmek üretimi için kullanılan pirinç, kinoa ve kavun çekirdekleri laboratuvar tipi paslanmaz çelik öğütücü (IKA A11 Basic, Wilmington North Carolina, ABD) yardımıyla toz haline getirilmiş ve 130-200 mm boyutlarındaki tel elekten geçirilerek un elde edilmiştir.

Kimyasal analizlerde kullanılan sodyum hidroksit (NaOH), hidroklorik asit (HCl), potasyum sülfat (K₂SO₄), bakır (II) sülfat (CuSO₄.5H₂O), sülfirik asit (H₂SO₄), borik asit, nitrik asit, etanol, metanol, bakır (II) klorür (CuCl₂), neokuproin, amonyum asetat (NH₄Ac), Folin-Ciocalteau reagent, sodyum karbonat (Na₂CO₃), sodyum nitrit (NaNO₂), alüminyum klorür (AlCl₃), alfa amilaz, kalsiyum klorür (CaCl₂), pepsin, pankreatin ve safra analitik saflıkta ve HPLC analizleri için kullanılan trifloroasetik asit, asetonitril ve metanol ultra saflıkta olup Sigma-Aldrich markasından temin edilmiştir.

3.3. Yöntem

3.3.1. Protein İzolasyon Yöntemi

Yeşil mercimek protein izolatu elde etmek için Lee ve ark. (2021)'nin belirlemiş olduğu izoelektrik presipitasyon yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemle göre, 50 g öğütölmüş yeşil mercimeğe 500 mL saf su ilave edilerek 16 saat boyunca manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Bu sürenin sonunda karışımın pH'ı 1 N NaOH çözeltisi ile 9'a ayarlanmış ve 1 saat daha manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Manyetik karıştırıcıdan alınan karışımların pH'ları tekrar kontrol edilmiştir. pH'ı 9 olan karışımlar soğutmalı santrifüj cihazında 4700 rpm devir sayısı ile 10 °C'de 10 dakika süreyle santrifüj edilmiş ve santrifüj sonrası karışımların sıvı kısımları bir beherde toplanmıştır. Toplanan sıvı kısımların pH'ı 1 N HCl çözeltisi ile 4,5'a ayarlanmış ve 30 dakika manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Manyetik karıştırıcıdan alınan karışımlar aynı koşullarda tekrar santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası karışımların katı kısımları alınarak yıkanmış ve aynı falkonlarda toplanarak -18 °C'de dondurulmuştur. Dondurulan protein izolatları liyofilizasyon yöntemiyle kurutularak formülasyonda kullanılmak üzere -18 °C'de muhafaza edilmiştir.

3.3.2. Glutensiz Ekmek Yapma Süreci

Glutensiz ekmek üretimi için De La Hera ve ark. (2014) ve Bian ve ark. (2022)'nin kullandığı ekmek yapma yöntemi referans alınmıştır. Kavun çekirdeği eklenmiş glutensiz ekmek formülasyonları Tablo 3.1'de gösterilmiştir. Bu formülasyonlara göre araştırmacı tarafından elde yoğurularak hazırlanan ekmek hamurları 30°C'de %90 bağıl neme sahip ortamda 45 dakika fermente edilmiş ve 200°C'ye ayarlanmış fırında 20 dakika boyunca pişirilmiştir. Kontrol ekmeğinde pirinç ve kinoa unu 50:50 oranında kullanılarak üretilmiştir. Ayrıca protein izolatu ilavesinin ekmeğin özelliklerine olan etkisini incelemek amacıyla %10 oranında yeşil mercimek protein izolatu (YMPI) ilave edilerek YMPI kontrol ekmeği yapılmıştır. Glutensiz ekmeklerin zenginleştirilmesi amacıyla üç farklı oranda (%5-10-15) kavun çekirdeği tozu (KÇT) ilave edilmiş ve aynı oranda pirinç ve kinoa unu formülasyondan çıkarılmıştır. Ekmek yapma süreci ve analizler üç tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümlerin ortalamaları alınmıştır.

Tablo 3.1. Glutensiz ekmek formülasyonları (100 g) *.

Ekmek Çeşidi	Protein İzolatı	Pirinç Unu	Kinoa Unu	Kavun Çekirdeği Tozu
Kontrol	-	25	25	-
YMPİ Kontrol	5	22,5	22,5	-
%5 KÇT	5	21,25	21,25	2,5
%10 KÇT	5	20	20	5
%15 KÇT	5	18,75	18,75	7,5

*Verilen formülasyonlara ek olarak 45 g su, 3 g ayçiçeği yağı, 1 g sakkaroz, 0,5 g tuz, 0,75 g kuru maya ilave edilmiştir. YMPİ: %10 yeşil mercimek protein izolatı içeren kontrol ekmeği, KÇT: kavun çekirdeği tozu.

3.3.3. Glutensiz Ekmek Yapımında Oluşan Pişme Kaybı

Pişme kaybı, ekmek hamurlarının ağırlıkları ile piştikten sonraki ekmek ağırlıkları arasındaki farka göre aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar % cinsinden verilmiştir. Ekmek ağırlıkları ekmekler fırından çıktıktan 2 saat sonra ölçülmüştür.

$$\% \text{ Pişme kaybı} = \frac{(\text{Başlangıç hamur ağırlığı} - \text{Ekmek ağırlığı})}{\text{Başlangıç hamur ağırlığı}} \times 100$$

3.3.4. Glutensiz Ekmeklerin Hacmi

Ekmek hacimleri, kolza tohumuyla dolu ölçme kabından kolza tohumlarının yer değiştirmesi prensibine dayanarak belirlenmiştir. Sonuçlar cm³ cinsinden verilmiştir (Elgün ve ark., 2002).

3.3.5. Glutensiz Ekmeklerin Nem Analizi

Ekmeklerin nem analizi Association of Agricultural Chemists (AOAC, 2000) metoduna göre gravimetrik olarak belirlenmiştir. Önceden darası alınmış kurutma kaplarına 5'er g örnek tartılmış ve 105 °C'de sabit tartıma gelene kadar kurutulmuştur. Örneklerin nem miktarı aşağıda verilen formül kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar % cinsinden verilmiştir.

$$\% \text{ Nem} = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100$$

Formülde kullanılan M_1 : Yaş örnek ağırlığını (g), M_2 : Kurutulmuş örnek ağırlığını (g) ifade etmektedir.

3.3.6. Glutensiz Ekmeklerin Toplam Protein Miktarının Analizi

Toplam protein analizi Kjeldahl metoduna göre belirlenmiştir (AOAC, 2000). Cam yakma tüplerine 1 g örnek, 12 g K_2SO_4 , 0.3 g $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ilave edildikten sonra, 25 mL H_2SO_4 eklenmiş ve tüpler yakma ünitesine yerleştirilmiştir. Yakma işlemine 200 °C ile başlanmış, 30 dakikada bir kademeli olarak artırılarak 400°C'ye ulaşıldıktan sonra yakma işlemi tamamlanıncaya kadar devam edilmiştir. Yakma işlemi biten örnekler, distilasyon ünitesine yerleştirilmiş ve üzerine 100 mL %33'lük NaOH çözeltisi ilave edilerek 6 dk distile edilmiş ve distilatlar indikatör olarak bromokresol yeşili ve metilen kırmızısı eklenmiş 50 mL borik asit (%4'lük) içeren erlenlerde toplanmıştır. Erlenlerde toplanan distilatlar 0,1 N HCl çözeltisi ile titre edilmiştir. Toplam protein miktarı aşağıdaki formüle göre hesaplanmış ve kuru madde bazında % cinsinden ifade edilmiştir.

$$\% \text{ Toplam protein} = \frac{(V_t - V_0) \times N \times 14 \times 6,25 \times 100}{m \times 1000}$$

Formülde kullanılan N: HCl'nin normalitesini, m: örnek ağırlığını (g), V_t : örnek için harcanan HCl'nin mL cinsinden hacmini, V_0 : şahit için harcanan HCl'nin mL cinsinden hacmini, 6,25: protein dönüşüm faktörünü, 14 sabiti: nitrojenin molar kütesini ifade etmektedir.

3.3.7. Glutensiz Ekmeklerin Toplam Yağ Miktarının Analizi

Ekmeklerin yağ miktarı Soxhlet cihazı kullanılarak AOAC (2000) metoduna göre belirlenmiştir. Yağ analizi öncesi örneklerin nemi uzaklaştırılmış ve 3 g örnek tartılarak kartuşlara yerleştirilmiştir. Ekstraksiyon balonunun hacmi kadar hekzan ilave edilmiş ve Soxhlet cihazının aparatları birleştirilmiştir. Isıtma ünitesi dakikada 150 damla olacak şekilde ayarlanmış ve ekstraksiyon 5 saat boyunca devam etmiştir. Ekstraksiyon sonrası yağı hekzandan ayırmak için döner buharlaştırıcı (Stuart RE300DB, Staffordshire, UK) kullanılmıştır. Toplam yağ miktarı kuru madde bazında % cinsinden verilmiştir.

3.3.8. Glutensiz Ekmeklerin Kül Miktarının Analizi

Ekmeklerin kül miktarları AOAC (2000) metoduna göre gravimetrik olarak belirlenmiştir. 3 g örnek yakma krozelerine tartılmış ve yakma fırınında 550°C’de yaklaşık 8 saat boyunca yakılmış ve beyaz kül rengi elde edildiğinde yakma işlemi sonlandırılmıştır. Tartım işlemi öncesi krozeler desikatöre alınmış ve ağırlıkları kaydedilmiştir. Örneklerin kül miktarı kuru madde bazında % cinsinden verilmiştir.

3.3.9. Glutensiz Ekmeklerin Karbonhidrat Miktarının Analizi

Karbonhidrat tayini; örneklerin toplam kuru ağırlığından protein, yağ ve kül miktarı çıkarılarak hesaplanmıştır (Özgören ve Yapar, 2022). Sonuçlar kuru madde bazında % cinsinden ifade edilmiştir.

3.3.10. Glutensiz Ekmeklerin Mineral Miktarlarının Analizi

0,5 g örnek üzerine 5 mL nitrik asit çözeltisi eklenerek mikrodalga fırında (Milestone, Sorisole, İtalya) yakma yapılmıştır. Elde edilen mineral çözeltisi soğuduktan sonra 25 mL saf su ilave edilmiş ve uygun seyreltmeler yapılarak, İndüktif Eşleşmiş Argon Plazma-Optik Emisyon Spektrometresi (ICP-OES) cihazına verilmiştir. Sonuçlar, Ca için 315 nm’de, Na için 589,5 nm’de, Mg için 383,2 nm’de, K için 792,8 nm’de ve Zn için 213,8 nm’de okunmuştur. Mineral konsantrasyonları standart mineral çözeltileriyle hazırlanan standart eğri dikkate alınarak hesaplanmıştır. Sonuçlar µg/g cinsinden verilmiştir.

3.3.11. Glutensiz Ekmeklerin Tekstür Analizi

Tekstürel analizler ekmek pişiminden 24 saat sonra gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan ekmek numunelerinin sertlik, yapışkanlık, esneklik, çiğnenebilirlik ve sakızimsılık özellikleri TA Plus Texture Analyzer (Llyod, Fareham, UK) cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Ölçümlerde 25 mm’lik silindirik prob kullanılmıştır. Analizlerde kullanılan diğer parametreler ise; test hızı: 1,7 mm/s, sıkıştırma oranı: %40, ilk algılama kuvveti: 0,05 N’dır. Ölçümlerde 50 N’luk yük hücresi kullanılmış ve penetrasyon metoduna göre ölçüm alınmıştır.

3.3.12. Glutensiz Ekmeklerin Renk Analizi

Glutensiz ekmeklerin iç ve dış renk değerleri renk ölçüm cihazı (Konica Minolta) kullanılarak, Hunter (L*, a* ve b*) renk sistemine göre belirlenmiştir. L* değeri parlaklığı (0: siyah, 100: beyaz), +a* değeri kırmızıyı, -a* değeri yeşili, +b* değeri sarıyı ve -b* değeri maviyi ifade etmektedir. Toplam renk değişimi (ΔE^*) kontrol örneğine kıyasla diğer ekmeklerde meydana gelen renk değişimini belirlemek için kullanılmış ve aşağıdaki formülle hesaplanmıştır (Üren, 1999).

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

3.3.13. Glutensiz Ekmeklerin Duyusal Analizi

Duyusal analiz için üretilen ekmekler oda sıcaklığına geldikten sonra rastgele 3 basamaklı sayılar kullanılarak numaralandırılmış, daha önce duyusal analiz eğitimi almış ve/veya uygulamasını yapmış eğitimli ve yarı eğitimli 13 paneliste sunulmuştur. Panele İstanbul Aydın Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik, Gıda Mühendisliği ve Gastronomi ve Mutfak Sanatları bölümlerinde görev yapan öğretim üyeleri katılmıştır. Panelistlerin, glutensiz ekmekleri 5 puanlık hedonik skala ile 1'den 5'e kadar dış görünüş, kabuk rengi, iç renk, gözenek yapısı, tat, koku, sertlik, esneklik, ağızda dağılma, ağza yapışma ve genel beğeni parametreleri açısından değerlendirmeleri istenmiştir. Hedonik skalada dış görünüş, tat, koku ve genel beğeni 5'e doğru yaklaştıkça beğenin arttığı, kabuk rengi ve iç renk puanı 5'e yaklaştıkça renk uygunluğunun arttığı ifade edilmektedir. Ayrıca, gözenek yapısı, sertlik, esneklik, ağızda dağılma ve ağza yapışmadaki puanlamanın 5'e yaklaşması gözenek yapısının küçüldüğü, sertliğin azaldığı, esnekliğin arttığı, ağızda kolay dağılan yapıda olduğu, ağza yapışmayan formda olduğu anlamına gelmektedir.

3.3.14. Glutensiz Ekmeklerin Fenolik Maddelerinin Ekstraksiyonu

Glutensiz ekmeklerin fenolik madde miktarı ve içeriğini belirlemek amacıyla ekstraksiyon yapılmıştır. Bu amaçla çözgen ekstraksiyonu metodu kullanılmıştır (Bino ve ark., 2005). Yöntemin detayları ise; 1 g liyofilize edilmiş örnek üzerine, 10 mL %80 metanol ilave edilmiş ve örnekler 15 dakika ultrasonik banyoda tutulmuştur. Daha sonra, 2500 rpm'de 10 dakika santrifüj edilmiş ve filtre edildikten sonra filtrat yeni bir falkon

tüpüne alınarak kalan kalıntıya yeniden 10 mL %80 metanol ilave edilerek işlemler tekrarlanmıştır. Üst fazlar aynı falkon tüpünde toplanarak toplam fenolik ve flavonoid madde, antioksidan aktivite ve HPLC analizlerinde kullanılmak üzere -20°C’de muhafaza edilmiştir.

3.3.15. Glutensiz Ekmeklerin Toplam Fenolik Madde (TPC) Miktarının Belirlenmesi

Toplam fenolik madde miktarının belirlenmesi için Folin-Ciocalteu yöntemi kullanılmıştır. Cam tüplere 0,2 mL ekstrakt ve 1,5 mL Folin-Ciocalteu ayracı eklenmiş ve 6 dakika bekletilmiştir. Daha sonra karışıma 1,2 mL %7,5’lik Na₂CO₃ eklenerek, oda sıcaklığında ve karanlık ortamda 1,5 saat reaksiyona bırakılmış ve 760 nm dalga boyunda spektrofotometrede okuma yapılmıştır. Sonuçlar, 100 g kuru maddedeki mg gallik asit eşdeğeri (GAE) cinsinden verilmiştir (Chamorro ve ark., 2012; Meyer, Jepsen, ve Sørensen, 1998).

3.3.16. Glutensiz Ekmeklerin Toplam Flavonoid Madde (TFC) Miktarının Belirlenmesi

Toplam flavonoid madde miktarı kolorimetrik olarak Young ve ark. (2005)’nin yöntemine göre tespit edilmiştir. Bu yöntemle göre 1 mL ekstrakt cam tüplere konulmuş ve kronometre ile süre başlatılarak sırasıyla 0,3 mL %5’lik NaNO₂ (t=0 dk anında), 0,3 mL %10’luk AlCl₃ (t=5 dk anında) ve 2 mL 1M NaOH (t=6 dk anında) ilave edilmiştir. En son 2,4 mL su ilave edilerek karıştırılmış ve 510 nm’de absorbanslar okunmuştur. Sonuçlar, 100 g kuru maddede mg rutin eşdeğeri (RE) cinsinden hesaplanmıştır.

3.3.17. Glutensiz Ekmeklerin 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) Yöntemi ile Total Antioksidan Aktivitelerinin (TAA) Belirlenmesi

Bu yöntemde polifenollerin DPPH radikalini indirgeme yeteneği ölçülmektedir (Chamorro ve ark., 2012; Dudonné ve ark., 2009). DPPH antioksidan aktiviteyi belirleyebilmek amacıyla 100 µL örnek üzerine 2 mL DPPH solüsyonu ilave edilmiş ve 5 saniye boyunca karıştırılarak 30 dakika oda sıcaklığında ve karanlık ortamda bekletilmiştir. Belirtilen süre sonunda örneklerin absorbansı 517 nm dalga boyunda

spektrofotometre kullanılarak okunmuştur. DPPH TAA sonuçları, 100 g kuru maddedeki mg Trolox eşdeğeri (TE) cinsinden verilmiştir.

3.3.18. Glutensiz Ekmeklerin Bakır İndirgeyici Antioksidan Kapasitesi (CUPRAC) Yöntemi ile Total Antioksidan Aktivitelerinin (TAA) Belirlenmesi

Bu metot ile polifenollerin bakır iyonlarını indirgeme yeteneği ölçülmektedir (Apak ve ark., 2004). CUPRAC antioksidan aktiviteyi belirleyebilmek amacıyla 100 µL ekstrakt üzerine 10^{-2} mM 1 mL CuCl₂, 1 mL neokuproin (7,5 mM) ve 1 mL NH₄Ac (pH 7,0) ilave edilmiştir. Hemen ardından 1 mL distile su karışıma ilave edilerek son hacim 4,1 mL'ye tamamlanmıştır. Oda sıcaklığında 30 dakika bekletildikten sonra, 450 nm dalga boyunda absorbanları okunmuştur. CUPRAC TAA sonuçları 100 g kuru maddedeki mg TE cinsinden verilmiştir.

3.3.19. Glutensiz Ekmeklerin HPLC Analizi ile Fenolik Bileşenlerinin Tespiti

Sindirim öncesi glutensiz ekmekler ve sindirim sonrası mide ve bağırsak fazından alınan örnekler ekstrakte edildikten sonra fenolik profillerin belirlenmesi Capanoglu ve ark. (2008)'nin metoduna göre yapılmıştır. Her örnek için hazırlanan ekstraktlar, 0,45 µm'lik filtrelerden geçirildikten sonra HPLC sistemine verilmiştir. HPLC sistemi Waters 600 kontrol birimi, Waters 996 photodiodearray (PDA) dedektör ve 40 °C'deki kolon inkübatöründen oluşmaktadır. Kullanılan kolon, C18 kolondur (25 cm x 4.60 mm, 5µm). Çözgen sistemi olarak A (%0,05 trifloroasetik asit ile asitlendirilmiş su) ve B (%0,05 trifloroasetik asit içeren asetronitril) kullanılmıştır. Akış hızı dakikada 1 mL şeklinde ayarlanmış ve ekstrakttaki bileşenlerin ayrılması, %5'den %30'a kadar çıkan lineer asetronitril gradiyenti kullanılarak 60 dakikalık analiz süresince gerçekleştirilmiştir. Örneklerde tespit edilen gallik, benzoik, hidroksibenzoik, protokateşuik, şiringik ve vanilik asit 280 nm dalga boyunda, ferulik ve kumarik asit 312 nm dalga boyunda ve kuersetin türevleri 360 nm dalga boyunda tanımlanmıştır. Elde edilen piklerin tanımlamaları mevcut standartlar kullanılarak yapılırken, alan-konsantrasyon çevrimi standartlar ile hazırlanan kalibrasyon eğrileri ile yapılmıştır. Sonuçlar µg/g kuru madde cinsinden verilmiştir.

3.3.20. Glutensiz Ekmeklerin *In vitro* Mide-Bağırsak Sistemi Simülasyonu

In vitro biyoerişilebilirlik, ekmeklerin mide ve bağırsak fazlarında emilen kısmını ifade etmektedir (Rocchetti ve ark., 2018). Bu analiz için Minekus ve ark. (2014)'nın *in vitro* gastrointestinal sindirim sistemi metodu uygulanmıştır. 2 g örnek üzerine 3,5 mL ağız sıvısı, 0,5 mL alfa amilaz, 25 µL CaCl₂ ve 975 µL saf su eklenerek 37 °C'de 2 dk boyunca çalkalamalı inkübatörde karıştırılmıştır. 2 dk sonra alınan örneklerin üzerine 7,5 mL mide sıvısı, 1,6 mL pepsin solüsyonu, 5 µL CaCl₂, 0,2 mL 1M HCl ve 0,695 mL distile su eklenerek 37 °C'de 2 saat boyunca çalkalamalı inkübatörde karıştırılmıştır. 2 saat sonunda 5 mL örnek analizler için bir falkon tüpüne ayrılmış ve daha sonraki analizlerde kullanılmak üzere -18°C'de depolanmıştır. Mide sindirimi sonrası kalan örneklerin üzerine 8,25 mL bağırsak sıvısı, 3,75 mL pankreatin solüsyonu, 1,875 mL safra solüsyonu, 30 µL CaCl₂, 0,1125 mL 1M NaOH ve 0,9825 mL distile su eklenerek 37 °C çalkalamalı inkübatörde 2 saat daha karıştırılmıştır. Bağırsak sindirimi sonrası örnekler toplanarak -18°C'de depolanmıştır. Mide ve bağırsak fazlarında toplanan örnekler, toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde, antioksidan aktivite ve HPLC analizlerine tabi tutulmuştur. Sonuçlar sindirim öncesi (toplam derişim), mide fazı (ağız ve mide) ve bağırsak fazı (ağız, mide ve bağırsak) olarak ifade edilmiştir.

3.3.21. Glutensiz Ekmeklerin Geri Kazanım İndekslerinin Hesaplanması

Geri kazanım, mide ve bağırsak sindirimi sonrası TPC ve TFC miktarı ile sindirim öncesi glutensiz ekmeklerdeki TPC ve TFC miktarı arasındaki yüzde oran olarak aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$\text{Geri Kazanım İndeksi (\%)} = (\text{Sindirim Sonrası Miktar} / \text{Sindirim Öncesi Miktar}) \times 100$$

3.3.22. İstatistiksel Analiz

Çalışma verilerinin analizinde Minitab 18.0 (Minitab Inc. Coventry, İngiltere) programı kullanılmıştır. Tanımlayıcı istatistikler; sayısal değişkenler için ortalama ve standart sapma olarak ifade edilmiştir. Gruplar arası farklılıklar için One-way ANOVA Testi, farklılığın olduğu durumlarda ise Post Hoc Tukey Farklılık Testi kullanılmış, $p < 0,05$ olan değerler anlamlı kabul edilmiştir.

4. BULGULAR

Kavun çekirdeği tozu eklenmiş glutensiz ekmeklerin makro ve mikro besin ögesi içeriği, tekstürel profili, hacmi, pişme kaybı, renk ve duyuşal özellikleri, *in vitro* sindirim öncesi, mide ve bağırsak fazlarında ekmeklerin toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde miktarları, antioksidan aktivite ve HPLC analizleri yapılmıştır.

4.1. Glutensiz Ekmeklerin Fiziksel Özellikleri

Kavun çekirdeği ilaveli glutensiz ekmeklerin hacim ve pişme kaybı sonuçları Tablo 4.1’te gösterilmiştir. Pişme kaybı değerlerinde %5, %10 ve %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmekler ile kontrol ekmekleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanamamıştır ($p>0,05$). Ancak %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeklerin hacim değerlerinin, %5 ve %10 kavun çekirdeği ilaveli ekmekler ve kontrol ekmeklerinden daha fazla olduğu belirlenmiştir ($p<0,001$).

Tablo 4.1. Glutensiz ekmeklerin hacim ve pişme kaybı sonuçları.

Ekmek Örnekleri	Pişme Kaybı (%)	Hacim (cm ³)
Kontrol	14,51±0,86 ^a	70,33±0,57 ^c
YMPİ Kontrol	13,54±0,23 ^a	81,00±1,00 ^b
%5 KÇT	13,74±0,14 ^a	84,00±1,73 ^{ab}
%10 KÇT	13,42±0,89 ^a	84,00±3,46 ^{ab}
%15 KÇT	14,42±1,16 ^a	89,00±2,65 ^a
F	1,29	31,11
p	0,337	0,000

YMPİ: %10 yeşil mercimek protein izolatu içeren kontrol ekmeği, KÇT: kavun çekirdeği tozu. Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı ifade etmektedir ($p<0,05$).

4.2. Glutensiz Ekmeklerin Makro Besin Ögesi Kompozisyonu

Çalışmada glutensiz ekmeklerin yapımında kullanılan hammaddelerin besin ögesi kompozisyonu Tablo 4.2’de verilmiştir. Pirinç, kinoa, yeşil mercimek ve kavun çekirdeğinin kül, yağ, protein ve karbonhidrat oranları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gösterdiği ($p<0,001$), kavun çekirdeğinin kül oranının pirinç, kinoa ve yeşil mercimekten fazla olduğu belirlenmiştir ($p<0,001$). Yağ oranı açısından pirinç ve yeşil mercimeğin benzer olduğu, kavun çekirdeği ve kinoadan daha düşük yağ oranına sahip olduğu saptanmıştır ($p<0,001$). Pirinç ve kinoanın protein oranlarının benzer olduğu, kavun çekirdeği protein oranının ise pirinç, kinoa ve yeşil mercimekteki miktarlardan yüksek olduğu belirlenmiştir ($p=0,004$). Karbonhidrat oranları incelendiğinde, pirinç ve kinoanın, ayrıca kavun çekirdeği ve yeşil mercimeğin benzer olduğu, pirincin karbonhidrat oranının yeşil mercimek ve kavun çekirdeğinden fazla olduğu saptanmıştır ($p=0,002$).

Tablo 4.2. Hammaddelerin makro besin ögesi kompozisyonu (%).

Kimyasal Bileşim	Pirinç	Kinoa	Yeşil mercimek	Kavun çekirdeği	F	p
Kül	0,06 ±0,08 ^c	1,38±0,43 ^b	0,05±0,07 ^c	3,39±0,05 ^a	98,66	0,000
Yağ	0,60±0,14 ^c	5,65±0,92 ^{bc}	1,25±0,21 ^c	19,49±0,49 ^a	535,94	0,000
Protein	7,15±0,07 ^b	14,86±3,17 ^b	23,90±2,97 ^{ab}	25,45±1,48 ^a	27,57	0,004
Karbonhidrat	76,80±2,40 ^a	74,82±4,70 ^a	60,80±1,13 ^b	51,67±0,93 ^b	37,98	0,002

Aynı satırda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı ifade etmektedir ($p<0,05$).

Kavun çekirdeği ilaveli glutensiz ekmeklerin makro besin ögesi kompozisyonu Tablo 4.3’te verilmiştir. Nem değerlerinde kontrol ekmekleri ile %5 ve %10 kavun çekirdeği ilaveli ekmekler benzerlik gösterirken, %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmek ile aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmıştır. %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmek en yüksek nem değerine sahiptir ($p<0,001$). Kül değerleri incelendiğinde protein izolatlı kontrol ekmeği ile %10 ve %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeklerin benzer olduğu, en yüksek kül değerinin %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğe ait olduğu belirlenmiştir ($p=0,016$). Yağ değerlerinde %10 ve %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeklerin benzer olduğu, bu ekmeklerin %5 kavun çekirdeği ilaveli ekmek ve kontrol ekmeklerinden daha yüksek yağ oranına sahip olduğu belirlenmiştir ($p=0,001$). Protein

değerleri açısından; %10 ve %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeklerin benzerlik gösterdiği, bu ekmeklerin %5 kavun çekirdeği ilaveli ekmek ve kontrol ekmeklerinden daha yüksek protein oranına sahip olduğu saptanmıştır ($p<0,001$). Karbonhidrat değerlerinde kontrol ekmekleri dahil olmak üzere tüm ekmekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu görülmüş olup kontrol ekmeğinin en yüksek karbonhidrat oranına sahip olduğu belirlenmiştir ($p=0,002$).

Tablo 4.3. Glutensiz ekmeklerin makro besin ögesi kompozisyonu (%).

Ekmek Örnekleri	Nem	Kül	Yağ	Protein	Karbonhidrat
Kontrol	36,22±0,10 ^b	2,35±0,24 ^b	6,80±1,11 ^{bc}	14,52±0,02 ^c	76,33±0,48 ^a
YMPİ kontrol	38,19±0,84 ^b	2,37±0,30 ^{ab}	6,30±0,61 ^c	22,75±0,75 ^b	68,58±1,30 ^b
%5 KÇT	38,08±0,85 ^b	2,95±0,29 ^a	8,48±0,17 ^{ab}	23,79±0,64 ^{ab}	64,78±1,07 ^{bc}
%10 KÇT	38,39±1,21 ^b	2,49±0,13 ^{ab}	9,85±0,35 ^a	25,89±0,97 ^a	61,11±0,025 ^{cd}
%15 KÇT	41,13±0,62 ^a	2,89±0,17 ^{ab}	9,91±0,37 ^a	26,09±0,04 ^a	61,77±1,52 ^d
F	13,89	5,13	16,79	115,69	77,54
p	0,000	0,016	0,001	0,000	0,000

YMPİ: %10 yeşil mercimek protein izolatu içeren kontrol ekmeği, KÇT: kavun çekirdeği tozu. Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı ifade etmektedir ($p<0,05$).

4.3. Glutensiz Ekmeklerin Mikro Besin Ögesi İçerikleri

Kavun çekirdeği ilaveli glutensiz ekmeklerin mikro besin ögeleri Tablo 4.4'de verilmiştir. Ca miktarları açısından kontrol ekmekleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmazken, %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeklerin Ca miktarı kontrol ekmekleri ile %5 ve %10 kavun çekirdeği ilaveli ekmeklerden yüksek bulunmuştur ($p<0,001$). Mg miktarlarında kontrol ekmeğinin protein izolatlı kontrol ekmeği ile; %5, %10 ve %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeklerin ise birbirleri ile benzerlik gösterdiği, %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin kontrol ekmeklerinden daha yüksek miktara sahip olduğu tespit edilmiştir ($p<0,001$). K miktarlarında protein izolatlı kontrol ekmeği ile %5 kavun çekirdeği ilaveli ekmek benzerlik gösterdiği, %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin kontrol ekmekleri ile %5 ve %10 kavun çekirdeği ilaveli ekmeklerden daha yüksek olduğu saptanmıştır ($p<0,001$). Zn miktarları açısından protein izolatlı kontrol ekmeği ile %5 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin benzer olduğu, %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin kontrol ekmekleri ve %5 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğe kıyasla daha yüksek miktara sahip olduğu görülmüştür ($p<0,001$).

Tablo 4.4. Glutensiz ekmeklerin mikro besin ögeleri ($\mu\text{g/g}$).

Ekmek Örnekleri	Ca	Mg	K	Zn
Kontrol	755,5 $\pm$ 21,2 ^d	2515,0 $\pm$ 111,0 ^b	3230,0 $\pm$ 81,0 ^d	15,5 $\pm$ 0,4 ^c
YMPİ kontrol	761,1 $\pm$ 21,3 ^d	2391,0 $\pm$ 105,0 ^b	3807,0 $\pm$ 95,0 ^c	18,8 $\pm$ 0,5 ^b
%5 KÇT	874,9 $\pm$ 24,5 ^c	2854,0 $\pm$ 126,0 ^a	3760,0 $\pm$ 94,0 ^c	20,1 $\pm$ 0,5 ^b
%10 KÇT	945,0 $\pm$ 26,5 ^b	2874,0 $\pm$ 126,0 ^a	4082,0 $\pm$ 102,0 ^b	23,4 $\pm$ 0,6 ^a
%15 KÇT	1023,0 $\pm$ 29,0 ^a	3128,0 $\pm$ 138,0 ^a	4528,0 $\pm$ 113,0 ^a	24,4 $\pm$ 0,6 ^a
F	66,48	17,86	71,14	145,39
p	0,000	0,000	0,000	0,000

YMPİ: %10 yeşil mercimek protein izolatu içeren kontrol ekmeği, KÇT: kavun çekirdeği tozu. Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı ifade etmektedir ($p<0,05$).

4.4. Glutensiz Ekmeklerin Tekstürel Profil Sonuçları

Kavun çekirdeği ilaveli glutensiz ekmeklerin tekstürel profil sonuçları Tablo 4.5’de verilmiştir. Ekmeklerin sertlik ve çiğnenebilirlik değerlerinde, protein izolatu kontrol ekmeği ile kontrol ekmeği ve %5, %10 ve %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanırken, protein izolatu kontrol ekmeğinin en yüksek sertlik ve çiğnenebilirlik değerini gösterdiği belirlenmiştir ($p<0,001$). Ekmeklerin yapışkanlık ve esneklik değerleri ise istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemiştir ($p>0,05$). Sakızimsılık değerleri açısından %10 ve %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmekler ile kontrol ekmeği ve %5 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin benzer olduğu, protein izolatu kontrol ekmeğinin en yüksek sakızimsılık değerine sahip olduğu belirlenmiştir ($p=0,018$).

Tablo 4.5. Glutensiz ekmeklerin tekstürel profil sonuçları.

Ekmek Örnekleri	Sertlik (N)	Yapışkanlık	Esneklik (mm)	Sakızimsılık (N)	Çiğnenebilirlik (Nmm)
Kontrol	21,57 $\pm$ 1,66 ^b	0,17 $\pm$ 0,01 ^a	8,06 $\pm$ 0,86 ^a	5,01 $\pm$ 0,31 ^{ab}	40,41 $\pm$ 4,51 ^b
YMPİ kontrol	28,83 $\pm$ 2,44 ^a	0,17 $\pm$ 0,01 ^a	7,98 $\pm$ 0,41 ^a	6,36 $\pm$ 1,35 ^a	55,34 $\pm$ 3,65 ^a
%5 KÇT	16,94 $\pm$ 1,39 ^b	0,19 $\pm$ 0,01 ^a	7,58 $\pm$ 0,18 ^a	4,66 $\pm$ 0,16 ^{ab}	35,36 $\pm$ 1,63 ^b
%10 KÇT	18,13 $\pm$ 2,14 ^b	0,17 $\pm$ 0,00 ^a	7,45 $\pm$ 0,25 ^a	4,17 $\pm$ 0,46 ^b	31,11 $\pm$ 3,86 ^b
%15 KÇT	16,90 $\pm$ 1,89 ^b	0,17 $\pm$ 0,01 ^a	6,94 $\pm$ 0,62 ^a	4,18 $\pm$ 0,55 ^b	31,61 $\pm$ 0,95 ^b
F	16,39	1,84	2,19	4,94	19,19
p	0,000	0,205	0,143	0,018	0,000

YMPİ: %10 yeşil mercimek protein izolatu içeren kontrol ekmeği, KÇT: kavun çekirdeği tozu. Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı ifade etmektedir ($p<0,05$).

Kavun çekirdeği eklenmiş glutensiz ekmeklerin yan kesitinden alınan görüntü ise Şekil 4.1.'de sunulmuştur.



Şekil 4.1. Kavun çekirdeği ilaveli glutensiz ekmeklerin görüntüsü.

4.5. Glutensiz Ekmeklerin Dış ve İç Kabuk Renk Değerleri Analizi Sonuçları

Kavun çekirdeği ilaveli glutensiz ekmeklerin dış ve iç kabuk renk değerleri Tablo 4.6'da sunulmuştur. Dış kabuk parlaklık değeri açısından kontrol ekmeği, %10 kavun çekirdeği ilaveli ekmek ve %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmek benzerlik gösterirken, protein izolatlı kontrol ekmeği ve %5 kavun çekirdeği ilaveli ekmek ile aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiş olup %5 kavun çekirdeği ilaveli ekmek en yüksek parlaklık değerini göstermiştir ($p=0,015$). Dış kabuk kırmızılık değerleri açısından %5, %10 ve %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeklerin benzer olduğu ve kontrol ekmekleri ile aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu saptanmış, protein izolatlı kontrol ekmeği en yüksek kırmızılık değerini göstermiştir ($p=0,005$). Dış kabuk sarılık değerlerinde protein izolatlı kontrol ekmeği, %10 ve %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmekler benzerlik gösterirken, kontrol ekmeği ve % 5 kavun çekirdeği ilaveli ekmek ile aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiş, kontrol ekmeğinin en yüksek sarılık değerine sahip olduğu belirlenmiştir ($p=0,003$). Renk değişimi değerlerine bakıldığında tüm ekmekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$).

İç kabuk parlaklık değerlerinde %10 ve %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeklerin benzer olduğu, kontrol ekmekleri ve %5 kavun çekirdeği ilaveli ekmek ile aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gösterdiği saptanmış olup kontrol ekmeği en yüksek parlaklık değerini göstermiştir ($p<0,001$). İç kabuk kırmızılık değerleri incelendiğinde, kontrol ekmekleri benzerlik göstermiş ve %5, %10 ve %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmekler ile aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit

edilmiştir. En yüksek kırmızılık değerinin %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmekte olduğu belirlenmiştir ($p=0,001$). İç kabuk sarılık değerlerinde protein izolatlı kontrol ekmeği ile %5 kavun çekirdeği ilaveli ekmek ve %10 ve %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmekler ile kontrol ekmeği benzerlik gösterirken, kontrol ekmeği en yüksek sarılık değerini göstermiştir ($p<0,001$). Renk değişimi ele alındığında, %10 ve %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeklerin renk değişimlerinin benzer olduğu, protein izolatlı kontrol ekmeği ve %5 kavun çekirdeği ilaveli ekmek ile aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu belirlenmiştir ($p<0,001$). Buna göre, kontrol grubuna en yakın renk değerine sahip ekmeğin %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmek olduğu saptanmıştır.



Tablo 4.6. Glutensiz ekmeklerin dış ve iç kabuk renk değerleri.

Dış Kabuk					İç Kabuk			
Ekmek Örnekleri	Parlaklık (L*)	Kırmızılık (a*)	Sarılık (b*)	Renk Değişimi (ΔE*)	Parlaklık (L*)	Kırmızılık (a*)	Sarılık (b*)	Renk Değişimi (ΔE*)
Kontrol	40,6±1,7 ^{ab}	11,5±2,3 ^a	31,4±2,3 ^a	-	62,3±0,8 ^a	0,7±0,02 ^c	19,4±1,2 ^a	-
YMPİ kontrol	35,8±0,3 ^b	10,2±1,1 ^{ab}	26,6±0,7 ^b	7,1±2,4 ^a	48,8±2,5 ^c	0,7±0,02 ^c	15,1±0,6 ^b	12,8±0,6 ^a
%5 KÇT	41,8±1,8 ^a	7,1±0,8 ^b	28,7±0,2 ^{ab}	7,5±2,8 ^a	52,1±0,5 ^{bc}	0,8±0,1 ^{bc}	16,6±0,7 ^b	10,6±0,6 ^b
%10 KÇT	37,1±2,0 ^{ab}	7,6±1,3 ^b	26,1±0,5 ^b	9,5±0,8 ^a	54,1±0,1 ^b	1,0±0,1 ^b	18,6±0,3 ^a	8,3±0,7 ^c
%15 KÇT	39,9±2,7 ^{ab}	6,8±0,2 ^b	27,6±1,2 ^b	9,1±0,2 ^a	54,9±0,9 ^b	1,3±0,1 ^a	18,9±0,5 ^a	7,5±0,4 ^c
F	5,33	7,33	8,84	0,80	47,24	21,39	20,47	41,21
p	0,015	0,005	0,003	0,544	0,000	0,001	0,000	0,000

YMPİ: %10 yeşil mercimek protein izolatu içeren kontrol ekmeği, KÇT: kavun çekirdeği tozu. Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı ifade etmektedir (p<0,05).

4.6. Glutensiz Ekmeklerin Duyusal Analiz Sonuçları

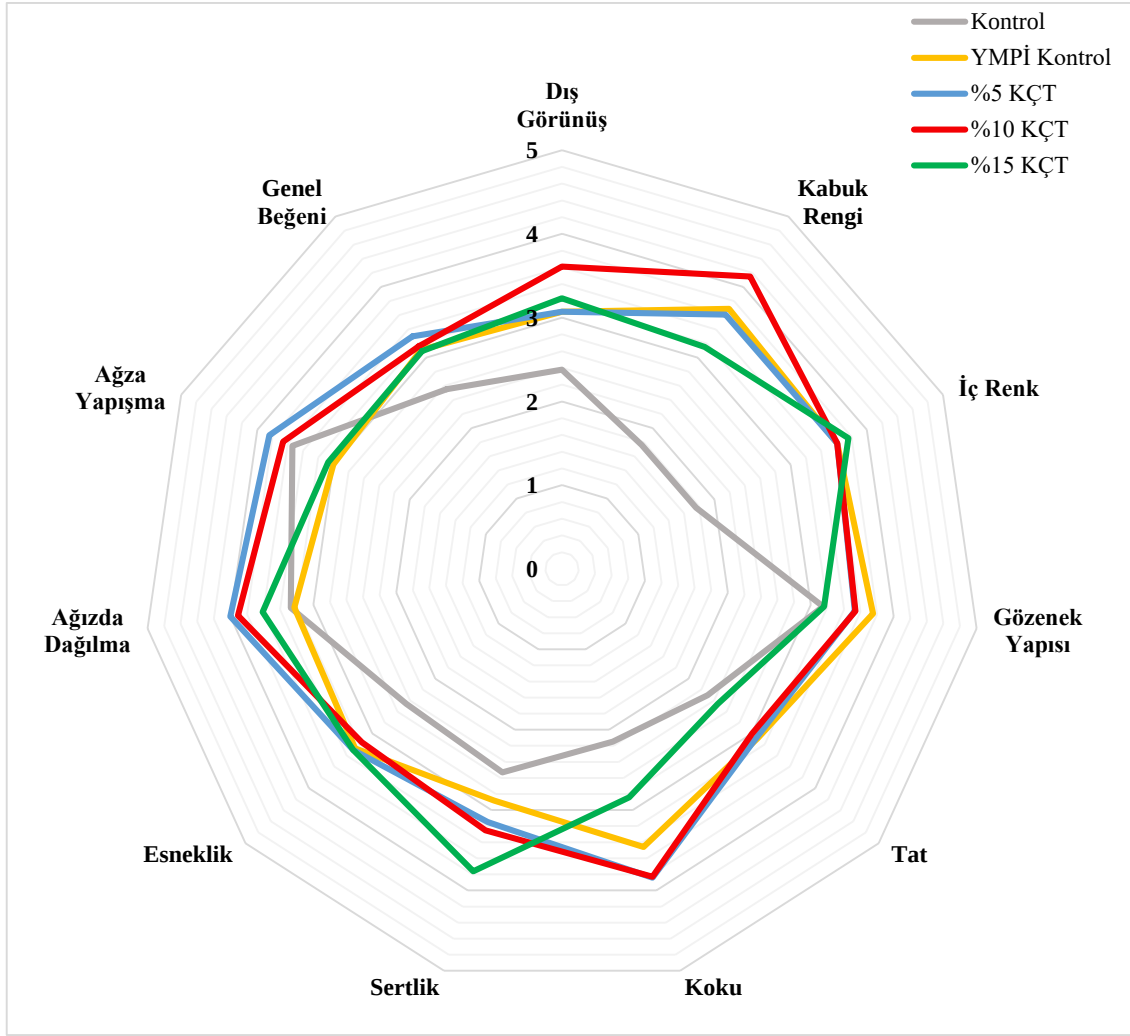
Kavun çekirdeği ilaveli glutensiz ekmeklerin duyusal analiz sonuçları Tablo 4.11 ve Şekil 4.2’de verilmiştir. Ekmeklerin dış görünüşü, gözenek yapısı, tadı, esnekliği, ağızda dağılması, ağza yapışması ve genel beğeni puanları açısından tüm ekmekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır ($p>0,05$). Panelistlerin ekmeklerin kabuk rengi ve iç renginin uygunluğu açısından verdikleri puanlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu belirlenmiştir ($p<0,001$).

Tablo 4.7. Glutensiz ekmeklerin duyusal analiz sonuçları.

	YMPI					F	p
	Kontrol	Kontrol	%5 KÇT	%10 KÇT	%15 KÇT		
Dış Görünüş	2,38±1,26 ^a	3,07±1,25 ^a	3,07±1,38 ^a	3,61±0,87 ^a	3,23±1,16 ^a	1,79	0,142
Kabuk Rengi	1,76±1,16 ^b	3,69±0,75 ^a	3,61±0,76 ^a	4,15±0,68 ^a	3,15±1,06 ^a	13,16	0,000
İç Renk	1,76±1,16 ^b	3,61±1,26 ^a	3,61±0,96 ^a	3,61±0,76 ^a	3,76±0,92 ^a	8,73	0,000
Gözenek Yapısı	3,15±0,98 ^a	3,75±0,86 ^a	3,53±1,33 ^a	3,54±1,03 ^a	3,16±0,93 ^a	0,76	0,554
Tat	2,30±1,31 ^a	3,09±0,83 ^a	3,07±1,03 ^a	3,00±1,08 ^a	2,46±1,19 ^a	1,42	0,237
Koku	2,15±1,67 ^b	3,46±0,96 ^{ab}	3,84±1,06 ^a	3,83±1,03 ^a	2,84±1,46 ^{ab}	4,14	0,005
Sertlik	2,53±1,19 ^b	2,88±1,05 ^{ab}	3,15±1,06 ^{ab}	3,25±0,86 ^{ab}	3,76±1,01 ^a	2,41	0,060
Esneklik	2,46±1,26 ^a	3,27±1,10 ^a	3,30±1,18 ^a	3,16±0,83 ^a	3,30±1,03 ^a	1,41	0,241
Ağızda Dağılma	3,27±1,10 ^a	3,23±1,01 ^a	4,00±1,08 ^a	3,91±0,79 ^a	3,61±1,12 ^a	1,47	0,224
Ağza Yapışma	3,54±1,12 ^a	3±0,91 ^a	3,84±0,80 ^a	3,66±0,65 ^a	3,07±0,95 ^a	2,20	0,081
Genel Beğeni	2,55±1,66 ^a	3,11±1,05 ^a	3,30±1,18 ^a	3,16±0,93 ^a	3,09±1,13 ^a	0,56	0,689

YMPI: %10 yeşil mercimek protein izolatu içeren kontrol ekmeği, KÇT: kavun çekirdeği tozu. Aynı satırdaki farklı harfler farklı ekmek grupları arasındaki anlamlı farklılığı ifade etmektedir ($p<0,05$).

Protein izolatlı kontrol ekmeği ile %5, %10 ve %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeklerin kabuk ve iç renginin benzer olduğu, protein izolatlı kontrol ekmeği, %5, %10 ve %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeklerin kontrol ekmeğinden daha uygun kabuk ve iç renge sahip olduğu saptanmıştır ($p<0,001$). Koku puanları incelendiğinde, %5 ve %10 kavun çekirdeği ilaveli ekmeklerin kokusunun benzer olduğu ifade edilmişken, %5 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin diğer tüm ekmeklerden daha yüksek koku puanına sahip olduğu belirlenmiştir ($p=0,005$).



Şekil 4.2. Kavun çekirdeği ilaveli glutensiz ekmeklerin duyu analizi sonuçlarına ait örümcek diyagramı.

4.7. Glutensiz Ekmeklerin *In Vitro* Sindirim Öncesi, Mide ve Bağırsak Fazlarında Toplam Fenolik ve Flavonoid Madde Miktarları

Kavun çekirdeği ilaveli glutensiz ekmeklerin *in vitro* sindirim öncesi, mide ve bağırsak fazlarında TPC miktarları Tablo 4.7’de verilmiştir. Sindirim öncesi TPC miktarlarında protein izolatlı kontrol ekmeği, %5 ve %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeklerin benzer olduğu, %10 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin kontrol ekmekleri, %5 ve %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeklerden daha yüksek TPC miktarına sahip olduğu belirlenmiştir ($p=0,045$). *In vitro* mide fazındaki TPC miktarlarında protein izolatlı kontrol ekmeği ile %10 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin benzer miktarda olduğu

bulunurken, %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin diğer ekmeklere göre en yüksek TPC miktarına sahip olduğu saptanmıştır ($p<0,001$). *In vitro* bağırsak fazındaki TPC miktarları incelendiğinde, %5 ve %10 kavun çekirdeği ilaveli ekmeklerin benzer olduğu ve %10 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin en yüksek TPC miktarına sahip olduğu tespit edilmiştir ($p<0,001$). Ayrıca, tüm ekmek grupları için hesaplanan geri kazanım değerlerine göre, bağırsak fazı sonrası TPC miktarının geri kazanımı mide fazı sonrasında daha yüksek bulunmuştur.

Tablo 4.8. Glutensiz ekmeklerin *in vitro* sindirim öncesi, mide ve bağırsak fazlarında TPC miktarları.

TPC (mg GAE/100 g)					
Ekmek Örnekleri	Sindirim Öncesi	Mide Fazı	Bağırsak Fazı	F	p
Kontrol	139,17±13,14 ^{b, B}	271,33±6,29 ^{c, A}	288,4±67,80 ^{c, A}	13,64	0,001
<i>Geri kazanım (%)</i>	–	194,96	207,23		
YMPİ Kontrol	152,80±24,30 ^{ab, B}	309,63±8,46 ^{ab, A}	413,7±117,80 ^{bc, A}	11,20	0,003
<i>Geri kazanım (%)</i>	–	202,64	270,75		
%5 KÇT	177,20±15,10 ^{ab, B}	292,11±6,03 ^{b, B}	625,5±85,10 ^{a, A}	61,81	0,000
<i>Geri kazanım (%)</i>	–	164,85	352,99		
%10 KÇT	189,32±14,97 ^{a, B}	303,94±16,82 ^{ab, B}	688,1±118,80 ^{a, A}	55,38	0,000
<i>Geri kazanım (%)</i>	–	160,54	363,46		
%15 KÇT	168,21±7,50 ^{ab, C}	322,07±10,92 ^{a, B}	536,6±48 ^{ab, A}	135,34	0,000
<i>Geri kazanım (%)</i>	–	203,84	339,62		
F	3,55	17,91	16,83		
p	0,045	0,000	0,000		

YMPİ: %10 yeşil mercimek protein izolatu içeren kontrol ekmeği, KÇT: kavun çekirdeği tozu. Aynı sütundaki farklı küçük harfler farklı ekmek grupları arasındaki anlamlı farklılığı, aynı satırdaki farklı büyük harfler ise sindirim öncesi, mide ve bağırsak fazlarındaki anlamlı farklılığı ifade etmektedir ($p<0,05$).

Her bir ekmek çeşidinin sindirim esnasında TPC miktarlarındaki değişimin incelenmesi amacıyla sindirim öncesi, mide ve bağırsak fazı sonrası TPC miktarları değerlendirilmiştir (Tablo 4.8). Kontrol ekmeği, protein izolatlı kontrol ekmeği, %5, %10 ve %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeklerin TPC miktarlarında sindirim öncesine ve mide fazına göre bağırsak fazındaki miktarlarının yüksek olması nedeniyle bağırsak fazındaki biyoerişilebilirlik daha yüksektir ($p<0,05$).

Kavun çekirdeği ilaveli glutensiz ekmeklerin *in vitro* sindirim öncesi, mide ve bağırsak fazlarında TFC miktarları Tablo 4.9’da verilmiştir. Sindirim öncesi protein izolatlı kontrol ekmeği, %10 ve %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeklerin TFC miktarları benzer olup, %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin TFC miktarının diğer ekmeklerden yüksek olduğu belirlenmiştir ($p=0,006$).

Tablo 4.9. Glutensiz ekmeklerin *in vitro* sindirim öncesi, mide ve bağırsak fazlarında TFC miktarları.

Ekmek Örnekleri	TFC (mg RE/100 g)			F	p
	Sindirim Öncesi	Mide Fazı	Bağırsak Fazı		
Kontrol	18,83±3,78 ^{b, B}	42,54±13,18 ^{b, B}	143,70±25,50 ^{ab, A}	51,91	0,000
<i>Geri kazanım (%)</i>	–	225,92	763,14		
YMPİ Kontrol	33,79±5,09 ^{a, A}	37,44±8,74 ^{b, A}	114,90±62,80 ^{b, A}	4,30	0,060
<i>Geri kazanım (%)</i>	–	110,8	340,04		
%5 KÇT	30,06±6,32 ^{ab, B}	35,01±8,4 ^{b, B}	160,10±52,40 ^{ab, A}	15,68	0,003
<i>Geri kazanım (%)</i>	–	106,58	487,37		
%10 KÇT	38,02±1,76 ^{a, B}	185,4±25,50 ^{a, A}	200,80±95,70 ^{ab, A}	8,66	0,013
<i>Geri kazanım (%)</i>	–	487,64	528,14		
%15 KÇT	34,53±4,91 ^{a, B}	179,9±50,70 ^{a, A}	241,30±53,80 ^{a, A}	18,84	0,001
<i>Geri kazanım (%)</i>	–	520,1	698,81		
F	7,71	35,31	3,13		
p	0,006	0,000	0,047		

YMPİ: %10 yeşil mercimek protein izolatı içeren kontrol ekmeği, KÇT: kavun çekirdeği tozu. Aynı sütundaki farklı küçük harfler farklı ekmek grupları arasındaki anlamlı farklılığı, aynı satırdaki farklı büyük harfler sindirim öncesi, mide ve bağırsak fazlarındaki anlamlı farklılığı ifade etmektedir ($p<0,05$).

In vitro mide fazındaki TFC miktarlarında kontrol ekmekleri ile %5 kavun çekirdeği ilaveli ekmek ve %10 ile %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeklerin TFC miktarları benzerlik gösterirken, %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin TFC miktarı en yüksektir ($p<0,001$). *In vitro* bağırsak fazındaki TFC miktarları incelendiğinde kontrol ekmeği, %5 ve %10 kavun çekirdeği ilaveli ekmeklerin benzer olduğu, %10 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin en yüksek TFC miktarına sahip olduğu belirlenmiştir ($p=0,047$). Ayrıca, tüm ekmek grupları için hesaplanan geri kazanım değerlerine göre, bağırsak fazı sonrası TFC miktarının geri kazanımı mide fazı sonrasında daha yüksek bulunmuştur.

Her bir ekmek çeşidinin sindirim esnasında TFC miktarlarındaki değişimin incelenmesi amacıyla sindirim öncesi, mide ve bağırsak fazı sonrası TFC miktarları

incelenmiştir (Tablo 4.9). Kontrol ekmeği, protein izolatlı kontrol ekmeği, %5, %10 ve %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeklerin TFC miktarlarında sindirim öncesine ve mide fazına göre bağırsak fazında daha fazla olması nedeniyle bu fazdaki biyoerişilebilirlik de daha yüksektir ($p<0,05$).

4.8. Glutensiz Ekmeklerin *In Vitro* Sindirim Öncesi, Mide ve Bağırsak Fazlarında Total Antioksidan Aktivite Değerleri

Kavun çekirdeği ilaveli glutensiz ekmeklerin DPPH yöntemi ile *in vitro* sindirim öncesi, mide ve bağırsak fazlarındaki TAA değerleri Tablo 4.10'da verilmiştir. Sindirim öncesi %5 ve %10 kavun çekirdeği ilaveli glutensiz ekmeklerin TAA değerlerinin benzer olduğu, %10 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin TAA değerinin kontrol ekmekleri ve %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmekten daha yüksek olduğu belirlenmiştir ($p=0,002$). *In vitro* mide fazında kontrol ekmeği ile %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin ve protein izolatlı kontrol ekmeği, %5 ve %10 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin TAA değerlerinin benzer olduğu, %10 kavun çekirdeği ilaveli ekmek en yüksek TAA değerine sahip olduğu belirlenmiştir ($p<0,001$). *In vitro* bağırsak fazında protein izolatlı kontrol ekmeği ile %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmek ve %5 ile %10 kavun çekirdeği ilaveli ekmek benzerlik göstermiş, %10 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin en yüksek TAA değerine sahip olduğu tespit edilmiştir ($p<0,001$).

Her bir ekmek çeşidinin sindirim esnasında TAA değerlerindeki değişimin incelenmesi amacıyla sindirim öncesi, mide ve bağırsak fazı sonrası DPPH miktarları incelenmiştir (Tablo 4.10). Buna göre; kontrol ekmeğinin TAA değeri mide fazı sonrası artarken bağırsak fazı sonrasında azalmıştır ($p<0,001$). %5, %10 ve %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeklerin TAA değerleri mide fazı sonrası azalırken bağırsak fazı sonrasında artış göstermiştir ($p<0,001$). Protein izolatlı kontrol ekmeğinde ise, TAA değerinin sindirim öncesine göre mide fazında ve bağırsak fazında daha fazla olduğu, bağırsak fazında en fazla olması sebebiyle bu fazda biyoerişilebilirliğin en yüksek olduğu belirlenmiştir ($p=0,037$).

Tablo 4.10. Glutensiz ekmeklerin DPPH yöntemi ile *in vitro* sindirim öncesi, mide ve bağırsak fazlarındaki TAA değerleri.

TAA (DPPH Yöntemi) (mg TE/100 g)					
Ekmek Örnekleri	Sindirim Öncesi	Mide Fazı	Bağırsak Fazı	F	p
Kontrol	62,29±2,52 ^{c, B}	76,75±4,21 ^{b, A}	28,84±5,55 ^{c, C}	152,31	0,000
YMPI Kontrol	66,56±0,63 ^{bc, B}	84,62±2,84 ^{a, AB}	97,28±17,67 ^{b, A}	4,68	0,037
%5 KÇT	88,04±4,91 ^{a, B}	82,42±2,67 ^{a, B}	135,45±22,27 ^{a, A}	19,89	0,000
%10 KÇT	88,47±2,75 ^{a, B}	87,38±2,89 ^{a, B}	159,20±9,5 ^{a, A}	192,47	0,000
%15 KÇT	81,73±8,81 ^{ab, B}	73,128±0,98 ^{b, B}	105,60±10,58 ^{b, A}	27,74	0,000
F	15,91	22,26	59,38		
p	0,002	0,000	0,000		

YMPI: %10 yeşil mercimek protein izolatu içeren kontrol ekmeği, KÇT: kavun çekirdeği tozu. Aynı sütundaki farklı küçük harfler farklı ekmek grupları arasındaki anlamlı farklılığı, aynı satırdaki farklı büyük harfler sindirim öncesi, mide ve bağırsak fazlarındaki anlamlı farklılığı ifade etmektedir (p<0,05).

Kavun çekirdeği ilaveli glutensiz ekmeklerin CUPRAC yöntemi ile *in vitro* sindirim öncesi, mide ve bağırsak fazlarındaki TAA değerleri Tablo 4.11’de verilmiştir. Sindirim öncesi protein izolatlı kontrol ekmeği ile %5 kavun çekirdeği ilaveli ekmek ve %10 ile %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmek benzerlik gösterirken, %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmek en yüksek TAA değerine sahiptir (p=0,026). *In vitro* mide sindirimi sonrası kontrol ekmeği ile diğer ekmekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmış olup %10 kavun çekirdeği ilaveli ekmek en yüksek TAA değerini göstermiştir (p<0,001). *In vitro* bağırsak sindirimi sonrası tüm ekmek grupları birbiri ile istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterirken %10 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin TAA değeri en yüksektir (p<0,001).

Her bir ekmek çeşidinin sindirim esnasında TAA değerlerindeki değişimin incelenmesi amacıyla sindirim öncesi, mide ve bağırsak fazı sonrası TAA değerleri incelenmiştir (Tablo 4.11). Buna göre; kontrol ekmeği, protein izolatlı kontrol ekmeği, %5, %10 ve %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeklerin TAA değerleri mide fazı sonrası azalırken bağırsak fazı sonrasında artış göstermiştir (p<0,05). En yüksek TAA değeri bağırsak fazında görüldüğünden, biyoerişilebilirlik bu fazda en yüksektir.

Tablo 4.11. Glutensiz ekmeklerin CUPRAC yöntemi ile *in vitro* sindirim öncesi, mide ve bağırsak fazlarındaki TAA değerleri.

TAA (CUPRAC Yöntemi) (mg TE/100 g)					
Ekmek Örnekleri	Sindirim Öncesi	Mide Fazı	Bağırsak Fazı	F	p
Kontrol	167,92±5,02 ^{b, AB}	152,09±9,26 ^{b, B}	172,47±9,03 ^{d, A}	7,06	0,014
YMPİ Kontrol	208,11±3,77 ^{ab, B}	192,18±5,25 ^{a, B}	330,2±45,30 ^{c, A}	28,25	0,000
%5 KÇT	214,23±12,77 ^{ab, B}	188,00±7,00 ^{a, B}	398,7±42,10 ^{b, A}	72,99	0,000
%10 KÇT	229,46±8,93 ^{a, B}	208,49±5,11 ^{a, B}	532,8±33,40 ^{a, A}	323,98	0,000
%15 KÇT	232,5±32,00 ^{a, B}	195,90±19,04 ^{a, B}	362,4±35,80 ^{bc, A}	49,15	0,000
F	6,14	21,21	61,46		
p	0,026	0,000	0,000		

YMPİ: %10 yeşil mercimek protein izolatu içeren kontrol ekmeği, KÇT: kavun çekirdeği tozu. Aynı sütundaki farklı küçük harfler farklı ekmek grupları arasındaki anlamlı farklılığı, aynı satırdaki farklı büyük harfler sindirim öncesi, mide ve bağırsak fazlarındaki anlamlı farklılığı ifade etmektedir (p<0,05).

4.9. Glutensiz Ekmeklerin *In Vitro* Sindirim Öncesi, Mide ve Bağırsak Fazı Sonrası Fenolik Bileşenleri

Kavun çekirdeği ilaveli glutensiz ekmeklerin HPLC analizi ile hidroksibenzoik asit türevlerinden 9 (*p*-hidroksibenzoik asit, benzoik asit türevi, benzoik asit türevi 2, protokateşüik asit, şiringik asit, şiringik asit türevi 1, vanilik asit, vanilik asit türevi), hidroksisinamik asit türevlerinden 3 (*p*-kumarik asit, ferulik asit, ferulik asit türevi) ve flavonoidlerden 4 (kateşin, kuersetin türevi 1, kuersetin türevi 2, kuersetin türevi 3) olmak üzere toplam 16 fenolik bileşen bulunmuştur. Belirlenen fenolik bileşenler Tablo 4.11’de verilmiştir.

4.9.1. Hidroksibenzoik Asit Türevleri

Sindirim öncesi hidroksibenzoik asit türevlerinden *p*-hidroksibenzoik asit ve protokateşüik asit miktarlarında tüm ekmekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu belirlenmiştir (p<0,05). Benzoik asit türevi, gallik asit, şiringik asit, şiringik asit türevi, vanilik asit ve vanilik asit türevine sindirim öncesinde rastlanmamış, tüm ekmeklerin benzoik asit türevi miktarlarının benzer olduğu saptanmıştır. *P*-hidroksibenzoik asit ve protokateşüik asit miktarları açısından %5 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin en yüksek, kontrol ekmeğinin en düşük miktara sahip olduğu saptanmıştır (p=0,005).

Mide fazında hidroksibenzoik asit türevlerinden benzoik asit türevi, benzoik asit türevi 2, şiringik asit, şiringik asit türevi 2, vanilik asit ve vanilik asit türevi 2 miktarlarında tüm ekmekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p<0,05$). *P*-hidroksibenzoik asit, gallik asit ve protokateşük asit miktarlarında tüm ekmekler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanamamıştır ($p>0,05$). Benzoik asit türevi miktarı %5 kavun çekirdeği ilaveli ekmekte, benzoik asit türevi 1 miktarı %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmekte en yüksek iken, kontrol ekmeğinde her iki asidin miktarı en düşüktür ($p<0,001$). Şiringik asit türevi 1 miktarları incelendiğinde, %5 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin en yüksek, %10 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin en düşük miktara sahip olduğu belirlenmiştir ($p=0,010$). Vanilik asit miktarlarında en yüksek miktar kontrol ekmeğine, en düşük miktar %10 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğe aittir ($p<0,001$). Vanilik asit türevi miktarlarında ise, kontrol ekmeği en yüksek, %5, %10 ve %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeklerin miktarları aynı olup en düşüktür ($p=0,005$).

Bağırsak fazında hidroksibenzoik asit türevlerinden benzoik asit türevi, benzoik asit türevi 2, şiringik asit, şiringik asit türevi 1, vanilik asit ve vanilik asit türevi miktarlarında tüm ekmekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmıştır ($p<0,05$). Ancak, *p*-hidroksibenzoik asit, gallik asit ve protokateşük asit miktarlarında tüm ekmekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır ($p>0,05$). Benzoik asit türevi miktarları incelendiğinde, protein izolatlı kontrol ekmeğinin en yüksek, %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin en düşük miktara sahip olduğu bulunmuştur ($p<0,001$). Benzoik asit türevi 2 ve şiringik asit miktarlarında %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin en yüksek, kontrol ekmeğinin en düşük miktara sahip olduğu bulunmuştur ($p<0,001$). Şiringik asit türevi 1 miktarları açısından, %10 ve %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeklerin benzer miktara sahip olduğu ve en yüksek olduğu, kontrol ekmeğinin ise en düşük miktara sahip olduğu belirlenmiştir ($p<0,001$). Vanilik asit miktarlarında, en yüksek miktarın kontrol ekmeğine, en düşük miktarın protein izolatlı kontrol ekmeğine ait olduğu saptanmıştır ($p=0,036$). Vanilik asit türevi miktarlarında ise, kontrol ekmeği ve %5 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin aynı miktara sahip olduğu ve en yüksek olduğu, %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin ise en düşük miktara sahip olduğu tespit edilmiştir ($p=0,008$).

Her bir ekmek çeşidinin sindirim öncesi, mide ve bağırsak fazı sonrası hidroksibenzoik asit türevlerinin miktarları incelendiğinde; sindirim öncesinden bağırsak

fazına doğru *p*-hidroksibenzoik asit, benzoik asit türevi, benzoik asit türevi 2, gallik asit, vanilik asit ve vanilik asit türevi miktarları ve biyoerişilebilirliklerinin azaldığı, protokateşüik asit miktarı ve biyoerişilebilirliğinin ise arttığı belirlenmiştir ($p<0,05$) (Tablo 4.12).

4.9.2. Hidroksisinamik Asit Türevleri

Sindirim öncesinde hidroksisinamik asit türevlerinden yalnızca ferulik asit saptanmış ancak miktarlarda tüm ekmekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).

Mide fazında hidroksisinamik asit türevlerinden *p*-kumarik asit, ferulik asit ve ferulik asit türevi miktarlarında tüm ekmekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p<0,05$). Protein izolatlı kontrol ekmeği, %5, %10 ve %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeklerin *p*-kumarik asit miktarlarının benzer olduğu, kontrol ekmeği ile aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu saptanmış, en yüksek *p*-kumarik asit miktarının kontrol ekmeğine ait olduğu belirlenmiştir ($p<0,001$). Kontrol ekmeği ve protein izolatlı kontrol ekmeğinin ferulik asit miktarının benzerlik gösterdiği, en yüksek miktarın %5 kavun çekirdeği ilaveli ekmekte, en düşük miktarın ise %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmekte olduğu belirlenmiştir ($p<0,001$). Ferulik asit türevi miktarlarında, protein izolatlı kontrol ekmeği ve %5 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin benzer ve en yüksek miktara sahip olduğu, %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin ise en düşük miktara sahip olduğu bulunmuştur ($p=0,002$).

Bağırsak fazında hidroksisinamik asit türevlerinden *p*-kumarik asit miktarlarında tüm ekmekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanırken, ferulik asit ve ferulik asit türevi miktarlarında tüm ekmekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmamıştır ($p<0,05$). En yüksek *p*-kumarik asit miktarının kontrol ekmeğine ait olduğu, protein izolatlı kontrol ekmeği, %5, %10 ve %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeklerin miktarlarının benzer olduğu belirlenmiştir ($p=0,002$).

Her bir ekmek çeşidinin sindirim öncesi, mide ve bağırsak fazı sonrası hidroksisinamik asit türevlerinin miktarlarına bakıldığında; sindirim öncesinden bağırsak fazına doğru *p*-kumarik asit, ferulik asit ve ferulik asit türevi miktarları ve biyoerişilebilirliklerinin azaldığı saptanmıştır ($p<0,05$) (Tablo 4.12).

4.9.3. Flavonoidler

Sindirim öncesinde flavonoidlerden kateşin ve kuersetin türevlerinin miktarları incelendiğinde, tüm ekmekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmamıştır ($p>0,05$).

Mide fazında flavonoidlerden kateşin ve kuersetin türevleri miktarlarında tüm ekmekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p<0,05$). Kateşin miktarlarında %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin en yüksek, protein izolatlı kontrol ekmeğinin en düşük miktara sahip olduğu belirlenmiştir ($p=0,007$). Kuersetin türevi 1 miktarları incelendiğinde, %5 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin en yüksek, kontrol ekmeğinin en düşük miktara sahip olduğu bulunmuştur ($p=0,002$). Kuersetin türevi 2 miktarlarında en yüksek değer %5 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğe, en düşük değer %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğe aittir ($p<0,001$). Kuersetin türevi 3 miktarlarına bakıldığında, %5 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin en yüksek, %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin en düşük miktara sahip olduğu saptanmıştır ($p<0,001$).

Bağırsak fazında flavonoidlerden kateşin ve kuersetin türevleri miktarlarında tüm ekmekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p<0,05$). Kateşin miktarları açısından %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin en yüksek, kontrol ekmeğinin en düşük miktara sahip olduğu belirlenmiştir ($p<0,001$). Kuersetin türevi 1 miktarlarında en yüksek miktar protein izolatlı kontrol ekmeğine, en düşük miktar kontrol ekmeğine aittir ($p<0,001$). Kuersetin türevi 2 miktarlarının, %5 ve %10 kavun çekirdeği ilave edilmiş ekmeklerin benzer olduğu, protein izolatlı kontrol ekmeğinin en yüksek, %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin en düşük miktara sahip olduğu saptanmıştır ($p=0,001$). Kuersetin türevi 3 miktarlarında kontrol ekmeği en yüksek, %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin en düşük miktara sahiptir ($p<0,001$).

Her bir ekmeğin sindirim öncesi, mide ve bağırsak fazı sonrası flavonoid miktarları incelendiğinde; sindirim öncesinden bağırsak fazına doğru kuersetin türevlerinin miktarları ve biyoerişilebilirlikleri azalırken, kateşin miktarı ve biyoerişilebilirliğinin arttığı tespit edilmiştir ($p<0,05$) (Tablo 4.12).

Tablo 4.12. Glutensiz ekmeklerin *in vitro* sindirim öncesi, mide ve bağırsak fazı sonrası fenolik bileşenleri (µg/g)

Fenolik Bileşen Grubu		Kontrol	YMPI Kontrol	%5 KÇT	%10 KÇT	%15 KÇT	F	p
1.Hidroksibenzoik asit türevleri								
<i>p</i> -hidroksibenzoik asit	Sindirim Öncesi	71,3±0,8 ^{c,A}	100,6±11,6 ^{bc,A}	181,1±1,0 ^{a,A}	148,3±13,1 ^{ab,A}	152,8±30,0 ^{ab,A}	16,10	0,005
	Mide Fazı	10,5±1,0 ^{a,B}	7,6±2,0 ^{a,B}	7,3±1,8 ^{a,B}	8,5±1,9 ^{a,B}	11,8±1,7 ^{a,B}	3,43	0,065
	Bağırsak Fazı	1,3±0,1 ^{a,C}	1,4±0,1 ^{a,B}	1,7±0,3 ^{a,C}	0,1±0,7 ^{a,B}	0,7±0,5 ^{a,B}	2,12	0,160
	F	7806,18	242,32	14769,17	338,79	67,19		
	p	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001		
Benzoik asit türevi	Sindirim Öncesi	184,8±15,4 ^{a,A}	227,6±11,0 ^{a,A}	257,7±50,5 ^{a,A}	290,4±16,3 ^{a,A}	186,9±24,0 ^{a,A}	5,54	0,064
	Mide Fazı	98,0±10,1 ^{c,B}	144,3±7,2 ^{ab,B}	162,8±4,1 ^{a,B}	125,3±15,4 ^{b,B}	83,4±3,9 ^{c,B}	37,59	0,000
	Bağırsak Fazı	25,4±0,4 ^{c,C}	51,8±2,7 ^{a,C}	50,9±1,5 ^{a,C}	45,7±2,2 ^{b,C}	21,6±0,5 ^{c,C}	172,92	0,000
	F	116,27	398,61	51,03	241,51	134,61		
	p	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
Benzoik asit türevi 2	Sindirim Öncesi	—	—	—	—	—		
	Mide Fazı	172,3±8,1 ^{d,A}	212,3±8,4 ^{c,A}	258,5±4,1 ^{ab,A}	256,2±6,1 ^{b,A}	275,4±4,9 ^{a,A}	124,39	0,000
	Bağırsak Fazı	118,1±4,8 ^{c,B}	140,0±3,5 ^{b,B}	143,0±1,9 ^{ab,B}	141,5±4,3 ^{b,B}	152,8±3,4 ^{a,B}	35,38	0,000
	F	99,11	189,08	2003,32	708,00	1273,15		
	p	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000		
Gallik asit	Sindirim Öncesi	—	—	—	—	—		
	Mide Fazı	43,0±9,2 ^{a,A}	49,9±4,7 ^{a,A}	56,6±5,4 ^{a,A}	54,4±3,8 ^{a,A}	52,9±1,0 ^{a,A}	2,52	0,114
	Bağırsak Fazı	27,4±1,9 ^{a,B}	28,5±2,1 ^{a,B}	27,9±1,2 ^{a,B}	28,4±1,1 ^{a,B}	27,6±0,9 ^{a,B}	0,27	0,893
	F	8,36	51,57	81,31	144,42	1017,17		
	p	0,045	0,002	0,001	0,001	0,000		

Tablo 4.12. Glutensiz ekmeklerin *in vitro* sindirim öncesi, mide ve bağırsak fazı sonrası fenolik bileşenleri (µg/g) (devamı)

Fenolik Bileşen Grubu		Kontrol	YMPI Kontrol	%5 KÇT	%10 KÇT	%15 KÇT	F	p
1.Hidroksibenzoik asit türevleri								
Protokateşuik asit	Sindirim Öncesi	2,5±0,2 ^{c,B}	6,2±1,3 ^{ab,B}	6,7±0,1 ^{a,B}	4,3±0,5 ^{abc,B}	4,1±0,1 ^{bc,C}	15,60	0,005
	Mide Fazı	21,0±4,6 ^{a,B}	20,4±1,9 ^{a,B}	17,0±5,8 ^{a,B}	18,7±2,9 ^{a,B}	17,9±1,7 ^{a,B}	0,58	0,691
	Bağırsak Fazı	187,4±32,0 ^{a,A}	191,3±9,6 ^{a,A}	192,3±1,6 ^{a,A}	197,6±8,9 ^{a,A}	214,8±1,1 ^{a,A}	1,44	0,290
	F	51,43	755,85	2089,66	916,69	24254,72		
	p	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000		
Şiringik asit	Sindirim Öncesi	—	—	—	—	—		
	Mide Fazı	1,0±0,2 ^{a,A}	0,9±0,1 ^{a,A}	1,0±0,6 ^{a,A}	0,8±0,0 ^{a,A}	0,8±0,3 ^{a,A}	0,30	0,873
	Bağırsak Fazı	0,4±0,1 ^{d,B}	0,5±0,1 ^{cd,B}	0,6±0,1 ^{bc,A}	0,7±0,0 ^{ab,A}	0,9±0,1 ^{a,A}	25,73	0,000
	F	24,19	53,49	1,38	0,23	0,25		
	p	0,008	0,002	0,305	0,657	0,647		
Şiringik asit türevi 1	Sindirim Öncesi	—	—	—	—	—		
	Mide Fazı	0,8±0,1 ^{b,A}	1,5±0,3 ^{ab,A}	2,5±1,0 ^{a,A}	0,6±0,0 ^{b,B}	1,3±0,5 ^{ab,A}	6,36	0,010
	Bağırsak Fazı	0,5±0,1 ^{c,B}	0,6±0,0 ^{bc,B}	0,7±0,0 ^{b,B}	0,8±0,0 ^{a,A}	0,8±0,0 ^{a,A}	53,19	0,000
	F	35,58	21,49	12,43	33,15	2,51		
	p	0,004	0,010	0,039	0,005	0,189		
Vanilik asit	Sindirim Öncesi	—	—	—	—	—		
	Mide Fazı	6,5±0,2 ^{a,A}	5,2±0,4 ^{b,A}	5,2±0,2 ^{b,A}	4,7±0,2 ^{b,A}	5,0±0,1 ^{b,A}	25,46	0,000
	Bağırsak Fazı	2,6±0,1 ^{a,B}	1,1±0,1 ^{b,B}	1,3±0,4 ^{ab,B}	1,4±0,6 ^{ab,B}	2,0±0,8 ^{ab,B}	4,39	0,036
	F	909,50	260,70	273,22	77,03	52,68		
	p	0,000	0,000	0,000	0,001	0,005		
Vanilik asit türevi	Sindirim Öncesi	—	—	—	—	—		
	Mide Fazı	1,9±0,0 ^{a,A}	1,5±0,0 ^{b,A}	1,6±0,0 ^{b,A}	1,6±0,1 ^{b,A}	1,6±0,1 ^{b,A}	7,52	0,005
	Bağırsak Fazı	0,7±0,1 ^{a,B}	0,5±0,0 ^{ab,B}	0,7±0,2 ^{a,B}	0,6±0,1 ^{ab,B}	0,4±0,0 ^{b,B}	6,41	0,008
	F	289,07	5886,12	102,60	144,97	563,78		
	p	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000		

Tablo 4.12. Glutensiz ekmeklerin *in vitro* sindirim öncesi, mide ve bağırsak fazı sonrası fenolik bileşenleri (µg/g) (**devamı**)

Fenolik Bileşen Grubu	Kontrol	YMPI Kontrol	%5 KÇT	%10 KÇT	%15 KÇT	F	p	
2.Hidroksisinamik asit türevleri								
p-kumarik asit	Sindirim Öncesi	—	—	—	—			
	Mide Fazı	0,3±0,0 ^{a,A}	0,2±0,0 ^{b,A}	0,2±0,0 ^{b,A}	0,2±0,0 ^{b,A}	11,97	0,001	
	Bağırsak Fazı	0,2±0,0 ^{a,B}	0,1±0,0 ^{ab,B}	0,1±0,0 ^{ab,B}	0,1±0,0 ^{b,B}	10,98	0,002	
	F	592,43	562,23	338,89	40,62	99,27		
	p	0,000	0,000	0,000	0,003	0,001		
Ferulik asit	Sindirim Öncesi	10,6±0,6 ^{a,A}	7,6±2,0 ^{a,A}	7,3±1,1 ^{a,A}	7,3±0,8 ^{a,A}	6,9±1,1 ^{a,A}	3,07	0,125
	Mide Fazı	1,9±0,3 ^{a,B}	1,9±0,1 ^{a,B}	2,0±0,1 ^{a,B}	1,7±0,1 ^{a,B}	0,9±0,3 ^{b,B}	16,32	0,000
	Bağırsak Fazı	0,3±0,0 ^{a,C}	0,4±0,0 ^{a,B}	0,3±0,0 ^{a,C}	0,3±0,0 ^{a,C}	0,2±0,0 ^{a,B}	2,76	0,095
	F	464,54	40,67	124,44	230,74	116,12		
	p	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000		
Ferulik asit türevi	Sindirim Öncesi	—	—	—	—			
	Mide Fazı	1,6±0,5 ^{a,A}	1,7±0,1 ^{a,A}	1,7±0,0 ^{a,A}	1,5±0,1 ^{a,A}	0,8±0,1 ^{b,A}	9,93	0,002
	Bağırsak Fazı	0,3±0,0 ^{ab,B}	0,3±0,1 ^{a,B}	0,3±0,0 ^{ab,B}	0,3±0,0 ^{ab,B}	0,2±0,0 ^{b,B}	3,01	0,078
	F	14,37	1218,54	3903,05	385,54	102,59		
	p	0,032	0,000	0,000	0,000	0,001		

Tablo 4.12. Glutensiz ekmeklerin *in vitro* sindirim öncesi, mide ve bağırsak fazı sonrası fenolik bileşenleri (µg/g) (devamı)

Fenolik Bileşen Grubu		Kontrol	YMPI Kontrol	%5 KÇT	%10 KÇT	%15 KÇT	F	p
3.Flavonoidler								
Kateşin	Sindirim Öncesi	1,5±0,1 ^{a,C}	1,6±0,2 ^{a,C}	1,7±0,7 ^{a,C}	1,7±0,1 ^{a,C}	2,2±0,1 ^{a,C}	1,15	0,429
	Mide Fazı	8,9±0,7 ^{ab,B}	7,6±0,9 ^{b,B}	12,8±1,5 ^{a,B}	12,4±1,7 ^{a,B}	13,3±1,4 ^{a,B}	7,85	0,007
	Bağırsak Fazı	29,2±0,5 ^{c,A}	34,0±1,7 ^{b,A}	35,3±0,9 ^{ab,A}	35,6±0,6 ^{ab,A}	37,5±0,8 ^{a,A}	29,01	0,000
	F	2025,85	470,43	577,67	581,87	783,82		
	p	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
Kuersetin türevi 1	Sindirim Öncesi	12,7±0,4 ^{a,A}	11,6±0,9 ^{a,A}	11,9±2,4 ^{a,A}	12,3±1,5 ^{a,A}	10,9±1,4 ^{a,A}	0,42	0,791
	Mide Fazı	4,2±0,6 ^{b,B}	6,2±0,9 ^{a,B}	6,8±0,1 ^{a,B}	6,1±0,3 ^{a,B}	5,5±0,6 ^{ab,B}	9,48	0,002
	Bağırsak Fazı	1,4±0,2 ^{c,C}	2,6±0,1 ^{a,C}	2,5±0,1 ^{a,C}	2,3±0,1 ^{ab,C}	2,1±0,0 ^{b,C}	66,17	0,000
	F	404,17	101,26	45,00	117,05	88,69		
	p	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000		
Kuersetin türevi 2	Sindirim Öncesi	5,0±0,2 ^{a,A}	4,8±0,5 ^{a,A}	3,8±1,4 ^{a,A}	4,0±0,4 ^{a,A}	3,2±0,3 ^{a,A}	2,22	0,202
	Mide Fazı	2,4±0,1 ^{ab,B}	2,5±0,2 ^{ab,B}	2,6±0,1 ^{a,AB}	2,3±0,2 ^{b,B}	2,0±0,1 ^{c,B}	14,26	0,000
	Bağırsak Fazı	0,9±0,1 ^{b,C}	1,1±0,0 ^{a,C}	1,0±0,1 ^{a,B}	1,0±0,0 ^{a,C}	0,8±0,1 ^{b,C}	11,52	0,001
	F	698,88	146,04	11,88	150,31	214,58		
	p	0,000	0,000	0,013	0,000	0,000		
Kuersetin türevi 3	Sindirim Öncesi	19,8±0,1 ^{a,A}	16,2±0,9 ^{a,A}	17,8±2,9 ^{a,A}	19,0±3,1 ^{a,A}	16,2±2,6 ^{a,A}	1,03	0,474
	Mide Fazı	9,0±0,1 ^{a,B}	8,2±0,7 ^{ab,B}	8,8±0,2 ^{a,B}	7,5±0,1 ^{b,B}	6,6±0,4 ^{c,B}	23,24	0,000
	Bağırsak Fazı	3,8±0,1 ^{a,C}	3,6±0,1 ^{ab,C}	3,7±0,3 ^{a,C}	3,2±0,1 ^{bc,C}	2,8±0,1 ^{c,C}	17,80	0,000
	F	15300,06	270,23	68,52	77,27	78,65		
	p	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		

Aynı satırdaki farklı küçük harfler farklı ekmek grupları arasındaki anlamlı farklılığı, aynı sütundaki farklı büyük harfler ise her bir fenolik maddenin kendi içinde sindirim öncesi, mide ve bağırsak fazlarındaki anlamlı farklılığını ifade etmektedir (p<0,05).

Kavun çekirdeği ilaveli glutensiz ekmeklerin fenolik bileşen grubuna göre miktarlarının karşılaştırması Tablo 4.13.'te verilmiştir. Glutensiz ekmeklerde rastlanan hidroksibenzoik asit türevlerindeki 3 bileşen, hidroksisinamik asit türevlerindeki 1 bileşen ve flavonoidlerdeki 4 bileşen toplanarak ortalamaları alınmıştır. Tüm ekmekler arasında hidroksibenzoik asit miktarları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmıştır. Hidroksibenzoik asit türevlerinde %5 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin en yüksek miktara sahip olduğu bulunmuştur ($p<0,001$). Ancak tüm ekmeklerin hidroksisinamik asit türevi miktarları benzerdir ($p=0,125$). Flavonoidler açısından tüm ekmekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu saptanmıştır ($p<0,001$). Protein izolatlı kontrol ekmeği ile %5 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin flavonoid miktarları benzerdir ve en yüksek flavonoid miktarı kontrol ekmeğine aittir ($p<0,001$).

Tablo 4.13. Glutensiz ekmeklerin fenolik bileşen grubuna göre miktar karşılaştırması ($\mu\text{g/g}$).

Ekmek Örnekleri	Hidroksibenzoik Asit	Hidroksisinamik Asit	Flavonoidler
Kontrol	258,8 $\pm$ 0,2 ^e	10,6 $\pm$ 0,6 ^a	39,2 $\pm$ 0,3 ^a
YMPI Kontrol	334,6 $\pm$ 0,3 ^d	7,6 $\pm$ 2,0 ^a	34,4 $\pm$ 0,3 ^c
%5 KÇT	445,6 $\pm$ 0,1 ^a	7,3 $\pm$ 1,1 ^a	35,5 $\pm$ 0,4 ^c
%10 KÇT	443,1 $\pm$ 0,1 ^b	7,3 $\pm$ 0,8 ^a	37,2 $\pm$ 0,3 ^b
%15 KÇT	343,9 $\pm$ 0,1 ^c	6,9 $\pm$ 1,1 ^a	32,7 $\pm$ 0,3 ^d
F	37126,9	3,07	125,90
p	0,000	0,125	0,000

Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı ifade etmektedir ($p<0,05$).

5. TARTIŞMA

Çölyak hastalığı, genetik olarak duyarlı bireylerde gluten tüketimiyle tetiklenen en yaygın gıda kaynaklı enteropatidir. Son yıllarda glutensiz gıdalar sadece klinik olarak teşhis edilmiş çölyak hastalarına değil, aynı zamanda glutensiz yaşam tarzını benimseyen tüketicilerin de kullanımına yönelik hale gelmiştir. Bugüne kadar, birçok tahıl bazlı glutensiz gıdanın, gluten içerenlere göre diyet lifi ve belirli mikro besin maddeleri yönünden yetersiz alımına ve doymuş yağ asitlerinin fazla alımına neden olabileceği belirtilmektedir. Bu durum, istenen besinsel iyileştirmeleri elde etmek için besin değerini artırabilecek alternatif içerikler kullanılarak besin değerleri daha uygun olan glutensiz tahıl bazlı gıdaların üretimi gibi yeni fikirlerin geliştirilmesine yol açmıştır (Rocchetti ve ark., 2018).

Bu nedenle çalışmamızda, pirinç ve kinoa unu ile üretilen glutensiz ekmeklere bir gıda atığı olan kavun çekirdeği tozu ilave edilerek ürünlere antioksidan özellikler kazandırılması ve gıda atıklarının azaltılması amaçlanmıştır. Ekmeklerin makro ve mikro besin öğeleri, tekstürel profili, hacmi, pişme kaybı, renk ve duyu özellikleri, TPC ve TFC miktarları, fenolik bileşen profili ve TAA değerleri incelenmiştir. Ayrıca, *in vitro* biyoerişilebilirlikleri değerlendirilmiş ve geri kazanım indeksleri hesaplanmıştır.

5.1. Glutensiz Ekmeklerin Fiziksel Özellikleri

Glutensiz ürünler besinsel değerinin zayıf olmasının yanı sıra fiziksel görünüm açısından da zayıf özelliklere sahiptir. Gluten içeren diğer ürünlerle kıyaslandıklarında daha düşük hacme sahip oldukları bilinmektedir. Bu sebeple, glutensiz ürünlerin besin değerini arttırmanın yanı sıra fiziksel görünümünün de iyileştirilmesi amacıyla zenginleştirme çalışmaları yapılmaktadır (Yağdı ve Gülsünoğlu Konuşkan, 2022).

Zdybel ve ark. (2019)'nın chia atıkları kullanarak glutensiz ekmek ürettikleri bir çalışmada, atık ilavesiyle glutensiz ekmek hacminde artış gözlemlendiği belirtilmiştir. Kavun çekirdeği tozu ile erişte üretilen bir çalışmada, kavun çekirdeğinin su tutma kapasitesi ile doğru orantılı olarak hacimde artış meydana getirdiği bildirilmiştir (Pozan, 2019). Çalışmamızda da glutensiz ekmeklere kavun çekirdeği ilavesinin hacim artışına katkı sağladığını görülmüştür. Kavun çekirdeğinin su tutma kapasitesinin fazla olması ve

protein içeriğinin yüksek olmasının hacim değerlerini olumlu yönde etkilediği düşünülmektedir.

Yapılan bir çalışmada glutensiz ürün formülasyonlarında kullanılan kinoanın besin değerlerinde artış sağlamanın yanı sıra teknolojik özelliklerin iyileşmesine de katkı sağladığı bildirilmektedir (Caperuto vd., 2001). Yapılan çalışmalarda glutensiz ürünlerde pirinç unu kullanımının ekmeğin hacim, elastikiyet ve pişme süresi gibi fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesine katkı sağladığı bildirilmiştir (Marengo vd., 2018; Naqash vd., 2017). Bir başka çalışmada mercimek protein izolatlarının fiziksel özellikleri iyileştirmek için glutensiz ürünlerde kullanılabileceği bildirilmiştir (Jarpa-Parra, 2018). Çalışmamızda da bu özellikler baz alınarak hammaddeler belirlenmiş ve yeşil mercimek protein izolatu ilavesinin hacim değerlerindeki artışa katkı sağladığı görülmüştür.

5.2. Glutensiz Ekmeklerin Makro Besin Ögesi Kompozisyonu

Glutensiz ürünlerin zenginleştirilmesinde gıda atıklarının kullanılması hem ekonomiye hem de çevresel problemlerin azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Son yıllarda meyve sebze atıkları, diyet lif, antioksidan ve mineral açısından zengin olması sebebiyle çeşitli ürünlerin formülasyonlarında kullanılmaya başlanmıştır (Sharoba, 2021). Yapılan bir çalışmada kavun çekirdeğinin %25,0 protein, %2,4 kül, %25,0 yağ, ve %49,1 karbonhidrat içerdiği bildirilmiştir (Yanty ve ark., 2008). Petkova ve Antova (2015)'nın yaptığı bir çalışmada kavun çekirdeğinin %24,4 protein, %24 yağ, %49,7 karbonhidrat içerdiği saptanmıştır. Çalışmamızda kavun çekirdeği %25,45 protein, %3,39 kül ve %51,67 karbonhidrat oranı ile bu çalışmalarla benzerlik gösterirken, %19,49 ile yağ oranı daha düşük bulunmuştur. Glutensiz kraker üretimi yapılan bir çalışmada pirinç ununun kimyasal kompozisyonu incelenmiş ve %7,781 protein, %0,846 kül, %0,681 yağ ve %90,418 karbonhidrat içerdiği bulunmuştur. Aynı çalışmada kinoa ununun %14,574 protein, %4,45 kül, %6,18 yağ, %68,29 karbonhidrat içerdiği saptanmıştır (El-Hadidy vd., 2022). Sarı bezelye unu ve yeşil mercimek ununun besin ögesi kompozisyonu üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada yeşil mercimek ununun protein içeriği %24,47, kül içeriği %2,54, yağ içeriği %0,87 ve karbonhidrat içeriği %48,07 olarak belirlenmiştir (Laing ve ark., 2023). Bu veriler ile çalışmamızda kullanılan pirinç, kinoa ve yeşil mercimek ununun makro besin ögeleri arasında farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklılığın, çalışmalarda kullanılan hammaddelerin makro besin ögesi içeriğinin farklı analizlerle

belirlenmiş olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca, aynı tür gıdaların coğrafi yapı, iklimsel farklılıklar, gıdada bulunduğu kısım, yetiştirme, işleme ve depolama şartları gibi birçok faktörden etkilenmeleri de bu duruma sebep olabilir.

Kavun çekirdeğinin ekmek kalitesini iyileştirme potansiyelinin araştırıldığı bir çalışmada, kavun çekirdeğinin zengin yağ ve protein kaynağı olmasından dolayı ekmek kalitesini olumlu yönde etkilediği bildirilmiştir (Ahmad ve ark., 2019). Bir başka çalışmada kavun çekirdeği tozu ilavesiyle erişte üretimi gerçekleştirilmiş ve kavun çekirdeği tozu ilaveli eriştelerin yağ içeriği %16,47 ve protein içeriği %15,86 iken %40 kavun çekirdeği tozu ilaveli eriştelerin yağ içeriği %19,12 ve protein içeriği %16,71 bulunmuştur. Kavun çekirdeği tozu ilavesi arttıkça yağ ve protein oranlarında artış gözlemlenmiştir (Pozan, 2019). Çalışmamızın sonuçları incelendiğinde, %10 ve %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeklerin yağ oranlarının benzer olduğu, kontrol ekmeklerinden ve %5 kavun çekirdeği ilaveli ekmekten daha fazla yağ oranına sahip olduğu belirlenmiştir ($p=0,001$). Protein oranlarında da benzer şekilde %10 ve %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmekler benzerlik gösterirken, kontrol ekmeklerinden ve %5 kavun çekirdeği ilaveli ekmekten daha yüksek protein oranına sahip olduğu bulunmuştur ($p=0,001$). Yapılan çalışmalarda glutensiz ürünlerin protein, yağ ve mineral açısından yetersiz olduğu bildirilmiştir (Krupa-Kozak vd., 2013; Vici vd., 2016). Çalışmamızın sonuçlarına bakıldığında yağ ve protein açısından zengin olduğu düşünülen kavun çekirdeğinin ekmeklere ilave edilmesi yağ ve protein oranlarını olumlu yönde etkilemiştir. Ertaş ve Aslan (2020)'nın kavun çekirdeği unu kullanarak bisküvi ürettiği bir çalışmada, kavun çekirdeği unu ilavesi arttıkça kül oranının arttığı saptanmıştır. Çalışmamızda %5 kavun çekirdeği ilaveli ekmek en yüksek kül oranına sahipken %10 ve %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin istatistiksel olarak benzer olduğu belirlenmiştir ($p=0,016$). Kavun çekirdeği ilavesinin kül oranındaki artışa katkı sağladığı ve kül oranının artmış olmasının mineral miktarındaki artışı olumlu etkilediği söylenebilir. Glutensiz diyetle beslenmesi gereken bireylerde Ca, K, Mg ve Zn gibi minerallerin eksikliği sıklıkla görülmektedir (Rondanelli ve ark., 2019; Vici ve ark., 2016). Bu eksiklikleri önlemek amacıyla, kavun çekirdeği gibi kül miktarı açısından zengin ürünlerin formülasyonlarda kullanılmasının faydalı olabileceği düşünülmüştür.

5.3. Glutensiz Ekmeklerin Mikro Besin Ögesi İçerikleri

Yapılan bir araştırma yeşil mercimekte 101 mg/100 g K, 15,12 mg/100 g Ca, 26,01 mg/100 g Mg, 0,85 mg/100 g Zn ve 1,11 mg/100 g Fe bulunduğunu ortaya koymuştur (Paucean ve ark., 2018). Kinoa'daki mineral içeriğine bakılan bir çalışmada, 148,7 mg/100 g Ca, 249,6 mg/100 g Mg, 926,7 mg/100 g K ve 4,4 mg/100 g Zn içerdiği belirlenmiştir (Demir ve Kılınç, 2016). Beyaz pirincin 120 mg/100 g K, 30 mg/100 g Ca ve 2,1 mg/100 g Zn içerdiği bildirilmiştir (Saleh ve ark., 2019). Bir başka çalışmada, kavun çekirdeklerinde 1148,75 mg/100 g K, 1062,25 mg/100 g Mg, 506,13 mg/100 g Ca bulunduğu saptanmıştır (Mallek-Ayadi ve ark., 2018). Bu sonuçlara göre, yeşil mercimek, pirinç, kinoa ve kavun çekirdeği için öne çıkan başlıca mineral K iken, bunu Ca ve Mg takip etmektedir. Kavun çekirdeği unu ile bisküvi üretilen bir çalışmada, kavun çekirdeği unu ilave edildikçe Ca, Mg, K ve Zn miktarlarında artış olduğu belirlenmiştir (Ertaş ve Aslan, 2020). Çalışmamızın sonuçları incelendiğinde Ca, Mg, K ve Zn miktarları açısından %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin en yüksek orana sahip olması ($p<0,001$) nedeniyle kavun çekirdeği ilavesinin kullanılacağı yeni besinlerin üretiminde bu dozun dikkate alınmasının yararlı olabileceği düşünülmüştür.

5.4. Glutensiz Ekmeklerin Tekstürel Profili

Karabuğday unu, öğütülmüş üzüm çekirdeği, nar çekirdeği ve keten tohumunun glutensiz ekmek üretiminde kullanıldığı bir çalışmada, üzüm çekirdeği eklenen ekmeklerin sertlik değerinin kontrol ekmeklerine göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Tümer ve Özer, 2018). Yapılan başka bir çalışmada da %20 oranında çerezlik kabak unu eklenmiş ekmeklerin sertlik değerinin kontrol ekmeklerine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca çerezlik kabak unu ilave oranı arttıkça çiğnenebilirlik ve sakızimsılık değerlerinde artış meydana geldiği belirtilmiştir (Tartılmış, 2022). Soya proteini izolatu ve yumurta akı ilave edilen glutensiz ekmeğin fizikokimyasal özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, protein izolatu ilave miktarı arttıkça ekmeğin sertlik derecesinin de arttığı belirlenmiştir (Crockett vd., 2011). Çalışmamızda protein izolatlı kontrol ekmeğinin en yüksek sertlik ve çiğnenebilirlik değerine sahip olduğu, diğer tüm ekmekler ile arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gösterdiği saptanmıştır ($p<0,001$). Ayrıca, sakızimsılık değerleri incelendiğinde, protein izolatlı kontrol ekmeğinin en yüksek değeri gösterdiği belirlenmiştir ($p=0,018$). Bu bulgu, protein

izolatı ilavesinin sertlik, çiğnenebilirlik ve sakızımsılık değerini arttırdığını göstermektedir. Kavun çekirdeği ilavesi ise sertlik, çiğnenebilirlik ve sakızımsılık değerlerini azaltmıştır. Kavun çekirdeği, yüksek lifli yapıya sahip olması ve su tutma kapasitesinin fazla olması sebebiyle ekmeklere yumuşak bir doku kazandırırken çiğnenebilirlik süresini ve sakızımsılığı azaltarak ekmeklere ideal bir yapı kazandırmıştır.

5.5. Glutensiz Ekmeklerin Dış ve İç Kabuk Renk Değerleri

Yapılan bir çalışmada kavun çekirdeği yağı ilavesiyle ekmek üretimi gerçekleştirilmiştir. Ekmeklerin renk analizi sonuçları incelendiğinde kavun çekirdeği yağı ilavesinin rengi sarıya yaklaştırdığı tespit edilmiştir (Ahmad ve ark., 2019). Kavun çekirdeği tozu ilavesiyle erişte üretilen bir başka çalışmada kontrol eriştesi ile kavun çekirdeği tozu ilaveli erişteler karşılaştırıldığında kavun çekirdeği tozu ilavesi eriştelerin parlaklık değerini azaltırken kırmızılık ve sarılık değerlerini artırdığı saptanmıştır (Pozan, 2019). Çalışmamızın dış kabuk renk değerleri incelendiğinde parlaklık değerinin %10 ve %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmekler ile kontrol ekmeğinde benzer olduğu, kırmızılık ve sarılık değerinin kavun çekirdeği ilavesi ile azalış gösterdiği saptanmıştır ($p<0,05$). İç kabuk renk değerlerinde ise kavun çekirdeği ilavesi ile parlaklık değerinde düşüş, kırmızılık değerinde artış olduğu, sarılık değerinde ise %10 ve %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmekleriyle kontrol ekmeğinin benzerlik gösterdiği belirlenmiştir ($p<0,05$). Kavun çekirdeği ilaveli ekmeklerin dış kabuk rengindeki sarılığın azalma sebebinin, fırında pişme esnasında gerçekleşen reaksiyonlardan kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Kinoanın sarılık değerinin kavun çekirdeğinden fazla olması ve formülasyonda kinoanın kavun çekirdeği ilave oranına göre formülasyondan çıkarılıp yerine kavun çekirdeği eklenmesi, yeşil mercimek protein izolatının baskın rengi sebebiyle iç kabuk sarılık değerlerinde beklenen artışın görülmediği düşünülmektedir.

5.6. Glutensiz Ekmeklerin Duyusal Analizi

Ertaş ve Aslan (2020)'ın kavun çekirdeği unu ile bisküvi ürettiği çalışmada, kavun çekirdeği unu ilavesinin görünüş, tat ve genel beğeni puanlarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmazken, %2,5 oranı ile en yüksek ilave oranına sahip bisküvinin en yüksek koku puanına sahip olduğu belirlenmiştir. Bolaji ve ark. (2022)'nın karpuz çekirdeği tozu kullanarak ekmek ürettiği bir başka çalışmada, tat, tekstürel

özellikler ve genel beğeni puanları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmazken, karpuz çekirdeği tozu ilavesinin koku puanlarını olumlu yönde etkilediği belirtilmiştir. Çalışmamızda ekmeklerin dış görünüş, gözenek yapısı, tadı, esnekliği, ağızda dağılması, ağza yapışması ve genel beğeni puanlarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$). Kabuk rengi ve iç renk puanlarında protein izolatlı kontrol ekmeği ve %5, %10 ve %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeklerin benzer olduğu ve kontrol ekmeğinden daha yüksek puana sahip olduğu belirlenmiştir ($p<0,001$). Koku puanlarında ise, %5 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin diğer kavun çekirdeği ilaveli ekmeklerden ve kontrol ekmeklerinden daha yüksek koku puanına sahip olduğu saptanmıştır ($p=0,005$). Sonuçlar ışığında, kavun çekirdeği ilavesi kabuk rengi, iç renk ve koku puanlarına olumlu katkı sağlarken; dış görünüş, gözenek yapısı, tat, esneklik ağızda dağılma, ağza yapışma ve genel beğeni puanlarına herhangi bir katkı sağlamadığı söylenebilir.

5.7. Glutensiz Ekmeklerin *In Vitro* Sindirim Öncesi, Mide ve Bağırsak Fazlarında TPC, TFC Miktarları ve TAA Değerleri

Karabuğday, kinoa veya amarant gibi glutensiz unlara, meyve ve sebze işleme yan ürünlerinin katılmasıyla besin yönünden zenginleştirilmiş ürünler elde edilmektedir. Bu ürünler, enerjinin dışında, fenolik bileşikler de dahil olmak üzere biyoaktif diyet bileşenleri açısından doğal olarak zengin olması nedeniyle gıdanın antioksidan aktivitesini arttırmaktadır (Rocchetti ve ark., 2018).

Yapılan çalışmalarda kavun çekirdeğinin yüksek fenolik içerik ve antioksidan aktiviteye sahip olması nedeniyle fonksiyonel ürün geliştirme alanına büyük katkı sağlayabileceği belirtilmiştir (Bouaziz vd., 2020; Gill vd., 2011). Çalışmamızda da kavun çekirdeği ilaveli ekmeklerin yalnızca pirinç ve kinoa unu kullanılarak yapılan kontrol ekmeği ile kıyaslandığında TPC, TFC miktarlarının ve TAA değerlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür.

Polifenoller, tüketimden sonra yoğun bir şekilde metabolize edilen fitokimyasallardır. Bu nedenle, bu besin maddelerinin potansiyel sağlık yararları değerlendirilirken ürünlerdeki biyoyararlanabilirliklerinin göz önünde bulundurulması gerektiği vurgulanmaktadır. Ayrıca, biyoyararlılığın biyoerişilebilirlik tarafından etkilendiği belirtilmektedir. Biyoerişilebilirlik, kompleks bir gıda matrisinden sindirim

sisteminin lümenine salınan besin maddeleri veya fitokimyasalların vücut tarafından emilime hazır oranı olarak tanımlanmaktadır. Biyoyararlılık ise bir besin maddesinin emilim ve sindiriminden sonra besin öğelerinin gerekli durumlar için vücutta depolanan ve emilen miktarıdır. (Rocchetti ve ark., 2018).

Lafarga ve ark., (2019), sindirime karşı fenolik bileşik direncini ve toplam antioksidan kapasitesini incelemek amacıyla brokoli atıklarından elde edilen unlarla zenginleştirilmiş ekmeğin *in vitro* biyoerişilebilirliğini araştırmıştır. Mide sindiriminden sonra ekmeklerin TPC ve antioksidan aktivitesinde artış gözlemlenmiştir. Colantuono ve ark., (2018) üç farklı konsantrasyonda (%3, %6 ve %9) enginar sapı tozu ile zenginleştirilmiş ekmeklerdeki polifenollerin biyoyararlılığı incelendiğinde; zenginleştirilmiş ekmekten salınan polifenol ve antioksidan seviyesinin, formülasyonda kullanılan enginar sapı tozu konsantrasyonu ile ilişkili olduğunu bulmuşlardır. Ek olarak bağırsak fazında en çok salınımın olduğu belirlenmiştir. Yapılan çalışmalarda, glutensiz ürünlerin sindirim öncesine göre mide fazında TPC, TFC miktarlarının ve TAA değerlerinin artış gösterdiği ve bağırsak fazında da bu artışın devam ettiği belirlenmiştir. Bu durum midenin asidik pH'ı ile birlikte mide enzimlerinin ürünlerin sindirilmesine ve bağlı fenolik ve antioksidan bileşiklerin salınması için uygun ortamın oluşturulmuş olmasına bağlanmıştır. Bununla birlikte bağırsak fazında devam eden artış da pankreatin ve safranin nötr pH'ta gösterdiği etki ile fenolik ve antioksidan bileşiklerin salınmasının kolaylaşmasıyla açıklanmıştır (Blanco Canalis ve ark., 2020; Lucini Mas ve ark., 2022). Çalışmamızda önceki çalışmalara benzer şekilde kavun çekirdeği ilaveli glutensiz ekmeklerin sindirim öncesinden bağırsak fazına doğru TPC ve TFC biyoerişilebilirlik miktarlarında artış meydana gelmiş ve en yüksek miktarlar bağırsak fazında gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar ışığında, elde ettiğimiz ürünlerin biyoerişilebilirliğindeki artışın, biyoyararlılık üzerinde de olumlu etki yaratacağı düşünülmüştür.

5.8. Glutensiz Ekmeklerin *In Vitro* Sindirim Öncesi, Mide ve Bağırsak Fazı Sonrası Fenolik Bileşenleri

Hidroksibenzoik asit türevlerinin en çok bilinenleri; salisilik asit, *p*-hidroksibenzoik asit, protokateşüik asit, şiringik asit ve gallik asittir (Kolaç ve ark., 2017). Çalışmamızdaki ekmeklerde bu türevlerden *p*-hidroksibenzoik asit, protokateşüik asit, şiringik asit ve gallik asite rastlanmıştır. Protokateşüik asit, şiringik asit ve gallik asidin

antikanser ve antioksidan etkisi üzerine çeşitli hayvan çalışmaları ve deneysel çalışmalar yapılmıştır (Bayram ve Öztürkcan, 2022; Tanaka ve ark., 2011). Antioksidan özelliği serbest radikallerin oluşumunu engelleme yeteneği ile; antikanser özelliği ise demiri indirgeme gücü ve tümör hücrelerinin çoğalmasını sağlayan enzimleri baskılama kapasitesi ile açıklanmaktadır (Gümüštepe ve ark., 2022).

Hidroksisinamik asitler arasında, kafeik asit, sinapik asit, ferulik asit ve *p*-kumarik asit ön plana çıkmaktadır (Kolaç ve ark., 2017). Çalışmamızda üretilen ekmeklerde hidroksisinamik asit türevlerinden ferulik asit ve *p*-kumarik asit bulunmuştur. Ferulik asit ve *p*-kumarik asit antioksidan, antidiyabetik ve antiülser etkileriyle insan sağlığının geliştirilmesine katkı sağlamaktadır (Oruç, 2014). Bu bileşenler serbest radikal oluşumunu inhibe etme özelliği ile antioksidan ve karbonhidrat parçalayan enzimlerin çalışmasını inhibe ederek kana geçen glikoz miktarını azaltarak kan şekerini regüle etme özelliği ile antidiyabetik etki göstermektedir.

Flavonoidler en fazla oranda meyve ve sebzelerde bulunmaktadır. Kateşin, epigallokateşin, epikateşin, kuersetin ve siyanidin flavonoidlerin öne çıkan türevlerindendir (Atınç ve Kalkan, 2018). Çalışmamızdaki ekmeklerde kateşin ve kuersetin türevlerine rastlanmıştır. Kateşinler ve kuersetin türevleri antidiyabetik, antioksidan, antiinflamatuvar ve antibakteriyel özellikleri ile öne çıkmaktadır (Gümüštepe ve ark., 2022). Bu bileşenler karbonhidratların parçalanmasını sağlayan; alfa amilaz ve ince bağırsaktaki sindirim enzimlerinin aktivitelerini durdurarak veya yavaşlatarak kana geçen monosakkarit miktarını azaltmaktadır. Antioksidan ve antiinflamatuvar aktiviteleri ise kimyasal yapılarına bağlanmaktadır. Yüksek reaktif radikallere bir hidrojen atomu vermeleri sonucunda serbest radikal oluşumunu ve oksidatif stresi engellemesi ile antioksidan ve anti-inflamatuvar özellik gösterdikleri bildirilmiştir. Antimikrobiyal özellikleri ise bakteriyel toksinlerin nötralizasyonunu baskılama ve mikrobiyal enzimleri inhibe etme yetenekleri ile açıklanmaktadır (Gümüštepe ve ark., 2022). Fenolik bileşenler antioksidan, antidiyabetik, antikanser ve antimikrobiyal özellikler başta olmak üzere insan sağlığına faydalı birçok özelliğe sahiptir. Çalışmamızda üretilen kavun çekirdeği ilaveli glutensiz ekmeklerin, içerdikleri fenolik bileşenler sayesinde sağlığın korunmasına katkı sağlayacağı düşünülmüştür.

Gıdaların yapısındaki bağlı formdaki fenolik bileşenler insan vücudunda bir dizi yol izlemektedir. İlk adımda tükürük enzimleri ile etkileşimden değişmeden çıkan bağlı

formdaki fenolikler midedeki asidik koşullar ve sindirim enzimlerinin etkisi ile serbest hale gelmeye başlar. Bağırsakta ise Faz I (oksidasyon, redüksiyon, hidroliz) ve Faz II (-OH, -COOH, -NH₂) reaksiyonları ile enzimatik hidrolize uğramaya devam eder (Karabulut ve Yemiş, 2019). Çalışmamızda sindirim öncesinde rastlanmayan, mide ve bağırsak fazında ortaya çıkan fenolik bileşenlerin varlığı bu şekilde açıklanabilir. Faz I ve Faz II reaksiyonlarına bağlı olarak sindirim enzimleri ve pH etkisi ile fenolik bileşenler birbirlerine ve/veya başka bileşenlere dönüşebilmektedir. Bu durum, mide ve bağırsak fazındaki biyoerişilebilirliğin artması veya azalması ile sonuçlanmaktadır (Gulsunoglu-Konuskan ve Kilic-Akyilmaz, 2022). Çalışmamızda protokateşüik asit ve kateşinin biyoerişilebilirliklerinin arttığı, diğer fenolik bileşenlerin ise biyoerişilebilirliklerinin azaldığı belirlenmiştir. Bu durumun fenolik bileşenlerde meydana gelen reaksiyonlar sonucunda, birbirlerine ve/veya başka bileşenlere dönüşmeleri sonucunda ortaya çıktığı varsayılmıştır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında pirinç ve kinoa unu %10 oranında proteinden zengin yeşil mercimek protein izolatı, %5, %10 ve %15 oranlarında kavun çekirdeği ilavesi ile glutensiz ekmekler üretilmiştir. Çalışma sonucunda çölyak hastaları ve glutensiz gıda tercihinde bulunan tüketiciler için yüksek protein, antioksidan ve mineral içeriğine sahip glutensiz ekmek üretimi gerçekleştirme hedefine ulaşılmış, elde edilen bulgular aşağıda belirtilmiştir.

- Glutensiz ekmeklerde pişme kaybı olmamış, hacimleri artmıştır.
- Nem değerlerinde kontrol ekmekleri ile %5 ve %10 kavun çekirdeği ilaveli ekmekler benzer iken, %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmek ile aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmıştır. %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmek en yüksek nem değerine sahiptir ($p<0,001$).
- Protein izolatlı kontrol ekmeği ile %10 ve %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeklerin kül değerlerinin benzer olduğu, kontrol ekmeği ve %5 kavun çekirdeği ilaveli ekmek ile aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu bulunmuştur. En yüksek kül değeri %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğe aittir ($p=0,016$).
- Yağ ve protein miktarları %10 ve %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeklerde benzerdir ve bu ekmeklerin yağ ve protein miktarlarının %5 kavun çekirdeği ilaveli ekmek ve kontrol ekmeklerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir (sırasıyla $p=0,001$, ($p<0,001$)).
- Tüm ekmeklerin karbonhidrat miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuş, en yüksek karbonhidrat miktarının kontrol ekmeğinde olduğu belirlenmiştir ($p=0,002$).
- Ca miktarları açısından kontrol ekmekleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmazken, %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeklerin Ca miktarı kontrol ekmekleri ile %5 ve %10 kavun çekirdeği ilaveli ekmeklerden yüksek bulunmuştur ($p<0,001$).
- Mg miktarlarında kontrol ekmeği ile protein izolatlı kontrol ekmeğinin; ayrıca, %5, %10 ve %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeklerin birbirleri ile benzerlik

gösterdiği, %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin kontrol ekmeklerinden daha yüksek miktara sahip olduğu tespit edilmiştir ($p<0,001$).

- K ve Zn miktarlarında protein izolatlı kontrol ekmeği ile %5 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin benzerlik gösterdiği, %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin K miktarının kontrol ekmekleri ile %5 ve %10 kavun çekirdeği ilaveli ekmeklerden ($p<0,001$), %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğin Zn miktarının ise kontrol ekmekleri ve %5 kavun çekirdeği ilaveli ekmeğe kıyasla daha yüksek miktara sahip olduğu görülmüştür ($p<0,001$).
- Tekstür analizi sonuçları incelendiğinde, protein izolatlı ekmeğin sertlik, çiğnenebilirlik ve sakızimsılık değerlerinde artış meydana getirdiği tespit edilmiştir. Kavun çekirdeği ilavesi ise glutensiz ekmeklerin sertlik, çiğnenebilirlik ve sakızimsılık değerlerini azaltırken, yapışkanlık ve esneklik değerlerine katkı sağlamamıştır.
- Glutensiz ekmeklerin dış kabuk parlaklık değerinin kavun çekirdeği ilavesi ile değişim göstermediği, kırmızılık ve sarılık değerinin ise azalış gösterdiği saptanmıştır. Kavun çekirdeği ilavesi ile glutensiz ekmeklerin iç kabuk parlaklık değerinde düşüş, kırmızılık değerinde artış olduğu, sarılık değerinde ise %10 ve %15 kavun çekirdeği ilaveli ekmekler ile kontrol ekmeğinin benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.
- Panelistler tarafından yapılan duyusal analiz puanlamasında kavun çekirdeği ilavesi glutensiz ekmeklerin dış görünüş, gözenek yapısı, tat, esneklik, ağızda dağılma, ağza yapışma ve genel beğeni puanlarında değişiklik meydana getirmemiş, kabuk rengi, iç renk ve koku puanlarına olumlu katkı sağlamıştır.
- Her bir ekmek çeşidinin *in vitro* sindirim öncesi, mide ve bağırsak fazı sonrası TPC ve TFC miktarlarında, bağırsak fazına doğru bir artış olduğu ve en yüksek miktarların bağırsak fazında olması nedeniyle biyoerişilebilirliklerinin de yüksek olduğu varsayılmıştır.
- Tüm ekmek grupları için hesaplanan geri kazanım değerlerine göre, bağırsak fazı sonrası TPC ve TFC miktarlarının geri kazanımı mide fazı sonrasından daha yüksek bulunmuştur.

- *In vitro* sindirim öncesi, mide ve bağırsak fazında en yüksek TAA değerinin %10 kavun çekirdeği tozu ilave edilmiş ekmekte olduğu tespit edilmiştir ($p<0,001$).
- Kavun çekirdeği ilaveli glutensiz ekmeklerin HPLC analizi ile hidroksibenzoik asit türevlerinden 9 (*p*-hidroksibenzoik asit, benzoik asit türevi, benzoik asit türevi 2, protokateşüik asit, şiringik asit, şiringik asit türevi 1, vanilik asit, vanilik asit türevi), hidroksisinamik asit türevlerinden 3 (*p*-kumarik asit, ferulik asit, ferulik asit türevi) ve flavonoidlerden 4 (kateşin, kuersetin türevi 1, kuersetin türevi 2, kuersetin türevi 3) olmak üzere 16 fenolik bileşen bulunmuştur.
- Hidroksibenzoik asit türevlerinden *p*-hidroksibenzoik asit, benzoik asit türevi, benzoik asit türevi 2, gallik asit, vanilik asit ve vanilik asit türevinin bağırsak fazına doğru biyoerişilebilirlikleri azalırken, protokateşüik asidin bağırsak fazına doğru biyoerişilebilirliğinin arttığı tespit edilmiştir.
- Hidroksisinamik asit türevlerinin tamamının (*p*-kumarik asit, ferulik asit, ferulik asit türevi) bağırsak fazına doğru biyoerişilebilirliklerinin azaldığı saptanmıştır.
- Flavonoidlerden kuersetin türevlerinin bağırsak fazına doğru biyoerişilebilirliklerinin azaldığı, kateşinin bağırsak fazına doğru biyoerişilebilirliğinin ise arttığı görülmüştür.

Literatürde kavun çekirdeği ile zenginleştirilmiş glutensiz ürünler konusunda yapılan çalışmalar oldukça kısıtlıdır. Bir gıda atığı olan kavun çekirdeği ile elde edilen ekmeklere ilişkin sonuçlarımız doğrultusunda; ekmekler makro ve mikro besin öğeleri açısından zengin olması nedeniyle diğer glutensiz ekmeklere alternatif oluşturmuş ve gıda atıklarının önlenmesine destek sağlamıştır. Bu ekmekler, çölyak ve diğer otoimmün hastalıkların beslenme tedavisinde kullanılabilir ve glutensiz beslenme modelini benimseyen tüketicilerin gereksinmelerini karşılayabilir. Ayrıca ekmeklerin zengin bir protein kaynağı olması dikkate alınarak, özellikle çocuklarda protein gereksinmesinin sağlanamadığı durumlarda daha ekonomik bir besin olarak kullanılabilir. Sağlığın korunmasında, oksidatif strese bağlı olarak gelişen hastalıkların tedavisinde de birçok olumlu etkisi bulunan fenolik bileşenler, TPC, TFC miktarları ve TAA değerleri yüksek olan bu ekmekler ile deneysel ve epidemiyolojik çalışmaların yapılması için diğer bilim

dalları ile iletişime geçilmelidir. Ekonomik açıdan ulaşılabilir kavun çekirdeği ilaveli ekmek ve diğer tahıl ürünlerinin üretilmesi konusunda da gıda endüstrisindeki üreticiler ile girişimlerde bulunulmalıdır.

6.1. Çalışmanın Sınırlılıkları

Çalışmamızda pirinç, kinoa ve kavun çekirdeği öğütülerek un haline getirilmiş ve tek bir partikül boyutunda analizler gerçekleştirilmiştir. Ancak partikül boyutunu optimize etmek için herhangi bir ön araştırma yapılmamış olması araştırmanın sınırlılığıdır.



7. KAYNAKLAR

- Ahmad, Z., Rafay, M., Shaheen, M. R., Javed, M. S., Tarar, O. M., Tariq, M. R., Nasir, M. A. (2019). A comparative study on extraction and characterization of melon (*Cucumis melo*) seed oil and its application in baking. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 29(3), 848–853.
- Aiking, H. (2011). Future protein supply. *Trends in Food Science and Technology*, 22(2–3), 112–120.
- Al-Toma, A., Volta, U., Auricchio, R., Castillejo, G., Sanders, D. S., Cellier, C., Mulder, C. J., Lundin, K. E. A. (2019). European Society for the Study of Coeliac Disease (ESsCD) guideline for coeliac disease and other gluten-related disorders. *United European Gastroenterology Journal*, 7(5), 583–613.
- Alasalvar, C., Karamać, M., Amarowicz, R., & Shahidi, F. (2006). Antioxidant and antiradical activities in extracts of hazelnut kernel (*Corylus avellana* L.) and hazelnut green leafy cover. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(13), 4826–4832.
- Amarowicz, R., Estrella, I., Hernández, T., Robredo, S., Troszyńska, A., Kosińska, A., Pegg, R. B. (2010). Free radical-scavenging capacity, antioxidant activity, and phenolic composition of green lentil (*Lens culinaris*). *Food Chemistry*, 121(3), 705–711.
- AOAC. (2000). *Official methods of analysis of the association of analytical chemists*. Arlington, Virginia, USA. (17th ed).
- Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M., Karademir, S. E. (2004). Novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols and vitamins C and E, using their cupric ion reducing capability in the presence of neocuproine: CUPRAC method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(26), 7970–7981.
- Atınç, M. ve Kalkan, İ. (2018). Flavonoidler ve Sağlık Üzerine Etkileri. *Aydın Gastronomy*, 2(1), 31–38.
- Azhari, S., Xu, Y., Jiang, Q., Aceites, W. X. (2014). Physicochemical properties and chemical composition of Seinat (*Cucumis melo* var. tibish) seed oil and its antioxidant activity, *Grasas y Aceites*, 65(1).
- Aziz, I., Branchi, F., Sanders, D. S. (2015). The rise and fall of gluten! *Proceedings of the Nutrition Society*, 74(3), 221–226.
- Azizi, S., Azizi, M. H., Moogouei, R., Rajaei, P. (2020). The effect of quinoa flour and enzymes on the quality of gluten-free bread. *Food Science and Nutrition*, 8(5), 2373–2382.
- Bascuñán, K. A., Vespa, M. C., Araya, M. (2017). Celiac disease: understanding the gluten-free diet. *European Journal of Nutrition*, 56(2), 449–459.
- Bayram, H. M. ve Öztürkcan, A. (2022). Bioactive components of berry fruits and their effects on human health. *Akademik Gıda*, 20(4), 442–453.

- Behrendt, I., Fasshauer, M., Eichner, G. (2021). Gluten intake and metabolic health: conflicting findings from the UK Biobank. *European Journal of Nutrition*, 60(3), 1547–1559.
- Ben-Othman, S., Jõudu, I., Bhat, R. (2020). Bioactives from agri-food wastes: Present insights and future challenges. *Molecules*, 25(3), 510.
- Bian, X., Xing, T. L., Yang, Y., Fan, J., Ma, C. M., Liu, X. F., ..., Zhang, N. (2022). Effect of soy protein isolate on physical properties of quinoa dough and gluten-free bread quality characteristics. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 103, 118–124.
- Biesiekierski, J. R. (2017). What is gluten? *Journal of Gastroenterology and Hepatology (Australia)*, 32, 78–81.
- Bino, R. J., De Vos, C. H. R., Lieberman, M., Hall, R. D., Bovy, A., Jonker, H. H., ..., Levin, I. (2005). The light-hyperresponsive high pigment-2dg mutation of tomato: Alterations in the fruit metabolome. *New Phytologist*, 166(2), 427–438.
- Black, J. L. ve Orfila, C. (2011). Impact of coeliac disease on dietary habits and quality of life. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 24(6), 582–587.
- Blanco Canalis, M. S., Baroni, M. V., León, A. E., Ribotta, P. D. (2020). Effect of peach puree incorporation on cookie quality and on simulated digestion of polyphenols and antioxidant properties. *Food Chemistry*, 333, 127464.
- Bolaji, O. T., Ayofemi, S., Adeyeye, O. (2022). Quality evaluation of bread produced from whole wheat flour blended with watermelon seed flour quality evaluation of bread produced from whole wheat flour blended with watermelon seed flour. *Journal of Culinary Science & Technology*, 1–24.
- Bouaziz, A., Djidel, S., Bentehar, A., Khennouf, S. (2020). Polyphenolic content, antioxidant and anti-inflammatory activities of melon. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 10(2-s), 22–26.
- Boye, J. I., Aksay, S., Roufik, S., Ribéreau, S., Mondor, M., Farnworth, E., Rajamohamed, S. H. (2010). Comparison of the functional properties of pea, chickpea and lentil protein concentrates processed using ultrafiltration and isoelectric precipitation techniques. *Food Research International*, 43(2), 537–546.
- Brier, N. De, Gomand, S. V., Celus, I., Courtin, C. M., Brijs, K., Delcour, J. A., (2015). Extractability and Chromatographic Characterization of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Bran Protein. *Journal of Food Science*, 80(5), 967–974.
- Büyükbeşe, D., Emre, E. E., Kaya, A. (2020). Farklı oranlarda gam, protein ve emülgatör kullanımı ve jelatinizasyonun pirinç makarnası kalitesine etkisi. *Akademik Gıda*, 18(1), 45–63.
- Camarca, A., Anderson, R. P., Mamone, G., Fierro, O., Facchiano, A., Costantini, S., ..., Gianfrani, C. (2009). Intestinal T cell responses to gluten peptides are largely heterogeneous: Implications for a peptide-based therapy in celiac disease. *The Journal of Immunology*, 182(7), 4158–4166.

- Capanoglu, E., Beekwilder, J., Boyacioglu, D., Hall, R., De Vos, R. (2008). Changes in antioxidant and metabolite profiles during production of tomato paste. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(3), 964–973.
- Caperuto, L. C., Amaya-Farfan, J., Camargo, C. R. O. (2001). Performance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) flour in the manufacture of gluten-free spaghetti. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(1), 95–101.
- Capriles, V. D., ve Arêas, J. A. G. (2014). Novel approaches in gluten-free breadmaking: Interface between food science, nutrition, and health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(5), 871–890.
- Caruso, R., Pallone, F., Stasi, E., Romeo, S., Monteleone, G. (2013). Appropriate nutrient supplementation in celiac disease. *Annals of Medicine*, 45(8), 522–531.
- Catassi, C., Elli, L., Bonaz, B., Bouma, G., Carroccio, A., Castillejo, G., ..., Fasano, A. (2015). Diagnosis of non-celiac gluten sensitivity (NCGS): The salerno experts' criteria. *Nutrients*, 7(6), 4966–4977.
- Chamorro, S., Viveros, A., Alvarez, I., Vega, E., Brenes, A. (2012). Changes in polyphenol and polysaccharide content of grape seed extract and grape pomace after enzymatic treatment. *Food Chemistry*, 133(2), 308–314.
- Christensen, M., Eller, E., Mortz, C. (2019). Wheat-dependent cofactor-augmented anaphylaxis: a prospective study of exercise, aspirin, and alcohol efficacy as cofactors. *Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice*, 7(1), 114–121.
- Colantuono, A., Ferracane, R., Vitaglione, P. (2018). Potential bioaccessibility and functionality of polyphenols and cynaropicrin from breads enriched with artichoke stem. *Food Chemistry*, 245, 838–844.
- Constantin, C., Huber, W. D., Granditsch, G., Weghofer, M., Valenta, R. (2005). Different profiles of wheat antigens are recognised by patients suffering from coeliac disease and IgE-mediated food allergy. *International Archives Of Allergy And Immunology*, 138(3), 257–266.
- Crockett, R., Ie, P., Vodovotz, Y. (2011). Effects of soy protein isolate and egg white solids on the physicochemical properties of gluten-free bread. *Food Chemistry*, 129(1), 84–91.
- Culetu, A., Elena Susman, I., Eglantina Duta, D., Belc, N., Codină, G. (2021). Nutritional and functional properties of gluten-free flours. *Applied Sciences*, 11, 6283.
- Day, L. (2013). Proteins from land plants - Potential resources for human nutrition and food security. *Trends in Food Science and Technology*, 32(1), 25–42.
- De La Hera, E., Rosell, C. M., Gomez, M. (2014). Effect of water content and flour particle size on gluten-free bread quality and digestibility. *Food Chemistry*, 151, 526–531.
- Demir, M. K. (2016). Quinoa: Nutritional and anti-nutritional characteristics. *Journal of Food and Health Science*, 2(3), 104–111.

- Deora, N. S., Deswal, A., Mishra, H. N. (2015). Functionality of alternative protein in gluten-free product development. *Food Science and Technology International*, 21(5), 364–379.
- Deora, V., Aylward, N., Sokoro, A., El-Matary, W. (2017). Serum vitamins and minerals at diagnosis and follow-up in children with celiac disease. *Journal Of Pediatric Gastroenterology And Nutrition*, 65(2), 185-189.
- Dudonné, S., Vitrac, X., Coutière, P., Woillez, M., Mérillon, J. M. (2009). Comparative study of antioxidant properties and total phenolic content of 30 plant extracts of industrial interest using DPPH, ABTS, FRAP, SOD, and ORAC assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(5), 1768–1774.
- El-Hadidy, G. S., Shaban, H. H., Mospah, W. M. (2022). Gluten-free crackers preparation. *European Journal of Nutrition & Food Safety*, 14(7), 24–34.
- El-Chammas, K. ve Danner, E. (2011). Gluten-free diet in nonceliac disease. *Nutrition in Clinical Practice*, 26(3), 294–299.
- El Khoury, D., Balfour-Ducharme, S., Joye, I. J. (2018). A review on the gluten-free diet: Technological and nutritional challenges. *Nutrients*, 10(10), 1410.
- Ertaş, N. ve Aslan, M. (2020). A study on the potential of using melon wastes in biscuit production. *KSÜ Tarım ve Doğa*, 3(5), 1216–1224.
- Farooq, Z. ve Boye, J. I. (2011). Novel food and industrial applications of pulse flours and fractions. *Pulse foods: Processing, Quality and Nutraceutical Applications*, 283–323.
- Farzana, W., & Khalil, I. A. (1999). Protein quality of tropical food legumes. *Journal of Science and Technology*, 23, 13–19.
- Fasano, A. ve Catassi, C. (2012). Celiac Disease. *New England Journal of Medicine*, 367(25), 2419–2426.
- Fathi, F., Ektefa, F., Tafazzoli, M., Rostami, K., Nejad, M. R., Fathi, M., ..., Zali, M. R. (2013). The concentration of serum zinc in celiac patients compared to healthy subjects in Tehran. *Gastroenterology and Hepatology From Bed to Bench*, 6(2), 92–95.
- Gallagher, E., Gormley, T. R., & Arendt, E. K. (2003). Crust and crumb characteristics of gluten free breads. *Journal of Food Engineering*, 56(2–3), 153–161. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00244-3](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00244-3)
- Gallagher, E., Gormley, T. R., Arendt, E. K. (2003). Crust and crumb characteristics of gluten free breads. *Journal of Food Engineering*, 56(2–3), 153–161.
- Gallegos, C. ve Merkel, R. (2019). Current evidence in the diagnosis and treatment of children with celiac disease. *Gastroenterology Nursing*, 42(1), 41–48.
- Gallo, V., Romano, A., Miralles, B., Ferranti, P., Masi, P., Santos-Hernández, M., Recio, I. (2022). Physicochemical properties, structure and digestibility in simulated gastrointestinal environment of bread added with green lentil flour. *Food Science and Technology*, 154, 112713.

- Gill, N. S., Bajwa, J., Dhiman, K., Sharma, P., Sood, S., Sharma, P. D., ..., Bali, M. (2011). Evaluation of therapeutic potential of traditionally consumed Cucumis melo seeds. *Asian Journal of Plant Sciences*, 10(1), 86–91.
- Green, P. H. R., Lebowhl, B., Greywoode, R. (2015). Celiac disease. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 135(5), 1099–1106.
- Gularte, M. A., Gómez, M., Rosell, C. M. (2012). Impact of Legume Flours on Quality and In Vitro Digestibility of Starch and Protein from Gluten-Free Cakes. *Food and Bioprocess Technology*, 5(8), 3142–3150.
- Gulsunoglu-Konuskan, Z., & Kilic-Akyilmaz, M. (2022). Microbial bioconversion of phenolic compounds in agro-industrial wastes: A review of mechanisms and effective factors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 70(23), 6901–6910.
- Gültekin, F., Akın, S., Elgün, A. (2019). Ekmek Hakkında Güncel Bir Değerlendirme : Sağlık Etkileri , Gıda Katkı Maddeleri ve Helallik Sorunu. *Journal of Halal Life Style*, 1(1), 1–17.
- Gümüştepe, L., Aydın, E., Özkan, G. (2022). Avokadonun biyoaktif bileşenleri ve sağlık üzerine etkileri. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 10(1), 341–359.
- Hill, I. D., Dirks, M. H., Liptak, G. S., Colletti, R. B., Fasano, A., Guandalini, ..., S., Seidman, E. G. (2005). Guideline for the diagnosis and treatment of celiac disease in children: Recommendations of the North American Society for Pediatric Gastroenterology, Hepatology and Nutrition. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 40(1), 1–19.
- Hollon, J., Puppa, E. L., Greenwald, B., Goldberg, E., Guerrerio, A., Fasano, A. (2015). Effect of gliadin on permeability of intestinal biopsy explants from celiac disease patients and patients with Non-Celiac gluten sensitivity. *Nutrients*, 7(3), 1565–1576.
- Horstmann, S. W. (2018). Fundamental research on gluten-free bread. (PhD Thesis). University College Cork.
- Iqbal, A., Khalil, I. A., Ateeq, N., Sayyar Khan, M. (2006). Nutritional quality of important food legumes. *Food Chemistry*, 97(2), 331–335.
- Jacob, A., Etong, D., & Tijjani, A. (2015). Proximate, mineral and anti-nutritional compositions of melon (*Citrullus lanatus*) seeds. *British Journal of Research*, 2(5), 142–151.
- Jarpa-Parra, M. (2018). Lentil protein: a review of functional properties and food application. An overview of lentil protein functionality. *International Journal of Food Science and Technology*, 53(4), 892–903.
- Jericho, H., Sansotta, N., & Guandalini, S. (2017). Extraintestinal Manifestations of Celiac Disease: Effectiveness of the Gluten-Free Diet. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 65(1), 75–79.
- Jones, V. A., Shorthouse, M., McLaughlan, P., Workman, E., Hunter, J. O. (1982). Food intolerance: a major factor in the pathogenesis of irritable bowel syndrome. *The Lancet*, 320(8308), 1115–1117.

- Karabulut, G. ve Yemiş, O. (2019). Bound forms of phenolic compounds and their bioavailability. *Akademik Gıda*, 17(4), 526–537.
- Kavak, U. S., Yüce, A., Koçak, N., Demir, H., Saltik, I. N., Gürakan, F., Özen, H. (2003). Bone mineral density in children with untreated and treated celiac disease. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 37(4), 434–436.
- Köksal, G. ve Gökmen Özel, H. (2017). *Çocuk Hastalıklarında Beslenme Tedavisi*. Ankara. Hatipoğlu Yayınevi.
- Kolaç, T., Gürbüz, P., Yetiş, G. (2017). Doğal ürünlerin fenolik içeriği ve antioksidan özellikleri. *İ.Ü. Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 5(1), 26–42.
- Komeroski, M. R., Homem, R. V., Schmidt, H. D. O., Rockett, F. C., de Lira, L., da Farias, D. V., ..., de Oliveira, V. R. (2021). Effect of whey protein and mixed flours on the quality parameters of gluten-free breads. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 24, 100361.
- Krupa-Kozak, U., Bączek, N., Rosell, C. M. (2013). Application of dairy proteins as technological and nutritional improvers of calcium-supplemented gluten-free bread. *Nutrients*, 5(11), 4503–4520.
- Kucek, L. K., Veenstra, L. D., Amnuaycheewa, P., & Sorrells, M. E. (2015). A grounded guide to gluten: how modern genotypes and processing impact wheat sensitivity. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14(3), 285–302.
- Kumar, R. K., Bejkar, M., ... S. D.-F. S. and, & 2019, undefined. (2019). Flax and wattle seed powders enhance volume and softness of gluten-free bread. *Food Science and Technology International*, 25(1), 66–75.
- Lafarga, T., Gallagher, E., Bademunt, A., Viñas, I., Bobo, G., Villaró, S., Aguiló-Aguayo, I. (2019). Bioaccessibility, physicochemical, sensorial, and nutritional characteristics of bread containing broccoli co-products. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(2), e13861.
- Laing, E., Stone, A. K., Shi, D., Pickard, M., House, J. D., Wang, N., Nickerson, M. T. (2023). Effect of infrared heating on the nutritional properties of yellow pea and green lentil flours. *Cereal Chemistry*, 614–627.
- Laur, L. M. ve Tian, L. (2011). Provitamin A and vitamin C contents in selected California-grown cantaloupe and honeydew melons and imported melons. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(2), 194–201.
- Lee, H. C., Htoon, A. K., Paterson, J. L. (2007). Alkaline extraction of starch from Australian lentil cultivars Matilda and Digger optimised for starch yield and starch and protein quality. *Food Chemistry*, 102(3), 551–559.
- Lee, H. W., Lu, Y., Zhang, Y., Fu, C., Huang, D. (2021). Physicochemical and functional properties of red lentil protein isolates from three origins at different pH. *Food Chemistry*, 358, 129749.
- Leonard, M. M., Sapone, A., Catassi, C., Fasano, A. (2017). Celiac disease and nonceliac gluten sensitivity: A review. *Journal of the American Medical Association*, 318(7), 647–656.

- Lester, G. E. (2008). Antioxidant, sugar, mineral, and phytonutrient concentrations across edible fruit tissues of orange-fleshed honeydew melon (*Cucumis melo* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(10), 3694–3698.
- Lionetti, E., Castellaneta, S., Francavilla, R., Pulvirenti, A., Tonutti, E., Amarri, S., ..., Catassi, C. (2014). Introduction of gluten, HLA status, and the risk of celiac disease in children. *New England Journal of Medicine*, 371(14), 1295–1303.
- Lo, B., Kasapis, S., Farahnaky, A. (2021). Lupin protein: Isolation and techno-functional properties, a review. *Food Hydrocolloids*, 112, 106318.
- Lucini Mas, A., Brigante, F. I., Salvucci, E., Ribotta, P., Martinez, M. L., Wunderlin, D. A., Baroni, M. V. (2022). Novel cookie formulation with defatted sesame flour: Evaluation of its technological and sensory properties. Changes in phenolic profile, antioxidant activity, and gut microbiota after simulated gastrointestinal digestion. *Food Chemistry*, 389, 133122.
- Mahmoud, R. M., Yousif, E. I., Gadallah, M. G. E., Alawneh, A. R. (2013). Formulations and quality characterization of gluten-free Egyptian balady flat bread. *Annals of Agricultural Sciences*, 58(1), 19–25.
- Mallek-Ayadi, S., Bahloul, N., Kechaou, N. (2018). Chemical composition and bioactive compounds of *Cucumis melo* L. seeds: Potential source for new trends of plant oils. *Process Safety and Environmental Protection*, 113, 68–77.
- Marcason, W. (2011). Is there evidence to support the claim that a gluten-free diet should be used for weight loss? *Journal of the American Dietetic Association*, 111(11), 1786.
- Marcoa, C. ve Rosell, C. M. (2008). Effect of different protein isolates and transglutaminase on rice flour properties. *Journal of Food Engineering*, 84(1), 132–139.
- Marengo, M., Amoah, I., Carpen, A., Benedetti, S., Zanoletti, M., Buratti, S., ..., Iametti, S. (2018). Enriching gluten-free rice pasta with soybean and sweet potato flours. *Journal of Food Science and Technology*, 55(7), 2641–2648.
- Martín-Masot, R., Nestares, M. T., Diaz-Castro, J., López-Aliaga, I., Muñoz Alférez, M. J., ..., Maldonado, J. (2019). Multifactorial etiology of anemia in celiac disease and effect of gluten-free diet: A comprehensive review. *Nutrients*, 11, 2557.
- Matos, M. E., Sanz, T., Rosell, C. M. (2014). Establishing the function of proteins on the rheological and quality properties of rice based gluten free muffins. *Food Hydrocolloids*, 35, 150–158.
- Melini, V., Melini, F., Luziatelli, F., Ruzzi, M. (2020). Functional ingredients from agri-food waste: Effect of inclusion thereof on phenolic compound content and bioaccessibility in bakery products. *Antioxidants*, 9(12), 1–29.
- Meyer, A. S., Jepsen, S. M., Sørensen, N. S. (1998). Enzymatic Release of Antioxidants for Human Low-Density Lipoprotein from Grape Pomace. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(7), 2439–2446.
- Minekus, M., Alminger, M., Alvito, P., Ballance, S., Bohn, T., Bourlieu, C., ..., Brodtkorb, A. (2014). A standardised static in vitro digestion method suitable for food – an international consensus. *Food & Function*, 5(6), 1113–1124.

- Mutlu, C., Arslan Tontul, S., Candal, C., Erbaş, M. (2019). Bazı tahıl benzeri ürünlerin glutensiz kek üretiminde kullanımı. *Gıda*, 44, 770–780.
- Naqash, F., Gani, A., Gani, A., Masoodi, F. A. (2017). Gluten-free baking: Combating the challenges - A review. *Trends in Food Science and Technology*, 66, 98–107.
- Di Nardo, G., Villa, M. P., Conti, L., Ranucci, G., Pacchiarotti, C., Principessa, L., ..., Parisi, P. (2019). Nutritional deficiencies in children with celiac disease resulting from a gluten-free diet: a systematic review. *Nutrients*, 11(7), 1588.
- Nilsson, N., Sjölander, S., Baar, A., Berthold, M., Pahr, S., Vrtala, S., ..., Nilsson, C. (2015). Wheat allergy in children evaluated with challenge and IgE antibodies to wheat components. *Pediatric Allergy and Immunology*, 26(2), 119–125.
- Nunes, M. C., Raymundo, A., Sousa, I. (2006). Rheological behaviour and microstructure of pea protein/ κ -carrageenan/starch gels with different setting conditions. *Food Hydrocolloids*, 20(1), 106–113.
- Oruç, H. H. (2014). Propolisin Sağlık Açısından Önemi, Kalitesinin Belirlenmesi Ve Türkiye Açısından İrdelenmesi. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 14(1), 35–43.
- Özgören, E. ve Yapar, A. (2022). Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Unu ile Zenginleştirilen Muffin Keklerin Bazı Fizikokimyasal ve Duyusal Özellikleri. *Akademik Gıda*, 20(3), 244–252.
- Özüğür, G., & Hayta, M. (2011). The improvement of nutritional and technological properties of gluten-free cereal-based products. *Gıda*, 36(5), 287–294.
- Panagiotou, S. ve Kontogianni, M. D. (2017). The economic burden of gluten-free products and gluten-free diet: a cost estimation analysis in Greece. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 30(6), 746–752.
- Panzella, L., Moccia, F., Nasti, R., Marzorati, S., Verotta, L., Napolitano, A. (2020). Bioactive phenolic compounds from agri-food wastes: An update on green and sustainable extraction methodologies. *Frontiers in Nutrition*, 7, 60.
- Paucean, A., Moldovan, O. P., Mureşan, V., Socaci, S. A., Dulf, F. V., Alexa, E., ..., Muste, S. (2018). Folic acid, minerals, amino-acids, fatty acids and volatile compounds of green and red lentils. Folic acid content optimization in wheat-lentils composite flours. *Chemistry Central Journal*, 12(1), 1–9.
- Petkova, Z. ve Antova, G. (2015). Proximate composition of seeds and seed oils from melon (*Cucumis melo* L.) cultivated in Bulgaria. *Cogent Food and Agriculture*, 1(1), 1018779.
- Phongthai, S., D'Amico, S., Schoenlechner, R., Rawdkuen, S. (2016). Comparative study of rice bran protein concentrate and egg albumin on gluten-free bread properties. *Journal of Cereal Science*, 72, 38–45.
- Pico, J., Reguilón, M. P., Bernal, J., Gómez, M. (2019). Effect of rice, pea, egg white and whey proteins on crust quality of rice flour-corn starch based gluten-free breads. *Journal of Cereal Science*, 86, 92–101.

- Potter, M. D. E., Brienesse, S. C., Walker, M. M., Boyle, A., Talley, N. J. (2018). Effect of the gluten-free diet on cardiovascular risk factors in patients with coeliac disease: A systematic review. *Journal of Gastroenterology and Hepatology (Australia)*, 33(4), 781–791.
- Pourpak, Z., Mesdaghi, M., Mansouri, M., Kazemnejad, A., Toosi, S. B., Farhoudi, A. (2005). Which cereal is a suitable substitute for wheat in children with wheat allergy?. *Pediatric Allergy and Immunology*, 16(3), 262-266.
- Pozan, K. (2019). Erişte Üretiminde Kavun Çekirdeği Tozu Kullanımı ve Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli.
- Quirce, S., Boyano-Martínez, T., Díaz-Perales, A. (2016). Clinical presentation, allergens, and management of wheat allergy. *Expert Review of Clinical Immunology*, 12(5), 563-572.
- Rashid, M., Cranney, A., Zarkadas, M., Graham, I. D., Switzer, C., Case, S., ..., Butzner, D. J. (2005). Celiac disease: evaluation of the diagnosis and dietary compliance in Canadian children. *Pediatrics*, 116, 754–759.
- Ren, Y., Bang, H., Lee, E. J., Gould, J., Rathore, K. S., Patil, B. S., & Crosby, K. M. (2013). Levels of phytoene and β -carotene in transgenic honeydew melon (*Cucumis melo* L. *inodorus*). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 113(2), 291–301.
- Rocchetti, G., Giuberti, G., Lucini, L. (2018). Gluten-free cereal-based food products: the potential of metabolomics to investigate changes in phenolics profile and their in vitro bioaccessibility. *Current Opinion in Food Science*, 22, 1–8.
- Rolim, P. M., Fidelis, G. P., Padilha, C. E. A., Santos, E. S., Rocha, H. A. O., Macedo, G. R. (2018). Phenolic profile and antioxidant activity from peels and seeds of melon (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus*) and their antiproliferative effect in cancer cells. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 51, e6069.
- Rondanelli, M., Faliva, M. A., Gasparri, C., Peroni, G., Naso, M., Picciotto, G., ..., Perna, S. (2019). Micronutrients dietary supplementation advices for celiac patients on long-term gluten-free diet with good compliance: A review. *Medicina*, 55, 337.
- Rosell, C. M., Barro, F., Sousa, C., Mena, M. C. (2014). Cereals for developing gluten-free products and analytical tools for gluten detection. *Journal of Cereal Science*, 59(3), 354–364.
- Rostami, K., Aldulaimi, D., Rostami-Nejad, M. (2015). Gluten free diet is a cure not a poison! *Gastroenterol Hepatol Bed Bench*, 8(2), 93–94.
- Roy, F., Boye, J. I., Simpson, B. K. (2010). Bioactive proteins and peptides in pulse crops: Pea, chickpea and lentil. *Food Research International*, 43(2), 432–442.
- Rujner, J., Socha, J., Syczewska, M., Wojtasik, A., Kunachowicz, H., Stolarczyk, A. (2004). Magnesium status in children and adolescents with coeliac disease without malabsorption symptoms. *Clinical Nutrition*, 23(5), 1074–1079.
- Sahagún, M. ve Gómez, M. (2018). Assessing Influence of Protein Source on Characteristics of Gluten-Free Breads Optimising their Hydration Level. *Food and Bioprocess Technology*, 11(9), 1686–1694.

- Saleh, A. S., Wang, P., Wang, N., Yang, L., Xiao, Z. (2019). Brown rice versus white rice: Nutritional quality, potential health benefits, development of food products, and preservation technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(4), 1070-1096.
- Sandri, L. T. B., Santos, F. G., Fratelli, C., Capriles, V. D. (2017). Development of gluten-free bread formulations containing whole chia flour with acceptable sensory properties. *Food Science and Nutrition*, 5(5), 1021–1028.
- Sharoba, A. M. (2021). Spirulina: Functional compounds and health benefits. *Plant Secondary Metabolites*, 1, 263–306.
- Sicherer, S. H. ve Sampson, H. A. (2018). Food allergy: A review and update on epidemiology, pathogenesis, diagnosis, prevention, and management. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 141(1), 41–58.
- Skendi, A., Papageorgiou, M., Varzakas, T. (2021). High protein substitutes for gluten in gluten-free bread. *Foods*, 10(9), 1–16.
- Šmídová, Z. ve Rysová, J. (2022). Gluten-Free Bread and Bakery Products Technology. *Foods*, 11(3), 480.
- Snyder, J., Butzner, J. D., DeFelice, A. R., Fasano, A., Guandalini, S., Liu, E., Newton, K. P. (2016). Evidence-informed expert recommendations for the management of celiac disease in children. *Pediatrics*, 138(3).
- Sollid, L. M. (2002). Coeliac disease: dissecting a complex inflammatory disorder. *Nature Reviews Immunology*, 2(9), 647-655.
- Steffolani, E., De la Hera, E., Pérez, G., Gómez, M. (2014). Effect of Chia (*S. alvia hispanica* L) Addition on the Quality of Gluten-Free Bread. *Journal of Food Quality*, 37(5), 309-317.
- Tanaka, T., Tanaka, T., Tanaka, M. (2011). Potential Cancer Chemopreventive Activity of Protocatechuic Acid. *Journal of Experimental and Clinical Medicine*, 3(1), 27–33.
- Tartılmış, M. (2022). Buğday Ununa Çerezlik Kabak (*Cucurbita pepo* L.)Unu İlavesinin Hamurun ve Ekmeğin Teknolojik Özellikleri Üzerine Etkisi. (Yüksek Lisans Tezi). Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Nevşehir.
- Theethira, T. G. ve Dennis, M. (2015). Celiac Disease and the Gluten-Free Diet: Consequences and Recommendations for Improvement. *Digestive Diseases*, 33(2), 175–182.
- Tümer, E. ve Özer, S. (2018). Bazı fonksiyonel ürünlerin glutensiz ekmek üretiminde ekmek nitelikleri üzerine etkisi. *Ç.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 36(6), 79-88.
- Tunçer, E. ve Yabancı Ayhan, N. (2021). Çölyak hastalığında mikro besin öğeleri. *Bandırma Onyedil Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 29-38.

- Turker, I. ve Isleroglu, H. (2021). Optimization of extraction conditions of bioactive compounds by ultrasonic-assisted extraction from artichoke wastes. *Acta Chimica Slovenica*, 63(3), 658–666.
- Turkut, G. M., Cakmak, H., Kumcuoglu, S., Tavman, S. (2016). Effect of quinoa flour on gluten-free bread batter rheology and bread quality. *Journal of Cereal Science*, 69, 174-181.
- Üren, A. (1999). Üç boyutlu renk ölçme sistemleri. *Gıda*, 24(3), 193–200).
- Vici, G., Belli, L., Biondi, M., Polzonetti, V. (2016). Gluten free diet and nutrient deficiencies: A review. *Clinical Nutrition*, 35(6), 1236–1241.
- Wieser, H. (2007). Chemistry of gluten proteins. *Food Microbiology*, 24(2), 115–119.
- Wojciech., K. (2019). Dietary polyphenols-important non-nutrients in the prevention of chronic noncommunicable diseases. A systematic review. *Nutrients*, 11(5), 1–35.
- Wu, T., Taylor, C., Nebl, T., Ng, K., Bennett, L. E. (2017). Effects of chemical composition and baking on in vitro digestibility of proteins in breads made from selected gluten-containing and gluten-free flours. *Food Chemistry*, 233, 514–524.
- Yağdı, S. D. ve Gülsünoğlu Konuşkan, Z. (2022). Glutensiz ürünlerde kullanılan alternatif protein kaynakları. *European Journal of Science and Technology*, 32, 32-39.
- Yanty, N. A. M., Lai, O. M., Osman, A., Long, K., Ghazali, H. M. (2008). Physicochemical properties of cucumis melo var. inodorus (honeydew melon) seed and seed oil. *Journal of Food Lipids*, 15(1), 42–55.
- Young, J. K., Kim, D. O., Ock, K. C., Shin, D. H., Jung, H., Chang, Y. L., Wilson, D. B. (2005). Phenolic extraction from apple peel by cellulases from *Thermobifida fusca*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(24), 9560–9565.
- Zdybel, B., Różyło, R., Sagan, A. (2019). Use of a waste product from the pressing of chia seed oil in wheat and gluten-free bread processing. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(8), 1–9.
- Zhang, B., Deng, Z., Tang, Y., Chen, P. X., Liu, R., Dan Ramdath, D., Liu, Q., ..., Tsao, R. (2017). Bioaccessibility, in vitro antioxidant and anti-inflammatory activities of phenolics in cooked green lentil (*Lens culinaris*). *Journal of Functional Foods*, 32, 248–255.
- Ziobro, R., Juszczak, L., Witczak, M., Korus, J. (2016). Non-gluten proteins as structure forming agents in gluten free bread. *Journal of Food Science and Technology*, 53(1), 571–580.

8. EKLER

EK-1: Glutensiz Ekmek Tanımlayıcı Duyusal Analiz Testi

GLUTENSİZ EKMEK TANIMLAYICI DUYUSAL ANALİZ TESTİ

Açıklama: her bir kodlu örneği aşağıdaki özellikler açısından inceleyiniz. Örneği inceledikten sonra verilen skalada örneğin kod numarasını uygun kutucuğa yazınız. Bir kutucuk birden fazla örnek kodu içerebilir. Örnekler arasında su ve kraker ile ağızınızı temizleyiniz. Örnekleri size sunulan sıraya göre değerlendiriniz.

Özelliklerin Tanımları

Özellik	Tanım
Dış Görünüş	1: Hiç beğenmedim 5: Çok beğendim
Kabuk rengi	1: Bej 5: Koyu kahverengi
İç renk	1: Bej 5: Koyu kahverengi
Gözenek yapısı	1: Büyük gözenek 5: Küçük gözenek
Tat (değişik bir tat algılıyorsanız yazınız)	1: Hiç beğenmedim 5: Çok beğendim
Koku	1: Hiç beğenmedim 5: Çok beğendim
Sertlik	1: Çok sert 5: Yumuşak
Esneklik	1: Esnek değil 5: Çok esnek
Ağızda dağılma	1: Zor dağılıyor 5: Kolay dağılıyor
Ağıza yapışma	1: Çok yapışıyor 5: Hiç yapışmıyor
Genel beğeni	1: Hiç beğenmedim 5: Çok beğendim

Ad Soyad:

Tarih:

Özellik	1 Çok az beğendim	2 Az beğendim	3 Orta beğendim	4 Biraz fazla beğendim	5 Fazla beğendim
Dış Görünüş					
Kabuk rengi					
İç renk					
Gözenek yapısı					
Tat (değişik bir tat algılıyorsanız yazınız)					
Koku					
Sertlik					
Esneklik					
Ağızda dağılma					
Ağıza yapışma					
Genel beğeni					

Yorumlar (opsiyonel):

EK-2: Orjinallik Raporu

TEZİN TAM BAŞLIĞI: MEYVE ATIKLARI İLE ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ
GLUTEN İÇERMEYEN YENİ EKMEKLERİN GELİŞTİRİLMESİ

ÖĞRENCİNİN ADI SOYADI: BURCU ERSOY

DOSYANIN TOPLAM SAYFASI: 69

MEYVE ATIKLARI İLE ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ GLUTEN İÇERMEYEN
YENİ EKMEKLERİN GELİŞTİRİLMESİ

ORJİNALLİK RAPORU

% 9	% 9	% 4	% 3
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	acikbilim.yok.gov.tr İnternet Kaynağı	% 2
2	polen.itu.edu.tr İnternet Kaynağı	% 1
3	www.trjfas.org İnternet Kaynağı	% 1
4	hdl.handle.net İnternet Kaynağı	% 1
5	dergipark.org.tr İnternet Kaynağı	% 1
6	www.researchgate.net İnternet Kaynağı	<% 1
7	www.akademiksporarastirmalarikongresi.com İnternet Kaynağı	<% 1
8	acikerisim.baskent.edu.tr İnternet Kaynağı	<% 1
9	isfaw2018.isfaw.org İnternet Kaynağı	<% 1