



T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**GLÜTENSİZ EKMEK ÜRETİMİNDE GAM İKAMESİ OLARAK
ALTERNATİF DOĞAL KATKILARIN KULLANIMI**

HANDAN AYDIN KAYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Prof. Dr. CEMAL KAYA

TOKAT-2023



T.C.
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

GLÜTENSİZ EKMEK ÜRETİMİNDE GAM İKAMESİ OLARAK
ALTERNATİF DOĞAL KATKILARIN KULLANIMI

HANDAN AYDIN KAYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Prof. Dr. CEMAL KAYA

TOKAT-2023

Her hakkı saklıdır

ETİK SÖZLEŞME

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Cemal KAYA danışmanlığında hazırlamış olduğum “**Glütensiz Ekmek Üretiminde Gam İkamesi Olarak Alternatif Doğal Katkıların Kullanımı**” adlı Yüksek Lisans tezinin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

12/07/2023

Handan AYDIN KAYA



JÜRİ KABUL VE ONAY

Handan AYDIN KAYA tarafından hazırlanan “**Glütensiz Ekmek Üretiminde Gam İkamesi Olarak Alternatif Doğal Katkıların Kullanımı**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 12.07.2023 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Unvanı, Adı Soyadı)

İmzası

Üye (Başkan) : Prof. Dr. Cemal KAYA

.....

Üye : Doç. Dr. Abdulvahit SAYASLAN

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ali CİNGÖZ

.....

ONAY

...../...../.....

Doç. Dr. Yusuf TEMÜR
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

İTHAF

Bu tezi beni bu dünyaya getirdikleri, bana iyi değerler aşıladıkları, beni her zaman daha iyi olmaya ve kariyerimi başarılı şekilde gerçekleştirmeye iten koşulsuz destekleri için, yaşam koçum sevgili annem Sevim AYDIN ve sonsuz sevgisiyle hep kalbimde olan canım babam Kenan AYDIN'a ithaf ediyorum...



ÖNSÖZ

Büyük bir emek ve özveri ile hazırladığım yüksek lisans tezimi tamamlamanın heyecanını ve gururunu yaşıyorum. Tez konuma karar verdiğim süreçte çölyak hastası olduğumu öğrenmem ile hayatımın tamamen değişmesi üzerine tez konumu değiştirme kararı aldım. Ticari olarak hem besinsel hem de duysal özellikleri daha iyi olabilecek glutensiz ekmek üretmeyi amaçladım. Bu bölümü tez sürecimde yardımlarını esirgememiş ve teşvik etmiş insanlara teşekkür etmek için bir fırsat olarak kullanacağım.

Öncelikle danışmanlığımı üstlenen, konu seçiminden araştırmanın yürütülmesine dek beni sınırlamayıp özgür bırakan, yüksek lisans öğrencisinin yeterliliğini göstermesine olanak tanıyan aynı zamanda çalışmalarım boyunca benden hiçbir desteğini esirgemeyen değerli danışmanım Sayın Prof. Dr. Cemal KAYA'ya sonsuz teşekkür ederim.

Tezimin hazırlanmasında bana yol gösteren, engin bilgilerinden faydalandığım, bilgileriyle beni yönlendiren değerli hocam Dr. Öğretim Üyesi Ali CİNGÖZ'e, analizlerim sırasında yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Semra TOPUZ'a, tez çalışmalarında yardım ve desteklerine her konuda danışabileceğim arkadaşım Dr. Çağlar GÖKIRMAKLI'ya, analizlerimi yaparken aynı çalışma ortamını paylaştığım ve kendileriyle çalışmaktan büyük mutluluk duyduğum değerli Araştırma Görevlilerine, Tez savunmama katılarak kritik noktalarda yapıcı eleştiriler getirerek tezin son şeklini almasını sağlayan değerli hocalarım Prof. Dr. Cemal KAYA'ya, Doç. Dr. Abdulvahit SAYASLAN'a, Dr. Öğr. Üyesi Ali CİNGÖZ'e, ayrıca teşekkür ederim.

Hayatım boyunca beni destekleyen, haklarını asla ödeyemeyeceğim aldığım kararları her zaman destekleyen, sadece bu çalışma sürecinde değil tüm hayatım boyunca beni cesaretlendiren ve moral veren yaşam koçum canım annem Sevim AYDIN'a, bana olan inancı ve güveniyle güçlü ve özgüvenli bir kadın olmamı sağlayan, sonsuz sevgisiyle hep kalbimde olan canım babam Kenan AYDIN'a ve her zaman yanımda olan canım kardeşim Hakan AYDIN'a sonsuz şükranlarımı sunar ve teşekkür ederim.

Her zaman yanımda olan ve desteklerini hiç esirgemeyen, sevgili eşim Ahmet Turan KAYA'ya teşekkür ederim.

HANDAN AYDIN KAYA

12 Temmuz 2023

ÖZET

GLÜTENSİZ EKMEK ÜRETİMİNDE GAM İKAMESİ OLARAK ALTERNATİF DOĞAL KATKILARIN KULLANIMI

Aydın Kaya, Handan
Yüksek Lisans, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Cemal Kaya
Temmuz 2023, xii +64 sayfa

Glütensiz ekmekler gam ikamesiz genelde ev tipi yapılmaktadır. Çalışmada glütensiz ekmek üretimine yönelik hem gam ikameli hem de glütenin sağladığı fizikokimyasal özellikleri sağlayan ekmek geliştirilmesi amaçlanmıştır. Maya ekstraktı, keten tohumu unu ve karnıyarık otu tozu karışımlarının gam ikamesi olarak etkilerini gözlemek için “Minitab 22” programında “Mixture Design” parametreleriyle formülasyon oluşturulmuştur. Eklenen karışım miktarı 19.8 g’dır. Ekmeklerde sertlik, spesifik hacim, renk, nem, kül, pişme kaybı, yükseklik, fonksiyonel, duyuusal ve istatistiksel analiz yapılmıştır. Sertlik değerleri 9.81-53.88 N/cm², spesifik hacim değerleri 3.23-4.4 g/cm³, nem miktarı %25.27-%38.25, pişme kaybı %7.4-%15.10, yükseklik değerleri 38.50-54.20 cm arasında ölçülmüştür. Kontrol ekmeğinin kabuk rengi (L* değeri) 64.89, deneme ekmeklerinin 43.76-71.96 arasında ölçülmüştür. En yüksek kül içeriği %3.88 D2 ekmeği olduğu tespit edilmiştir. DPPH metodu ile ölçülen en düşük antioksidan kapasite değeri 3418 µg TE/g ile kontrol ekmeğinde, en yüksek değer ise 3868 µg TE/g ile D8 ekmeği belirlenmiştir. FRAP metodu ile belirlenen antioksidan kapasite değeri 84.58-847.08 µg TE/g arasında değişmiştir. Toplam fenolik madde miktarı 239.39-1952.53 arasında değişirken, en yüksek değer 1952.53 µg GAE/g ile D1 ekmeği olduğu tespit edilmiştir. Değerlendirmelere göre, doğal, gam ikameli ve glütensiz olarak üretilen ekmeklerin tüketici beğenisini kazanabilecek niteliklerde olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Glütensiz, Ekmek, Karnıyarık Otu, Keten Tohumu, Maya Ekstraktı

ABSTRACT
**USE OF ALTERNATIVE NATURAL ADDITIVES AS GUM SUBSTITUTES IN
GLUTEN-FREE BREAD PRODUCTION**

Aydın Kaya, Handan
Master's Thesis, Food Engineering Department
Advisor: Prof. Dr. Cemal KAYA
July 2023, xii + 64 pages

Gluten-free breads are generally made at home without gum substitutes. In the study, it was aimed to develop bread with gum substitute and physicochemical properties provided by gluten for the production of gluten-free bread. In order to observe the effects of yeast extract, flaxseed flour and psyllium powder mixtures as gum substitute, a formulation was created with the "Mixture Design" parameters in the "Minitab 22" program. The amount of mixture added is 19.8 g. Texture, specific volume, color, moisture, ash, baking loss, height, functional, sensory and statistical analyzes were made in the breads. Texture values were measured between 9.81-53.88 N/cm², specific volume values were 3.23-4.4 g/cm³, moisture content was between 25.27-38.25%, firing loss was 7.4%-15.10%, and height values were between 38.50-54.20 cm. The crust color (L* value) of the control bread was measured between 64.89 and that of the trial breads between 43.76-71.96. It was determined that the highest ash content was 3.88% D2 bread. The lowest antioxidant capacity value measured with the DPPH method was 3418 µg TE/g in the control bread, and the highest value was determined in D8 bread with 3868 µg TE/g. The antioxidant capacity value determined by the FRAP method varied between 84.58-847.08 µg TE/g. While the total amount of phenolic substance varied between 239.39-1952.53, the highest value was found in D1 bread with 1952.53 µg GAE/g. According to the evaluations, it has been determined that the breads produced as natural, with gum substitute and gluten-free have the qualities that can win the consumer's appreciation.

Keywords: Gluten-free, Bread, Psyllium, Flaxseed, Yeast Extract

İÇİNDEKİLER

ETİK SÖZLEŞME.....	i
JÜRİ KABUL VE ONAY	ii
İTHAF	iii
ÖNSÖZ	iv
ÖZET	v
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
SİMGELER ve KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETLERİ	4
2.1. Genel Bilgiler.....	7
2.2. Ekşi Hamur	7
2.2.1. Ekşi hamur ve özellikleri	8
2.2.2. Ekşi hamurun ekmek kalitesi üzerine etkisi.....	9
2.2.3. Ekşi hamurda mikrobiyota ve özellikleri	10
2.2.4. Ekşi hamurun sağlık üzerine etkileri.....	11
2.3. Glüten Nedir.....	12
2.3.1. Glütenin ekmek kalitesi üzerine etkisi	13
2.3.2. Glütenin sağlık üzerine etkileri	14
2.3.3. Glüten yerine kullanılan alternatif ürünler.....	15
2.4. Glütensiz Ekmek İle İlgili Yapılan Çalışmalar	16
3. MATERYAL ve METOT	19
3.1. Materyal	19
3.2. Metot	21
3.2.1. Glütensiz ekmek deneme planı	21
3.2.2. Glütensiz ekmek hamurunun hazırlanması ve pişirilmesi	21
3.2.3. Tekstür analizi.....	22
3.2.4. Ağırlık ve hacim analizi	23
3.2.5. Renk analizi	23
3.2.6. Nem.....	24
3.2.7. Kül.....	24
3.2.8. Pişme kaybı	24

3.2.9. Fonksiyonel analizler	24
3.2.10. Duyusal analiz.....	25
3.2.11. İstatiksel analiz.....	26
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	27
4.1. Ekmek Sertlik Değerleri.....	27
4.2. Ekmek Spesifik Hacim Değerleri	30
4.3. Ekmeklerin Renk Değerleri	32
4.4. Ekmeklerin Nem, Kül, Pişme Kaybı ve Yükseklik Değerleri	37
4.5. Ekmeklerin Fonksiyonel Özellikleri	40
4.6. Ekmeklerin Duyusal Özellikleri	43
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	52
6. KAYNAKLAR	55
7.EKLER.....	64
Ek.1. Yazarın Özgeçmişi	64

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge No	Sayfa
Çizelge 3.1. Glütensiz ekmek üretiminde kullanılacak formülasyonlar/reçeteler (g).....	19
Çizelge 3.2. Glütensiz ekmek üretiminde kullanılacak formülasyonlar/reçeteler (g).....	20
Çizelge 3.3. Ön Ekşi formülasyonu (g)	21
Çizelge 3.4. Karışım bileşenleri için minimum ve maksimum değerleri (g).....	21
Çizelge 3.5. Deneysel tasarıma dayalı olarak formülasyonların bileşenleri (g)	22
Çizelge 4.1. Ekmeklerin sertlik değerleri (N/cm ²).....	29
Çizelge 4.2. Ekmek spesifik hacim değerleri (g/cm ³).....	31
Çizelge 4.3. Ekmek içi ve kabuklarının L*, a*, b* ve ΔE* değerleri.....	35
Çizelge 4.4. Ekmek nem, kül, pişme kaybı ve yükseklik değerleri (%)	39
Çizelge 4.5. Ekmeklerin DPPH, FRAP değerleri ve toplam fenolik madde miktarları.	42
Çizelge 4.6. Ekmeklerin duyusal özellikleri	45
Çizelge 4.7. Ekmeklerin duyusal analiz formu ve ekmeklerin aldıkları puanlar.....	47

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil No	Sayfa
Şekil 4.1. Kontrol ekmeği, D1, D2 ekmekleri ve gözenek yapıları	48
Şekil 4.2. D3, D4, D5 ekmekleri ve gözenek yapıları	49
Şekil 4.3. D6, D7, D8 ekmekleri ve gözenek yapıları	50
Şekil 4.4. D9, D10 ekmekleri ve gözenek yapıları	51



SİMGELELER ve KISALTMALAR

Simgeler	Açıklamalar
a*	Kırmızı/yeşil koordinatı
b*	Sarı/mavi koordinatı
α	Alfa
cm ²	Santimetre kare
CO ₂	Karbondioksit
°C	Santigrat derece
dk	Dakika
α	Gama
g	Gram
h/h	Hacim/hacim
kg	Kilogram
L*	Açıklık (lightness) koordinatı (siyah-beyaz)
mg	Miligram
μ g	Mikrogram
ml	Mililitre
N	Newton
p	Olasılık değeri
ω	Omega
ω -3	Omega-3 (yağ asidi)
%	Yüzde
±	Eksiği veya fazlası

Kısaltmalar	Açıklamalar
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
CMC	Karboksimetil Selüloz
DPPH	1,1-Difenil-2-pikrilhidrazil radikali
D1	Deneme 1
D2	Deneme 2
D3	Deneme 3
D4	Deneme 4
D5	Deneme 5
D6	Deneme 6
D7	Deneme 7
D8	Deneme 8
D9	Deneme 9
D10	Deneme 10
FRAP	Demir (III) iyonu indirgeyici antioksidan güç yöntemi
GAE	Gallik Asit Eşdeğeri
HPMC	Hidroksi Propil Metil Selüloz
HV	Hamur Verimi
K	Kontrol Ekmeği
LAB	Laktik asit bakterileri
Mak.	Maksimum
Min.	Minumum
M.Ö	Milattan Önce
M.S	Milattan Sonra
RSM	Yanıt Yüzey Metodolojisi
TE	Troloks Eşdeğeri

1. GİRİŞ

M.Ö 400 yılında Hipokrat tarafından “Gıdalarınız ilaçlarınız, ilaçlarınız ise gıdalarınız olsun” sözü beslenme ile insan hastalıklarının önlenebileceğine dair fikrin çok eski dönemlere dayandığı gösterilmiştir (Randazzo ve ark., 2016). Diyet davranışlarının pozitif olarak değiştirilmesi, kronik rahatsızlık risklerinin azaltılmasında ana etmendir. Beslenme biçiminde yapılan olumlu değişiklikler, bireyin sadece sağlık durumunu korumamakta, ayrıca ilerleyen dönemlerde çeşitli hastalıklara yakalanma riskini de düşürmektedir. Günümüzde, tüketicilerin artan bilinç düzeylerine bağlı olarak, sağlıklı diyetlere olan ilgisi giderek artmaktadır (Ergene ve Bingöl, 2019).

Dünya çapında tüketiciler, gıda ve sağlık arasındaki ilişkinin giderek daha fazla farkına varmakta ve daha besleyici diyetlere yönelmektedir. Artık çok daha fazla sayıda gıda bileşeninin insan sağlığı üzerinde doğrudan olumlu ya da olumsuz bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Tüm dünyada bilim ve teknolojideki hızlı gelişmeler, artan sağlık maliyetleri ve ürün taleplerini etkileyen gıda yasalarındaki değişimler, diyet yoluyla sağlıklı yaşam sürdürme konusuna olan ilginin artmasına ve temel beslenmenin ötesinde, vücut için faydalı gıdalar tüketilmesine neden olmaktadır (Salmerón ve ark., 2015). Bununla birlikte son yıllarda özellikle batı ülkelerinde kamut, siyez, darı ve sorgum gibi eski veya küçük tahıllarla, amarant, karabuğday, kinoa gibi yalancı tahıllar yüksek oranda içerdikleri faydalı bileşenler (diyet lifi, dirençli nişasta, mineraller) ve düşük glüten ya da glüten içermektedir. Bu özellikleriyle farklı diyet ihtiyaçlarını yerine getirmeleri sayesinde buğday, mısır, pirinç gibi başlıca tahıllara kıyasla daha çok ilgi görmektedir (Arendt ve Zannini, 2013).

İnsanlar genetik ve yaş faktörleri nedeniyle çoğu tahılda bulunan glütenden muzdarip olabilirler. Glüten tüketimine reaksiyon üç farklı formda ortaya çıkabilir; alerji (buğday), otoimmün (çölyak hastalığı, dermatitis herpetiformis ve glüten ataksisi) ve immün aracılı (glüten duyarlılığı) (Gao ve ark., 2018). Çölyak hastalığı, buğdayın (gliadin), çavdar (sekalin) ve arpanın (hordein) prolamin kısmında bulunan amino asitlerin belirli düzenlemelerine karşı oluşan hoşgörüsüzlük nedeniyle ince bağırsağın sindirim sistemini etkileyen genetik bir otoimmün hastalıktır (Kim ve Shin, 2014; Turabi ve ark.,

2010). Çölyak hastalığının genel semptomları malabsorpsiyon, ishal, kilo kaybı ve osteoporozdur ve ayrıca yorgunluk, karın rahatsızlığı, artralji, demir ve folik asit eksikliği anlaşılmaz semptomlar olabilir (Marston ve ark., 2016). Dünya nüfusunun yaklaşık %1-2'si çölyak hastalığından muzdariptir; ayrıca Amerika Birleşik Devletleri (ABD) nüfusunun sırasıyla %0.02-0.05 ve %6'sında buğday alerjisi ve glüten duyarlılığı bulunmaktadır (Dhen ve ark., 2016). Çoğu hastanın henüz teşhis edilmediğine inanılmaktadır. Şimdilik, tek tedavi glüten içeren gıdaların diyetten çıkarılmasıdır (Marston ve ark., 2016). Bununla birlikte, glütenin gıda ürünlerinden uzaklaştırılması, lezzetinin ve besin değerinin azalmasına neden olur (Drabińska ve ark., 2018).

Glütensiz market ürünleri genellikle daha fazla karbonhidrat ve yağ, daha az protein içerir (Shevkani ve ark., 2015). Bununla birlikte baklagiller çok miktarda protein, kompleks karbonhidratlar (nişasta ve lif), vitaminler ve mineraller içerirler ve ayrıca düşük miktarda yağ içerirler ve kolesterol içermezler (Gularte, de la Hera, ve ark., 2012; Martín-Cabrejas, 2019). Baklagil proteinleri yüksek lizin ve düşük kükürt içeren amino asitler (metiyonin ve sistein) içermesine rağmen, tahıl proteinleri yüksek miktarda kükürt içerir ve düşük miktarda lizin amino asitleri içerir. Buna göre tahıl ve baklagillerin birlikte tüketilmesiyle daha dengeli bir esansiyel amino asit profili elde edilebilmektedir (Gómez ve ark., 2008). Bunlara ek olarak baklagillerin diyabetin önlenmesi ve kontrolü, kardiyovasküler hastalıkların ve bazı kanser türlerinin önlenmesi gibi bazı hastalıklar üzerinde başka yararlı etkileri de vardır (Martín-Cabrejas, 2019).

İlerleyen yıllarda serolojik testlerin belirlenmesi ile genetik ve moleküler gelişmelere bağlı olarak hastalık sıklığının hem çocuklarda hem de yetişkinlerde daha fazla olduğu ortaya konmuştur. Hastalığın proksimal ince bağırsak mukozasını etkilediği ve buna bağlı olarak distal ince bağırsakta hasar oluşturduğu; bazı vakalarda ileum ve kolonda da lezyonlar görüldüğü bildirilmektedir (Schuppan ve Zavallos, 2015).

Glütensiz ticari ekmeklerde ve kontrol ekmeğinde kullanılan gamlar şunlardır; guar gum, ksantan gum ve hidrokispropilmetilselüloz (HPMC). Bu gamların ikameleri ile glütensiz ticari ekmeğin karnıyarık otu tozu, keten tohumu unu ve maya ekstraktı unları ile hazırlanan karışım ekmekleri ile karşılaştırıldığında kabuk ve ekmek içi renginin

değişimleri gözle görülür şekilde belirlenecektir. Renk değişimleri doğrultusunda yeni karışımla yapılan glütensiz ekmeğin protein değerinin arttığı ve tadının hissedilir düzeyde pozitif olarak değiştiği fark edilecektir. Glütensiz ticari ekmek üretiminde kullanılan gamların maliyetinin fazla olması ve piyasada zor bulunması nedeniyle karnıyarık otu tozu, keten tohumu ve maya ekstraktı unlarının hem maliyetinin az olması, doğal olması hem de kolay ulaşılabilir olmasının bu karışımlarla yapılan glütensiz ticari ekmeklere olan talebi arttırması beklenmektedir.

Bu çalışmada, ticari olarak üretilen glütensiz ekmeklerde kullanılan çeşitli gamlara alternatif olarak doğal gamsı özelliğe sahip ve besin değeri oldukça yüksek olduğu bilinen karnıyarık otu tozu, maya ekstraktı ve keten tohumu unları ile karışımlar hazırlanarak glütensiz ekmek üretilmesi ve ekmeklerin besinsel ve duyuşal özelliklerinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Doğal gamsı özelliğe sahip olan karnıyarık otu tozu, maya ekstraktı ve keten tohumu unlarının formülasyonlarda farklı oranlarda kullanılmasının üretilen glütensiz ekmeklerin sertlik değeri, spesifik hacim, renk, nem, kül, ağırlık, hacim, pişme kaybı, fonksiyonel bileşenler ve duyuşal özellikleri üzerindeki etkisini incelemek için karışım dizaynı ile 10 farklı glütensiz ekmek formülasyonu üzerinde çalışılmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

Gluten, buğday ve diğer tahıllarda bulunan, yapısal bir proteindir. Elastik ve iyi kaliteli hamurun oluşmasından sorumludur. Alkolde çözünebilen “prolamin” ve alkolde çözünmeyen “glutenin” fraksiyonlarından oluşmaktadır. Genel olarak prolamin fraksiyonu hastalıktan sorumlu tutulmakla birlikte, son zamanlarda glutenin fraksiyonun da ince bağırsak mukozasında zedelenmeye yol açtığı gösterilmiştir. Prolamin proteinleri buğdayda gliadin, arpada hordein, çavdarda sekalin, yulafta avenin olup buğday, arpa ve çavdarda toplam proteinin % 30-40’ını, yulafta ise % 10-15 ini oluşturmaktadır. Çölyak hastalarının gluten tüketmesi durumunda gluten ciddi bağırsak hasarlarına sebep olmaktadır. O nedenle bu hastaların diyetinden gluten çıkarılmaktadır (Torbica ve ark., 2010).

Maya ekstraktı, maya hücrelerinden ayrılan bir maya ürünüdür ve genellikle sıvı, macun veya toz halinde bulunmaktadır. Maya ekstraktı, fonksiyonel bir besin kaynağı olarak kullanılabilir. Ayrıca, doğal bir baharat olarak düşünülebilir ve tuzlu gıdaların üretiminde yaygın şekilde kullanılan bir bileşen olma potansiyeline sahiptir (Zhangr ve ark., 2019). Maya ekstraktı, çeşitli peptitler, nükleotidler, B-kompleks vitaminleri, mineraller ve esansiyel amino asitler açısından zengin yüksek kaliteli proteinden oluşan doğal bir bileşendir (Zhangr ve ark., 2019).

Maya proteini ve kas proteinin bileşimi esansiyel amino asit bileşimi açısından karşılaştırıldığında, önemli düzeyde bir benzerlik gösterdiği belirtilmektedir. Maya proteininin tüm gerekli amino asitleri içerdiği ve biyolojik olarak tam bir protein olduğu belirtilmiştir (Pyler ve Gorton, 2008). Maya ekstraktı, sağlık yararları olan fonksiyonel gıdaların üretimi için bir bileşen olarak da kullanılabilir. Fonksiyonel gıdalar, normal beslenmenin bir parçası olarak alınan ve besleyici özelliklerinin ötesinde sağlık yararları gösteren geleneksel gıda ürünleridir (Rai ve ark., 2019). Fonksiyonel gıdaların insan sağlığı üzerindeki etkileri genellikle kolayca ölçülemez ancak olumlu etkileri çok yıllık tüketim döneminin bitiminden sonra görülür (Košutić, 2012).

Avrupa Birliği’nde maya ekstraktlarının kullanımı, gıdalarda kullanılmak üzere lezzet verici maddelerle ilgili Avrupa Parlamentosu tarafından 16 Aralık 2008 tarihinde yapılan

düzenleme ile 1334/2008 sayılı yönetmeliğe tabidir (Regulation, 2008). Bu düzenleme ile maya ekstraktları, çok yaygın olarak mikrobiyal orijinli materyalin kurutulması gibi fiziksel işlemlerle elde edildiğinden “doğal” lezzet verici/arttırıcı olarak sınıflandırılmakta ve güvenilir oldukları kabul edilmektedir (Berlowska ve ark., 2017; Chae ve ark., 2001). Bu kapsamda maya ekstraktları, kendilerine özgü karakteristik umami tatları ve et benzeri aromalarından dolayı hakkında çeşitli ön yargılar bulunan monosodyum glutamata (MSG, E621) doğal bir alternatif oluşturmaktadır. Sos, bulyon, çorba, noodle ve et ürünleri gibi çeşitli gıdaları lezzetlendirmek için kullanımı yaygınlaşmaktadır. Maya ekstraktlarının lezzeti, hücre bileşenlerinin enzimatik parçalanması sırasında oluşan nükleotitler, peptitler, amino asitler ve uçucu bileşiklerden kaynaklanmaktadır (Dimopoulos ve ark., 2018).

Keten tohumu (*Linum usitatissimum L.*) yağlı bir tohum olması ve içeriğindeki yüksek lif miktarı sayesinde değerli bir ticari ürün olarak Doğu Akdeniz bölgesinde yaygın bir şekilde üretilmektedir. Keten tohumu kullanımının tarihi M.Ö 5000 yılına kadar uzanmaktadır (Bernacchia ve ark., 2014). Keten tohumları %30 protein, %25 diyet lifi ve ise %23 çoklu doymamış yağ asitleri içermektedir. Omega yağ asitleri keten tohumunun yaklaşık %70'ini oluşturmaktadır (Hussain ve ark., 2013; Muñoz Hernández ve ark., 2013). Keten tohumu aynı zamanda doğal antioksidan bileşikler, vitaminler (B vitaminleri, tokoferoller, niasin) ve mineraller bakımından zengindir (Bernacchia ve ark., 2014; da Silva Marineli ve ark., 2014; Muñoz Hernández ve ark., 2013; Wangr ve ark., 2017).

Karnıyarık otu tozu (Psyllium powder), hem çözünür hem de çözünmeyen fraksiyonlarla birlikte yaklaşık %80'i çözünür lif içeren ve zengin bir diyet lifi kaynağı olan bir üründür (Franco ve ark., 2020). Psyllium lifi Amerika Gıda ve İlaç Dairesi tarafından koroner kalp hastalığı riskinin azalmasına katkı sunmasıyla ilişkilendirildiğinden dolayı, son zamanlarda ABD'de ve Avrupa'da tüketimi artmıştır (Franco ve ark., 2020). Karnıyarık otunun, sağlık üzerindeki potansiyel faydalarını araştırmaya, gıda ve farmasötik uygulamalarda kullanılabilirliğini incelemeye yönelik olarak çeşitli araştırmalar gerçekleştirilmiştir (Yu ve ark., 2008). Diyabet, kabızlık, kolon kanseri, ishal, obezite, inflamatuvar bağırsak hastalığı (ülseratif kolit), huzursuz bağırsak sendromu ve kolon

kanseri tedavisi için potansiyel olumlu etkileri olduğu bilinmektedir. Ayrıca tokluğu artırmaktadır ve prebiyotik etkilere sahiptir (Franco ve ark., 2020; Yadav ve ark., 2016; Yu ve ark., 2008). Karnıyarık otu tozu, ksiloz ve arabinoz içeren hemiselüloz olan oldukça dallı bir arabinoksilandan (%60'tan fazla) oluşur. Ortalama bileşimi %65 D-ksiloz, %20 L-arabinoz, %6 ramnoz ve %9 D-galakturonik asittir. Ayrıca karnıyarık otunda daha yüksek miktarlarda K, Na ve P mineralleri bulunur (Franco ve ark., 2020; Guo ve ark., 2008). Karnıyarık otu tozu, viskoz jel oluşturma yeteneği ile ilişkili olan viskoz çözünür bir lif olarak sınıflandırılmıştır (Franco ve ark., 2020). Sakızların, pektinlerin ve β -glukanların gıdanın viskozitesini değiştirebildiği ve glikoz ve kolesterol gibi besinlerin emilimini sınırlama konusunda iyi olduğu bilinmektedir. Viskoz çözünür liflerin (guar, pektin, yulaf sakızı ve psyllium) plazma kolesterol ve glikoz seviyelerini düşürdüğü gösterilmiştir (Dikeman ve Fahey Jr, 2006). Psyllium lifinin sindirimi yavaşlatarak glisemik kontrolü geliştirdiğini çalışmalar da göstermiştir. Jel oluşturma özelliği makro besinlerin sindirimini engeller (Giacco ve ark., 2016). Psyllium, fonksiyonel özellikleri nedeniyle ekmek, bisküvi ve kek gibi farklı ürünlerin formülasyonlarında kullanılarak birçok araştırmada uygulanma fırsatı bulmuştur (Franco ve ark., 2020).

Goyal ve ark., (2014), tarafından yapılan bir çalışmada keten tohumu tüketiminin dislipidemi, inflamasyon, kardiyovasküler hastalık, glukoz homeostazı ve diyabet ile ilgili çeşitli rahatsızlıkları yan etkileri olmadan iyileştirdiği gözlemlenmiştir. Benzer bir çalışmada ise keten tohumu, polisakkaritler ve yağ asitleri içeriğine dayalı olarak organoleptik ve beslenme özelliklerini iyileştirdiği rapor edilmiştir (Goyal ve ark., 2014; Hussain ve ark., 2013; Iglesias-Puigr ve Haros, 2013; Martínez Martínez ve Gómez Pallarés, 2017; Sandri ve ark., 2017).

Zannini ve ark., (2012), yaptıkları bir çalışmada yağlı tohumların, hidrokolloidlerin ve proteinlerin gluten yerine ikame olarak glutensiz ürün yapımında kullanılabildiğini bildirmişlerdir. Benzer bir çalışmada ise glutensiz unların düşük pişirme özellikleri olmasına rağmen, fermantasyonun glutensiz ekmeklerin kalitesini iyileştirdiği ve çeşitlendirdiği rapor edilmiştir (Moroni ve ark., 2009).

2.1. Genel Bilgiler

İnsanlar tarafından neredeyse 6000 yıldan beri tüketilen ve bilinenli ekmek, tahıla dayalı beslenme alışkanlığı olan toplumlarda olduğu gibi Türkiye’de de, ucuz ve doyurucu olması nedeniyle günlük diyetinde temel bir besin kaynağıdır (Karaağaoğlu ve ark., 2008).

Tüm ülkeleri dâhil ettiğimizde ekmek çeşitleri ve farklı üretim yöntemleriyle büyük farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Ekmek yapımındaki temel amaç, hububat ürünlerini çekici, beğenilen aynı zamanda da sindirme problemi yaşamadıkları bir besine çevirmektir. Mayalı buğdaydan yapılan ekmeklerin en önemli performans nitelikleri, fazla hacmi, yumuşaklığı, iç elastik yapısı, uzun kullanım süresi ve ürünün mikrobiyal açıdan güvenli olmasıdır (Cauvain ve Young, 2003; Chavan ve Jana, 2008).

Ekmek fırından çıkarıldığında raf ömrü kısadır ve muhafazası esnasında bazı kimyasal ve fiziksel değişimler oluşur, bu değişikliklerin olduğu ekmeği bayat ekmek olarak adlandırırız. Bu değişimler nedeniyle ekmek hem tazeliğini hem de gevrekliğini kaybeder. Ekmeğin kalitesi giderek bozulurken, ekmek içi sertliği artar. Hoş aroma kaybolur ve tat bayatlık hissiyatı verir (Chavan ve Jana, 2008).

2.2. Ekşi Hamur

Ekşi mayalı ekmek esas olarak laktik asit bakterileriyle (LAB) fermentasyona uğramış unun ve suyun karışımından meydana gelir. Hetero-fermentatif suşlar, karışımdaki laktik asitle asetik asidi detaylandırarak güzel ekşi tada sahip son ürüne neden olur. Bu mikroorganizmalar un ve su ilavesiyle asit üretimini ve mayalanmayı sağlarlar. Ekşi hamurdaki mekanizmalar karmaşıktır (Hammes ve Gänzle, 1998).

Kendiliğinden "ekşi" hamur fermentasyonu, insanlık tarihinin daha önceki dönemlerde öğrendiği hububat fermentasyonlarından. Temel amaç, kabarma özelliği daha fazla olan hamuru üretmek için hamuru mayalamaktır ve daha kabarmış bir ekmek yapmaktır. Daha sonraki bir aşamada, hamur mayalanması için bira mayası kullanılmıştır (Kulp ve Lorenz, 2003; Stolz ve ark., 1999).

Hamurun bir kısmı, sünger, demleme veya cila olarak bilinen hoş bir aroma geliştirmek için birkaç saat mayalanır. Daha sonra pandispanya diğer malzemelerle karıştırılarak nihai hamur elde edilir. Evrimdeki bir sonraki adımla birlikte, fırıncılıktaki bu karmaşık işlemeyi önlemek veya basitleştirmek için artık uzman şirketler fırıncılık endüstrisine kuru ekşi maya tedarik ediyor. Daha fazla otomasyon, otomatik likit veya toz dozaj sistemlerini, sürekli veya otomatik toplu karıştırıcıları, sürekli bant hatlarını, tünel fırınları, spiral soğutucuları, otomatik dilimlemeyi, paketlenme makinelerini ve son ürünü paletlere yerleştiren robot kollarını içerir. Ekşi maya fermantasyonu, ekmek kalitesini iyileştirmek ve farklı buğday ve çavdar ekmekleri üretmek için kullanılan kültürel süreçtir (Thiele ve ark., 2002).

2.2.1. Ekşi hamur ve özellikleri

Ekşi hamurlar, uygulanan teknoloji temelinde, 3 türe ayrılmıştır: Tip I önceki fermantasyonun bir kısmını kullanarak, yeniden başlatılan bir ekşi mayanın olduğudur. Bunlar geleneksel ekşi mayalardır. Tip II, kullanılan endüstriyel bir ekşi hamur türüdür. Suşlar fermantasyonu başlatmak için uyarlanmıştır. Bu maya sıvı olabilir, bu nedenle ticari ekmek yapımında kolay şekilde kullanılabilir. Tip III, ekşi hamurun kurutulması, endüstriyel fırınlar tarafından sıklıkla kullanılmaktadır. Artık son ürün varyasyonları yoktur ve taze üretilmiş ekşi maya nedeniyle kalite sabittir. Tip III ekşi mayalar, otantik ekmeği tanıtmak için en uygun olanlardır. Günümüzün yüksek teknoloji fırıncılık endüstrisi ile üretilen ekmeklerin tadına bakıldığında, sanayide fazla miktarda Tip III ekşi hamur bulunmaktadır (Böcker ve ark., 1995).

Mikrobiyal stabiliteyi uygulayabilmek amacıyla sıvı pastörizasyonun yanı sıra farklı kurutma teknikleri kullanılır. Sprey kurutma ve tambur kurutma Tip III ekşi maya üretiminde en sık kullanılan kurutma teknikleridir. Tip II ve III hamurları fırıncı ununun eklenmesini gerektirir. Tip I, II ve III ekşi hamurlarla ilişkili zorunlu ve fakültatif heterofermentatif ve zorunlu homofermentatif türlerden oluşan ekşi hamur LAB'dir; *Lactobacillus delbrueckii*, *L. fructivorans*, *L. plantarum* ve *L. brevis*'in liyofilize suşları, ekşi hamur LAB'dir (Hammes ve Gänzle, 1998). Tip I ekşi mayanın aksine başlatıcılar,

bu suşların sık sık aşılınması gerekir çünkü bunlar tahıl ortamına iyi adapte olmamışlardır (Röcken ve Voysey, 1995).

2.2.2. Ekşi hamurun ekmek kalitesi üzerine etkisi

Ekşi maya ile fermentasyon işlemi, hamurun reolojik özelliğini ekşi mayanın kendi içinde ve ekmek hamuru içeren ekşi hamurda olmak üzere iki düzeyde etkiler. Hamurun fermentasyonu elastikiyet ve viskozitesini azaltır aynı zamanda son ekmeğin hamuruna ekşi mayanın eklenmesiyle elastikiyeti düşük ve yumuşaklığı daha fazla hamurla sonuçlanır. Bu hamurların yapısında meydana gelen reolojik farklılıkların seviyesi ve bunun ekmeğin kalite özellikleri üzerinde oluşan etkisi tercih sürecinde unun fermente zamanı ve küll içeriği ayarlanarak kontrol edilebilir (Clarke ve ark., 2004).

Ekşi hamurun birçok doğal özelliği, yerleşik LAB'nin metabolik aktivitelerine dayanır: laktik mayalanma, proteoliz ve uçucu bileşiklerin sentezi, küf önleyici ve antiropiness üretimi ekşi hamur fermentasyonu sırasındaki en önemli faaliyetler arasındadır (Gobbetti ve ark., 1999; Hammes ve Gänzle, 1998). Ayrıca tahıl ürünlerde endojen faktör olarak (karbonhidrat, nitrojen kaynağı, mineral, lipit ve serbest yağ asiti ve enzim aktivitesi) ve proses parametresi olarak (sıcaklık, hamur verimi [HV], oksijen, fermentasyon süresi ve ekşi maya yayılma sayısı adımlar) ekşi mayanın mikroflorasını ve mayalı unlu mamullerin özelliklerini önemli ölçüde etkiler (Hammes ve Gänzle, 1998).

Ekşi hamurun kıvamı değişebilir. Ekşi maya fermentasyonu sert hamur veya unun suda sıvı süspansiyonu olarak gerçekleştirilebilir. Unun ve suyun karışımındaki orana Hamur verimi (HV) denir ve aşağıdaki gibi hesaplanır (Hammes ve Gänzle, 1998).

$$\text{Hamurun verimi} = (\text{un miktarı} + \text{su miktarı}) \times 100 / \text{un miktarı} \quad (2.2.2.)$$

Ekşi hamurda hamur verimi, ekşi hamurun lezzetini önemli ölçüde etkiler. Ekşi hamur ne kadar sıkıysa (HV değeri ne kadar düşüğe), o kadar fazla asetik asit üretilir ve laktik asit o kadar az olur. Asitlenme oranı aynı zamanda bir ekşi hamurun HV'sinden de etkilenir. Üretilen organik asitlerin çevreye daha iyi difüzyonu sağlanır (Stolz ve ark., 1999).

Sıcaklık, HV'yi asitleştirme hızından daha fazla etkilediği ve ayrıca ekşi hamurun mikrobiyal bileşimi üzerinde etkisi olduğu için en önemli faktördür. Önceki ekşi hamurun bir kısmının bir sonraki fermantasyonu aşılama için kullanıldığı yerde geriye eğme kullanılırsa, sıcaklık kritik bir rol oynar çünkü kontrol edilmezse farklı ekşi hamur tazeliklerinde mikrofloranın bir kısmı kaybolabilir (Stolz ve ark., 1999). Büyüme için uygun sıcaklık değerleri *Laktobasiller* suşa bağlı şekilde 30°C ile 40°C ve mayalar için 25°C ile 27°C'dir. Genelde fazla sıcaklık, fazla ekşi hamur nem miktarı ve kepekli un kullanımı, buğday ekşi hamurlarında asit üretimini artırır (Brummer ve Lorenz, 1991).

Ticari olarak temin edilebilen bir ekşi hamur başlatıcısı, genellikle iyi asitleştirme ve farklı aroma etkisini arttırmak için farklı LAB gruplarının karışımlarından oluşur. Hamurun titre edilebilir asitliği ve pH'sı, ekşi hamur fermantasyonu sırasında önemlidir. Başlangıç fazında hem asitlik hem de pH sabit kalırken, ara fazda maya varlığından dolayı titre edilebilir asitlik artar. Uzun süreli fermantasyon aşamasında, maya varlığı negatif yönde etki eder ve titre edilebilir asitliğe dönüşür, hamurun pH'sı esas olarak sisteme verilen laktik asit bakterilerine bağlıdır. Ekşi hamurda bulunan mayalar, laktik asitten çok az etkilenir, ancak en çok asetik asitten etkilenir (Schulz, 1972).

Ekşi hamurun fermantasyonu için kullanılan substrat, esas olarak un, ekşi hamuru önemli ölçüde etkileyen başka bir unsurdur. Kül içeriği, un derecesini ve kalitesini belirlemek için önemlidir. Ekstraksiyon oranı, çünkü kepeğin kül içeriği endospermin yaklaşık 20 katıdır (Matz, 1991). Küçük tanelerde kepeğin endosperm oranı daha yüksektir (Posner, 2000).

2.2.3. Ekşi hamurda mikrobiata ve özellikleri

Ekşi mayalar mikrobiyal bileşimin ve aralarındaki tüm etkileşimli etkilerin ekmek yapma süreçleri ve malzemelerinden dolayı fazla karmaşık biyolojik ekosistemlerdir (Gobbetti ve ark., 1999). Tahıl fermantasyonları, yani ekşi hamurlar, sayılarda meydana gelen özel olarak uyarlanmış laktik asit bakterilerinin hâkimiyetindedir. 10⁸ CFU/g, sayıları çok büyük olan tipik mayalarla bir arada veya daha düşük muhtemelen simbiyoz halinde olabilir (Gobbetti ve ark., 1999; Vogel ve ark., 2002). Bu ekşi mayadan düzenli olarak izole edilen veya başlatıcı ekşi maya, yalnızca birkaç istisna dışında, 1 gruba aittir. 4 cins

Lactobacillus, *Pediococcus*, *Leuconostoc* ve *Weissella*. Çok sayıda farklı tür (>23 tür) bulunur. Cins *Lactobacillus*'tur. Herhangi bir belirgin vurgu yoktur. *Lactobacilli*'yi zorunlu homofermentatif, fakültatif heterofermentatif ve zorunlu heterofermentatif suşlara klasik olarak ayıran fermantasyon türleridir. Mayaların çoğunluğu ekşi mayalarda bulunan *Candida* türüne tahsis edilmiştir milleri, *C. holmii*, *S. exigous* ve *S. Cerevisiae* (Hammes ve Gänzle, 1998). Maya preparatlarının çoğu genellikle laktik asit bakterileri (LAB), özellikle *Pediococcus*, *Lactococcus* ve *Leuconostoc* yerine *Lactobacilli* bulunur (Jenson, 1998). İşleme dönemi sınırlı süre boyunca hamurun asitleştirilmesi yoluyla aroma gelişimine bir miktar katkıda bulunur (Rothe ve Ruttloff, 1983). Mayalar genellikle ekşi hamurda laktik asit bakterileri (LAB) ile ilişkilendirilir ve maya/LAB oranı genellikle 1/100' dür (Gobbetti ve ark., 1994; Ottogalli ve ark., 1996). Ekşi hamurlarda bulunan mayalar 20'den fazla türe aittir (Gullo ve ark., 2003; Rossi, 1996; Stolz ve ark., 1999). Ekşi hamurlarda LAB ile ilişkili tipik mayalar *S. exiguus*, *C. humilis* (eski adıyla *C. milleri*) ve *Issatchenkia orientalis* (*C. krusei*) (Gobbetti ve ark., 1995; Spicher, 1978; Succi ve ark., 2003). Diğer ekşi maya ekosisteminde tespit edilen maya türleri *Pichia anomala*, *Hansenula anomala*, *Saturnispora saitoi*, *P. saitoi*, *Torulaspora delbrueckii*, *Debaryomyces hansenii* ve *P. membranifaciens anomala*'dır (Foschino ve Galli, 1997; Gobbetti ve ark., 1994; Succi ve ark., 2003). Bu hamurdaki maya türlerinin sayısı ve türündeki değişkenlik hamur hidrasyonu, seviyesi ve kıvamı gibi birçok faktörden etkilenir. Kullanılan tahıl türü, mayalanma sıcaklığı ve maya bakım sıcaklığı gibi faktörlerden etkilenir (Gobbetti ve ark., 1994).

2.2.4. Ekşi hamurun sağlık üzerine etkileri

Tahıl ürünlerinde en önemli vitaminler, öz ve kepekte yoğunlaşan E vitamini, tiamin ve folatlardır (Katina ve ark., 2005; Poutanen ve ark., 2009). Tahıl benzeri bitkiler ise A vitamininin yanı sıra E vitamini ve folatı içerir (Axel ve ark., 2015). Vitamin içeriğini artırmak için ekşi maya ile fermantasyon uygulanabilir. Bazı laktik asit bakterileri (LAB) suşları, riboflavin, tiamin ve folat gibi vitaminleri sentezleyebilir (Arena ve ark., 2020; Capozzi ve ark., 2011; Okoroafor ve ark., 2019; Rollán ve ark., 2019).

Mihhalevski ve ark., (2013), tarafından yapılan bir çalışmada ayrıca, muhtemelen ekşi hamur fermantasyonu sırasındaki mikrobiyal aktivite nedeniyle, işleme sırasında nikotinamid içeriğinin on kat arttığını göstermiştir. Bu nedenle, ekşi hamurda laktik asit bakterileri (LAB) kullanımı, klinik ve subklinik vitamin eksikliklerinin önlenmesine yardımcı olacak bir alternatif olarak iyi konumlandırılmıştır (LeBlanc ve ark., 2011). Biyoyararlanımı artırmak için aşırı vitamin üreten suşların seçimi gibi stratejiler uygulanmalıdır (Capozzi ve ark., 2012). Ek olarak, *S. cerevisiae*'nin buğday ununda bulunmayan B12, C veya D gibi vitaminleri üreterek LAB büyümesini uyarabileceği tahmin edilmektedir (Sieuwerts ve ark., 2018). Bu bağlamda (Chawla ve Nagal, 2015), mayanın varlığının folat ve tiamin oluşumunu desteklediğine işaret etmektedir. Ek olarak, filizlenmiş tahıllardan elde edilen unun kullanılması, diğer biyoaktif bileşiklerle birlikte üretildiğinden, bunlarda bulunan vitaminlerin kullanılabilirliğini artırabilir (Montemurro ve ark., 2019).

Vitaminlerin konsantrasyonunu ve biyoyararlanımını artırmak için yukarıda belirtilen tekniklere rağmen, pişirme işlemi vitamin içeriğinde bir azalmaya yol açar. Tiamin, nikotik asit, piridoksal, riboflavin ve piridoksin konsantrasyonunun sıcaklık artışlarıyla azaldığı tespit edilmiştir (Mihhalevski ve ark., 2013). B12 vitamini de prostepte hem eklenmiş formu olan siyanokobalamin, doğal formu olan hidroskobalamin hem de sentezlenmiş insitu formunda indirgenir (Edelmann ve ark., 2016).

2.3. Glüten Nedir

Buğday, dünyanın en önemli gıdalarından bir tanesidir, ekilir, tüketilir ve dünya genelinde işlem görmektedir. Yaygın buğday türleri (*Triticum aestivum L.*) genellikle diğer birçok ekili buğdayı tanımlamak için kullanılır. Buğday tanesi %8-15 oranında protein içerir. %10–15 albümin/globulin ve %85–90 glüten içerir (Wieser, 2007).

Glüten, yüzlerce ilgili fakat farklı proteinin kompleks yapıya sahip bir karışımıdır. Proteinler, esas olarak gliadin ve glütenin. Değişik buğday türleri protein içeriği, bileşimi ve glüten proteinlerinin dağılımından dolayı değişiklik görülür (Wieser, 2007). Toplu şekilde, gliadin ve glütenin proteinleri tohum proteinlerini temsil eden prolaminler olarak adlandırılırlar. Suda çözünmez, ancak sulu etanolde ekstrakte edilebilir ve fazla düzeyde

glutamin (%38) ve prolin (%20) ile kalıntılar karakterize edilir (Wieser, 2007). Glüten proteinleri bağımlı olarak alt gruplar halinde sınıflandırılabilir. Kükürt içeriği ve moleküler ağırlık dâhil olmak üzere temel farklılıklar üzerine ve daha sonra farklı birincil özelliklerine göre daha fazla sınıflandırılır alfa, beta, gama ve omega (α , β , γ ve ω) şeklinde yapılar gliadinlerdir (Shewry ve ark., 2003). Bireysel glüten proteinleri, güçlü kovalent bağlarla bağlanır. Kovalent olmayan kuvvetler, yapıyla birlikte bu glüten proteinlerin etkileşimi, benzersiz özelliklere katkıda bulunur (Shewry ve ark., 2003).

Glüten, yüksek alerjik yapısı ile karakterize edilen kompleks yapıya sahip bir bileşiktir. Spesifik proteinlerini, glütenini ve gliadini kodlayan polimorfizmdir. Ayrıca, her buğday genotipi benzersiz türler üretir ve bu bileşiklerin miktarları da değişken olarak farklılık gösterebilir. Yetiştirme koşulları ve teknolojik süreçler ile yetiştirildiği ortama bağlı olarak protein (ve ayrıca karbonhidrat) bir genotipin ifadesi değişebilir. Örneğin, ω -5 gliadin içeriği olgunluk sırasında döllenme ve sıcaklıkla artar (Kucek ve ark., 2015).

Çölyak hastalığında. α , γ ve ω gliadinlerden ve ayrıca glüteninlerin, çölyak hastalığını aktive ettiği tespit edilmiştir. Bununla birlikte, birkaç yüz glüten peptidinin immünojenik olduğu ve T hücreleri aracılığıyla yanıtı tetiklediği tahmin edilmektedir (Arentz–Hansen ve ark., 2002). En fazla immünodominant T-hücreleri epitopu, T-hücreleri olmasına rağmen, α gliadin'den gelmektedir. Glüten türevli, sekinin türevli ve hordein türevli peptitler doğrulanmıştır. Ayrıca her tahılın içinde, ayrı bir hiyerarşi vardır (Arentz–Hansen ve ark., 2002).

2.3.1. Glütenin ekmek kalitesi üzerine etkisi

Glüten olağandışı reolojik ve fonksiyonel özellikleriyle glütenin ve gliadinlere oranına ve bu yapıların etkileşimlerine bağlıdır. Her bileşenin biraz farklı olması viskoelastik özelliklerin belirlenmesinde çok önemli fonksiyonlardır (ekmek mayalama sırasında salınan karbondioksitin sıkışması ve son ürünün kalitesi). Örnek, saflaştırılmış hidratlanmış gliadin, gliadinin viskozitesine ve genişletilebilirliğine daha çok katkıda bulunur. Oysa hidratlanmış glüteninler, yapışkan hamur, hamur mukavemeti ve elastikiyeti katkıda bulunur (Wieser, 2007).

Şekerlerde koyulaştırıcılar, emülgatörler veya jelleştirici maddeler olarak, dondurma, tereyağı, baharatlar, dolmalar, turşular ve soslarda kullanılır. Bunlara ek olarak ilaçlarda dolgu maddeleri ve kaplamalar olarak kullanılır. Endüstriyel unlu mamullerin yapısal bütünlüğünü güçlendirmek ve geliştirmek için düşük proteinli unlar ("izole buğday proteinleri" olarak bilinir) kullanır (Kucek ve ark., 2015).

2.3.2. Glütenein sağlık üzerine etkileri

Glüten alerjisi uzun yıllar pediatrik bir hastalık olarak kabul edilmiştir. Ancak bunun teşhisi yetişkinlerde giderek daha yaygın hale gelmiştir ve şu anda herhangi bir zamanda ortaya çıkabileceğine inanılıyor. Prevalans ülkelere göre 1:152 ile 1:300 arasında değişmektedir. Brezilya'da teşhis konulan hastaların insidansı 1/300 kişidir. Kadınlar ve erkekler arasında 2:1 oranındadır. Tanı için birinci derece akrabalar glüten alerjisine en yatkın olanlar, sonra şeker hastaları, otoimmün hastalıkları olan hastalar ve Down sendromlu hastalar genetik belirleyici olabilir. Çölyak hastalığı, İngiliz torunlarında diğer gruplara göre daha fazladır (Peckenpaugh ve Poleman, 1997).

Çin, Japonya ve Hindistan'da son zamanlarda tanımlanmıştır. Brezilya'da, melezlerden dolayı yüksek oranda olduğu görülmektedir. Ülkenin güneyinde ağırlıklı olarak Avrupalılar tarafından sömürgeleştirilen soylar, sıklık sırasına göre Almanlar, İtalya, Portekizler, Lehçeliler, Ukraynalılar, İspanyollar, Ruslar, İsviçreliler, Hollandalılar, Fransızlar, İngilizler, Hintliler ve siyahlar, birçok durumda birden çok soya sahiptir (Dani, 2006).

Bir çalışmada São ve Paulo şehirlerindeki çölyak hastalığının yaygınlığı, Avrupa ülkeleri ile benzerlik açısından yüksek olduğu ve muhtemelen bu tanı konulduğu tespit edilmiştir (Oliveira, 2005). Brezilya'da hafife alındı. (Shils ve ark., 1994), yaptıkları bir çalışmada erişkinlerde çölyak hastalığı daha fazladır. Kadınlarda yaygın, en yüksek prevalansı üreme çağında, 35 ve 44 yaş arasında. Ancak çocuklarda giderek yaygınlaşan bir prevalansa sahiptir. Otoimmün hastalıkları olan ergenler, özellikle tip 1 diabetes mellitus Brezilya'da, araştırılan 104 hastada çölyak prevalansının %4.8 olduğu ölçülmüştür. Diabetes mellitus tip 1'inci prevalansı, Avrupa'da yapılan çalışmalarla karşılaştırılabilir.

Baptista ve ark., (2005), yaptıkları bir çalışmada yüksek yaygınlık olarak kabul edilen Kuzey Amerika, bu bilgilere ek daha fazla çalışma gerektirir. Aynı yıl (ABD) Minnesota eyaletinde Mahmud ve ark., (2005), yaptıkları bir çalışmada diabetes mellitus tipi hastalarda çölyak hastalığı prevalansını belirlemiştir. %7 olarak tahmin edilen bu hastaların çoğunda hastalığın tipik formu yoktur. Bu semptomların çok değişken olması, tipik malabsorpsiyon vakalarını göstermesi yetersiz beslenme rahatsızlığı daha az ve spesifik değildir (bazen herhangi bir gastrointestinal rahatsızlığı) ve tanıları hafif olabilir.

2.3.3. Glüten yerine kullanılan alternatif ürünler

Dünya nüfusunun yarısı, pirinç üretimi ve tüketimine yoğunlaşmaktadır. Pirinç, nişasta ve besin maddeleri bakımından zengin olduğu için iyi bir besin ve enerji kaynağıdır. Pirincin kimyasal bileşimi çevresel faktörlere bağlı olarak değişebilir. Yüksek biyolojik değeri diğer tahıllarla karşılaştırıldığında kolay sindirilebilir ve harika bir yapıya sahiptir (Quaglia, 1991).

Tedrus ve ark., (2001), yaptıkları bir çalışmada pirinç unu üretimi bu hammaddenin değerini artırmak için bir alternatif olacaktır, çünkü bu bir yan üründür. Pirinç ununun buğdayla rekabetçi bir uygulaması yoktur ve zayıf bir hacme sahiptir. Sosyoekonomik faydalar ve beslenme sağlamasına rağmen, pirinç unu az miktarda üretilir; az sayıda süpermarket bunu tüketiciye sunar. Pirinç kullanılarak yapılan bilimsel çalışmalarda, özellikle buğday ununun tamamen veya kısmen değiştirilmesi yoluyla un yapılmıştır. Pirinç unundan yapılan örnek ürünler kurabiyeler, kekler, çorbalar, atıştırmalıklar, ekmeklerdir (Galera, 2006; Gularte, de la Hera, ve ark., 2012; Gularte, Gómez, ve ark., 2012; Sivaramakrishnan ve ark., 2004; Turabi ve ark., 2008).

Pirinç unu ürünlerinin sanayileşmesi teknolojik olarak zordur. Bu un gluten proteinlerinin karakteristik viskoelastik özelliklerine sahiptir (Sivaramakrishnan ve ark., 2004). Pirinç unundan kalitesi düşük, daha düşük özgül hacimli, daha az yumuşak ve daha kısa raf ömrüne sahip ürün üretilmektedir. Mısır (*Zea mays*) dünyanın birçok bölgesinde yetiştirilmektedir. Mısırın kimyasal bileşimi, çevresel faktörlere bağlı olarak değişebilir. Genel olarak, mısır yaklaşık %10 proteine, %4.5 yağ, %75 karbonhidrat,

%1.3 mineral tuzları içeriğine sahiptir. Glicidios nişasta, şekerler ve selüloz ile temsil edilen oldukça enerjik bir gıdanın mısır karakteristiğini sağlar. Nişasta esas olarak endosperm ve selülozdaki şekerler dış ambalajlarında bulunur (Quaglia, 1991).

Mısır unu, temizleme, kurutma, tahıl çıkarmayı içeren bir işlemten sonra elde edilir. Öğütme, partikül boyutu sınıflandırması ve ambalajlama aşamalarından geçer. Düşük bir maliyete sahiptir ve piyasada yaygın olarak bulunur (Alvim ve ark., 2002).

Geleneksel bir ekmeğin aynı hacmini elde etmek için, ekmekteki kırıntı ve glütensiz lezzet özelliklerini korumak için, diğer gaz stabilize edici protein, karbonhidrat veya lipid bazlı bileşenlerle takviyeleri kullanmak için gereklidir (Cauvain ve Young, 2009).

2.4. Glütensiz Ekmek İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Yüksek kaliteli glütensiz ekmek üretme yöntemi Moore ve ark., (2004), tarafından geliştirilmiştir. Uygulanan bu yöntem karıştırma, yoğurma ve pişirme işlemlerinden oluşur. Bu yöntem glütensiz ekmekle ilgili daha ileri çalışmalarda başarıyla uygulanmıştır (McCarthy ve ark., 2005; Moore ve ark., 2006, 2007; Renzetti ve ark., 2008). Aynı çalışmada Moore ve ark., (2004), süt ürünleri içeren ve içermeyen glütensiz ekmeğin kalitesini, buğday ekmeği ve buğday nişastasına dayalı ticari bir karışımdan yapılan glütensiz ekmekle karşılaştırmıştır. Süt ürünü olmayan glütensiz ekmekte, mısır nişastasası, kahverengi pirinç unu, soya, karabuğday unu ve ksantan sakızı kullanılmıştır. Süt ürünü olmayan glütensiz ekmek, kahverengi pirinç unu, yağsız süt tozu, bütün yumurta, patates ve mısır nişastasası, soya unu, ksantan ve konjac sakızı içermektedir. Ticari ve süt ürünü olmayan ekmekler yüksek bir hacme ulaşırken, hızlı bir şekilde bayatlamıştır.

Ylimaki ve ark., (1991), yaptıkları bir çalışmada glütensiz üç tür pirinç ununa dayalı ekmekler (tane boyutuna ve öğütme yöntemine göre değişir) üretmek ve nesnel olarak ölçmek için yanıt yüzeyi metodolojisini (RSM) kullanmıştır. Orta taneli, ince öğütülmüş beyaz pirinç unu, düşük Hydroxypropylmethylcellulose (HPMC) seviyeleri ve düşük Karboksimetil Selüloz (CMC) seviyeleri kullanıldığında, sonuçta ortaya çıkan ekmekle en çok buğday ekmeğine benzer optimum somunlar elde edilmiştir. Deneme 2’de (D2)

aynı üç pirinç unu kullanılmıştır. Pirinç unu (%80), patates nişastası (%20) ve glütensiz maya kullanılarak glütensiz ekmekler üretilmiştir. Eğitilmiş bir panele dayalı duyusal değerlendirmeyi kullanan RSM, farklı pirinç unları için optimum CMC, HPMC ve su seviyelerini ve bu bileşenlerin kombinasyonlarını bulmak için uygulanmıştır. Nemlilik, yapışkanlık, lezzet, renk ve hücre yapısı ile ilgili olarak, orta taneli pirinç unları ile yapılan glütensiz somunların, uzun taneli pirinç unlarından yapılanlara göre daha yüksek standartta olduğu tespit edilmiştir (Ylimaki ve ark., 1991). Daha sonra, Toufeili ve ark., (1994) yaptıkları bir çalışmada mısır unu ile önceden jelatinleştirilmiş mısır nişastasına dayalı formüllerle pişirilen glütensiz yassı ekmeklerin duyusal özellikleri üzerinde metil selüloz, arap sakızı ve yumurta akı etkilerini analiz etmek için RSM'yi uygulamıştır. Metilselüloz ve yumurta akı, ekmeklerin duyusal özelliklerini geliştiren ana bileşenler olarak belirlenmiştir. %3 arap sakızı, %2-4 metilselüloz ve yumurta akı kullanıldığında buğday ekmeği ile kıyaslanabilir glütensiz ekmekler üretilmiştir. Ancak ekmekler 2 günlük sürede normal buğday ekmeklerinden daha hızlı bayatlamıştır. RSM, Demiate ve ark., (2000) yaptıkları bir çalışmada manyok nişastasına dayalı glütensiz ekmek ve bisküvilerin yanı sıra işlemenin optimizasyonu için de kullanılmıştır.

Sanchez ve ark., (2002), yaptıkları bir çalışmada mısır nişastası, manyok nişastası ve %0 pirinç unu ve %0.5 soya unu ilavesiyle elde edilen glütensiz ekmeğin dokusunu iyileştirmek için RSM'yi başarıyla kullanmıştır.

McCarthy ve ark., (2005), yaptıkları bir çalışmada farklı sorgum hibritlerinin sorgum bazlı glütensiz ekmeklerin kalitesi üzerindeki etkisini incelemek için RSM'yi kullanmıştır. Farklı sorgum hibritleri, kalitelerinde farklılıklara yol açmıştır. Glütensiz ekmek ve RSM, ürün formülasyonunu optimize ederek belirli bir çeşidin performansını optimize etmiştir. Arendt ve ark., (2002), yaptıkları bir çalışmada ticari glütensiz ekmeklerin çoğunun, hızlı bayatlama, kuru ufalanan doku ve güçlü tatsızlıklar nedeniyle kalitesiz olduğuna dikkat çekmiştir. Glütensiz ekmekler, temel olarak yüksek miktarda (un bazının neredeyse %100'ü) mevcut izole nişastalar nedeniyle hızlı bir bayatlama başlangıcına sahip olma eğilimindedir. Ayrıca glütenin olmaması nedeniyle daha fazla su bulunur ve bu nedenle kırıntı sertliğinde artışa ve daha yumuşak bir kabuk oluşmasına neden olur (Gallagher ve ark., 2004).

Glütensiz ekmeklerin kalitesini artırmak için enzimler, proteinler, hidrokolloidler ve/veya laktik asit bakterileriyle kombinasyon halinde bir dizi glütensiz tahılın kullanıldığı çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Gallagher ve ark., 2004; Gallagher, Gormley, ve ark., 2003; McCarthy ve ark., 2005; Moore ve ark., 2004, 2007; Renzetti ve ark., 2008; Sanchez ve ark., 2002, 2004).



3. MATERYAL ve METOT

3.1. Materyal

Glütensiz ekmek üretiminde kullanılacak olan mısır nişastası, patates nişastası, pirinç unu, süt tozu, maltodextrin, şeker, tuz, yumurta akı tozu, keten tohumu unu, kalsiyum propiyonat, sodyum bikarbonat, sodyum asit pirofosfat, yumurta akı tozu ve zeytinyağı yerli üretim olan bir firmadan temin edilmiştir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Glütensiz ekmek üretiminde kullanılacak formülasyonlar/reçeteler (g)

Kontrol Ekmeği ve Glütensiz Ekmeklerin Formülasyon Değerleri						
Hammaddeler	Kontrol (K) Ekmeği Karışım (g)	D1 Ekmeği Karışım (g)	D2 Ekmeği Karışım (g)	D3 Ekmeği Karışım (g)	D4 Ekmeği Karışım (g)	D5 Ekmeği Karışım (g)
Glütensiz Buğday Nişastası	195	195	195	195	195	195
Pirinç Unu	107	107	107	107	107	107
Mısır Nişastası	30	30	30	30	30	30
Patates Nişastası	15	15	15	15	15	15
Süt Tozu	5	5	5	5	5	5
Maltodextrin	5	5	5	5	5	5
Şeker	10	10	10	10	10	10
Tuz	5	5	5	5	5	5
Yumurta Akı Tozu	1	1	1	1	1	1
Hidroksi Propil Metil Selüloz (HPMC)	0.50	0	0	0	0	0
Guar Gam	1	0	0	0	0	0
Ksantan Gam	0.50	0	0	0	0	0
Maya Ekstraktı	0	19.8	0	0	9.9	9.9
Keten Tohumu Unu	0	0	19.8	0	9.9	0
Karnıyarık Otu Tozu	0	0	0	19.8	0	9.9
Kalsiyum Propiyonat	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Sodyum Bikarbonat	0.750	0.750	0.750	0.750	0.750	0.750
Sodyum Asit Pirofosfat	0.420	0.420	0.420	0.420	0.420	0.420
Sıvı Maya	30	30	30	30	30	30
Zeytin Yağı	20	20	20	20	20	20
Su	110 ml	80 ml	90 ml	160 ml	85 ml	125 ml
Ön Ekşi	120	120	120	120	120	120

Hidroksi Propil Metil Selüloz (HPMC), glütensiz buğday nişastası, maya ekstraktı, ksantan gum, psyllium tozu, sıvı maya ve guar gum ise yurt dışı menşeli olup yerli bir tedarikçi tarafından temin edilmiştir. Glütensiz ekmek için hazırlanacak, ön ekşi içinde kullanılacak karabuğday unu, pirinç unu, keten tohumu unu ve nohut unu yerli üretim olan bir firmadan temin edilmiştir. Ekmek üretiminde içilebilir nitelikte su kullanılmıştır. Benzer formülasyon içeren (Hatipoğlu, 2016; Köse, 2021; Şahin, 2017; Y. Yılmaz & Doğan, 2015), çalışmalarından yararlanarak ön denemeler sonucu kontrol ekmeği ve ön ekşi formülasyonuna ulaşılmıştır.

Çizelge 3.2. Glütensiz ekmek üretiminde kullanılacak formülasyonlar/reçeteler (g)

Kontrol Ekmeği ve Glütensiz Ekmeklerin Formülasyon Değerleri					
Hammaddeler	D6 Ekmeği Karışım (g)	D7 Ekmeği Karışım (g)	D8 Ekmeği Karışım (g)	D9 Ekmeği Karışım (g)	D10 Ekmeği Karışım (g)
Glütensiz Buğday Nişastası	195	195	195	195	195
Pirinç Unu	107	107	107	107	107
Mısır Nişastası	30	30	30	30	30
Patates Nişastası	15	15	15	15	15
Süt Tozu	5	5	5	5	5
Maltodextrin	5	5	5	5	5
Şeker	10	10	10	10	10
Tuz	5	5	5	5	5
Yumurta Akı Tozu	1	1	1	1	1
Hidroksi Propil Metil Selüloz (HPMC)	0	0	0	0	0
Guar Gam	0	0	0	0	0
Ksantan Gam	0	0	0	0	0
Maya Ekstraktı	0	6.6	13.2	3.3	3.3
Keten Tohumu Unu	9.9	6.6	3.3	13.2	3.3
Karnıyarık Otu Tozu	9.9	6.6	3.3	3.3	13.2
Kalsiyum Propiyonat	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Sodyum Bikarbonat	0.750	0.750	0.750	0.750	0.750
Sodyum Asit Pirofosfat	0.420	0.420	0.420	0.420	0.420
Sıvı Maya	30	30	30	30	30
Zeytin Yağı	20	20	20	20	20
Su	135 ml	120 ml	85 ml	110 ml	100 ml
Ön Ekşi	120	120	120	120	120

Çizelge 3.3. Ön Ekşi formülasyonu (g)

Glütensiz Ön Ekşi Formülasyonu	
Ön ekşide kullanılacak materyaller	Miktar (g)
Karabuğday Unu	225
Pirinç Unu	40
Öğütülmüş Keten Tohumu	25
Nohut Unu	25
Toplam	315
Su	1110 ml
Toplam	1425

Çizelge 3.4. Karışım bileşenleri için minimum ve maksimum değerleri (g)

Karışım Parametreleri	Minimum Değer (g)	Maksimum Değer (g)
Keten Tohumu Unu	0	19.8
Maya Ekstraktı	0	19.8
Karnıyarık Otu Tozu	0	19.8

3.2. Metot

3.2.1. Glütensiz ekmek deneme planı

Bu çalışmada gamlara alternatif olarak eklenen maya ekstraktı, keten tohumu unu ve karnıyarık otu tozu ile hazırlanan karışımın ekmek özellikleri üzerindeki etkisini tespit etmek için “Minitab 22” programında “mixture desing” parametrelerini seçerek formülasyonlar oluşturulmuştur. Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2’de ilgili program ile oluşturulmuş 10 farklı ekmek formülasyonu gösterilmiştir.

3.2.2. Glütensiz ekmek hamurunun hazırlanması ve pişirilmesi

Glütensiz ekmeklerin üretimi Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2’de belirtilen reçetelere göre gerçekleştirilmiştir. Üretimde ilk olarak ön ekşi hazırlanmıştır. Ön ekşi için Çizelge 3.3’te belirtilen karabuğday unu, pirinç unu, öğütülmüş keten tohumu ve nohut unu ve su karıştırılmıştır ve +4°C’de 16 saat bekletilmiştir (Köse, 2021). Hazırlanmış ön ekşi

ekmek üretiminde kullanılmıştır. Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2’de verilen reçetelere göre karışımlar mikserde (Kitchen Aid) 2’nci seviyede karıştırılmıştır. 1’inci dakikada zeytinyağı, 2’nci dakikada sıvı maya, 3’üncü dakikada ön ekşi ve 4’üncü dakikada su ilave edilerek 2 seviyesinde ayarla toplam 10 dakika karıştırılmaya devam edilmiştir. Hazırlanan karışımdan 150 gr hamur tartılarak önceden yağlı kağıtların yerleştirildiği ekmek kalıplarına alınmıştır. Etüv içerisinde $35\pm1^{\circ}\text{C}$ ve %90 bağıl nemde 20 dakika mayalandırılmıştır. Mayalanan ekmekler 220°C de 20 dk boyunca fırında pişirilmiştir. Fırın çıkışından sonra oda sıcaklığında 1-2 saat soğutulan ekmeklere aşağıdaki analizler uygulanmıştır.

Çizelge 3.5. Deneysel tasarıma dayalı olarak formülasyonların bileşenleri (g)

Deneyisel tasarıma dayalı olarak formülasyonların bileşenleri			
Formülasyon Kodu	Maya Ekstraktı (g)	Keten Tohumu Unu (g)	Karnıyarık Otu Tozu (g)
1	19.8	0.0	0.0
2	0.0	19.8	0.0
3	0.0	0.0	19.8
4	9.9	9.9	0.0
5	9.9	0.0	9.9
6	0.0	9.9	9.9
7	6.6	6.6	6.6
8	13.2	3.3	3.3
9	3.3	13.2	3.3
10	3.3	3.3	13.2

3.2.3. Tekstür analizi

Üretilen glutensiz kontrol ve deneme ekmeklerinin değişik süre aralıklarında tekstür ölçümleri yapılmıştır. Tekstür analizinde (Zwick Z0.5, Almanya) cihazı kullanılmıştır. 10 mm baskı derinliği ve 20 mm çapında yuvarak başlık kullanılarak sertlik değeri (Newton/cm^2) belirlenmiştir (Köse ve ark., 2021). Fırın çıkışından sonra soğutulan ekmekler polietilen torbaların içinde paketlenerek ve 0, 24, 48 ve 72’nci saatlerde glutensiz ekmeklerin paralellerinde iki âdeti polietilen torbalardan alınarak bıçak yardımı ile 2 cm kalınlığında 3 dilim örnek alınmıştır. Bu örnekler üzerinde sertlik değerine ulaşılmıştır.

3.2.4. Ağırlık ve hacim analizi

Üretilen glütensiz kontrol ve deneme ekmekleri pişirme aşamasının ardından oda koşullarında soğutulmuştur. Soğutulduktan sonra 6 paralel örnek alınarak ağırlık değerleri ölçülmüştür. Ekmeklerin hacmi ekmek hacim ölçme aleti ile hacmi bulgur tanelerinin yer değiştirme esasına göre ölçülmüştür. Ekmeklerin spesifik hacim değeri ekmeğin hacim değerinin ekmek ağırlığına oranlanarak hesaplama yapılmıştır (Elgün ve Ertugay, 2002). Spesifik hacim değerleri kontrol ekmeği ve her bir deneme ekmeği için ekmekler pişirildikten sonra ortam koşullarında 1-2 saat bekletildikten sonra bütün ekmeklerden 3 paralel çalışılmıştır.

3.2.5. Renk analizi

Ekmek örneklerinin kabuk ve iç renginin L*, a* ve b* değerleri renk ölçüm cihazı (CR-100 Konica Minolta, Japonya) kullanılarak tespit edilmiştir. Renk parametreleri (L*, a* ve b*) ekmeğin üst kabuğunun rastgele seçilmiş bölgelerinden ve iç kısmının rastgele seçilmiş bölgelerinden altı paralel ölçüm alarak gerçekleştirilmiştir. L* parlaklık hakkında bilgi veren bir indeksken, a* kırmızımsı renklerde pozitif, yeşilimsi renklerde negatif, b* sarımsı renklerde pozitif, mavimsi renklerde negatif değer alır (Pathare ve ark., 2013). Toplam renk değişimi aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır (Ahrné ve ark., 2007).

$$\Delta E = \sqrt{(L0^* - L^*)^2 + (a0^* - a^*)^2 + (b0^* - b^*)^2} \quad (3.2.5)$$

Burada L0*; a0 * ve b0*, L0* = 64.89. a0* = 4.14 ve b0* = 32.75 olan referans kontrol ekmeğinin kabuk değerlerine karşılık gelir.

Burada L0*; a0 * ve b0*, L0* = 61.29. a0* = -0.53 ve b0* = 13.88 olan referans kontrol ekmeğinin iç değerlerine karşılık gelir.

L*: açıklık indeks değeri (siyah-beyaz)

a*: kırmızı-yeşil indeks değeri

b*: sarı-mavi indeks değeri

Renk değerleri ekmek pişirildikten ve ortam koşullarında yaklaşık 6 saat soğuduktan sonra bütün ekmeklerden altı paralel olacak şekilde L^* , a^* , b^* ve ΔE değerleri hesaplanmıştır.

3.2.6. Nem

Petri kapları sabit tartıma ulaşana kadar 105°C’de etüvde (Mettler 100-800, Almanya) kurutularak, petri kaplarına ekmek örneklerinden her biri için 3 ± 0.25 g tartılmıştır. Her bir örnek için analiz 3 paralel şekilde yapılmıştır.

3.2.7. Kül

Porselen krezeler sabit tartıma ulaşana kadar 105°C’de etüvde (Mettler 100-800, Almanya) kurutularak, porselen krezelere ekmek örneklerinden her biri için 1.5 ± 0.2 g tartılmıştır. Kül analizinde (Protherm PLF115M, Türkiye) kül fırını kullanılmıştır. Örneklerin içerisinde bulunduğu porselen krezeler, kül fırın sıcaklığı kademeli şekilde artırılarak 600°C’de yakılmıştır. Yakma işleminde krezelerin içerisinde siyah nokta kalmadan örnekler beyaz renge dönene kadar devam etmiştir. Her bir örnek için analiz 3 paralel şekilde yapılmıştır.

3.2.8. Pişme kaybı

Üretilen glütensiz kontrol ve deneme ekmeklerinin pişme kaybı aşağıda verilen formülasyon ile hesaplanmıştır (Elgün ve Ertugay, 2002).

Pişme Kaybı (%)=(Hamurun ilk Ağırlığı-Ekmeğin Soğuma Sonrası Ağırlığı)/Hamurun ilk Ağırlığı x100

3.2.9. Fonksiyonel analizler

Glütensiz kontrol ve deneme ekmekleri üzerinde toplam fenolik madde, flavonoid madde ve antioksidan madde analizlerinin yapılması için ekstraksiyon işlemi uygulanmıştır. 1 g ekmek örneği ile 20 ml asitlendirilmiş metanol (HCl/metanol/su, 1:80:10, h/h) birleştirilerek 25°C’lik su banyosuna 2 saat bırakılmıştır. Su banyosundan alındıktan

sonra 3000 rpm’de de 10 dk santrifüj işlemi uygulanmıştır. Bu işlemden sonra analizin yapılabilmesi için tüpün içindeki berrak kısım alınıp -18°C de muhafaza edilmiştir (Beta ve ark., 2005).

Toplam fenolik madde miktarı tayini

Singleton ve Rossi, (1965), çalışmalarında belirlenen yöntem uygulanarak 2 N Folin-Ciocalteu fenol ayırıcı kullanılmıştır. 2 N Folin-Ciocalteu fenol ayırıcı, daha önce elde edilen örnek ekstraktan 100 µl veya 100 µl standart gallik asit çözeltileri, 2.3 ml saf su ve 1 ml %7 sulu sodyum karbonat çözeltisiyle birlikte karıştırılmıştır. Ardından 24°C’de 2 saat bekletilip, 750 nm dalga boyunda absorbans değerleri ölçülmüştür ve değerler “µg GAE/g” şeklinde girilmiştir.

Toplam antioksidan aktivite tayini

Üretilen glutensiz kontrol ve deneme ekmekleri üzerinde antioksidan analizi için aşağıda verilen 2 yöntem uygulanmıştır.

Demir (III) İndirgeme Antioksidan Gücü (FRAP)

Benzie ve Strain, (1996), çalışmalarında belirlenen yöntem uygulanarak FRAP yöntemi ile antioksidan kapasite analizi yapılmıştır. Sonuçlar µg TE/g şeklinde verilmiştir.

DPPH Radikal Süpürme Aktivitesi

Brand-Williams ve ark., (1995), çalışmalarında belirlenen yöntem uygulanarak DPPH (2,2 diphenyl-1-picrylhydrazyl) yöntemi ile antioksidan kapasite analizi değerleri ölçülmüştür ve değerler µg TE/g şeklinde verilmiştir.

3.2.10. Duyusal analiz

Ekmek örneklerinin duyusal analizi hedonik skala kullanılarak yapılmıştır. 12 panelist tarafından ekmek örneklerinin şekil ve simetri durumu, ekmek kabuk ve iç rengi, gözenek

yapısı, koku, ufalanma, tat ve aroma açısından değerlendirilmesi istenmiştir. Örnekler hakkında bilgilendirilen panelistlerden 1 (çok kötü) ile 5 (çok iyi) skalasında değerlendirme yapmaları istenmiştir (Yildirim ve Arici, 2019).

3.2.11. İstatiksel analiz

Tüm analizler farklı tekrar sayıları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Uygulamalar arasında anlamlı farklılıkların değerlendirilmesinde tek yönlü varyans analizi kullanılarak ANOVA; ($p < 0.05$ Tukey's Test). İstatistik hesaplamalar Minitab 22 programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İstatiksel analiz spesifik hacim için ekmeklerden altı paralel çalışılarak hesaplamaları yapılmıştır. Sertlik değerleri 0'ıncı saat için bütün ekmeklerden üçer adet numune alınıp alınan ekmeklerden 2 paralel olacak şekilde çalışma yapılmıştır. 24'üncü saat, 48'inci saat, 72'nci saat 24 °C'de bekletilmiş ekmekler üzerinde çalışma yapılmıştır. Renk değerleri için istatiksel analiz bütün ekmeklerden altı paralel olacak şekilde L^* , a^* , b^* ve ΔE değerleri hesaplanmıştır. Duyusal analizlerde 12 panelistin verdiği puanlamaya göre kontrol ekmeğiyle kıyaslaması konusunda istatiksel analizle anlamlı farkı olanlar çıkarılmıştır. Fonksiyonel analizlerde her ekmekten iki adet alınarak her birinden 3 paralel çalışılmıştır ve ekmeklere eklenen keten tohumu unu, karnıyarık otu tozu ve maya ekstraktı bileşenlerinin miktar ve bulundukları ekmeklere göre toplam fenolik madde tayini hesaplanmıştır. Her bir örnek için kül ve nem tayini 3 paralel şeklinde yapılmıştır. Pişme kaybı ve yükseklik her bir örnek için 13 paralel alınarak hesaplanmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Ekmek Sertlik Değerleri

Doku genelde birden çok parametreye sahip bir özellik olarak kabul edilir (Szczesniak, 1987). Çalışmada üretilen ekmeklerin sertlik değerleri 0'ıncı saat, 24'üncü saat, 48'inci saat ve 72'nci saat kontrol edilmiştir (Çizelge 4.1). 0'ıncı saat incelendiğinde ekmeklerin sertlik değerleri 9.81-53.88 N/cm² arasında ve ortalama değerlerinin 25.53 N/cm² olduğu görülmüştür. Kontrol ekmeğinin 0'ıncı saat sertlik değeri ise ortalama 10.48 N/cm² olarak ölçülmüştür. 0'ıncı saat kontrol ekmeği ile glütensiz ekmekler arasında sertlik değerlerinde anlamlı bir fark tespit edilmiştir (p<0.05).

Ekmeklerde 0'ıncı saat sertlik değeri ortalama olarak kontrol ekmeğine en yakın 15.90 N/cm² değeri ile D2 formülasyonuna ait ekmekte tespit edilmiştir. D2 ekmek formülasyonunda 19.8 g keten tohumu unu kullanılmıştır. 24'üncü saatte yapılan sertlik ölçümlerinde ekmeklerin sertlik değerleri 20.14-96.41 N/cm² arasında değişmiş olup ortalama değerin 52.43 N/cm² olduğu görülmüştür. Kontrol ekmeğinin 24'üncü saat sertlik değeri ise ortalama 37.85 N/cm² olarak ölçülmüştür. 24'üncü saat kontrol ekmeği ile D2, D5, D6, D7, D8, D9 ve D10 ekmekleri arasında sertlik değerinde anlamlı bir fark tespit edilmiştir (p<0.05). Ekmeklerde 24'üncü saat ortalama sertlik değerleri sırasıyla D2 86.5 N/cm², D5 45.21 N/cm², D6 66.19 N/cm², D7 65.67 N/cm², D8 56.39 N/cm², D9 68.67 N/cm², D10 55.95 N/cm². 24'üncü saat sertlik değeri ortalama olarak kontrol ekmeğine en yakın 33.52 N/cm² değeri ile aralarında anlamlı farkın olmadığı deneme 3 (D3) tespit edilmiştir.

D3 ekmek formülasyonunda 19.8 g karnıyarık otu tozu kullanılmıştır. 48'inci saat ekmekler incelendiğinde deneme ekmeklerin sertlik değerleri 37.90 N/cm² ile 121.10 N/cm² arasında ve ortalama değerlerinin 69.88 N/cm² olduğu görülmüştür. Kontrol ekmeğinin 48'inci saat sertlik değeri ise ortalama 58.36 N/cm² olarak ölçülmüştür. 48'inci saat kontrol ekmeği ile D2, D4, D6, D7, D8, D9 ekmekleri arasında sertlik değerinde anlamlı bir fark tespit edilmiştir (p<0.05). Ekmeklerde 48'inci saat ortalama sertlik değerleri sırasıyla D2 95.93 N/cm², D4 43.50 N/cm², D6 76.94 N/cm², D7 89.17 N/cm², D8 90.79 N/cm², D9 90.76 N/cm². 48'inci saat sertlik değeri ortalama olarak kontrol

ekmeğine en yakın 51.23 N/cm² değeri ile aralarında anlamlı farkın olmadığı D3'te tespit edilmiştir.

D3 ekmek formülasyonunda 19.8 g karnıyarık otu tozu kullanılmıştır. 72'nci saat ekmekler incelediğinde deneme ekmeklerin sertlik değerleri 45.98 N/cm² ile 159.80 N/cm² arasında ve ortalama değerlerinin 89.90 N/cm² olduğu görülmüştür. Kontrol ekmeğinin 72'nci saat sertlik değeri ise ortalama 67.46 N/cm² olarak ölçülmüştür. Un karışımı eklenen ekmekler 72'nci saat kontrol ekmeği ile D2, D4, D5, D6, D7, D8, D9 ekmekleri arasında sertlik değerinde anlamlı bir fark tespit edilmiştir (p<0.05). Ekmeklerde 72'nci saat ortalama sertlik değerleri sırasıyla D2 115.15 N/cm², D4 85.80 N/cm², D5 81.54 N/cm², D6 106.20 N/cm², D7 96.46 N/cm², D8 104.19 N/cm², D9 127.57 N/cm². 72'nci saat sertlik değeri ortalama olarak kontrol ekmeğine en yakın 71.01 N/cm² değeri ile aralarında anlamlı farkın olmadığı D1 tespit edilmiştir.

D1 ekmek formülasyonunda 19.8 g maya ekstraktı kullanılmıştır. Formülasyonları değişik hazırlanan açık karabuğday unu, açık karabuğday unu ve ksantan gam, açık karabuğday unu ve açık karabuğday unu-chia unu-ksantan gam, ruşeym unu, ruşeym unu-ksantan gam, ruşeym unu ile elde edilen ekmekler yapılarak sertlik değerleri kıyaslanmıştır ekmek sertlik değerleri 5.06 N/cm² ile 12.65 N/cm² arasındadır (Coronel ve ark., 2021). Çalışmada üretilen sonuçlara göre ise ekmek sertlik değerlerinin 9.81 N/cm² ile 53.88 N/cm² arasında ve ortalama değerlerinin 25.53 N/cm² olduğu görülmüştür. Literatürde olan ekmek sonuçlarına en yakın değerin kontrol ekmeğinin sertlik değeri olduğu diğer deneme ekmeklerinin literatür değerinin üzerinde sertlik değerinde oldukları görülmüştür.

Farklı bir çalışmada kontrol ekmeği buğday unu ile yapılan ekmek olarak değerlendirilmiş ve nohut unu -tapyoka unu karışımı ile glütensiz ekmek yapılmış, nohut unu-tapyoka unu karışımına sırasıyla %10, %20 ve %30 peynir altı suyu proteini eklenerek yapılmış ve sertlik değerleri kontrol ekmeği ile kıyaslanmıştır. Sertlik değerleri sonuçları 4.80 N/cm² ile 28.42 N/cm² arasındadır. Bu çalışmadaki verileri incelediğimizde kontrol ekmeği 4.80 N/cm² değeri ile en yumuşaktır. Diğer ekmeklerin sertlik değerleri artarak yükselmiştir (Komerovski ve ark., 2021).

Çalışmada üretilen ekmek sertlik değerlerinin ise 9.81-53.88 N/cm² arasında ve ortalama değerlerinin 25.53 N/cm² olduğu görülmüştür. Bu çalışmada, yapılan çalışmada üretilen sonuçlarına göre benzer olarak kontrol ekmeği sertlik değeri en düşük en yumuşaktır fakat deneme ekmeklerinin sertlik değeri giderek artmaktadır. Literatürde yapılan ekmek sonuçlarında sertlik değeri daha düşük ve daha yumuşak ekmekler yapılmıştır.

Çizelge 4.1. Ekmeklerin sertlik değerleri (N/cm²)

Süre (Saat)	Formülasyon	Ortalama	Standart Sapma	Min.	Mak.	Ortanca Değeri	p değeri	
0	K	10.48	0.55	9.81	11.15	10.48		
	D1	20.28	1.45	18.51	22.05	20.28	K-D1	0.019
	D2	15.90	2.89	12.36	19.44	15.90	K-D2	0.019
	D3	16.25	1.27	14.70	17.80	16.25	K-D3	0.019
	D4	20.12	4.97	14.03	26.21	20.12	K-D4	0.019
	D5	34.77	2.00	32.32	37.21	34.77	K-D5	0.019
	D6	31.92	0.69	31.07	32.77	31.92	K-D6	0.019
	D7	31.92	0.69	31.07	32.77	31.92	K-D7	0.019
	D8	26.70	0.68	25.87	27.53	26.70	K-D8	0.019
	D9	44.75	7.46	35.61	53.88	44.75	K-D9	0.019
	D10	27.75	0.73	26.85	28.64	27.75	K-D10	0.019
24	K	37.85	4.86	32.05	42.54	38.41		
	D1	32.71	5.77	24.59	38.06	34.09	K-D1	0.248
	D2	86.50	16.29	62.19	96.41	93.70	K-D2	0.021
	D3	33.52	5.09	25.93	36.72	35.71	K-D3	0.386
	D4	28.12	6.94	20.14	35.16	28.59	K-D4	0.083
	D5	45.21	1.39	43.70	46.90	45.13	K-D5	0.021
	D6	66.19	11.12	58.45	82.69	61.81	K-D6	0.021
	D7	65.67	4.67	59.81	69.91	66.47	K-D7	0.021
	D8	56.39	11.29	43.23	70.54	55.89	K-D8	0.021
	D9	68.67	1.86	67.28	71.35	68.02	K-D9	0.021
	D10	55.95	4.94	49.07	59.75	57.49	K-D10	0.021

Çizelge 4.1. (Devam) Ekmeklerin sertlik değerleri (N/cm²)

Süre (Saat)	Formülasyon	Ortalama	Standart Sapma	Min.	Mak.	Ortanca Değeri	p değeri	
48	K	58.36	7.20	51.33	67.73	57.19		
	D1	52.29	7.47	45.11	60.00	52.02	K-D1	0.386
	D2	95.93	25.08	61.30	121.10	100.66	K-D2	0.043
	D3	51.23	2.80	48.37	53.67	51.43	K-D3	0.083
	D4	43.50	6.24	37.90	50.67	42.72	K-D4	0.021
	D5	55.49	2.47	52.10	57.80	56.02	K-D5	0.773
	D6	76.94	3.39	72.58	80.86	77.16	K-D6	0.021
	D7	89.17	4.78	82.25	92.88	90.78	K-D7	0.021
	D8	90.79	5.64	83.96	97.61	90.80	K-D8	0.021
	D9	90.76	11.39	76.81	104.70	90.76	K-D9	0.020
	D10	64.26	3.69	61.40	69.47	63.09	K-D10	0.149
72	K	67.46	11.27	52.45	77.12	70.14		
	D1	71.01	11.81	60.99	88.12	67.46	K-D1	0.772
	D2	115.15	6.45	108.90	124.20	113.75	K-D2	0.021
	D3	57.55	15.59	45.98	78.97	52.62	K-D3	0.384
	D4	85.80	0.73	84.90	86.69	85.80	K-D4	0.020
	D5	81.54	4.34	78.70	87.90	79.78	K-D5	0.021
	D6	106.20	0.41	105.70	106.70	106.20	K-D6	0.020
	D7	96.46	0.36	96.01	96.90	96.46	K-D7	0.020
	D8	104.19	2.55	101.49	107.61	103.83	K-D8	0.021
	D9	127.57	26.66	96.38	159.80	127.05	K-D9	0.021
	D10	75.99	0.00	75.99	75.99	75.99	K-D10	0.219

4.2. Ekmek Spesifik Hacim Değerleri

Spesifik hacim genel olarak müşterilerin ekmek seçerken dikkat ettikleri en önemli fiziksel özelliklerden biridir. Bu nedenle ekmek kalitesini değerlendirmede kullanılan en önemli parametrelerden birini oluşturmaktadır (Hager ve Arendt, 2013). Ekmeğin spesifik hacmini en iyi şekilde tanımlayan doğrusal bir modeldir (Çizelge 4.2). Ekmeğin özgül hacmi (cm³/g), bulgur taneleri yer değiştirme yöntemiyle yapılmıştır.

Spesifik hacim (hacim-kütle oranı) (cm³/g) aşağıdaki şekilde hesaplandı:

$$\text{Spesifik hacim (cm}^3/\text{g)} = \frac{\text{Ekmek Hacmi}}{\text{Ekmek ağırlığı}} \quad (4.2.)$$

Maya ekstraktı, karnıyarık otu tozu ve keten tohumu unu içeren ekmeklerin spesifik hacim değerleri 3.23-4.4 g/cm³ arasında değişiklik gösterirken, kontrol ekmeğinin spesifik hacim değeri 3.92 g/cm³ olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.2).

Maya ekstraktı, karnıyarık otu tozu ve keten tohumu unu içeren formülasyonda en düşük spesifik hacim değerine sahip formülasyon 3.48 g/cm³ değeri ile D2 olduğu görülmektedir. D2 formülasyonunda 19.8 g keten tohumu unu içermektedir. D2 ile kontrol ekmeği karşılaştırıldığı zaman aralarında anlamlı fark olduğu tespit edilmiştir (p<0.05). Değişik reçetelerle hazırlanan tatlı patates, tapyoka nişastası ve sorgum unları ile yapılan bir çalışmada 2.45-3.1 g/cm³ arasında spesifik hacim değerleri tespit edilmiştir (Monthe ve ark., 2019).

Farklı bir çalışmada mısır unu, pirinç unu, teff unu ve karabuğday unu ile yapılan glütensiz ekmeklerde sırasıyla 1.33 g/cm³, 1.80 g/cm³, 1.69 g/cm³, 1.60 g/cm³ spesifik hacim değerleri ölçülmüştür (Anna-Sophie ve Elke, 2013).

Çizelge 4.2. Ekmek spesifik hacim değerleri¹ (g/cm³)

Formülasyon	Ortalama	Standart Sapma	Min.	Mak.	Ortanca Değeri	p değeri	
K	3.920	0.034	3.880	3.980	3.915		
D1	3.915	0.082	3.760	3.980	3.950	K-D1	0.574
D2	3.487	0.129	3.300	3.610	3.525	K-D2	0.004
D3	3.858	0.179	3.590	4.150	3.865	K-D3	0.065
D4	3.877	0.455	3.240	4.400	3.865	K-D4	0.337
D5	3.758	0.292	3.310	4.080	3.800	K-D5	0.470
D6	3.673	0.248	3.410	4.080	3.655	K-D6	0.055
D7	3.758	0.237	3.400	4.040	3.800	K-D7	0.262
D8	3.863	0.209	3.610	4.220	3.840	K-D8	0.335
D9	3.667	0.334	3.230	4.230	3.620	K-D9	0.054
D10	3.758	0.092	3.660	3.880	3.730	K-D10	0.005

¹Her bir analizde 1 örnek 6 paralel olarak toplam 66 analiz yapılmıştır.

4.3. Ekmeklerin Renk Değerleri

Ekmek alırken rengi genel olarak müşterilerin dikkat ettikleri en önemli fiziksel özelliklerden biridir. Pişirme koşulları, sıcaklık, ısı transfer modu, bağıl nem, hamurun amino asit, su içeriği, pH ve indirgeyici şekerlerin varlığı gibi fizikokimyasal özellikler renk değerlerini etkileyen parametrelerdir (Esteller ve Lannes, 2008). Yapılan çalışmaları incelediğimizde arpa lifi ve mısır ile zenginleştirilmiş glütensiz ekmeklerin büyük oranda daha koyu ekmek içi ve kabuk rengine sahip oldukları gözlemlenmiştir. Ekmek içi yeterince yüksek sıcaklığa ulaşamaz ve eklenen lifin rengine benzer fakat kabuk rengi şekerin karamelize edilmesinde ve Maillard reaksiyonunda etkilenir (Gómez ve ark., 2003). Yapılan çalışmada renk ölçüm cihazı ile renk analizi yaparak L^* , a^* , b^* ve ΔE değerleri tespit edilmiştir. Maya ekstraktı, karnıyarık otu tozu ve keten tohumu unu ile yapılan glütensiz ekmeğin hem iç renginde hem de kabuk renginde beklendiği gibi önemli değişikliklere neden olmuştur ($p<0.05$). Kontrol ekmeğinin ekmek içi L^* değeri 61.28 olarak bulunmuş ekmek içi rengi normal açıklıkta renktedir. Deneme ekmeklerinin ekmek içi L^* değeri 50.61–79.46 arasında bulunmuş ekmek içi rengi kontrol ekmeğine kıyasla formülasyondan dolayı daha açık ve daha koyudur (Çizelge 4.3). Deneme ekmeklerini kontrol ekmeği ile karşılaştırıldığında ekmek içi L^* değeri D1, D2, D5, D7, D8, D9 ve D10 ekmeklerinde anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p<0.05$). Deneme 10 (D10) formülasyonunda yapılan ekmek diğer ekmeklere göre daha açık renktedir. D10 formülasyonunda 13.2 g karnıyarık otu tozu, 3.3 g maya ekstraktı ve 3.3 g keten tohumu unu bulunmaktadır. Ekmek içi a^* değerleri ekmek içerisinde kırmızımsı bir renk ($+a^*$) eğilimi, negatif yeşilimsi ($-a^*$) eğilimi göstermektedir. Kontrol ekmeği deneme ekmeklerine göre iç rengi -0.528 bulunarak yeşilimsi özellikte tespit edilmiştir. Deneme ekmeklerimizin iç rengi ise 0.350–3.69 aralığında ölçülmüştür. Deneme ekmeklerini kontrol ekmeği ile karşılaştırıldığında ekmek içi a^* değeri D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9 ve D10 ekmeklerinde anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p<0.05$). Ekmek içi b^* değeri kontrol ekmeği ve denemeler arasında kıyaslandığında kontrol ekmeğinin ekmek içi b^* değeri 13.875 ölçülmüştür. Deneme ekmeklerimizin iç rengi ise 13.66–21.82 aralığında ölçülmüştür. Deneme ekmeklerini kontrol ekmeği ile karşılaştırıldığında ekmek içi b^* değeri D1, D2, D4, D5, D6, D7, D8, D9 ve D10 ekmeklerinde anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p<0.05$). D3 formülasyonunda yapılan ekmek ile kontrol ekmeği arasında anlamlı bir fark yoktur ($p>0.05$). D3 b^* değeri 14.56 ile kontrol ekmeği

değerine yakın bir değerdir (Çizelge 4.3). D3 formülasyonunda 19.8 g karnıyarık otu tozu bulunmaktadır. Kontrol ekmeğinin kabuk L* değeri 64.89 olarak bulunmuş ekmek kabuk rengi (L* değeri) normal açıklıkta renktedir. Deneme ekmeklerin kabuk L* değeri 43.76–78.88 arasında bulunmuş ekmek içi rengi kontrol ekmeğine kıyasla formülasyondan dolayı daha açık ve daha koyudur. Deneme ekmeklerini kontrol ekmeği ile karşılaştırıldığında ekmek kabuk L* değeri D1, D2, D4, D5, D8, D9 ve D10 ekmeklerinde anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p<0.05$). D3, D6, D7 ekmeklerinin L* değeri sırasıyla 63.46–64.59–68.10 değerindedir ve kontrol ekmeği değerine çok yakındır bu nedenle aralarında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$). D3 formülasyonunda 19.8 g karnıyarık otu tozu, D6 formülasyonunda 9.9 g keten tohumu unu ve 9.9 g karnıyarık otu tozu, deneme 7 (D7) formülasyonunda 6.6 g maya ekstraktı, 6.6 g karnıyarık otu tozu ve 6.6 g keten tohumu unu bulunmaktadır. Ekmek kabuk a* değerleri ise ekmek kabuk kırmızimsı bir renk (+a*) eğilimi göstermektedir. Kontrol ekmeği kabuk rengi (a* değeri) 4.13 bulunarak deneme ekmeklerinin kabuk rengine göre daha açık bir renk tespit edilmiştir. Deneme ekmeklerinin kabuk rengi (a* değeri) 3.49 –14.46 aralığında kırmızimsı özellikte tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). Deneme ekmeklerini kontrol ekmeği ile karşılaştırıldığında ekmek kabuk a* değeri D1, D4, D5, D7, D8, D9 ve D10 ekmeklerinde anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p<0.05$). D2, D3, D6 ekmeklerinin a* değeri sırasıyla 5.57–4.38–5.22 değerindedir ve kontrol ekmeği değerine çok yakındır bu nedenle aralarında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$). D3 formülasyonunda 19.8 g karnıyarık otu tozu, D6 formülasyonunda 9.9 g keten tohumu unu ve 9.9 g karnıyarık otu tozu, D2 formülasyonunda 19.8 g keten tohumu unu bulunmaktadır. Ekmek kabuk b* değeri kontrol ekmeği ve deneme ekmekleri arasında kıyaslandığında kontrol ekmeğinin kabuk b* değeri 32.74 ölçülmüştür. Deneme ekmeklerimizin kabuk b* değeri 21.41 – 44.48 aralığında ölçülmüştür. Deneme ekmeklerini kontrol ekmeği ile karşılaştırıldığında ekmek kabuk b* değeri D1, D3, D4, D5, D7, D8 ve D10 ekmeklerinde anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p<0.05$). D2, D6, D9 ekmeklerinin b* değeri sırasıyla 31.25 29.61–34.43 değerindedir ve kontrol ekmeği değerine çok yakındır bu nedenle aralarında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Deneme 9 (D9) formülasyonunda 13.2 g keten tohumu unu, 3.3 g maya ekstraktı, 3.3 g karnıyarık otu tozu, D6 formülasyonunda 9.9 g keten tohumu unu ve 9.9 g karnıyarık otu tozu, D2 formülasyonunda 19.8 g keten tohumu unu bulunmaktadır. Farklı reçetelerle

hazırlanan bir çalışmada glütensiz ekmek üretiminde ançhüz ve mısır unu kullanılarak glütensiz ekmekler yapılmıştır. Glütensiz ekmek yapımında %100 mısır unu kullanıldığında glütensiz ekmek kabuk L* değeri 76.6 ölçülmüştür. Mısır ununa %10, %20, %30 ve %40 ançhüz eklenip denemeler yapılarak ekmek kabuk L* değerleri sırasıyla 57.2, 47.1, 39.0, ve 33.9 olarak ölçülmüştür. Anlaşıldığı üzere ançhüz oranı arttıkça ekmek kabuk renginde koyuluk miktarı artmaktadır (Yılmaz ve Koca, 2020). Çalışmada tespit edilen sonuçlar ile karşılaştırıldığında birbirine yakın sonuçlar tespit edilmiştir. Deneme ekmeklerinin kabuk rengi (L* değeri) kontrol ekmeğine göre açık ve koyu olarak değişmektedir. Kontrol ekmeğinin kabuk rengi (L* değeri) 64.89 ölçülmüştür. Deneme ekmeklerinin kabuk rengi (L* değeri) ise 43.76 – 71.96 arasında ölçülmüştür. Glütensiz ekmek yapımında %100 mısır unu kullanıldığında glütensiz ekmek kabuk 5.3 olarak ölçülmüştür. Mısır ununa %10, %20, %30 ve %40 ançhüz eklenip denemeler yapılarak ekmek kabuk a* değerleri sırasıyla 8.9–12.5–17.6–18.8 olarak ölçülmüştür (Yılmaz ve Koca, 2020). Çalışmada üretilen sonuçlara göre ekmek kabuk rengi a* değeri 4.13 olarak ölçülmüştür. Deneme ekmeklerinin kabuk rengi ise 3.010–14.46 arasında ölçülmüştür. Çalışmada tespit edilen sonuçlar ile bu çalışma karşılaştırıldığında ekmek kabuk a* değerleri katılan hammaddelerin oranlarına göre değiştiğini göstermektedir. Glütensiz ekmek yapımında %100 mısır unu kullanıldığında glütensiz ekmek kabuk rengi b* değeri 35.9 ölçülmüştür. Mısır ununa %10, %20, %30 ve %40 ançhüz eklenip denemeler yapılarak ekmek kabuk rengi b* değerleri sırasıyla 37.5–45.1–46.1–43.0 olarak ölçülmüştür (Yılmaz ve Koca, 2020). Kontrol ekmeğinin kabuk rengi b* değeri 32.74 olarak ölçülmüştür. Deneme ekmeklerin kabul rengi b* değerleri sonucu 21.41–44.48 arasında ölçülmüştür. Bu çalışmada yüzdesel oran artışında b* değerlerinde artış gözlenmektedir.

Çizelge 4.3. Ekmek içi ve kabuklarının L*, a*, b* ve ΔE^* değerleri²

Renk Analiz Değerleri	Formülasyon	Ortalama	Standart Sapma	Min.	Mak.	Ortanca Değeri	p değeri	
Kabuk rengi (L)	K	64.893	4.031	57.000	67.680	62.520		
	D1	45.768	1.737	43.760	48.460	44.420	K-D1	0.004
	D2	57.763	5.596	46.460	61.290	55.858	K-D2	0.037
	D3	63.468	1.262	61.830	64.980	62.475	K-D3	0.109
	D4	53.218	4.462	44.440	56.300	50.928	K-D4	0.004
	D5	55.130	1.987	52.730	57.040	53.270	K-D5	0.006
	D6	64.590	2.265	61.670	67.310	62.128	K-D6	0.378
	D7	68.105	3.632	63.320	73.230	64.798	K-D7	0.262
	D8	72.485	6.505	61.140	78.880	67.538	K-D8	0.037
	D9	73.740	3.914	69.530	78.280	69.740	K-D9	0.004
	D10	69.913	2.059	67.460	71.960	67.625	K-D10	0.008
	Toplam	62.643	9.096	43.760	78.880	56.608		
Kabuk rengi (a)	K	4.137	1.052	3.010	5.630	3.475		
	D1	14.203	0.211	13.890	14.460	14.003	K-D1	0.004
	D2	5.573	1.352	3.490	7.250	4.428	K-D2	0.127
	D3	4.388	0.221	4.150	4.730	4.165	K-D3	0.336
	D4	11.163	0.958	10.460	12.910	10.468	K-D4	0.004
	D5	11.338	0.564	10.830	12.370	10.890	K-D5	0.004
	D6	5.222	0.893	4.140	6.570	4.373	K-D6	0.109
	D7	12.477	1.752	10.040	14.450	10.985	K-D7	0.004
	D8	10.432	2.976	7.470	14.040	7.830	K-D8	0.004
	D9	9.028	1.932	6.500	10.890	6.733	K-D9	0.004
	D10	10.867	1.187	9.180	12.390	9.923	K-D10	0.004
	Toplam	8.984	3.649	3.010	14.460	5.250		
Kabuk rengi (b)	K	32.748	0.946	31.450	33.930	31.840		
	D1	39.295	1.093	37.210	40.080	38.545	K-D1	0.004
	D2	31.257	1.355	29.510	32.780	30.193	K-D2	0.078
	D3	24.750	2.164	21.410	27.350	22.820	K-D3	0.004
	D4	37.703	1.427	35.200	39.000	36.475	K-D4	0.004
	D5	37.417	0.678	36.820	38.720	36.955	K-D5	0.004
	D6	29.610	2.112	26.560	33.000	28.120	K-D6	0.016
	D7	36.773	0.383	36.220	37.220	36.430	K-D7	0.004
	D8	36.322	1.974	34.680	39.920	34.935	K-D8	0.004
	D9	34.435	2.201	30.930	37.270	32.453	K-D9	0.150
	D10	36.725	3.997	34.030	44.480	34.083	K-D10	0.004

Çizelge 4.3. (Devam) Ekmek içi ve kabuklarının L*, a*, b* ve ΔE^* değerleri

Renk Analiz Değerleri	Formülasyon	Ortalama	Standart Sapma	Min.	Mak.	Ortanca Değeri	p değeri	
Kabuk ΔE	K	3.235	2.390	1.390	8.010	2.043		
	D1	22.625	1.314	20.630	23.870	21.553	K-D1	0.004
	D2	7.662	5.538	4.320	18.840	4.643	K-D2	0.037
	D3	8.232	2.071	6.230	11.550	6.275	K-D3	0.016
	D4	14.727	3.845	12.230	22.390	12.515	K-D4	0.004
	D5	13.068	1.568	11.430	15.240	11.520	K-D5	0.004
	D6	4.300	1.234	3.380	6.650	3.440	K-D6	0.055
	D7	10.448	0.822	9.470	11.320	9.545	K-D7	0.004
	D8	12.425	1.372	11.110	14.560	11.118	K-D8	0.004
	D9	10.973	2.358	7.910	13.660	8.570	K-D9	0.006
	D10	10.035	2.086	8.590	14.180	8.740	K-D10	0.004
İç rengi (L)	K	61.287	3.106	57.420	65.030	58.823		
	D1	55.817	2.898	52.070	59.540	52.828	K-D1	0.025
	D2	56.163	3.517	50.610	61.060	53.265	K-D2	0.025
	D3	61.233	1.452	59.940	63.890	60.173	K-D3	0.873
	D4	58.387	4.284	52.460	63.450	53.660	K-D4	0.262
	D5	65.250	1.920	62.460	67.160	63.030	K-D5	0.025
	D6	64.318	2.215	60.430	66.270	62.493	K-D6	0.078
	D7	75.895	2.021	73.190	79.460	74.765	K-D7	0.004
	D8	76.507	1.867	73.700	78.760	74.870	K-D8	0.004
	D9	74.385	2.246	71.550	77.140	72.060	K-D9	0.004
	D10	77.623	0.801	76.160	78.510	77.075	K-D10	0.004
İç rengi (a)	K	-0.528	0.170	-0.720	-0.300	-0.668		
	D1	1.388	0.183	1.110	1.620	1.260	K-D1	0.004
	D2	2.663	0.195	2.380	2.900	2.463	K-D2	0.004
	D3	2.893	0.196	2.660	3.090	2.698	K-D3	0.004
	D4	2.197	0.087	2.090	2.330	2.113	K-D4	0.004
	D5	1.795	0.088	1.640	1.900	1.745	K-D5	0.004
	D6	2.440	0.083	2.300	2.510	2.360	K-D6	0.004
	D7	2.955	0.135	2.720	3.140	2.885	K-D7	0.004
	D8	2.653	0.258	2.420	3.120	2.443	K-D8	0.004
	D9	2.843	1.245	0.350	3.690	2.338	K-D9	0.004
	D10	3.107	0.183	2.840	3.310	2.930	K-D10	0.004
İç rengi (b)	K	13.875	0.379	13.320	14.400	13.553		
	D1	20.038	0.982	18.690	21.310	18.960	K-D1	0.004
	D2	15.647	0.554	15.010	16.360	15.160	K-D2	0.004
	D3	14.560	0.858	13.660	15.920	13.855	K-D3	0.128
	D4	17.610	0.525	16.970	18.210	17.000	K-D4	0.004
	D5	18.958	0.524	18.430	19.720	18.445	K-D5	0.004
	D6	15.805	0.453	15.180	16.310	15.323	K-D6	0.004
	D7	18.475	0.452	18.030	19.280	18.195	K-D7	0.004
	D8	20.065	0.949	19.220	21.820	19.228	K-D8	0.004
	D9	17.718	0.576	17.270	18.760	17.278	K-D9	0.004
	D10	17.653	0.463	16.750	18.000	17.433	K-D10	0.004

Çizelge 4.3. (Devam) Ekmek içi ve kabuklarının L*, a*, b* ve ΔE^* değerleri

Renk Analiz Değerleri	Formülasyon	Ortalama	Standart Sapma	Min.	Mak.	Ortanca Değeri	p değeri	
İç ΔE^*	K	2.630	1.231	0.840	3.920	1.643		
	D1	8.805	1.505	6.990	10.770	7.343	K-D1	0.004
	D2	6.625	2.750	3.230	11.320	4.933	K-D2	0.016
	D3	3.782	0.580	3.280	4.900	3.415	K-D3	0.200
	D4	6.462	2.067	4.650	9.750	4.950	K-D4	0.004
	D5	6.990	1.258	5.240	7.930	5.450	K-D5	0.004
	D6	5.023	0.938	3.650	5.960	4.018	K-D6	0.010
	D7	15.720	1.916	13.090	19.080	14.860	K-D7	0.004
	D8	16.788	1.497	15.180	18.790	15.263	K-D8	0.004
	D9	14.157	1.878	12.040	16.720	12.100	K-D9	0.004
	D10	17.165	0.726	15.880	17.980	16.660	K-D10	0.004

²Her bir analizde 1 örnek 6 paralel olarak toplam 528 analiz yapılmıştır.

4.4. Ekmeklerin Nem, Kül, Pişme Kaybı ve Yükseklik Değerleri

Farklı oranlarda un karışımları kullanılarak elde edilen glütensiz kontrol ve deneme ekmeklerinin nem analiz sonuçları verilmiştir (Çizelge 4.4). Pişirme adımından 6 saat sonra alınan örneklerdeki kuru madde miktarları ölçülerek hesaplanan nem % değerlerini incelediğimizde, %38.35 nem değeri ile en yüksek nem değeri D3 formülasyonu ile yapılan ekmek, en düşük nem değeri %25.27 nem değeri ile D1 formülasyonu ile yapılan ekmektir. D3 formülasyonunda 19.8g karnıyarık otu tozu bulunurken, D1 de 19.8g maya ekstraktı bulunmaktadır. Karnıyarık otu tozu kimyasal maddeler içermeyen %80 lif içeriğine sahip organik bir tozdur. Lif içeriği fazla olduğu için ekmek yapımında fazla suyu emmektedir. Glüten kullanılmayan hamurlarda bağlayıcılığı arttırmak, ıslaklığı gidererek kıvam ve hacim arttırmaya yardımcı olmaktadır (Karapınar Keserli, 2022).

Sabanis ve ark., (2009), yaptığı bir çalışmada lif katkısı olan glütensiz ekmeklerin nem değerini tez çalışmaları sonucundaki değerlerle paralel şekilde %47.42 ile %53.34 arasında ölçülmüştür. Farklı çalışmalar incelediğinde de glütensiz ekmek nem değerleri örnekte verilen rakamlara yakın aralıkta tespit edilmiştir (Bernardi ve ark., 2010; Gallagher, Kunkel, ve ark., 2003; Sabanis ve ark., 2008). Çalışmada üretilen sonuçlara göre ise %25.27 ile %38.25 nem % değeri ile literatürde yapılan glütensiz ekmeklerden daha sert ekmekler yapıldığı görülmüştür.

Farklı oranlarda un karışımları kullanılarak elde edilen glütensiz ekmeklerin kül değerleri verilmiştir (Çizelge 4.4). Hesaplanan kül % değerlerini incelediğimizde, %3.88 kül değeri ile en yüksek kül değeri D2 formülasyonu ile yapılan ekmek, en düşük kül değeri %0.01 kül değeri ile D1 formülasyonu ile yapılan ekmektir. D2 formülasyonunda 19.8 g keten tohumu unu bulunurken, D1 de 19.8 g maya ekstraktı bulunmaktadır. Örneklerin kül değerleri keten tohumu ununun eklendiği glütensiz ekmeklerin keten tohumu ununun eklenmesiyle artmıştır. Keten tohumu % 40-45 yağ (Yuksel ve ark., 2014), % 20-25 protein (Rabetafika ve ark., 2011), % 28 diyet lifi (Ramcharitar ve ark., 2005) içermektedir.

Çalışmada tespit edilen sonuçlara benzer şekilde Iglesias-Puigr ve ark., (2015), yaptığı çalışmada; buğday unu kullanılan ekmeklere kinoa ununun eklenmesine bağlı olarak kül değerinin arttığı bildirilmiştir.

Farklı oranlarda un karışımları kullanılarak elde edilen glütensiz ekmeklerin pişme kaybı değerleri verilmiştir (Çizelge 4.4). Pişme öncesi ve sonrası ölçüm değerleri alınarak hesaplanan pişme kaybı % değerlerini incelediğinde, %15.10 pişme kaybı değeri ile en yüksek pişme kaybı değeri D10 formülasyonu ile yapılan ekmek, en düşük pişme kaybı değeri %10.74 pişme kaybı değeri ile D5 formülasyonu ile yapılan ekmektir. D5 formülasyonunda 9.9 g maya ekstraktı, 9.9 g karnıyarık otu tozu bulunurken, D10'da 13.2 g karnıyarık otu tozu, 3.3 g keten tohumu unu, 3.3 g maya ekstraktı bulunmaktadır.

Aguilar ve ark., (2015), yaptıkları bir çalışma ile glütensiz ekmek denemelerinde, yer badem sütünün ve yan ürünlerinin soya unu ve yer badem ununa göre pişme kaybının daha düşük olduğu bildirilmiştir. Sebebi ise yer badem sütünün ve yan ürünlerinin fazla miktarda diyet lif içermesi ve diyet liflerin su tutma kapasitesini arttırmasıdır. Bu durumda ekmeklerdeki pişme kaybı azalır. Ek olarak, ekmek hamurunun ilk durumdaki su oranı pişme kaybını kısmen açıklamaktadır.

Farklı oranlarda un karışımları kullanılarak elde edilen glütensiz ekmeklerin yükseklik değerleri incelendiğinde, 54.20 cm ile yükseklik değeri ile en yüksek yükseklik değeri

kontrol ekmeği, en düşük 38.50 cm ile yükseklik değerleri ile D2 ve D6 formülasyonlarıyla yapılan ekmektir. D2 formülasyonunda 19.8 g keten tohumu unu bulunurken, D6 formülasyonunda 9.9 g keten tohumu unu, 9.9 g karnıyarık otu tozu bulunmaktadır. Hoseney, (1994), yaptıkları bir çalışma ile kenevir proteini kullanılarak hazırlanmış hamurların, buğday unu kullanılarak hazırlanmış hamurlara göre özelliklerinin daha benzer olduğu ve yüksekliği daha fazla olan ekmeklerin yapıldığını bildirmişlerdir.

Çizelge 4.4. Ekmek nem, kül, pişme kaybı ve yükseklik deđerleri³ (%)

Nem, Kül, Pişme Kaybı ve Yükseklik Değerleri	Formülasyon	Ortalama	Standart Sapma	Min.	Mak.	Ortanca Değer	p değer	
Nem	K	1.606	0.136	1.466	1.737	1.614		
	D1	1.361	0.041	1.314	1.392	1.379	K-D1	0.050
	D2	1.493	0.033	1.467	1.530	1.482	K-D2	0.513
	D3	1.913	0.007	1.905	1.917	1.916	K-D3	0.050
	D4	1.426	0.098	1.358	1.538	1.381	K-D4	0.127
	D5	1.696	0.045	1.646	1.731	1.713	K-D5	0.513
	D6	1.712	0.100	1.608	1.808	1.721	K-D6	0.513
	D7	1.500	0.151	1.368	1.665	1.468	K-D7	0.513
	D8	1.463	0.036	1.423	1.493	1.474	K-D8	0.275
	D9	1.443	0.045	1.392	1.476	1.461	K-D9	0.127
	D10	1.749	0.160	1.644	1.933	1.669	K-D10	0.275
Kül	K	0.022	0.003	0.019	0.024	0.023		
	D1	0.019	0.017	0.000	0.029	0.028	K-D1	0.513
	D2	0.045	0.028	0.027	0.078	0.031	K-D2	0.050
	D3	0.023	0.001	0.022	0.024	0.023	K-D3	0.827
	D4	0.024	0.000	0.023	0.024	0.024	K-D4	0.658
	D5	0.023	0.000	0.022	0.023	0.023	K-D5	0.513
	D6	0.023	0.003	0.021	0.027	0.022	K-D6	0.827
	D7	0.024	0.000	0.024	0.025	0.024	K-D7	0.050
	D8	0.023	0.000	0.023	0.023	0.023	K-D8	0.827
	D9	0.023	0.000	0.023	0.023	0.023	K-D9	0.507
	D10	0.021	0.000	0.021	0.022	0.021	K-D10	0.513

Çizelge 4.4. (Devam) Ekmek nem, kül, pişme kaybı ve yükseklik değerleri (%)

Nem, Kül, Pişme Kaybı ve Yükseklik Değerleri	Formülasyon	Ortalama	Standart Sapma	Min.	Mak.	Ortanca Değeri	p değeri	
Pişme Kaybı	K	19.586	0.550	18.640	20.540	19.700		
	D1	20.054	0.488	19.310	20.610	20.230	K-D1	0.043
	D2	18.272	0.766	16.900	19.460	18.200	K-D2	<0.001
	D3	19.575	0.654	18.320	20.560	19.580	K-D3	0.999
	D4	20.222	0.631	19.140	21.830	20.240	K-D4	0.015
	D5	16.994	0.529	16.050	17.860	17.140	K-D5	<0.001
	D6	18.653	0.537	17.970	19.610	18.530	K-D6	0.001
	D7	19.398	0.946	17.860	20.860	19.330	K-D7	0.663
	D8	19.978	0.652	18.910	20.960	20.080	K-D8	0.118
	D9	18.733	0.594	18.020	19.960	18.550	K-D9	0.002
	D10	21.158	0.707	19.720	22.740	21.280	K-D10	<0.001
Yükseklik	K	53.000	0.611	51.700	54.200	53.100		
	D1	46.000	0.374	45.400	46.700	46.000	K-D1	<0.001
	D2	40.005	0.941	38.500	41.660	39.800	K-D2	<0.001
	D3	40.000	0.438	39.200	40.800	40.100	K-D3	<0.001
	D4	46.500	0.838	45.000	48.000	46.500	K-D4	<0.001
	D5	40.000	0.658	39.000	41.000	40.000	K-D5	<0.001
	D6	39.000	0.286	38.500	39.500	39.000	K-D6	<0.001
	D7	45.500	0.503	44.500	46.500	45.500	K-D7	<0.001
	D8	44.000	0.456	43.400	44.700	44.000	K-D8	<0.001
	D9	46.000	0.374	45.400	46.700	46.000	K-D9	<0.001
	D10	46.500	0.926	44.500	48.500	46.500	K-D10	<0.001

³Nem ve kül analizlerinde 1 örnek 3 paralel olarak toplam her birinde 33 analiz yapılmıştır. Pişme kaybı ve yükseklik 1 örnek 13 paralel olarak toplam her birinden 143 analiz yapılmıştır.

4.5. Ekmeklerin Fonksiyonel Özellikleri

İnsan vücudunda antioksidanlar, gıda ürünlerinde ve bitkilerde oksitlenme sürelerini engelleyen veya önleyen maddelerdir. Antioksidan kapasitesi pH, sıcaklık, çözücü türü ve bunun gibi daha pek çok etken ile gösterilebilir, bu nedenle sadece bir etken ile net şekilde anlaşılamaz (Adjei-Duodu, 2015). Antioksidan kapasite değerinin yorumlanabilmesi için genelde kullanılabilecek yöntemler arasından biride DPPH metodu yoluyla antioksidanların DPPH ile reaksiyona girmesiyle dönüşmeleridir (Ajila ve ark., 2008).

Yan ürünlerle ilgili uygulanan bir çalışmayı değerlendirdiğimizde; buriti meyvesinin yan ürünlerinden olan un ve diyet lifin doğal antioksidan kaynağı olduğu gözlemlenmiştir. Toplam antioksidan kapasitesinin FRAP ve DPPH yöntemleriyle yapılan ölçüm değerlerine göre bu unun antioksidan miktarı bulunduğu ve bu özelliğinden dolayı farklı gıdaların içerisine zenginleştirmek için eklenebileceği aktarılmıştır (Resende ve ark., 2019). Çalışmada üretilen sonuçları incelendiğinde glütensiz ekmeklerde DPPH metodu kullanarak yapılan analizde D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9 ve D10 ekmekleri ile kontrol ekmeği arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p<0.05$). En düşük değer 3418 ($\mu\text{g TE/g}$) değeri ile kontrol ekmeği olurken, en yüksek değer 3868 ($\mu\text{g TE/g}$) değeri ile deneme 8 (D8) olmuştur (Çizelge 4.5). D8 formülasyonunda 13.2 g maya ekstraktı, 3.3 g karnıyarık otu tozu, 3.3 g keten tohumu unu bulunmaktadır.

Yapılan glütensiz ekmeklerde FRAP metodu kullanarak yapılan analizde D1, D2, D4, D5, D6, D7, D8, D9 ve D10 ekmekleri ile kontrol ekmeği arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p<0.05$). D3 ekmekleriyle kontrol ekmeği aralarında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$). En düşük değer 84.58 ($\mu\text{g TE/g}$) değeri ile D3 ekmeği olurken, en yüksek değer 847.08 ($\mu\text{g TE/g}$) değeri ile D1 olmuştur. D1 formülasyonunda 19.8 g maya ekstraktı bulunurken, D3 formülasyonunda 19.8 g karnıyarık otu tozu bulunmaktadır. Yapılan glütensiz ekmeklerde fenolik madde tayininde D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9 ve D10 ekmekleri ile kontrol ekmeği arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p<0.05$). En düşük değer 239.39 $\mu\text{g GAE/g}$ değeri ile kontrol ekmeği olurken, en yüksek değer 1952.53 $\mu\text{g GAE/g}$ değeri ile D1 olmuştur (Çizelge 4.5).

D1 formülasyonunda 19.8 g maya ekstraktı bulunmaktadır. Çalışmada elde edilen bulgular değerlendirildiğinde maya ekstraktı kullanılan ekmeklerin antioksidan madde miktarının maksimum düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Maya ekstraktları genel olarak niasin, kalsiyum pantotenat ve riboflavin gibi B vitaminleri açısından zengindir (Chae ve ark., 2001; Tangüler ve Erten, 2014).

Çizelge 4.5. Ekmeklerin DPPH, FRAP ve toplam fenolik değerleri⁴

Fonksiyonel özellikler	Formülasyon	Ortalama	Standart Sapma	Min.	Mak.	Ortanca Değeri	p değeri	
DPPH (µg TE/g)	K	3460.50	34.03	3418.00	3488.00	3468.00		
	D1	3535.50	25.00	3508.00	3568.00	3533.00	K-D1	0.020
	D2	3538.00	40.00	3518.00	3598.00	3518.00	K-D2	0.017
	D3	3568.00	8.16	3558.00	3578.00	3568.00	K-D3	0.019
	D4	3628.00	31.62	3588.00	3658.00	3633.00	K-D4	0.020
	D5	3685.50	23.63	3668.00	3718.00	3678.00	K-D5	0.019
	D6	3563.00	68.56	3498.00	3648.00	3553.00	K-D6	0.020
	D7	3678.00	52.28	3628.00	3728.00	3678.00	K-D7	0.020
	D8	3835.50	37.75	3798.00	3868.00	3838.00	K-D8	0.019
	D9	3735.50	15.00	3718.00	3748.00	3738.00	K-D9	0.019
	D10	3780.50	12.58	3768.00	3798.00	3778.00	K-D10	0.019
FRAP (µg TE/g)	K	91.53	3.93	88.75	97.08	90.14		
	D1	804.38	39.73	751.25	847.08	809.58	K-D1	0.020
	D2	281.46	8.59	272.08	288.75	282.50	K-D2	0.019
	D3	95.69	8.56	84.58	105.42	96.39	K-D3	0.465
	D4	564.79	50.39	492.92	609.58	578.33	K-D4	0.020
	D5	462.71	28.74	426.25	492.92	465.83	K-D5	0.020
	D6	159.58	11.79	142.92	167.92	163.75	K-D6	0.019
	D7	407.50	15.77	397.08	430.42	401.25	K-D7	0.019
	D8	656.46	61.93	592.92	709.58	661.67	K-D8	0.019
	D9	391.87	24.38	363.75	422.08	390.83	K-D9	0.020
	D10	231.46	19.06	205.42	251.25	234.58	K-D10	0.019
Fenolik (µg GAE/g)	K	253.54	12.45	239.39	269.70	252.53		
	D1	1860.10	76.79	1792.93	1952.53	1847.47	K-D1	0.021
	D2	520.71	37.88	475.76	562.63	522.22	K-D2	0.021
	D3	274.24	15.06	255.56	291.92	274.75	K-D3	0.043
	D4	1141.92	82.33	1025.25	1217.17	1162.63	K-D4	0.021
	D5	1136.36	33.76	1116.16	1186.87	1121.21	K-D5	0.021
	D6	403.03	30.37	368.69	433.33	405.05	K-D6	0.021
	D7	912.63	58.93	831.31	962.63	928.28	K-D7	0.021
	D8	1402.02	26.88	1368.69	1429.29	1405.05	K-D8	0.021
	D9	761.11	33.90	718.18	796.97	764.65	K-D9	0.021
	D10	876.77	44.55	845.45	942.42	859.60	K-D10	0.021

⁴Fonksiyonel analizlerde 1örnek 4 paralel olarak toplam 132 analiz yapılmıştır.

4.6. Ekmeklerin Duyusal Özellikleri

Üretilen glütensiz ekmeklerin fırından çıkarıldıktan 6 saat sonra 12 panelist ile duyusal analizi yapılmıştır. Değerlendirmede 5 puanlık bir ölçeklendirme kullanılmıştır. 5 puanı ekmeğin şekli ve simetri durumu, ekmeğin kabuk rengi, ekmeğin gözenek yapısı, uflanma, tat ve aroma, koku ve genel beğeni özelliklerinde en yüksek yoğunluğuna karşılık gelir. 1 puanı ise ekmeğin şekli ve simetri durumu, ekmeğin kabuk rengi, ekmeğin iç gözenek yapısı, uflanma, tat ve aroma, koku ve genel beğeni özelliklerinde en düşük yoğunluğuna karşılık gelir. Glütensiz ekmekler genel beğeni ve kabul edilebilirlik açısından 5 puanlık bir hedonik gösterge çizelgesi kullanılarak değerlendirilmiştir. 5 puan ‘tüm kriterleri göz önünde bulundurarak son derece beğendim’ ve 1 puan ‘tüm kriterleri göz önünde bulundurarak son derece beğenmedim’ olmuştur (Çizelge 4.7). Panelistlerin duyusal analizde glütensiz ekmekleri doğru bir şekilde değerlendirmesi açısından her farklı glütensiz ekmek geçişinde içme suyu ile ağızda durulama yapılmıştır.

Panelistlerin değerlendirmesini incelediğimizde ekmeğin şekli ve simetri durumu yönünden en beğenilen D7 formülasyonu ile üretilen glütensiz ekmek olmuştur. Bunun yanı sıra kontrol ekmeği ile D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9 ve D10 ekmekleri kıyaslandığında arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Ekmeğin şekli ve simetri durumu yönünden en beğenilmeyen ekmek D3 olmuştur (Çizelge 4.6). D7 formülasyonunda 6.6g keten tohumu unu, 6.6 g maya ekstraktı, 6.6 g karnıyarık otu tozu, D3 formülasyonunda 19.8g karnıyarık otu tozu bulunmaktadır. Panelistlerin değerlendirmesini incelediğimizde ekmeğin kabuk rengi ve görünümü yönünden en beğenilen deneme 4 (D4) formülasyonu ile üretilen glütensiz ekmek olmuştur. Bunun yanı sıra kontrol ekmeği ile D1, D4, D5, D6, D7, D8, D9 ve D10 ekmekleri kıyaslandığında arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0.05$). D2, D3 ekmekleriyle kontrol ekmeği aralarında anlamlı bir fark tespit edilmiştir ($p<0.05$). Ekmeğin kabuk rengi ve görünümü yönünden en beğenilmeyen ekmekler D2 ve D3 olmuştur (Çizelge 4.6). D2 formülasyonunda 19.8 g keten tohumu unu, D3 formülasyonunda 19.8 g karnıyarık otu tozu, D4 formülasyonunda 9.9 g keten tohumu unu, 9.9 g maya ekstraktı, bulunmaktadır.

Panelistlerin değerlendirmesini incelediğimizde ekmeğin i gözenek yapısı yönünden en beğenilen D1 formülasyonu ile üretilen glütensiz ekmek olmuştur. Bunun yanı sıra kontrol ekmeği ile D1, D3, D4, D6, D7, D9 ve D10 ekmekleri kıyaslandığında arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0.05$). D2, D5, D8 ekmekleriyle kontrol ekmeği aralarında anlamlı bir fark tespit edilmiştir ($p<0.05$). Ekmeğin i gözenek yapısı yönünden en beğenilmeyen ekmek D3 olmuştur. D1 formülasyonunda 19.8 g maya ekstraktı, D3 formülasyonunda 19.8 g karnıyarık otu tozu bulunmaktadır. Panelistlerin değerlendirmesini incelediğimizde ekmeğin ufalanma yönünden en beğenilen D6 formülasyonu ile üretilen glütensiz ekmek olmuştur. Bunun yanı sıra kontrol ekmeği ile D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9 ve D10 ekmekleri kıyaslandığında arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0.05$). D8 ekmeği ile kontrol ekmeği arasında anlamlı bir fark tespit edilmiştir ($p<0.05$). Ekmeğin ufalanma yönünden en beğenilmeyen ekmek D8 olmuştur. D6 formülasyonunda 9.9 g karnıyarık otu tozu, 9.9 g keten tohumu unu, D8 formülasyonunda 13.2 g maya ekstraktı, 3.3 g karnıyarık otu tozu, 3.3 g keten tohumu unu bulunmaktadır. Panelistlerin değerlendirmesini incelediğimizde ekmeğin tat ve hoş koku olarak en beğenilen D3 ve D6 formülasyonlarıyla ile üretilen glütensiz ekmekler olmuştur (izelge 4.6). Bunun yanı sıra kontrol ekmeği ile D2, D4, D5, D7, D8, D9 ve D10 ekmekleri kıyaslandığında arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0.05$). D1, D3, D6 ekmekleri ile kontrol ekmeği aralarında anlamlı bir fark tespit edilmiştir ($p<0.05$). Ekmeğin tat ve hoş koku olarak yönünden en beğenilmeyen ekmek D1 olmuştur. D6 formülasyonunda 9.9 g karnıyarık otu tozu, 9.9 g keten tohumu unu, D1 formülasyonunda 19.8 g maya ekstraktı, D3 formülasyonunda 19.8 g karnıyarık otu tozu bulunmaktadır.

Panelistlerin değerlendirmesini incelediğimizde ekmeğin kendine has kokusu yönünden en beğenilen D3 formülasyonu ile üretilen glütensiz ekmek olmuştur. Bunun yanı sıra kontrol ekmeği ile D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9 ve D10 ekmekleri kıyaslandığında arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0.05$). D1 ekmeği ile kontrol ekmeği arasında anlamlı bir fark tespit edilmiştir ($p<0.05$). Ekmeğin kendine has kokusu yönünden en beğenilmeyen ekmek D1 olmuştur. D1 formülasyonunda 19.8 g maya ekstraktı, D3 formülasyonunda 19.8 g karnıyarık otu tozu bulunmaktadır. Panelistlerin değerlendirmesini incelediğimizde ekmeğin genel beğeni yönünden en beğenilen D6

formülasyonu ile üretilen glütensiz ekmek olmuştur. Bunun yanı sıra kontrol ekmeği ile D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9 ve D10 ekmekleri kıyaslandığında arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0.05$). D1 ekmeği ile kontrol ekmeği arasında anlamlı bir fark tespit edilmiştir ($p<0.05$). Ekmeğin genel beğeni yönünden en beğenilmeyen ekmek D1 olmuştur. D1 formülasyonunda 19.8 g maya ekstraktı, D6 formülasyonunda 9.9 g karnıyarık otu tozu, 9.9 g keten tohumu unu, bulunmaktadır.

Çizelge 4.6. Ekmeklerin duyusal analiz değerleri⁵

Duyusal Analizler	Formülasyon	Ortalama	Standart Sapma	Min.	Mak.	Ortanca Değeri	p değeri	
Ekmeğin Şekli ve Simetri Durumu	K	3.83	0.94	2	5	4.00		
	D1	3.75	1.06	2	5	3.50	K-D1	0.809
	D2	3.58	1.00	2	5	4.00	K-D2	0.543
	D3	3.17	0.83	2	4	3.00	K-D3	0.088
	D4	3.75	1.14	2	5	4.00	K-D4	0.904
	D5	3.58	0.90	2	5	4.00	K-D5	0.534
	D6	3.75	0.87	2	5	4.00	K-D6	0.806
	D7	4.25	0.75	3	5	4.00	K-D7	0.269
	D8	3.42	0.90	2	5	3.50	K-D8	0.273
	D9	4.00	0.74	3	5	4.00	K-D9	0.711
	D10	3.92	0.90	3	5	4.00	K-D10	0.903
Ekmeğin Kabuk Rengi	K	3.50	0.80	2	4	4.00		
	D1	3.58	1.44	1	5	3.50	K-D1	0.675
	D2	2.58	0.79	1	4	3.00	K-D2	0.010
	D3	2.58	0.90	1	4	2.50	K-D3	0.017
	D4	3.83	1.19	2	5	4.00	K-D4	0.363
	D5	3.00	0.95	2	4	3.00	K-D5	0.179
	D6	3.33	0.89	2	5	3.00	K-D6	0.490
	D7	3.67	0.78	2	5	4.00	K-D7	0.688
	D8	3.42	1.08	2	5	3.50	K-D8	0.803
	D9	3.58	0.90	2	5	3.50	K-D9	1.000
	D10	2.83	0.83	2	4	3.00	K-D10	0.054
Ekmeğin İç Gözenek Yapısı	K	4.08	1.00	2	5	4.00		
	D1	3.25	1.14	1	5	3.50	K-D1	0.067
	D2	3.33	0.78	2	5	3.00	K-D2	0.046
	D3	2.83	1.19	1	5	2.50	K-D3	0.015
	D4	3.92	0.90	2	5	4.00	K-D4	0.581
	D5	3.00	1.35	1	5	3.00	K-D5	0.046
	D6	3.33	1.23	2	5	3.00	K-D6	0.127
	D7	3.67	1.07	2	5	4.00	K-D7	0.320
	D8	3.17	0.72	2	5	3.00	K-D8	0.016
	D9	3.92	0.79	2	5	4.00	K-D9	0.511
	D10	3.42	1.24	1	5	3.00	K-D10	0.167

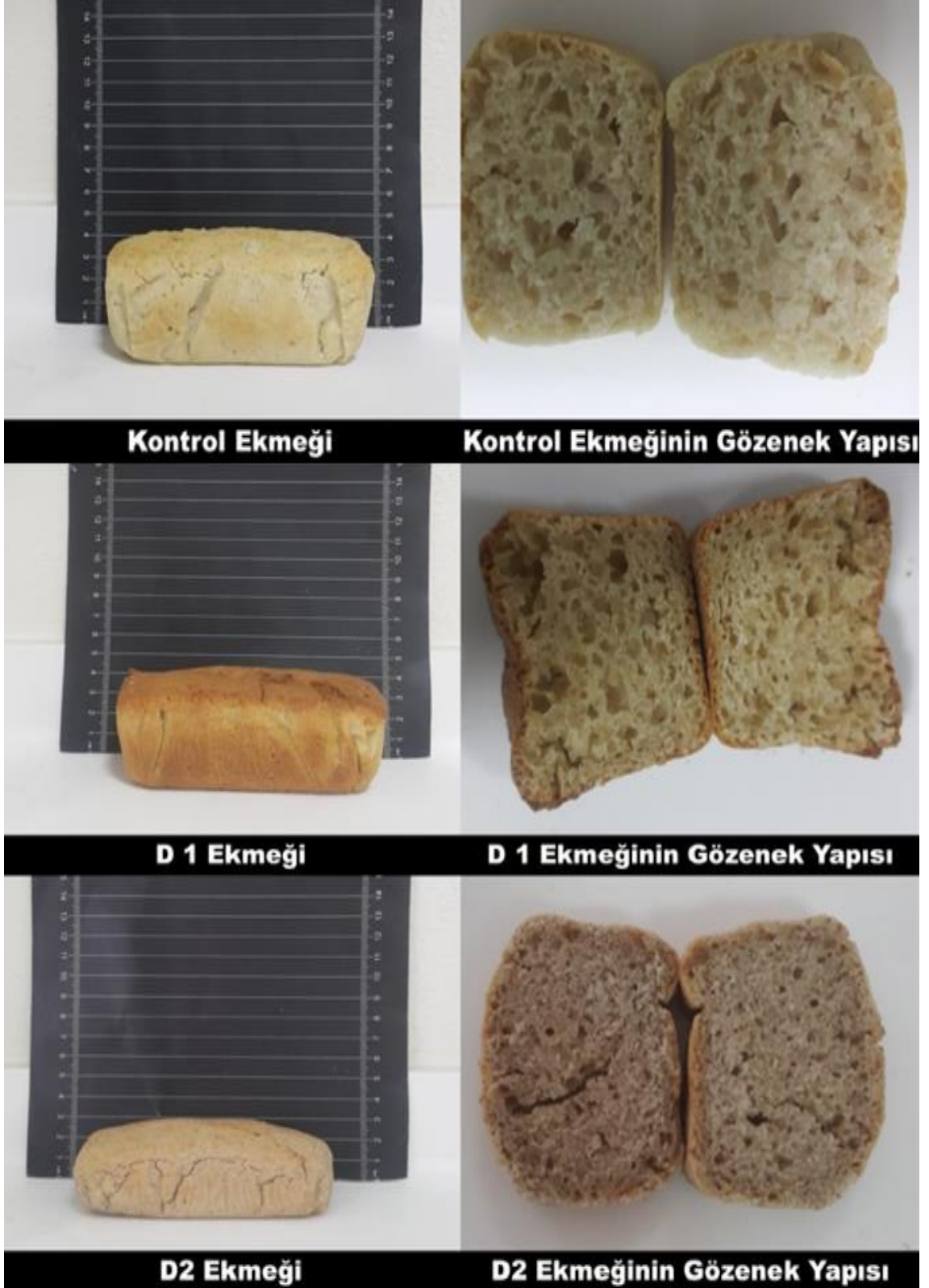
Çizelge 4.6. (Devam) Ekmeklerin analiz değerleri⁵

Duyusal Analizler	Formülasyon	Ortalama	Standart Sapma	Min.	Mak.	Ortanca Değeri	p değeri	
Ufalanma	K	3.75	1.14	1	5	4.00		
	D1	3.00	1.35	1	5	3.00	K-D1	0.137
	D2	3.58	1.31	1	5	4.00	K-D2	0.901
	D3	4.08	1.00	2	5	4.00	K-D3	0.447
	D4	3.83	0.83	3	5	4.00	K-D4	0.903
	D5	4.17	0.72	3	5	4.00	K-D5	0.387
	D6	4.33	0.65	3	5	4.00	K-D6	0.172
	D7	3.75	1.29	1	5	4.00	K-D7	0.880
	D8	2.75	1.06	1	4	3.00	K-D8	0.026
	D9	3.17	1.27	1	5	3.50	K-D9	0.237
	D10	4.17	0.94	2	5	4.00	K-D10	0.312
Tat ve Aroma	K	3.25	1.06	2	5	3.50		
	D1	2.00	0.85	1	4	2.00	K-D1	0.006
	D2	3.58	0.90	2	5	3.50	K-D2	0.468
	D3	4.17	0.83	2	5	4.00	K-D3	0.027
	D4	3.67	0.89	2	5	4.00	K-D4	0.346
	D5	3.50	0.80	2	5	3.50	K-D5	0.583
	D6	4.17	0.83	3	5	4.00	K-D6	0.038
	D7	3.33	0.78	2	5	3.00	K-D7	0.903
	D8	2.75	1.06	1	5	3.00	K-D8	0.254
	D9	4.08	0.79	3	5	4.00	K-D9	0.056
	D10	4.00	0.85	2	5	4.00	K-D10	0.071
Koku	K	3.83	1.19	2	5	4.00		
	D1	2.42	0.90	1	4	2.50	K-D1	0.008
	D2	3.67	0.89	2	5	4.00	K-D2	0.631
	D3	4.08	1.00	2	5	4.00	K-D3	0.649
	D4	3.83	0.83	3	5	4.00	K-D4	0.904
	D5	3.58	0.90	2	5	4.00	K-D5	0.489
	D6	4.00	0.95	2	5	4.00	K-D6	0.809
	D7	3.92	0.67	3	5	4.00	K-D7	0.976
	D8	3.17	1.03	1	5	3.00	K-D8	0.176
	D9	3.75	0.97	2	5	4.00	K-D9	0.787
	D10	3.75	0.45	3	4	4.00	K-D10	0.644
Genel Beğeni	K	3.58	0.90	2	5	3.50		
	D1	2.50	0.80	1	4	2.50	K-D1	0.008
	D2	3.58	0.90	2	5	4.00	K-D2	0.853
	D3	3.92	1.00	2	5	4.00	K-D3	0.364
	D4	3.83	0.94	2	5	4.00	K-D4	0.466
	D5	3.58	0.51	3	4	4.00	K-D5	0.924
	D6	4.25	0.87	3	5	4.50	K-D6	0.083
	D7	3.67	0.89	2	5	4.00	K-D7	0.783
	D8	3.00	0.60	2	4	3.00	K-D8	0.086
	D9	3.83	0.72	3	5	4.00	K-D9	0.458
	D10	4.00	0.85	3	5	4.00	K-D10	0.272

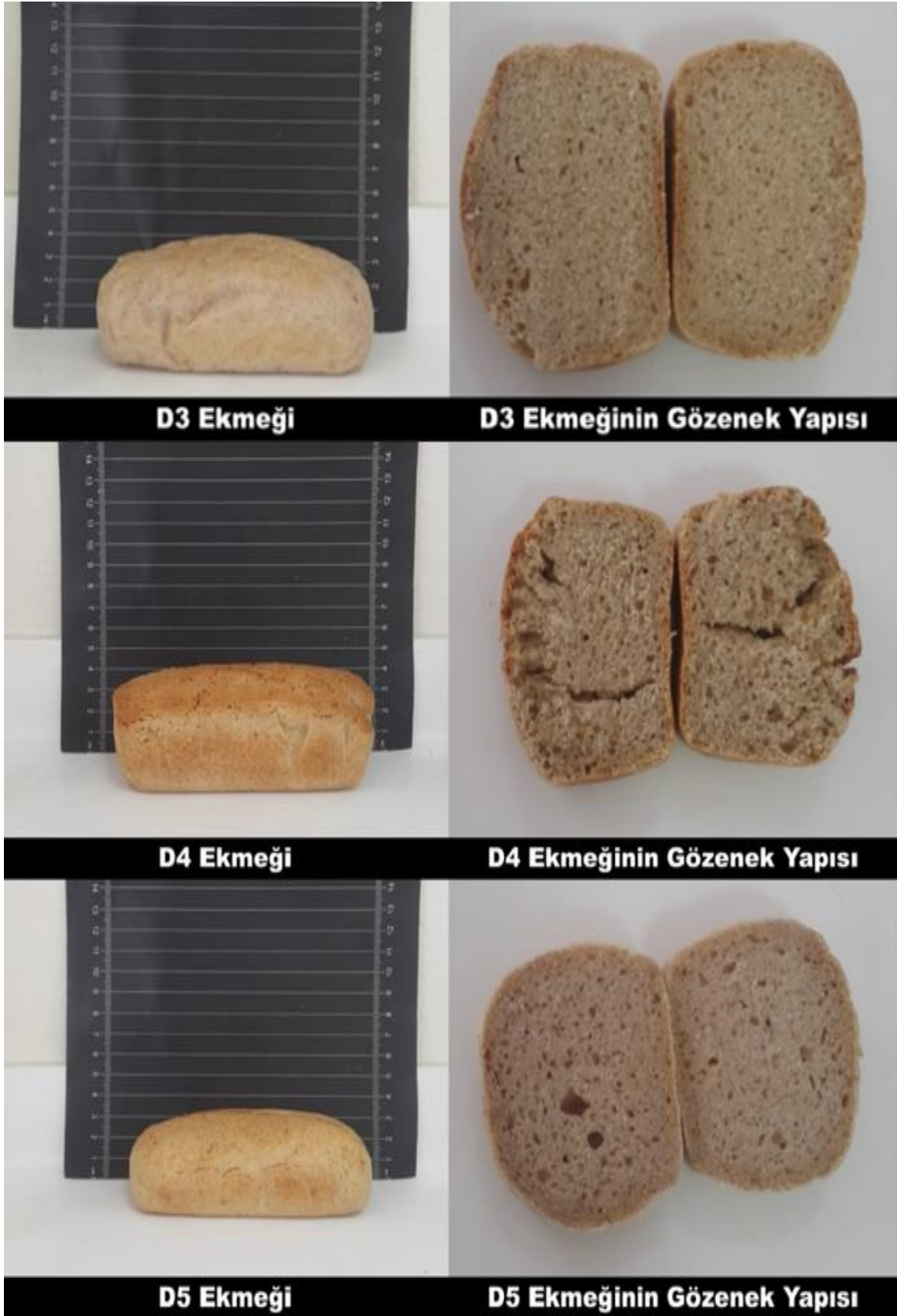
⁵Duyusal analizde her örnek için 12 panelist yorumu alınarak toplam 924 yorum yapılmıştır.

Çizelge 4.7. Ekmeklerin duyusal analiz formu ve ekmeklerin aldıkları puanlar

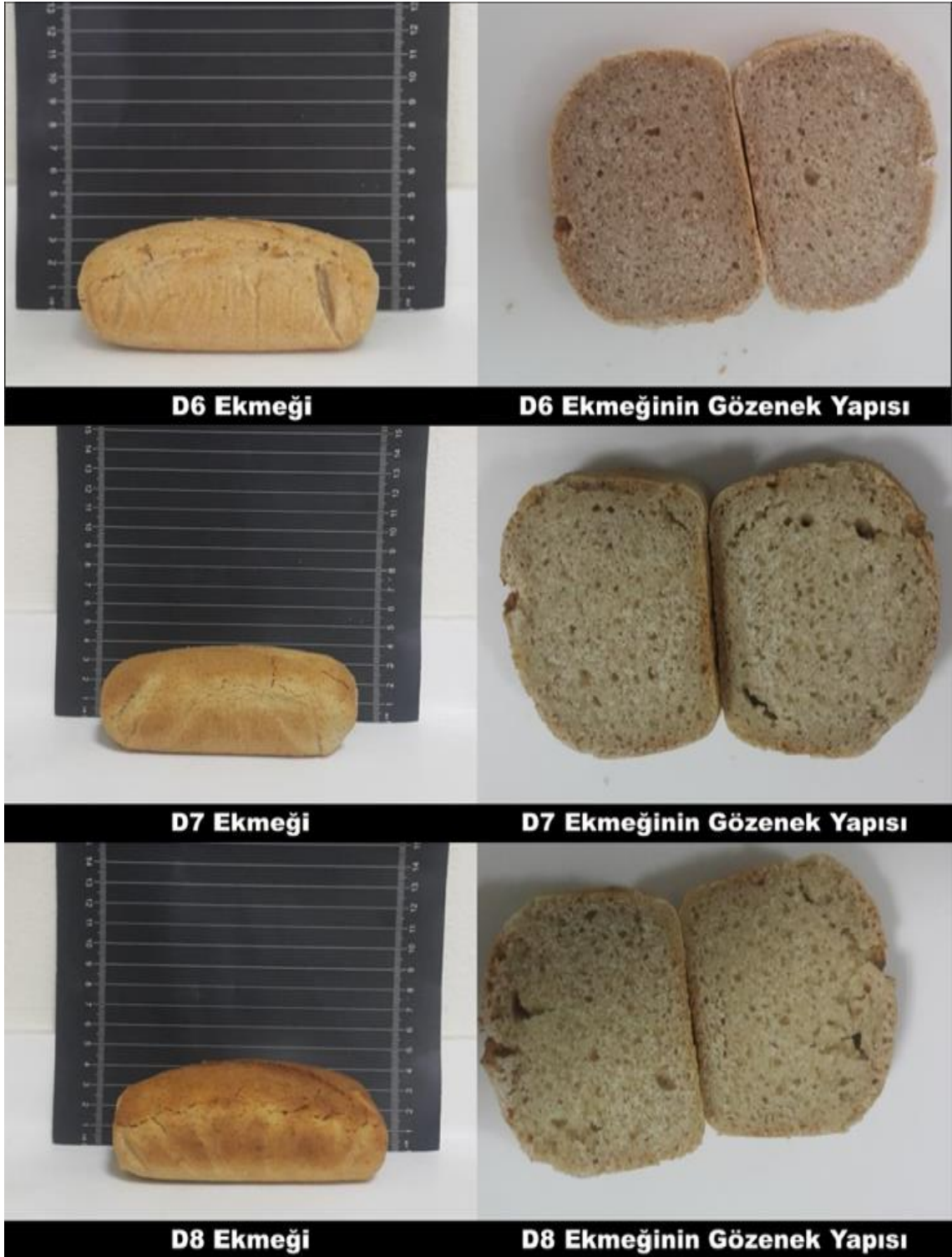
PUANLAMA TESTİ											
Panelistin Adı-Soyadı:										Tarih: / /	
Ürün: K, D1, D, D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9 ve D10										Saat:	
Açıklama: Aşağıdaki kalite kriterlerinin verildiği ürün kodlarının altına örnek ekmeklerin her birini bağımsız olarak 5 puan üzerinden değerlendiriniz. Not: K = Kontrol Ekmeği, D1 = D 1, D2 = D 2, , D10 = D 10'u ifade etmektedir.											
Kalite Kriterleri	Örnek Kodları										
	K	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10
Ürün Kodu	100	206	314	458	523	589	647	789	854	912	948
Ekmeğin Şekil ve Simetri Durumu	46	45	43	38	45	43	45	51	41	48	47
Ekmeğin Kabuk Rengi	42	43	31	31	46	36	40	44	41	43	34
Ekmeğin İç Gözenek Yapısı	49	39	40	34	47	36	40	44	38	47	41
Ufalanma	45	36	43	49	46	50	52	45	33	38	50
Tat ve Aroma	39	24	43	50	44	42	50	40	33	49	48
Koku	46	29	44	49	46	43	48	47	38	45	45
Genel Beğeni	43	30	43	47	46	43	51	44	36	46	48
TOPLAM PUAN	310	246	287	298	320	293	326	315	260	316	313
Puanlama değerleri ile ilgili açıklamalar	1= Çok Kötü 2= Kötü 3= Orta 4= İyi 5= Çok İyi										
Kalite kriterleri ile ilgili açıklamalar											
İstenen Özellikler	İstenmeyen Özellikler										
Ekmeğin kalınlığı ve simetrisi her yerde eşit olmalı, şekli düzgün olmalı, çatlak olmamalı ya da çok az olmalı.	Ekmeğin simetrik olmaması ve kalınlığının eşit olmaması, çatlak olması										
Ekmeğin rengi size göre cazip ve albenisi yüksek olmalı. Bu renkte bir ekmeği tüketici olarak tercih edebileceğiniz bir ekmeğin olması	Ekmeğin kabuk rengi ve görünümünde, koyu kahverengi renk, yanık olması, düzgün olmayan şekil. Tüketici olarak tercih edemeyeceğiniz bir ekmeğin olması										
Boyut olarak birbirine yakın gözeneklerin çok ve homojen dağılmış olması, büyük boşlukların ve hamurumsu bir görüntü olmaması	Boyut olarak birbirine yakın gözeneklerin olmaması ve homojen dağılmamış olması, büyük boşlukların ve hamurumsu bir görüntü olması										
Ekmeğin tadının hoş giden bir tat olması, tüketilebilir nitelikte olması ve yabancı aromaların hissedilmemesi	Ekmeğin tadının hoş giden bir tat olmaması, tüketilebilir nitelikte olmaması ve yabancı aromaların hissedilmesi										
Ekmeğin yabancı koku algılanmaması	Ekmeğin yabancı koku algılanması										
Numuneyi ikiye bölerken ufalanma görülmemesi veya çok az görülmesi	Numuneyi ikiye bölerken ufalanma görülmesi										



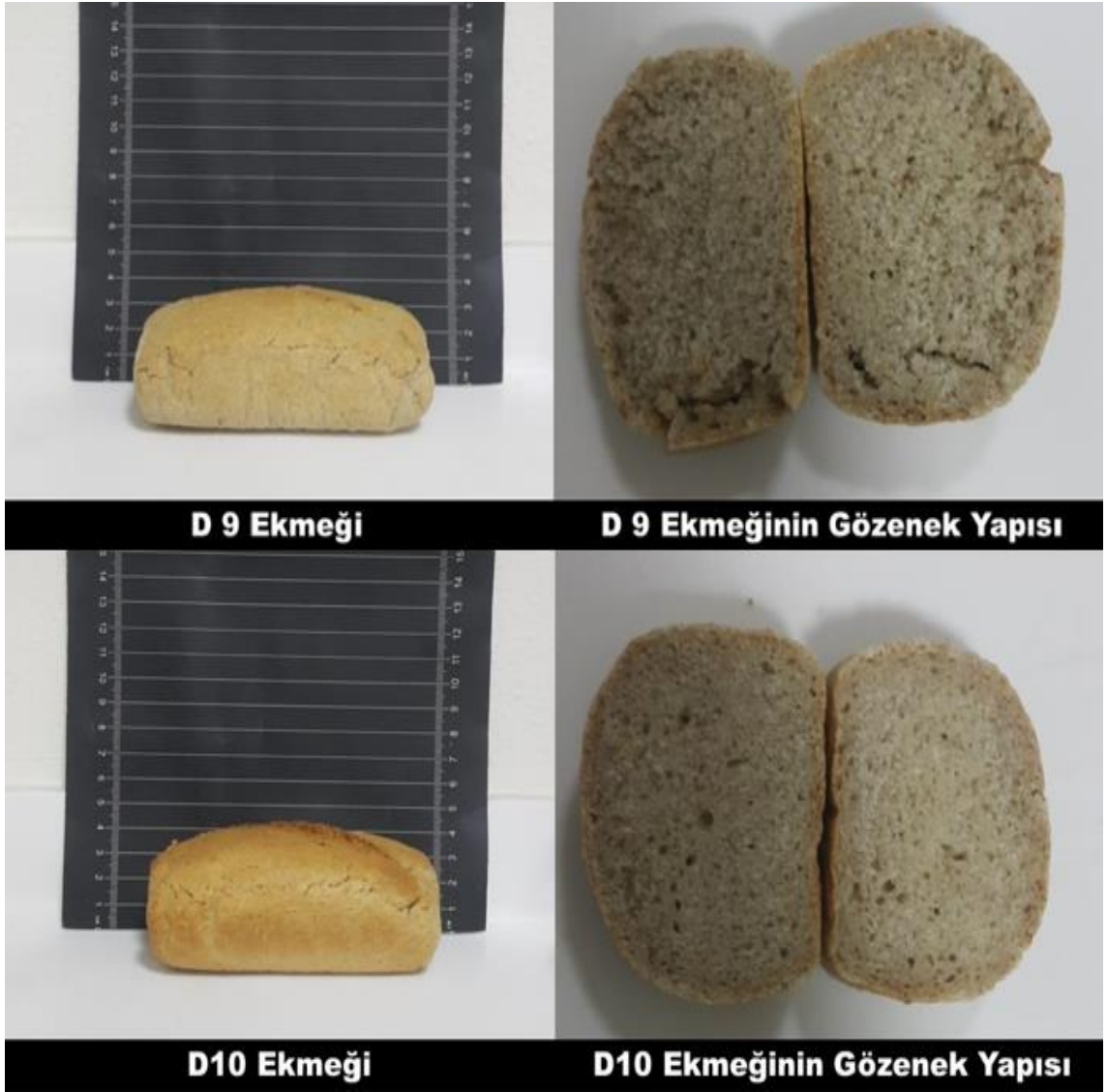
Şekil 4.1. Kontrol ekmeği, D1, D2 ekmeğleri ve gözenek yapıları



Şekil 4.2. D3, D4, D5 ekmekleri ve gözenek yapıları



Şekil 4.3. D6, D7, D8 ekmekleri ve gözenek yapıları



Şekil 4.4. D9, D10 ekmekleri ve gözenek yapıları

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışmada glütensiz ekmek üretmek amacıyla, gam ikameli ve aynı zamanda glütenin ekmek hamuruna vermiş olduğu fizikokimyasal özellikleri kazandırmak için 3 farklı doğal un karışımı kullanılmıştır. Maya ekstraktı, keten tohumu unu ve karnıyarık otu tozu karışımlarının gam ikamesi olarak etkilerini gözlemek için “Minitab 22” programında “Mixture Desing” parametrelerini seçerek formülasyon oluşturulmuştur. Glütensiz ekmek hamur karışımında toplam hamura bu formülasyonlarla eklenen un karışımı miktarı 19.8 g’dır. Farklı formülasyonlarla üretilen glüteniz ekmeklerde sertlik, spesifik hacim, renk, nem, kül, pişme kaybı, yükseklik, ekmek fonksiyonel analizleri ve duyusal analiz yapılmıştır ve gam ilaveli ticari ekmek formülasyonu ile üretilen deneme ekmekleri karşılaştırılarak istatistiksel analiz yapılmıştır.

Çalışmada elde edilen sonuçlara göre ise ekmeklerin sertlik değerlerinin 9.81 N/cm² ile 53.88 N/cm² arasında ve ortalama değerlerinin 25.53 N/cm² olduğu görülmüştür. Literatürde olan ekmek sonuçlarına en yakın değer kontrol ekmeğinin sertlik değeri olduğu diğer deneme ekmeklerinin literatür değerinin üzerinde sertlik değerinde oldukları görülmüştür.

Maya ekstraktı, karnıyarık otu tozu ve keten tohumu unu içeren ekmeklerin spesifik hacim değerleri 3.23-4.4 g/cm³ arasında değişiklik gösterirken, kontrol ekmeğinin spesifik hacim değeri 3.92 g/cm³ olarak ölçülmüştür. Maya ekstraktı, karnıyarık otu tozu ve keten tohumu unu içeren formülasyonda en düşük spesifik hacim değerine sahip formülasyon 3.48 g/cm³ değeri ile D2 olduğu görülmektedir. D2 formülasyonunda 19.8 gr keten tohumu unu içermektedir. D2 ile kontrol ekmeği karşılaştırıldığı zaman aralarında anlamlı fark olduğu tespit edilmiştir (p<0.05).

Deneme ekmeklerinin kabuk rengi kontrol ekmeğine göre açık ve koyu olarak değişmektedir. Kontrol ekmeğinin kabuk rengi (L* değeri) 64.89 ölçülmüştür. Deneme ekmeklerin kabuk rengi (L* değeri) ise 43.76–71.96 arasında ölçülmüştür. Çalışmada üretilen sonuçlara göre ise ekmek kabuk rengi a* değeri 4.13 olarak ölçülmüştür. Deneme ekmeklerin kabuk rengi ise 3.010–14.46 arasında ölçülmüştür. Çalışmada üretilen ile bu çalışma karşılaştırıldığında ekmek kabuk a* değerleri katılan hammaddelerin oranlarına göre değiştiğini göstermektedir. Kontrol ekmeğinin kabuk rengi b* değeri 32.74 olarak

ölçülmüştür. Deneme ekmeklerin kabul rengi b^* değerleri sonucu 21.41–44.48 arasında ölçülmüştür. Bu çalışmada yüzdesel oran artışında b^* değerlerinde artış gözlenmektedir. Çalışmada üretilen sonuçlara göre ise nem % değerleri incelendiğinde, %38.35 nem değeri ile en yüksek nem değeri D3 formülasyonu ile yapılan ekmek, en düşük nem değeri %25.27 nem değeri ile D1 formülasyonu ile yapılan ekmektir. D3 formülasyonunda 19.8g karnıyarık otu tozu bulunurken, D1 de 19.8 g maya ekstraktı bulunmaktadır.

Çalışmada elde edilen bulgulara göre %25.27 ile %38.25 nem % değeri ile literatürde yapılan glütensiz ekmeklerden daha sert ekmekler üretildiği görülmüştür. % Kül değerleri incelendiğinde, %3.88 kül değeri ile en yüksek kül değeri D2 formülasyonu ile yapılan ekmek, en düşük kül değeri %0.01 ile D1 formülasyonu ile yapılan ekmektir. D2 formülasyonunda 19.8 g keten tohumu unu bulunurken, D1 de 19.8 g maya ekstraktı bulunmaktadır. Örneklerin kül değerleri keten tohumu ununun eklendiği glütensiz ekmeklerin keten tohumu ununun eklenmesiyle artmıştır. Pişme kaybı % değerlerini incelendiğinde, %15.10 pişme kaybı değeri ile en yüksek pişme kaybı değeri D10 formülasyonu ile yapılan ekmek, en düşük pişme kaybı değeri %10.74 pişme kaybı değeri ile deneme 5 (D5) formülasyonu ile yapılan ekmektir. D5 formülasyonunda 9.9 g maya ekstraktı, 9.9 g karnıyarık otu tozu bulunurken, D10 de 13.2 g karnıyarık otu tozu, 3.3 g keten tohumu unu, 3.3 g maya ekstraktı bulunmaktadır. Yükseklik değerleri ölçülerek değerler incelendiğinde, 54.20 cm ile yükseklik değeri ile en yüksek yükseklik değeri kontrol ekmeği, en düşük 38.50 cm ile yükseklik değerleri ile D2 ve deneme 6 (D6) formülasyonlarıyla yapılan ekmektir. D2 formülasyonunda 19.8 g keten tohumu unu bulunurken, D6 formülasyonunda 9.9 g keten tohumu unu, 9.9 g karnıyarık otu tozu bulunmaktadır.

Glütensiz ekmeklerde DPPH metodu kullanılarak yapılan analizde, en düşük değer 3418 ($\mu\text{g TE/g}$) değeri ile kontrol ekmeği olurken, en yüksek değer 3868 ($\mu\text{g TE/g}$) değeri ile D8 olmuştur. D8 formülasyonunda 13.2 g maya ekstraktı, 3.3 g karnıyarık otu tozu, 3.3 g keten tohumu unu bulunmaktadır. FRAP metodu kullanılarak yapılan analizde, en düşük değer 84.58 ($\mu\text{g TE/g}$) değeri ile D3 ekmeği olurken, en yüksek değer 847.08 ($\mu\text{g TE/g}$) değeri ile D1 olmuştur. D1 formülasyonunda 19.8 g maya ekstraktı bulunurken, D3 formülasyonunda 19.8 g karnıyarık otu tozu bulunmaktadır. Fenolik madde tayininde, en düşük değer 239.39 ($\mu\text{g GAE/g}$) değeri ile kontrol ekmeği olurken, en yüksek değer

1952.53 ($\mu\text{g GAE/g}$) değeri ile D1 olmuştur. D1 formülasyonunda 19.8 g maya ekstraktı bulunmaktadır. Çalışmada çıkan sonuçlar değerlendirildiğinde maya ekstraktı kullanılan ekmeklerin antioksidan madde miktarı maksimum düzeyde çıkmıştır.

Duyusal analizde ekmeği şekli ve simetri durumu açısından örnekler arasında anlamlı bir farklılık görülmezken, ekmeğin kabuk rengi, ekmeğin iç gözenek yapısı, ufalanma, tat ve aroma, koku ve genel beğeni açısından kontrol ekmeği ile deneme ekmeklerinin bazılarının arasında anlamlı farklılık görülmüştür.

Panelistlerin değerlendirmesi incelediğinde ekmeğin genel beğeni yönünden en beğenilen D6 formülasyonu ile üretilen glütensiz ekmek olmuştur. Ekmeğin genel beğeni yönünden en az beğenilen ekmek D1 olmuştur. D1 formülasyonunda 19.8 g maya ekstraktı, D6 formülasyonunda 9.9 g karnıyarık otu tozu, 9.9 g keten tohumu unu bulunmaktadır. Minitab 22 programında desing ekspert özellikleri ile yapılan 10 deneme sonucunda D6 ile kontrol ekmeğinin aynı veya daha iyi sonuç verdiği gözlenmektedir. Kullanılan programda elde edilen istatistiksel veriler sadece yorumlanmış olup en iyi ekmek sonucu sadece gözlem ve panelistler tarafından yapılan yorumlar ışığında değerlendirilmiştir.

6. KAYNAKLAR

- Adjei-Duodu, T. (2015). *Physical, chemical and functional properties of tiger nuts (Cyperus esculentus) selected from Ghana, Cameroon and UK market (Spain)*.
- Aguilar, N., Albanell, E., Miñarro, B., Capellas, M. (2015). Chickpea and tiger nut flours as alternatives to emulsifier and shortening in gluten-free bread. *LWT-Food Science and Technology*, 62(1), 225–232.
- Ahrné, L., Andersson, C.-G., Floberg, P., Rosén, J., Lingnert, H. (2007). Effect of crust temperature and water content on acrylamide formation during baking of white bread: steam and falling temperature baking. *LWT-Food Science and Technology*, 40(10), 1708–1715.
- Ajila, C. M., Leelavathi, K., Rao, U. J. S. P. (2008). Improvement of dietary fiber content and antioxidant properties in soft dough biscuits with the incorporation of mango peel powder. *Journal of Cereal Science*, 48(2), 319–326.
- Alvim, I. D., Sgarbieri, V. C., Chang, Y. K. (2002). Desenvolvimento de farinhas mistas extrusadas à base de farinha de milho, derivados de levedura e caseína. *Food Science and Technology*, 22, 170–176.
- Anna-Sophie, H., Elke, K. A. (2013). Influence of hydroxypropylmethylcellulose (HPMC), xanthan gum and their combination on loaf specific volume, crumb hardness and crumb grain characteristics of gluten-free breads based on rice, maize, teff and buckwheat. *Food Hydrocolloids*, 32(1), 195–203.
- Arena, M. P., Russo, P., Spano, G., Capozzi, V. (2020). From microbial ecology to innovative applications in food quality improvements: The case of sourdough as a model matrix. *J*, 3(1), 9–19.
- Arendt, E. K., O'Brien, C. M., Gormley, T. R. (2002). *Development of gluten-free cereal products*.
- Arendt, E. K., & Zannini, E. (2013). *Cereal grains for the food and beverage industries*. Elsevier.
- Arentz-Hansen, H., Mcadam, S. N., Molberg, Ø., Fleckenstein, B., Lundin, K. E. A., Jørgensen, T. J. D., Jung, G., Roepstorff, P., Sollid, L. M. (2002). Celiac lesion T cells recognize epitopes that cluster in regions of gliadins rich in proline residues. *Gastroenterology*, 123(3), 803–809.
- Axel, C., Röcker, B., Brosnan, B., Zannini, E., Furey, A., Coffey, A., Arendt, E. K. (2015). Application of *Lactobacillus amylovorus* DSM19280 in gluten-free sourdough bread to improve the microbial shelf life. *Food Microbiology*, 47, 36–44.
- Baptista, M. L., Koda, Y. K. L., Mitsunori, R., Ioshii, S. O. (2005). Prevalence of celiac disease in Brazilian children and adolescents with type 1 diabetes mellitus. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 41(5), 621–624.
- Benzie, I. F. F., Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), 70–76.
- Berlowska, J., Dudkiewicz-Kołodziejaska, M., Pawlikowska, E., Pielech-Przybylska, K., Balcerek, M., Czysowska, A., & Kregiel, D. (2017). Utilization of post-fermentation yeasts for yeast extract production by autolysis: The effect of yeast strain and saponin from *Quillaja saponaria*. *Journal of the Institute of Brewing*, 123(3), 396–401.
- Bernacchia, R., Preti, R., & Vinci, G. (2014). Chemical composition and health benefits

- of flaxseed. *Austin J Nutri Food Sci*, 2(8), 1045.
- Bernardi, C., Sanchez, H., Freyre, M., & Osella, C. (2010). Gluten-free bread formulated with *Prosopis ruscifolia* (vinal) seed and corn flours. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 61(3), 245–255.
- Beta, T., Nam, S., Dexter, J. E., Sapirstein, H. D. (2005). Phenolic content and antioxidant activity of pearled wheat and roller-milled fractions. *Cereal Chemistry*, 82(4), 390–393.
- Böcker, G., Stolz, P., & Hammes, W. P. (1995). Neue Erkenntnisse zum Ökosystem Sauerteigr und zur Physiologie der sauerteigtypischen Stämme *Lactobacillus sanfrancisco* und *Lactobacillus pontis*. *Getreide, Mehl Und Brot* (1972), 49(6), 370–374.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.-E., Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, 28(1), 25–30.
- Brummer, J. M., Lorenz, K. (1991). European developments in wheat sourdoughs. *Cereal Foods World (USA)*.
- Capozzi, V., Menga, V., Digesu, A. M., De Vita, P., van Sinderen, D., Cattivelli, L., Fares, C., Spano, G. (2011). Biotechnological production of vitamin B2-enriched bread and pasta. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(14), 8013–8020.
- Capozzi, V., Russo, P., Dueñas, M. T., López, P., Spano, G. (2012). Lactic acid bacteria producing B-group vitamins: a great potential for functional cereals products. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 96, 1383–1394.
- Cauvain, S. P., Young, L. S. (2003). Water control in baking. *Bread Making: Improving Quality*, 447–466.
- Cauvain, S. P., Young, L. S. (2009). Tecnologia da panificação. *Tradução Carlos David Szlak. Barueri/SP: Manoele*, 19.
- Chae, H. J., Joo, H., In, M.-J. (2001). Utilization of brewer's yeast cells for the production of food-grade yeast extract. Part 1: effects of different enzymatic treatments on solid and protein recovery and flavor characteristics. *Bioresource Technology*, 76(3), 253–258.
- Chavan, R. S., Jana, A. (2008). Frozen dough for bread making—a review. *Int. J. Food Sci. Technol. Nutr*, 2, 9–27.
- Chawla, S., Nagal, S. (2015). Sourdough in bread-making: An ancient technology to solve modern issues. *International Journal of Industrial Biotechnology and Biomaterials*, 1(1), 1–10.
- Clarke, C. I., Schober, T. J., Dockery, P., O'Sullivan, K., Arendt, E. K. (2004). Wheat sourdough fermentation: effects of time and acidification on fundamental rheological properties. *Cereal Chemistry*, 81(3), 409–417.
- Coronel, E. B., Guiotto, E. N., Aspiroz, M. C., Tomás, M. C., Nolasco, S. M., Capitani, M. I. (2021). Development of gluten-free premixes with buckwheat and chia flours: Application in a bread product. *Lwt*, 141, 110916.
- da Silva Marineli, R., Moraes, É. A., Lenquiste, S. A., Godoy, A. T., Eberlin, M. N., Maróstica Jr, M. R. (2014). Chemical characterization and antioxidant potential of Chilean chia seeds and oil (*Salvia hispanica* L.). *LWT-Food Science and Technology*, 59(2), 1304–1310.
- Dani, R. (2006). Gastroenterologia essencial. In *Gastroenterologia essencial* (pp. x–1203).
- Demiate, I. M., Dupuy, N., Huvenne, J. P., Cereda, M. P., Wosiacki, G. (2000). Relationship between baking behavior of modified cassava starches and starch

- chemical structure determined by FTIR spectroscopy. *Carbohydrate Polymers*, 42(2), 149–158.
- Dhen, N., Román, L., Rejeb, I. Ben, Martínez, M. M., Garogouri, M., Gómez, M. (2016). Particle size distribution of soy flour affecting the quality of enriched gluten-free cakes. *LWT-Food Science and Technology*, 66, 179–185.
- Dikeman, C. L., Fahey Jr, G. C. (2006). Viscosity as related to dietary fiber: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 46(8), 649–663.
- Dimopoulos, G., Stefanou, N., Andreou, V., & Taoukis, P. (2018). Effect of pulsed electric fields on the production of yeast extract by autolysis. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 48, 287–295.
- Drabińska, N., Ciska, E., Szymatowicz, B., Krupa-Kozak, U. (2018). Broccoli by-products improve the nutraceutical potential of gluten-free mini sponge cakes. *Food Chemistry*, 267, 170–177.
- Edelmann, M., Chamlagain, B., Santin, M., Kariluoto, Piironen, V. (2016). Stability of added and in situ-produced vitamin B12 in breadmaking. *Food Chemistry*, 204, 21–28.
- Elgün, A., Ertugay, Z. (2002). Tahıl İşleme Teknolojisi Atatürk Üniv Zir. Fak. Yayın, 718, 3765.
- Ergene, E., Bingöl, E. B. (2019). Diyet Lif İçeriği Yüksek Bazı Gıdalar Ve Beslenme Üzerindeki Etkileri. *Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 3(1), 70–78.
- Esteller, M. S., LANNES, S. C. S. (2008). Production and characterization of sponge-dough bread using scalded rye. *Journal of Texture Studies*, 39(1), 56–67.
- Foschino, R., Galli, A. (1997).). Italian style of life: pane, amore e... lievito naturale!. *Tecnologie Alimentari. Sistemi Per Produrre*, 8(1), 42–59.
- Franco, E. A. N., Sanches-Silva, A., Ribeiro-Santos, R., de Melo, N. R. (2020). Psyllium (*Plantago ovata* Forsk): From evidence of health benefits to its food application. *Trends in Food Science & Technology*, 96, 166–175.
- Galera, J. S. (2006). *Substituição parcial da farinha de trigo por farinha de arroz (Oryza Sativa L.) na produção de “sonho”–estudo modelo*. São Paulo: Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo.
- 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.
- Gallagher, E., Gormley, T. R., Arendt, E. K. (2004). Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends in Food Science & Technology*, 15(3–4), 143–152.
- Gallagher, E., Kunkel, A., Gormley, T. R., Arendt, E. K. (2003). The effect of dairy and rice powder addition on loaf and crumb characteristics, and on shelf life (intermediate and long-term) of gluten-free breads stored in a modified atmosphere. *European Food Research and Technology*, 218, 44–48.
- Gao, Y., Janes, M. E., Chaiya, B., Brennan, M. A., Brennan, C. S., & Prinyawiwatkul, W. (2018). Gluten-free bakery and pasta products: prevalence and quality improvement. *International Journal of Food Science & Technology*, 53(1), 19–32.
- Giacco, R., Costabile, G., Riccardi, G. (2016). Metabolic effects of dietary carbohydrates: The importance of food digestion. *Food Research International*, 88, 336–341.
- Gobbetti, M., Corsetti, A., De Vincenzi, S. (1995). The sourdough microflora. Characterization of heterofermentative lactic acid bacteria based on acidification

- kinetics and impedance test. *Italian Journal of Food Science*, 7(2), 103–111.
- Gobbetti, M., Corsetti, A., Rossi, J., Rosa, F. la, Vincenzi, S. de. (1994). Identification and clustering of lactic acid bacteria and yeasts from wheat sourdoughs of central Italy [for breadmaking, Umbria]. *Italian Journal of Food Science (Italy)*.
- Gobbetti, M., De Angelis, M., Arnaut, P., Tossut, P., Corsetti, A., Lavermicocca, P. (1999). Added pentosans in breadmaking: fermentations of derived pentoses by sourdough lactic acid bacteria. *Food Microbiology*, 16(4), 409–418.
- Gómez, M., Oliete, B., Rosell, C. M., Pando, V., Fernández, E. (2008). Studies on cake quality made of wheat–chickpea flour blends. *LWT-Food Science and Technology*, 41(9), 1701–1709.
- Gómez, M., Ronda, F., Blanco, C. A., Caballero, P. A., Apesteguía, A. (2003). Effect of dietary fibre on dough rheology and bread quality. *European Food Research and Technology*, 216, 51–56.
- Goyal, A., Sharma, V., Upadhyay, N., Gill, S., Sihag, M. (2014). Flax and flaxseed oil: an ancient medicine & modern functional food. *Journal of Food Science and Technology*, 51, 1633–1653.
- Gularte, M. A., de la Hera, E., Gómez, M., Rosell, C. M. (2012). Effect of different fibers on batter and gluten-free layer cake properties. *LWT-Food Science and Technology*, 48(2), 209–214.
- 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, 3142–3150.
- Gullo, M., Romano, A. D., Pulvirenti, A., Giudici, P. (2003). *Candida humilis*—dominant species in sourdoughs for the production of durum wheat bran flour bread. *International Journal of Food Microbiology*, 80(1), 55–59.
- Guo, Q., Cui, S. W., Wang, Q., Young, J. C. (2008). Fractionation and physicochemical characterization of psyllium gum. *Carbohydrate Polymers*, 73(1), 35–43.
- Hager, A.-S., Arendt, E. K. (2013). Influence of hydroxypropylmethylcellulose (HPMC), xanthan gum and their combination on loaf specific volume, crumb hardness and crumb grain characteristics of gluten-free breads based on rice, maize, teff and buckwheat. *Food Hydrocolloids*, 32(1), 195–203.
- Hammes, W. P., Gänzle, M. G. (1998). Sourdough breads and related products. *Microbiology of Fermented Foods*, 199–216.
- Hatipoğlu, S. (2016). *Patates unu ve gam ilavesinin glutensiz ekmek kalitesi üzerine etkileri*. <http://acikerisim.pau.edu.tr/handle/11499/1153>.
- Hoseney, R. C. (1994). *Principles of cereal science and technology*. (Issue Ed. 2). American Association of Cereal Chemists (AACC).
- Hussain, S., Anjum, F. M., Alamri, M. S., Mohamed, A. A., Nadeem, M. (2013). Functional flaxseed in baking. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 5(4), 375–385.
- Iglesias-Puig, E., Haros, M. (2013). Evaluation of performance of dough and bread incorporating chia (*Salvia hispanica* L.). *European Food Research and Technology*, 237, 865–874.
- Iglesias-Puig, E., Monedero, V., Haros, M. (2015). Bread with whole quinoa flour and bifidobacterial phytases increases dietary mineral intake and bioavailability. *LWT-Food Science and Technology*, 60(1), 71–77.
- Jenson, I. (1998). Bread and baker's yeast. *Microbiology of Fermented Foods*, 172–198.
- Karaağaoğlu, N., Karabudak, E., Yavuz, S., Yüksek, O., Dinçer, D., Tosunbayraktar, G.,

- & Eren, F. H. (2008). Çeşitli ekmeklerin protein, yağ, nem, kül, karbonhidrat ve enerji değerleri. *Gıda*, 33(1), 19–25.
- Karapınar Kecerli, A. (2022). *Karakılıçık buğday unundan hazırlanan ekşi mayalı ekmeklerin duyuusal özelliklerinin geliştirilmesine yönelik bir araştırma*. İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- Katina, K., Arendt, E., Liukkonen, K.-H., Autio, K., Flander, L., Poutanen, K. (2005). Potential of sourdough for healthier cereal products. *Trends in Food Science & Technology*, 16(1–3), 104–112.
- Kim, J.-M., Shin, M. (2014). Effects of particle size distributions of rice flour on the quality of gluten-free rice cupcakes. *LWT-Food Science and Technology*, 59(1), 526–532.
- Komerovski, M. R., Homem, R. V., Schmidt, H. de O., Rockett, F. C., de Lira, L., da Farias, D. V., Kist, T. L., Doneda, D., Rios, A. de O., 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.
- Köse, A. (2021). Chia, Kabak Çekirdeği ve Ketan Tohumu Un Karışımının Glutensiz Ekmeklerde Gamlara İkame Olarak Kullanılmasının Ekmek Kalitesi Üzerine Etkisi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 70 sayfa.
- Koşutić, M. (2012). Testing and analysis of selected parameters of safety and quality of cereals enriched with functional components. *Faculty of Technology, Novi Sad*, 1–82.
- 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.
- Kulp, K., Lorenz, K. (2003). *Handbook of dough fermentations* (Vol. 127). Crc Press.
- LeBlanc, J. G., Laiño, J. E., Del Valle, M. J., Vannini, V. v, van Sinderen, D., Taranto, M. P., de Valdez, G. F., de Giori, G. S., Sesma, F. (2011). B-Group vitamin production by lactic acid bacteria—current knowledge and potential applications. *Journal of Applied Microbiology*, 111(6), 1297–1309.
- Mahmud, F. H., Murray, J. A., Kudva, Y. C., Zinsmeister, A. R., Dierkhising, R. A., Lahr, B. D., Dyck, P. J., Kyle, R. A., El-Youssef, M., Burgart, L. J. (2005). Celiac disease in type 1 diabetes mellitus in a North American community: prevalence, serologic screening, and clinical features. *Mayo Clinic Proceedings*, 80(11), 1429–1434.
- Marston, K., Khouryieh, H., Aramouni, F. (2016). Effect of heat treatment of sorghum flour on the functional properties of gluten-free bread and cake. *LWT-Food Science and Technology*, 65, 637–644.
- Martín-Cabrejas, M. Á. (2019). Legumes: nutritional quality. *Processing and Potential Health Benefits: Royal Society of Chemistry*.
- Martínez Martínez, M., Gómez Pallarés, M. (2017). *Rheological and microstructural evolution of the most common gluten-free flours and starches during bread fermentation and baking*.
- Matz, S. A. (1991). *Chemistry and technology of cereals as food and feed*. Springer Science & Business Media.
- McCarthy, D. F., Gallagher, E., Gormley, T. R., Schober, T. J., Arendt, E. K. (2005). Application of response surface methodology in the development of gluten-free bread. *Cereal Chemistry*, 82(5), 609–615.
- Mihhalevski, A., Nisamedtinov, I., Hälvin, K., Ošeka, A., Paalme, T. (2013). Stability of

- B-complex vitamins and dietary fiber during rye sourdough bread production. *Journal of Cereal Science*, 57(1), 30–38.
- Montemurro, M., Pontonio, E., Gobbetti, M., Rizzello, C. G. (2019). Investigation of the nutritional, functional and technological effects of the sourdough fermentation of sprouted flours. *International Journal of Food Microbiology*, 302, 47–58.
- Monthe, O. C., Grosmaire, L., Nguimbou, R. M., Dahdouh, L., Ricci, J., Tran, T., Ndjouenkeu, R. (2019). Rheological and textural properties of gluten-free doughs and breads based on fermented cassava, sweet potato and sorghum mixed flours. *Lwt*, 101, 575–582.
- Moore, M. M., Heinbockel, M., Dockery, P., Ulmer, H. M., Arendt, E. K. (2006). Network formation in gluten-free bread with application of transglutaminase. *Cereal Chemistry*, 83(1), 28–36.
- Moore, M. M., Juga, B., Schober, T. J., Arendt, E. K. (2007). Effect of lactic acid bacteria on properties of gluten-free sourdoughs, batters, and quality and ultrastructure of gluten-free bread. *Cereal Chemistry*, 84(4), 357–364.
- Moore, M. M., Schober, T. J., Dockery, P., Arendt, E. K. (2004). Textural comparisons of gluten-free and wheat-based doughs, batters, and breads. *Cereal Chemistry*, 81(5), 567–575.
- Moroni, A. V, Dal Bello, F., & Arendt, E. K. (2009). Sourdough in gluten-free bread-making: an ancient technology to solve a novel issue? *Food Microbiology*, 26(7), 676–684.
- Muñoz Hernández, L., Cobos, A., Díaz, O., & Aguilera, J. M. (2013). *Chia Seed (Salvia hispanica): An Ancient Grain and a New Functional Food*.
- Okoroafor, I., Banwo, K., Olanbiwoninu, A. A., Odunfa, S. A. (2019). Folate enrichment of Ogi (a fermented cereal gruel) using folate producing starter cultures. *Advances in Microbiology*, 9(03), 177.
- Oliveira, R. P. (2005). *Prevalencia da doença celíaca em candidatos a doadores de sangue em São Paulo-Brasil*.
- Ottogalli, G., Galli, A., & Foschino, R. (1996). Italian bakery products obtained with sourdough: characterization of the typical microflora. *Advances in Food Sciences*, 18(5), 131–144.
- Pathare, P. B., Opara, U. L., Al-Said, F. A.-J. (2013). Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 36–60.
- Peckenpaugh, N. J., Poleman, C. M. (1997). *Nutrição: essência e dietoterapia*. Roca.
- Posner, E. S. (2000). Wheat. In *Handbook of cereal science and technology* (pp. 1–29). CRC Press.
- Poutanen, K., Flander, L., Katina, K. (2009). Sourdough and cereal fermentation in a nutritional perspective. *Food Microbiology*, 26(7), 693–699.
- Pyler, E. J., Gorton, L. A. (2008). *Baking Science & Technology: Fundamentals & ingredients*. Sosland Pub.
- Quaglia, G. (1991). *Ciencia y tecnología de la panificación*. Editorial Acribia. Zaragoza, España, 1.
- Rabetafika, H. N., Van Remoortel, V., Danthine, S., Paquot, M., Blecker, C. (2011). Flaxseed proteins: food uses and health benefits. *International Journal of Food Science & Technology*, 46(2), 221–228.
- Rai, A. K., Pandey, A., Sahoo, D. (2019). Biotechnological potential of yeasts in functional food industry. *Trends in Food Science & Technology*, 83, 129–137.
- Ramcharitar, A., Badrie, N., Mattfeldt-Beman, M., Matsuo, H., Ridley, C. (2005).

- Consumer acceptability of muffins with flaxseed (*Linum usitatissimum*). *Journal of Food Science*, 70(7), s504–s507.
- Randazzo, W., Corona, O., Guarcello, R., Francesca, N., Germanà, M. A., Erten, H., Moschetti, G., Settanni, L. (2016). Development of new non-dairy beverages from Mediterranean fruit juices fermented with water kefir microorganisms. *Food Microbiology*, 54, 40–51.
- Regulation, E. U. (2008). No 1334/2008 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on flavourings and certain food ingredients with flavouring properties for use in and on foods and amending Council Regulation (EEC) No 1601/91. *Official Journal of the European Communities*, 34–50.
- Renzetti, S., Dal Bello, F., Arendt, E. K. (2008). Microstructure, fundamental rheology and baking characteristics of batters and breads from different gluten-free flours treated with a microbial transglutaminase. *Journal of Cereal Science*, 48(1), 33–45.
- Resende, L. M., Franca, A. S., Oliveira, L. S. (2019). Buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.) fruit by-products flours: Evaluation as source of dietary fibers and natural antioxidants. *Food Chemistry*, 270, 53–60.
- Röcken, W., Voysey, P. A. (1995). Sourdough fermentation in bread making. *J. Appl. Bacteriol. Symp. Suppl*, 79, 38S–48S.
- Rollán, G. C., Gerez, C. L., & LeBlanc, J. G. (2019). Lactic fermentation as a strategy to improve the nutritional and functional values of pseudocereals. *Frontiers in Nutrition*, 6, 98.
- Rossi, J. (1996). The yeasts in sourdough. *Advances in Food Sciences*, 18(5–6), 201–211.
- Rothe, M., & Ruttloff, H. (1983). Aroma retention in modern bread production. *Food/Nahrung*, 27(5), 505–512.
- Sabanis, D., Lebesi, D., & Tzia, C. (2009). Development of fibre-enriched gluten-free bread: a response surface methodology study. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60(sup4), 174–190.
- Sabanis, D., Tzia, C., & Papadakis, S. (2008). Effect of different raisin juice preparations on selected properties of gluten-free bread. *Food and Bioprocess Technology*, 1, 374–383.
- Şahin, N. (2017). *Nahut mayasının tam un ekmeği ve glutensiz ekmek kalitesine etkileri*. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi.
- Salmerón, I., Thomas, K., Pandiella, S. S. (2015). Effect of potentially probiotic lactic acid bacteria on the physicochemical composition and acceptance of fermented cereal beverages. *Journal of Functional Foods*, 15, 106–115.
- Sanchez, H. D., Osella, C. A., De La Torre, M. A. (2002). Optimization of gluten-free bread prepared from cornstarch, rice flour, and cassava starch. *Journal of Food Science*, 67(1), 416–419.
- Sanchez, H. D., Osella, C. A., De La Torre, M. A. (2004). Use of response surface methodology to optimize gluten-free bread fortified with soy flour and dry milk. *Food Science and Technology International*, 10(1), 5–9.
- 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 & Nutrition*, 5(5), 1021–1028.
- Schulz, A. (1972). Der Einfluss organischer Säuren auf die Vergärung verschiedener Z. *Getr Mehl Brot*, 26, 129–133.
- Schuppan, D., & Zavallos, V. (2015). Wheat amylase trypsin inhibitors as nutritional activators of innate immunity. *Digestive Diseases*, 33(2), 260–263.

- Shevkani, K., Kaur, A., Kumar, S., & Singh, N. (2015). Cowpea protein isolates: functional properties and application in gluten-free rice muffins. *LWT-Food Science and Technology*, 63(2), 927–933.
- Shewry, P. R., Halford, N. G., & Lafiandra, D. (2003). Genetics of wheat gluten proteins. *Advances in Genetics*, 49, 111–184.
- Shils, M. E., Olson, J. A., & Shike, M. (1994). *Modern nutrition in health and disease*.
- Sieuwerds, S., Bron, P. A., & Smid, E. J. (2018). Mutually stimulating interactions between lactic acid bacteria and *Saccharomyces cerevisiae* in sourdough fermentation. *Lwt*, 90, 201–206.
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144–158.
- Sivaramakrishnan, H. P., Senge, B., Chattopadhyay, P. K. (2004). Rheological properties of rice dough for making rice bread. *Journal of Food Engineering*, 62(1), 37–45.
- Spicher, G. (1978). *Die Mikroflora Des Sauerteiges. Iv: Untersuchungen Über Die Art Der In "Reinzuchtsauern" Anzutreffenden Stäbchenförmigen Milchsäurebakterien (Genus Lactobacillus Beijerinck)*.
- Stolz, P., Spicher, G., & Stephan, H. (1999). *Handbuch Sauerteig: Biologie, Biochemie, Technologie*.
- Succi, M., Reale, A., Andrighetto, C., Lombardi, A., Sorrentino, E., Coppola, R. (2003). Presence of yeasts in southern Italian sourdoughs from *Triticum aestivum* flour. *FEMS Microbiology Letters*, 225(1), 143–148.
- SZCZESNIAK, A. S. (1987). Correlating sensory with instrumental texture measurements—an overview of recent developments 1. *Journal of Texture Studies*, 18(1), 1–15.
- Tangüler, H., Erten, H. (2014). Otoliz Yolu İle Maya Ekstraktı Üretimi. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, 9.
- Tedrus, G. De A. S., Ormenese, R. De C. S. C., Speranza, S. M., Chang, Y. K., Bustos, F. M. (2001). Estudo da adição de vital glúten à farinha de arroz, farinha de aveia e amido de trigo na qualidade de pães. *Food Science and Technology*, 21, 20–25.
- Thiele, C., Gänzle, M. G., Vogel, R. F. (2002). Contribution of sourdough lactobacilli, yeast, and cereal enzymes to the generation of amino acids in dough relevant for bread flavor. *Cereal Chemistry*, 79(1), 45–51.
- Torbica, A., Hadnadev M. ve Dapcevic, T., 2010. Rheological, textural and sensory properties of gluten-free bread formulations based on rice and buckwheat flour. *Food Hydrocolloids*, 24, 626–632.
- Toufeili, I., Dagher, S., Shadarevian, S., Noureddine, A., Sarakbi, M., & Farran, M. T. (1994). Formulation of gluten-free pocket-type flat breads: Optimization of methylcellulose, gum arabic, and egg albumen levels by response surface methodology. *Cereal Chemistry*, 71(6), 594–600.
- Turabi, E., Sumnu, G., & Sahin, S. (2008). Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and an emulsifier blend. *Food Hydrocolloids*, 22(2), 305–312.
- Turabi, E., Sumnu, G., & Sahin, S. (2010). Quantitative analysis of macro and micro-structure of gluten-free rice cakes containing different types of gums baked in different ovens. *Food Hydrocolloids*, 24(8), 755–762.
- Vogel, R. F., Ehrmann, M. A., & Gänzle, M. G. (2002). Development and potential of starter lactobacilli resulting from exploration of the sourdough ecosystem. *Antonie*

- van Leeuwenhoek, 81, 631–638.
- Wang, H., Wang, J., Qiu, C., Ye, Y., Guo, X., Chen, G., Li, T., Wang, Y., Fu, X., & Liu, R. H. (2017). Comparison of phytochemical profiles and health benefits in fiber and oil flaxseeds (*Linum usitatissimum* L.). *Food Chemistry*, 214, 227–233.
- Wieser, H. (2007). Chemistry of gluten proteins. *Food Microbiology*, 24(2), 115–119.
- Yadav, N., Sharma, V., Kapila, S., Malik, R. K., & Arora, S. (2016). Hypocholesterolaemic and prebiotic effect of partially hydrolysed psyllium husk supplemented yoghurt. *Journal of Functional Foods*, 24, 351–358.
- Yildirim, R. M., Arici, M. (2019). Effect of the fermentation temperature on the degradation of phytic acid in whole-wheat sourdough bread. *Lwt*, 112, 108224.
- Yılmaz, V. A., Koca, İ. (2020). Development of gluten-free corn bread enriched with anchovy flour using TOPSIS multi-criteria decision method. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 22, 100281.
- Yılmaz, Y., Doğan, İ. S. (2015). Quality and Component Evaluation of Gluten-Free Bread Mixtures. *Gida/the Journal of Food*, December 2015. <https://doi.org/10.15237/gida.gd15023>.
- Yilmaki, G., Hawrysh, Z. J., Hardin, R. T., Thomson, A. B. R. (1991). Response surface methodology in the development of rice flour yeast breads: sensory evaluation. *Journal of Food Science*, 56(3), 751–755.
- Yu, L. L., Lutterodt, H., Cheng, Z. (2008). Beneficial health properties of psyllium and approaches to improve its functionalities. *Advances in Food and Nutrition Research*, 55, 193–220.
- Yuksel, F., Karaman, S., Kayacier, A. (2014). Enrichment of wheat chips with omega-3 fatty acid by flaxseed addition: Textural and some physicochemical properties. *Food Chemistry*, 145, 910–917.
- Zannini, E., Jones, J. M., Renzetti, S., Arendt, E. K. (2012). Functional replacements for gluten. *Annual Review of Food Science and Technology*, 3, 227–245.
- Zhang, R., Jiang, Y., Zhou, L., Chen, Y., Wen, C., Liu, W., Zhou, Y. (2019). Effects of dietary yeast extract supplementation on growth, body composition, non-specific immunity, and antioxidant status of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*). *Fish & Shellfish Immunology*, 86, 1019–1025.