

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

CHİA, KABAK ÇEKİRDEĞİ VE KETEN TOHUMU UN
KARIŞIMININ GLUTENSİZ EKMEKLERDE GAMLARA İKAME
OLARAK KULLANILMASININ EKMEK KALİTESİ ÜZERİNE
ETKİSİ

Abdullah KÖSE

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Gıda Mühendisliği Programı

Danışman
Doç. Dr. M. Zeki DURAK

Ağustos, 2021

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**CHİA, KABAK ÇEKİRDEĞİ VE KETEN TOHUMU UN
KARIŞIMININ GLUTENSİZ EKMEKLERDE GAMLARA İKAME
OLARAK KULLANILMASININ EKMEK KALİTESİ ÜZERİNE
ETKİSİ**

Abdullah KÖSE tarafından hazırlanan tez çalışması 07.08.2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Gıda Mühendisliği Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Muhammed Zeki DURAK

Yıldız Teknik Üniversitesi

Danışman

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Muhammed Zeki DURAK, Danışman

Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Fatih TÖRNÜK, Üye

Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Harun URAN, Üye

Kırklareli Üniversite

Danışmanım Doç. Dr. Muhammed Zeki DURAK sorumluluğunda tarafımda hazırlanan Chia, Kabak Çekirdeği Ve Keten Tohumu Un Karışımının Glutensiz Ekmeklerde Gamlara İkame Olarak Kullanılmasının Ekmek Kalitesi Üzerine Etkisi başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Abdullah KÖSE

İmza



*Aileme
biricik eşim ve
oğlumuz Ali Asafa*

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın oluşmasında ve gerçekleşmesinde değerli bilgilerini benimle paylaşan, sabırla ve samimiyetle ne zaman vaktini istesem bana sunan ve ilgiyle yönlendiren, sorunlarımda çekinmeden kendisine danışabildiğim, güler yüzünü benden esirgemeyen kıymetli danışman hocam Doç. Dr. Muhammed Zeki DURAK'a teşekkürü bir borç biliyor ve şükranlarımı sunuyorum.

Teşekkürlerin az kalacağı diğer üniversite hocalarımla da bana 4 yıllık üniversite hayatım boyunca kazandırdıkları her şey için ve beni gelecekte her daim ihtiyaç duyacağım bilgilerle donattıkları için hepsine teker teker teşekkürlerimi sunuyorum. Deneylerimin her aşamasında bilgi ve tecrübesini benden esirgemeyen başta Arş. Gör. Muhammed ÖZGÖLET ve yardımlarını esirgemeyen tüm araştırma görevlisi hocalarıma teşekkürlerimi sunuyorum. Ve son olarak çalışmamda desteğini ve bana olan güvenini benden esirgemeyen kıymetli eşim, evladımız Ali Asaf ve beni sevgi, saygı ve vefakâr kelimelerinin anlamlarını bilecek şekilde yetiştiren ve benden hiçbir zaman desteğini esirgemeyen en büyük şansım aileme sonsuz teşekkürler.

Abdullah KÖSE

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ	vii
KISALTMA LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
TABLO LİSTESİ	x
ÖZET	xi
ABSTRACT	xiii
1 GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti.....	1
1.2 Tezin Amacı.....	3
1.3 Hipotez.....	3
2 GENEL BİLGİLER	5
2.1 Ekşi Hamur.....	5
2.1.1 Ekşi Hamur ve Özellikleri.....	7
2.1.2 Ekşi Hamurun Ekmek Kalitesi Üzerine Etkisi.....	9
2.1.3 Ekşi Hamurda Mikrobiyaya ve Özellikleri.....	11
2.1.4 Ekşi Hamurun Sağlık Üzerine Etkileri.....	13
2.2 Gluten Nedir.....	15
2.2.1 Glutenin Ekmek Kalitesi Üzerine Etkisi.....	17
2.2.2 Glutenin Sağlık Üzerine Etkileri.....	18
2.2.3 Gluten Yerine Kullanılan Alternatif Ürünler.....	19
2.3 Glutensiz Ekmek İle İlgili Yapılan Çalışmalar.....	20
3 MATERYAL VE METOD	24
3.1 Materyal.....	24
3.2 Metodlar.....	27
3.2.1 Glutensiz Ekmek Deneme Planı.....	27
3.2.2 Glutensiz Ekmek Hamurunun Hazırlanması ve Pişirilmesi.....	27
3.2.3 Spesifik Hacim.....	28
3.2.4 Tekstür Analizi.....	28
3.2.5 Renk Analizi.....	29
3.2.6 Duyusal Analizi.....	29

3.2.7 İstatiksel Analiz.....	30
3.2.8 Besin Değeri Parametreleri.....	30
4 BULGULAR VE TARTIşMA	37
4.1 Ekmek Sertlik Değerleri ve Spesifik Hacim Değerleri.....	37
4.2 Renk Analizi.....	40
4.3 Duyusal Analiz.....	49
5 SONUÇ VE ÖNERİLER	54
KAYNAKÇA	59
TEZDEN ÜRETİLMİş YAYINLAR	70



SİMGE LİSTESİ

L*	Açıklık (lightness) koordinatı (siyah-beyaz)
±	Eksiği veya fazlası
G	Gram
CO ₂	Karbondiyoksit
a*	Kırmızı/yeşil koordinatı
ω-3	Omega-3 (yağ asidi)
b*	Sarı/mavi koordinatı
°C	Santigrat derece
%	Yüzde

KISALTMA LİSTESİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ANOVA	Analysis Of Variance - Varyans Analizi
ATP	Adenozin trifosfat
CD	Çölyak Hastalığı
CMC	Karboksimetilselüloz
EPS	Ekzopolisakkarit
g	Gram
GFD	Glutensiz Diyet
HPMC	Hidroksipropilmetilselüloz
IBS	İrritabl Bağırsak Sendromu
IgE	İmmunglobulin E
LAB	Laktik Asit Bakterileri
MC	Metilselüloz
MÖ	Milattan Önce
NCGS	Non-Celiac Gluten Sensivity - Çölyak Olmayan Gluten Hassasiyeti
RH	Relative humidity -Bağıl Nem
RSM	Yanıt Yüzey Yöntemi

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Fransız usulü olgun ekşi hamur üretimi.....	6
Şekil 4.1 Kontrol Ekmeği ve Deneme Ekmeklerin Resimleri.....	45
Şekil 4.2 Kontrol Ekmeği ve Deneme Ekmeklerin Resimleri.....	46
Şekil 4.3 Kontrol Ekmeği ve Deneme Ekmeklerin Resimleri	46
Şekil 4.4 Kontrol Ekmeği ve Deneme Ekmeklerin Resimleri	46
Şekil 4.5 Kontrol Ekmeği ve Deneme Ekmeklerin Resimleri	46
Şekil 4.7 Kontrol Ekmeği ve Deneme Ekmeklerin Resimleri	47
Şekil 4.8 Kontrol Ekmeği ve Deneme Ekmeklerin Resimleri	47
Şekil 4.9 Kontrol Ekmeği ve Deneme Ekmeklerin Resimleri	47
Şekil 4.10 Kontrol Ekmeği ve Deneme Ekmeklerin Resimlerin.....	48
Şekil 4.11 Kontrol Ekmeği ve Deneme Ekmeklerin Resimleri	48

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1	Kontrol Ekmeği ve Deneme Ekmeklerin Formülasyon Değerleri.....	24
Tablo 3.2	Kontrol Ekmeği ve Deneme Ekmeklerin Formülasyon Değerleri.....	25
Tablo 3.3	Glutensiz Ön Ekşi Formülasyonu.....	26
Tablo 3.4	Karışım bileşenleri için minimum ve maksimum değerleri.....	26
Tablo 3.5	Deneyisel tasarıma dayalı olarak formülasyonların bileşenleri.....	27
Tablo 3.6	Kabak çekirdeği, kuru besin bileşeni değerleri.....	32
Tablo 3.7	Keten tohumu, kuru besin bileşeni değerleri.....	33
Tablo 3.8	Chia tohumunun enerji ve besin ögesi bileşimi.....	36
Tablo 4.1	Ekmek sertlik ve spesifik hacim değerleri.....	40
Tablo 4.2	Ekmek içi ve kabuklarının L^* , a^* , b^* ve ΔE^* değerleri.....	44
Tablo 4.3	Ekmek içi ve kabuklarının L^* , a^* , b^* ve ΔE^* değerleri.....	45
Tablo 4.4	Ekmeklerin duyuşal özellikleri.....	51
Tablo 4.5	Ekmeklerin duyuşal analiz formu ve ekmeklerin aldıkları puanlar....	53

Chia, Kabak Çekirdeği ve Keten Tohumu Un Karışımının Glutensiz Ekmeklerde Gamlara İkame Olarak Kullanılmasının Ekmek Kalitesi Üzerine Etkisi

Abdullah KÖSE

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Muhammed Zeki DURAK

Ticari glutensiz ekmek üretiminde glutenin hamura sağladığı fiziksel ve fonksiyonel özellikleri kazandırmak için çeşitli gamlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu gamlarla üretilen ekmeklerin protein değeri düşüktür. Ayrıca ekmekte istenen renk ve duyu özellikleri karşılanmamaktadır. Ekmeğin bu özelliklerini iyileştirmek için gluten içermeyen, yüksek protein ve doğal gam içeriğine sahip olduğu bilinen unlar kullanılabilmektedir. Bu çalışmada gamlara alternatif olarak eklenen chia, keten ve kabak çekirdeği unları ile hazırlanan karışımının ekmek özellikleri üzerindeki etkisini tespit etmek için Minitab 17 programında mixture desing parametrelerini seçerek formülasyon oluşturuldu. Bu yöntem ile program 10 farklı ekmek formülasyonu oluşturulmuştur. Toplam hamur karışımında bu formülasyonlarla hazırlanan un karışımı miktarı 19,8 g'dır. Bu ekmeklerde renk, sertlik, spesifik hacim ve duyu analiz gerçekleştirilmiş ve gam ilaveli ticari ekmek formülasyonu ile üretilen ekmek ile kıyaslanmıştır. Chia, kabak çekirdeği ve keten tohumu unu içeren ekmeklerin spesifik hacim değerleri 2.60- 3,41 g/cm³ arasında değişiklik gösterirken kontrol ekmeğinin spesifik hacim değeri 3.55 g/cm³ bulunmuştur. En yüksek spesifik hacim değerine sahip 9.9 g kabak çekirdeği unu ve 9.9 g keten tohumu unu içeren ekmek ile kontrol ekmeği

arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir. Ekmeklerin 1.gün, 3.gün ve 6.gün sertlik değerleri kontrol edilmiş, un karışımı eklenen ekmeklerden yalnızca 9.9 g kabak çekirdeği unu ve 9.9 g keten tohumu unu içeren ekmek formülasyonu ile üretilen ekmeklerde daha düşük sertlik değeri tespit edilmiştir. Bu ekmek formülasyonu ile üretilen ekmek sertlik değeri 1.gün kontrol ekmeği ile farklılık göstermezken, 3. ve 6. günlerde daha düşük sertlik değerleri tespit edilmiştir. Ekmek içi ve kabuk renkleri incelendiğinde hem ekmek içi hem ekmek kabuğu için en yüksek L^* ve ΔE değerleri kontrol ekmeğinde görülmüştür. Duyusal analizde ekmek kabuk rengi ve görünümü, ufalanma, gözenek yapısı, çiğnenebilirlik açısından örnekler arasında anlamlı bir farklılık görülmezken, sadece ekmek içi renginde kontrol ekmeği diğer bütün örneklerden daha çok beğenilmiştir. Sonuç olarak özellikle 9.9 g kabak çekirdeği unu ve 9.9 g keten tohumu unu içeren formülasyon kullanılarak protein miktarı yükseltilmiş kontrol ekmeğinin sertlik, spesifik hacim ve duyusal özelliklerini taşıyan glutensiz ekmek üretimi gerçekleştirilebileceği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Glutensiz, Ekmek, Keten Tohumu Unu, Kabak Çekirdeği Unu, Chia Unu

The Effects Of Utilization Of Chia, Pumpkin Seed And Flaxseed Flour Mixture Substituted With Gums On Bread Quality Parameters

Abdullah KÖSE

Department of Food Engineering

Master of Science Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Muhammed Zeki DURAK

Various gums are widely used in commercial gluten-free bread production to provide the physical and functional properties that gluten provides to the dough. The protein value of breads with these gums is low. In addition, it does not meet the color and sensory properties of bread. In order to improve these properties of bread, gluten-free flours known to have high protein and natural gum content can be used. In this study, in order to determine the effect of the mixture prepared with chia, flax and pumpkin seed flours added as an alternative to gums, on the bread properties, the formulation was created by selecting the mixture design parameters in Minitab 17 program. The amount of flour mixture produced with these in the total dough mixture is 19, 8 g. Color, hardness, specific volume and sensory analysis were performed in these breads and compared with the bread produced with the commercial bread formulation with gum addition. While the specific volume values of the breads containing chia, pumpkin seed and flaxseed flour varied between 2.60-3.41 g/cm³, the specific volume value of the control bread was found 3.55 g/cm³. No significant difference was detected between the bread containing 9.9 g pumpkin seed flour and 9.9 g flaxseed flour which displayed the highest specific volume value and the control bread. The hardness

values of the breads on the 1st, 3rd and 6th days were checked, and a lower hardness value was determined in the breads only produced with the bread formulation containing 9.9 g of pumpkin seed flour and 9.9 g of flaxseed flour among the breads containing added flour mixture. Whereas the hardness value of the bread produced with this bread formulation did not differ from the control bread on the 1st day, lower hardness values were determined on the 3rd and 6th days. When the crumb and crust colors were examined, the highest L^* and ΔE values for both the crumb and crust were observed in the control bread. In sensory analysis, there was no significant difference between the samples in terms of crust color and appearance, crumbling, pore structure, and chewiness, while control bread was more appreciated than all other samples in terms of crumb color. As a result, it has been observed that gluten-free bread with increased protein content can be produced by using a formulation containing 9.9 g pumpkin seed flour and 9.9 g flaxseed flour providing similar hardness, specific volume and sensory properties of control bread.

Keywords: Gluten-free, bread, flaxseed flour, pumpkin seed flour, chia flour

1.1 Literatür Özeti

Çölyak hastalığı tüm dünyada yaygındır ve son 20 yılda prevalansı önemli ölçüde artmıştır. Bunun yanı sıra, çölyak hastalığı günümüzde hala nadiren teşhis edilebilmekte ve istatistiksel bir buz dağını temsil etmektedir (Bai ve ark., 2016). Bu rahatsızlıkların önüne geçmek için tüketicilerin buğday ve çavdar unundan elde edilen geleneksel ekmek ürünlerinin yanı sıra gluten içeren ürünleri tüketmemeleri gerekmektedir. Glutensiz ürünler, tüketicilerin kabul edeceği kalite parametreleri ve düşük beslenme özellikleri nedeniyle kolayca diğer ürünlerden ayırt edilebilmektedir (Naqash ve ark., 2017). Bu nedenle glutensiz ürünlerin besleyici maddelerle zenginleştirilmesi ve kalitesinin artırılması oldukça önemlidir.

Glutensiz ekmek hazırlamak için, örneğin kinoa gibi besleyici özellikleri açısından yüksek tahıllar kullanılabilir. Bu ürünler içerdikleri yüksek besinler, protein değerleri ile esansiyel amino asit ve yüksek mineral içeriği sayesinde glutensiz ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır (Houben ve ark., 2012). Glutensiz ürünler için chia ve kenevir gibi çeşitli tohumlar da kullanılabilir. Chia (*Salvia Hispanica* L.) tohumları, yüksek besin değeri ve E vitamini, karotenoidler ve yüksek lif içeriği gibi biyoaktif bileşikler sunar. Bununla beraber, çok iyi bir omega-3-yağ asitleri kaynağıdır. Otuzyeddi g/gün chia tohumu tüketimi, kardiyovasküler hastalık risk faktörlerini azaltarak kan basıncını düşürür (da Silva ve ark., 2017; Valdivia-López ve ark., 2015). Bunun yanı sıra, Avrupa Komisyonu (2013) chia tohumları ile ekmek ve ekmek çeşitlerinde (%10'dan fazla olmayan) bir sınırlama ile yeni bir gıda bileşeni olarak kullanımını kabul etmiştir. Çölyak hastaları B vitaminleri, demir, bakır, çinko ve diğer minerallerin emilim bozukluğundan muzdarip olduğundan bu minerallerin biyoyararlanımını artırmak önemlidir (Kupper, 2005). pH 5 - 5.5 arasında hamur fermantasyonu esnasında fitik asidin

bozunabileceği bildirilmiştir (Švarc-Gajić, 2011). Ekşi mayalı ekmekte yüksek fitaz aktivitesi mikro besin maddelerinin arttığını bildirmiştir (Di Cagno ve ark., 2008). Normal ekmek üretiminde kullanıldığı gibi glutensiz ekmeklerde de ekşi hamur (ekşi maya), glutensiz ekmeklerin kalitesini artırmak için kullanılabilir. Ekşi hamurun (ekşi mayanın) normal ekmek yapımında kullanılması, ekmeğin her açıdan kalitesini artırmaya yardımcı olan bilenen en eski yöntemdir. Ekşi hamur (ekşi maya) fermantasyonu, ekmeğin hacmini artırır, bayatlamayı geciktirir ve ekmeğin tadına hoş bir aroma vererek hamur ve ekmek özelliklerini olumlu yönde etkiler. Ayrıca hamurun asitlenmesi, mikrobiyal ve tahıl enzimlerini, hamurun reolojisini ve ekmeğin lezzetini etkiler (Catzeddu, 2019). Farklı un değişkenlerine bağlı olarak, ekşi hamur (ekşi maya) fermantasyonu sırasında LAB'nin etkisiyle karmaşık bir karboksilik asit karışımı meydana çıkar (Axel ve ark., 2016). LAB tarafından üretilen organik asitler ve diğer metabolitler, patojenik bakterilerin oluşumunu engelleyebilir. Ayrıca ekmeğin bozulmasına neden olan bazı mantar ve mayalara karşı fungisidal veya fungistatik aktivite gösterebilir (Cizeikiene ve ark., 2013).

Keten tohumu (*Linum usitatissimum* L.) yetiştiriciliği, yağlı bir tohum oluşu ve içeriğinde ki yüksek lif miktarı sayesinde ticari bir mahsül olarak üretilir. Doğu Akdeniz bölgesinde yaygın bir şekilde üretilmektedir. Keten tohumunun tarihi MÖ 5000'e kadar uzanmaktadır (Bernacchia ve ark., 2014). Chia ve keten tohumları protein bakımından zengindirler (sırasıyla %24 ve %30). Chia ve keten tohumları diyet lifi ve çoklu doymamış yağ asitleri bakımından (sırasıyla %25 ve %23)'tür. Omega yağ asitleri bakımından da oldukça zengindirler yaklaşık %60-63'ü (chia) ve %70'i (keten tohumu) oluşturur. ω -3 yağ asidi α -linolenik asidi temsil eder (Hussain ve ark., 2013; Muñoz ve ark., 2013). Chia ve keten tohumu aynı zamanda doğal antioksidan bileşikler bakımından zengindirler. Bunun yanı sıra vitaminler (B vitaminleri, tokoferoller ve niasin) ve mineraller bakımından zengindir (Bernacchia ve ark., 2014; Marineli ve ark., 2014; Muñoz ve ark., 2013; Wang ve ark., 2017). Buğday'ın karbınhidrat miktarı (%72)'dir. Chia ve keten tohumu daha düşük karbonhidrat içeriğine sahiptir (sırasıyla %42 ve %29). Keten ve chia tohumu biyoaktif bileşenleri açısından insan sağlığına önemli fayda sağlar.

Yapılan bir çalışma neticesinde keten ve chia tohumu tüketiminin dislipidemi, inflamasyon, kardiyovasküler hastalık, glukoz homeostazı ve diyabet ile ilgili biyolojik belirteçleri olumsuz etkiler olmaksızın iyileştirdiği gözlemlenmiştir (Goyal ve ark., 2014; Muñoz ve ark., 2013; Parker ve ark., 2018). Besinsel faydaları olmasına rağmen, gıda üretiminde kullanımları nadirdir. Unlu mamüllerin üretimi için tahıl unlarına yardımcı olarak chia ve keten tohumunun kullanılabilmektedir. Keten ve chia tohumu polisakkaritler ve yağ asitleri içeriğine dayalı olarak organoleptik ve beslenme özelliklerini iyileştirebilir (Goyal ve ark., 2014; Hussain ve ark., 2013; Iglesias-Puig ve ark., 2013; Lamo ve Gómez, 2018; Sandri, ve ark., 2017). Yağlı tohumlar, hidrokolloidlerin ve proteinlerin gluten yerine ikame olarak kullanılabildiği glutensiz ürün yapımında özellikle umut vericidir (Zannini, ve ark., 2012). Glutensiz unlarının düşük pişirme özellikleri olmasına rağmen, fermantasyon glutensiz ekmeklerinin kalitesini iyileştirir ve çeşitlendirir (Moroni ve ark., 2009).

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmada ticari olarak üretilen glutensiz ekmeklerde kullanılan çeşitli gamlara alternatif olarak doğal gamsı özelliğe sahip ve besin değeri açısından oldukça yüksek olduğu bilinen chia, keten tohumu ve kabak çekirdeği unları ile hazırlanan karışımının ekmeğin spesifik hacim, tekstür, renk ve duyuşal özellikleri üzerindeki etkisini tespit etmek için kompleks kafes karışım dizaynı ile 10 farklı ekmek formülasyonu üzerinde çalışma yapılmıştır. Ticari gamlara alternatif doğal gamsı yapıya sahip hammaddeler kullanılarak hem ekmeğin besinsel özelliklerinin artması sağlanmış hem de ulaşılabilir ve ucuz maliyete sahip chia, keten tohumu ve kabak çekirdeği unları ile daha az maliyetli glutensiz ekmekler üretilmiştir.

1.3 Hipotez

Glutensiz ticari ekmeklerde kullanılan çeşitli gamların kontrol ekmeğimizde kullanılan gamlar şunlardır; guar gum, ksantan gum, keçi boynuzu gamı ve hidroksipropilmetilselüloz (HPMC). Bu gamların ilavesi ile yapılan ticari ekmeğin chia, keten tohumu ve kabak çekirdeği unları ile hazırlanan karışım ekmekleri ile kıyaslandığında ekmek içi ve kabuk renginin değişimleri gözle görülür şekilde

değiştiği görülecektir. Aynı zamanda ekmeğin besleyici değerinin arttığı ve lezzetinin hissedilir oranda olumlu olarak değeritiği gözlemlenecektir. Ticari gamların yüksek maliyet ve ulaşılabilirliği zor olması sebebiyle chia, keten tohumu ve kabak çekirdeği unlarının düşük maliyet ve kolay ulaşılabilir olması bu ürünlere yönelimi arttırması beklenmektedir.

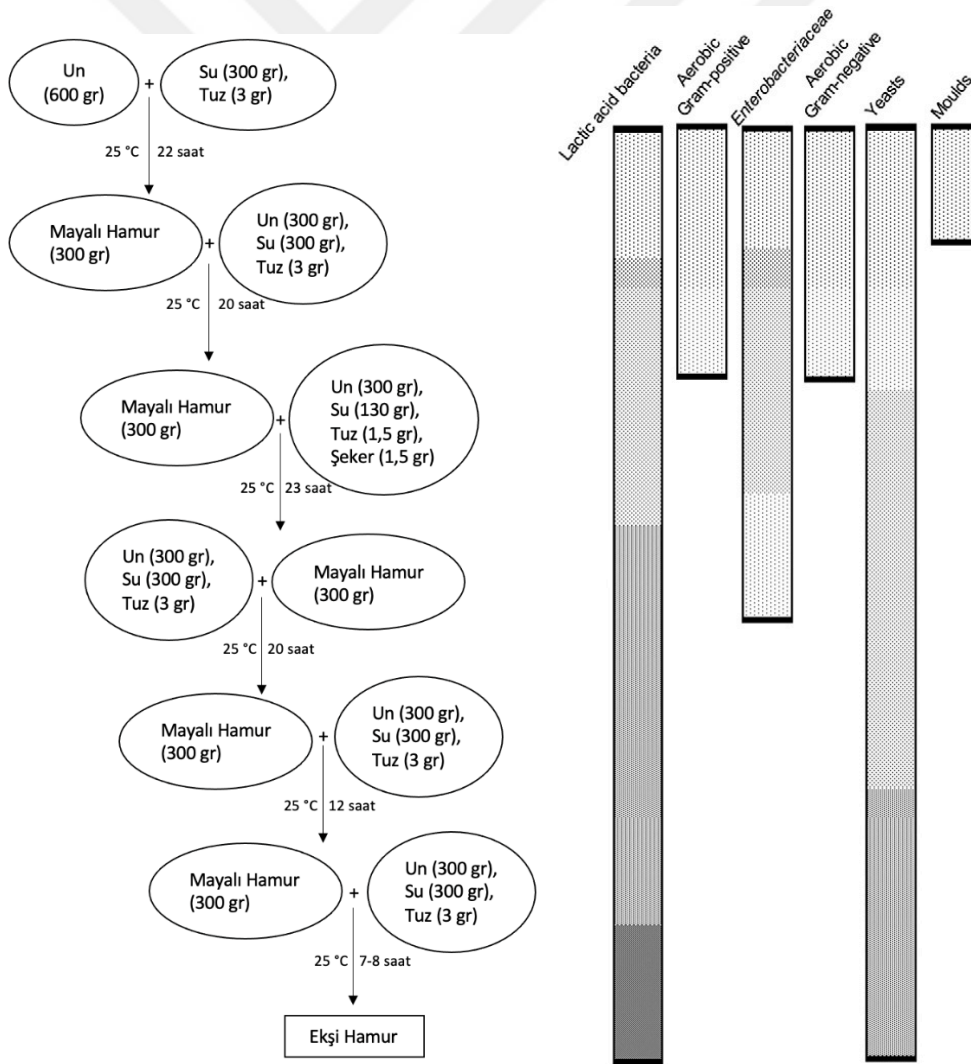


2.1 Ekşi Hamur

Ekşi hamur, bir hamurun mayalanma kapasitesinden sorumlu olan, aynı zamanda ve kaçınılmaz olarak asitlendiren, laktik asit bakterileri (LAB) ve mayalarla fermente edilmiş un (çoğunlukla buğday veya çavdar) ve su karışımıdır (De Vuyst ve Neysens, 2005; Gobbetti, 1998; Vogel ve ark., 1999). Modern fırıncılık teknolojisinde, ekşi hamur, ekmek, kraker, atıştırmalıklar, pizza ve tatlı unlu mamuller gibi çeşitli ürünleri üretmek için fırın mayası kullanımına bir alternatiftir (fırıncılar genellikle her iki kabartma maddesinin bir kombinasyonunu kullansa da) aynı zamanda ekşi hamur fırıncı mayasına göre birçok avantaj sunar: geliştirilmiş lezzet (Hansen ve Schieberle, 2005), uzun raf ömrü (Chavan ve Chavan, 2011), geliştirilmiş hamur yapısı (Arendt ve ark., 2007) ve artan besin değeri (Gobbetti ve ark., 2013; Poutanen ve ark., 2009) mayalı iyi pişmiş. Endüstriyel düzeyde üretilen sıvı (tip II) ve kurutulmuş (tip III) ekşi hamurlar, kullanımları kolay olduğu için fırıncılar arasında oldukça yaygın olmasına rağmen (Brandt, 2007), geleneksel (tip I) ekşi maya, araştırmacıların merakını özellikle büyük mikrobiyal çeşitlilik ile (De Vuyst ve ark., 2009) çekmektedir. Geleneksel ekşi hamurun bu özelliği, esas olarak, sürekli mayalama ve asitleştirme kapasitesine sahip bir ekşi maya ("olgun" ekşi hamur) elde etmek için gerekli olan kendiliğinden çok aşamalı bir fermantasyonun kullanımından (Hammes ve Gänzle, 1998) ve geri kullanımdan kaynaklanmaktadır. Ekşi hamurun bu özelliği çoğaltılması için (neredeyse) günlük olarak uygulanan bir yöntemdir (De Vuyst ve ark., 2009). Bu nedenle, ekşi mayanın mikrobiyal ekolojisi ile ilgili çalışmaların çoğu geleneksel ekşi maya üzerine odaklanmıştır.

Geleneksel ekşi hamur, birden fazla fermantasyon adımından kaynaklanır. Geleneksel ekşi hamurun ilk basmağı, sadece un ve sudan oluşan bir hamurun kendiliğinden fermente edilmesi ile süreç başlar. Daha sonra, fermente edilmiş hamur, yeni hazırlanmış hamurun fermente edilmesi için aşı olarak kullanılır ve

bu daha sonraki bir fermantasyon aşaması için aşı olarak kullanılacaktır. Erken fermantasyon aşamalarında üzüm suyu / şıra, bal, şerbetçiotu, olgunlaşmış meyve, tuz, şeker, sirke gibi ek bileşenler, hemen elde edilebilen besinleri ve protektolojik mikroorganizmaları hamura dahil etmek için kullanılabilir. Şekil 1'de "Fransız usulü" olgun ekşi hamur üretimi için bir yapılması gereken adımlar verilmiştir (Onno ve Roussel, 1994). Aşağıdaki şekilde ayrıca yapılan bu işlem sırasında farklı mikrobiyal grupların bir araya gelerek tipik hücre yoğunluğu eğilimini göstermektedir. İlk fermantasyonun yanı sıra, daha önce fermente edilmiş hamurdan bir miktar un ve suyun aşılmasından oluşan "geri tepme" (veya "tazeleme") adlı işlem, her fermantasyon adımından önce tekrarlanır. Geri eğimleme de daha sonra olgun ekşi mayanın zamanla çoğaltılması için uygulanır (De Vuyst ve ark., 2009).



Şekil 1.1 "Fransız usulü" olgun ekşi hamur üretimi

Şekil 1. "Fransız tarzı" na (Onno ve Roussel, 1994'ten uyarlanmıştır) göre olgun ekşi hamur üretim protokolünü sürdüren akış şeması, burada meydana gelen farklı mikrobiyal grupların tipik dinamiğinin grafiksel bir gösterimi ile çevrelenmiştir. Şekilde görüleceği üzere her bir mikrobiyal grup, çubuklarda gösterilen nokta sayısı, fermentasyonun belirli bir aşamasında hücre yoğunluğu ile doğru orantılıdır.

2.1.1 Ekşi Hamur ve Özellikleri

Ekşi maya veya ekşi hamur ekmek yapımında maya ve laktik asit bakterileri (LAB) tarafından fermente edilen ön hamur olarak kullanılan bir hamur türüdür. Ekşi maya (ekşi hamur), fermentasyonun türüne ve kullanılan teknolojik sürece bağlı olarak dört sınıflandırma ile tarif edilebilir. Ekşi maya (ekşi hamur) tip I'de, unda bulunan mayaların ve laktik asit bakterileri'nin fermentasyonu kendiliğinden meydana gelirken, tip II'de fermentasyon, bir başlangıç kültürünün aşılması sonrası meydana gelir. Tip III ise basitçe, kurutulmuş tip II ekşi hamurudur. Tip IV ise laboratuvar ölçeğinde üretilen tip I ve tip II ekşi hamurun bir karışımıdır. Fermentasyon sırasında LAB'nin büyümesi ile pH, nişasta ve proteinin hidroliziyle azalır ve mayaların büyümesini destekler. Maya, otoliz sırasında amino asitleri ortama salar ve laktik asit bakterileri'nin büyümesine yardımcı olur. Laktik asit bakterileri ve mayaların bu sinerjik büyümesi sayesinde, ekşi mayadan (ekşi hamurdan) elde edilen ürünler, sadece maya ile fermente edilen ekmeğe göre daha fazla lezzete, daha elastik hamur ve daha uzun bir raf ömrüne sahiptir (Siepmann ve ark., 2017).

LAB ve mayalar arasındaki ilişkisel fermentasyon nedeniyle, nişasta hidrolize edilir, hamur daha fazla asitlik kazanır ve gluten bozulur, bunların tümü hamurun yapısını, uçucu bileşiklerin konsantrasyonunu ve yapısal ve mikrobiyolojik raf ömrünü iyileştirmeye katkıda bulunur (Siepmann ve ark., 2017).

Ekşi maya (ekşi hamur), ilk olarak buğday ve/veya çavdar ekmeği üretiminde doğal bir mayalama maddesi olarak kullanılmak üzere üretilmiştir. Daha sonra tam buğday unu ile yapılan ekmek ürünlerine de uygulanmaya başlanmıştır. Son olarak, ekşi hamurdan elde edilen ürünlerin beslenme kalitesinin iyileştirilmesini amaçlayan, buğday ve çavdar ununun diğer tahıl ve unlarla zenginleştirme veya

tamamen ikame edilme olasılığını değerlendiren çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Ekşi maya üretimine eklenen bazı tahıl örnekleri şunlardır: kinoa (*Chenopodium quinoa*) (Iglesias-Puig ve ark., 2015; Rizzello ve ark., 2016; Swieca ve ark., 2014); semolinas (*Triticum durum*) (Alfonzo ve ark., 2016); amaranth (*Amaranthus*) (Alencar ve ark., 2015; Sterr ve ark., 2009); karabuğday (*Fagopyrum esculentum*) (Aguilar ve ark., 2016; Stokic ve ark., 2015; Costantini ve ark., 2014); chia tohumları (*Salvia hispanica* L.) (Constantini ve ark., 2014) ve çimlendirilmiş tohumlar (Diowksz ve ark., 2014) Ekşi hamur üretiminde kullanılan diğer un türleri şunlardır: arpa unu (Ktenioudaki ve ark., 2015; Mariotti ve ark., 2014; Sullivan ve ark., 2013; Rieder ve ark., 2012; Zannini ve ark., 2009; Marklinder ve ark., 1996); arpa unlu çavdar (Pejcz ve ark., 2015); sorgum unu (Galle ve ark., 2012); teff unu (Campo ve ark., 2015); arpa unları (Sluková ve ark., 2016) ve sebze unuyla karıştırılmış peynir altı suyu (Rizzello ve ark., 2014; Curiel ve ark., 2015).

Endüstriyel maya ile yapılan ekmek ve ekşi mayadan (ekşi hamurdan) yapılan ekmekte, unun bileşimi elde edilecek ürünlerin duyu ve besleyici özelliklerini doğrudan etkilemektedir (Arendt ve ark. 2007). Tam buğday taneleri ve sebze unu ilavesiyle mineral, protein ve özellikle lif konsantrasyonunda artış gözlenmektedir. Lif, suyu sıkıca bağlama yeteneğine sahiptir, böylece gluten ağının oluşumu için daha az serbest su bırakmanın yanı sıra, gazı tutma kapasitesini düşürerek daha düşük hacimli ürünler elde edilmesini sağlar. Gözlenen bir diğer özellik, somunda daha düşük nem ve bunun sonucunda taze üründe sertlikte artış olmasıdır (Izydorczyk ve Dexter 2008). Ekmeğin raf ömrü boyunca, doğal olarak, kabuk için nem kaybı ve amilopektinin retrogradasyonu meydana gelir, bu da kırıntılarının sıklığının artmasına ve ürünün raf ömrünün ksalmasına neden olur (Ktenioudaki ve ark., 2015; Mariotti ve ark., 2014). Hem ekşi hamurda hem de sadece maya ile fermente edilmiş ekmekte, glutensiz ürünlerin başlangıçtaki neminin, glutensiz olmayan ürünlerden halihazırda daha düşük olduğu ve bunun da raf ömrünün ksalmasına neden olduğu gözlemlenmiştir. Tüm bu faktörler, lif bakımından zengin ürünlerin ve glutensiz ürünlerin kabul edilebilirliğinin azalmasına neden olmaktadır.

Wolter ve ark., (2014), W. cibaria tarafından glutensiz karabuğday, kinoa ve teff ekşi mayasında ekzopolisakkarit (EPS) dekstran üretimini tespit etmiş, bu da sadece maya kullanılarak fermente edilen ekmekle karşılaştırıldığında doku ve lezzet gibi gelişmiş duyuşal özelliklerle sonuçlanmıştır.

2.1.2 Ekşi Hamurun Ekmek Kalitesi Üzerine Etkisi

Laktik asit bakterileri ve mayalar arasındaki ilişkişel fermentasyon nedeniyle, nişasta hidrolize edilir, hamur daha fazla asitlik kazanır ve gluten bozulur, bunların tümü hamurun yapısını, uçucu bileşiklerin konsantrasyonunu, yapısal, mikrobiyolojik özelliklerini ve son ürünün (ekmeğin) raf ömrünü iyileştirmeye katkıda bulunur (Siepmann ve ark., 2017).

Doku (yapı), gıda ürünlerinde en önemli duyuşal özelliklerden biridir. Ekmek ürünlerinde bu özellikten sorumlu madde, gliadin ve glutenin proteinlerinden oluşan kompleks bir protein olan glutendir. Gliadin proteinleri hamurun viskozitesinden sorumludur ve alkolde çözünürler, oysa gluteninler kuvvet ve elastikiyete katkıda bulunur ve asitlerde çözünür (Gänzle ve ark., 2007; Osborne 1907).

Ekşi hamurda, LAB tarafından asetik asit ve laktik asit üretimine bağılı olarak glutenin proteolizi, nişastanın orta derecede hidrolizi ve bunun sonucunda da pH düşüşü meydana gelir (Corsetti ve ark., 1998). Daha asidik bir ortamın varlığı, gluten proteinlerinin şişmesine ve daha yüksek çözünürlüğe sebep olur. Molekül içi kuvvetlerin artması, proteinin protein konuşlandırmasına neden olarak hidrofobik bölümünün daha fazla açığa çıkmasına neden olur. Sonuç olarak, büyük protein agregası proteolize uğrar ve daha fazla uzayabilirliğe sahip daha kararlı ve daha az elastik bir emülsiyon oluşturur. Nihai hamurun reolojik özellikleri, mayalama maddesi olarak kullanılan ekşi hamurun konsantrasyonuna ve fermentasyon sırasında glutenin yayılmasına bağılıdır (Clarke ve ark., 2004; Takeda ve ark., 2001; Corsetti ve ark., 2000; Hosney 1994). Bununla birlikte, proteoliz sınırlıdır, CO₂'nin daha fazla tutulmasına izin verir ve nihai ürünün yumuşaklığını doğrudan etkiler (Thiele ve ark., 2002).

Gıda ürünlerinin duyuşal özellikleri arasında aromanın tüketiciler tarafından kabul edilmesinde önemli bir rolü vardır (Paraskevopoulou ve ark. 2012). Ekşi hamurun ve diğerk ekmek ürünlerinin aroması, glutenin proteolizinde oluşan uçucu bileşiklerin, işleme sırasında gerçekleştirilen adımların ve ısıl işlemin bir sonucudur (Heiniö ve ark., 2003). Ekşi hamurda üretilen uçucu bileşikler iki kategoriye ayrılabilir: (i) LAB tarafından üretilen organik asitler gibi uçucu olmayan bileşikler (Gobbetti ve ark. 1995) ve (ii) alkoller, aldehitler, ketonlar, esterler ve sülfür gibi uçucu olan bileşikler (Spicher 1983). Ayrıca, ekşi maya ekmeğİ, duyuşal testlerde daha yüksek bir puan alır ve kimyasal olarak asitlendirilmiş ekmeğİ (laktik ve asetik asitler kullanılarak) kıyasla daha yüksek uçucu içeriğİ sahiptir. Uçucu bileşİğİn iyileştirilmesinden sadece hamurun asitleştirilmesinin sorumlu olmadığı ortaya konulmuştur (Hansen ve Schieberle 2005).

Pişirme işlemi sırasında, kabuğİ içeren en önemli reaksiyon, Maillard reaksiyonu olarak bilinen enzimatik olmayan reaksiyondur (Purlis ve Salvadori 2009). Ekşi mayada Maillard'ın reaksiyonu, gluten proteolizinden etkilenererek amino asitlerin serbest kalmasına neden olur, bu da pişirme sırasında glikozla reaksiyona girer ve şekerleri azaltır ve Maillard reaksiyonunu başlatır (Gobbetti ve ark., 1995; Barber ve ark., 1992). Fermantasyon sırasında amilazlar ve glukosidatlar gibi enzimlerin eklenmesi, Maillard'ın reaksiyonunu destekleyerek hamurdaki şeker konsantrasyonunun azalmasını arttırır (Guinet ve Godon 1996). Maillard bileşiklerinin konsantrasyonunu etkileyen diğerk faktörler, pişirme sırasında sıcaklık ve nem ile ekşi hamurun düşük pH'sıdır (Kaminski ve ark., 1981). 220 ° C'lik pişirme sıcaklıkları reaksiyonu hızlandırır ve su buharı, şekerİ serbest bırakarak nişasta dekstrinizasyonunu destekler (Guinet ve Godon 1996).

Maillard'ın reaksiyonuna ek olarak, ekmeğİn pişirilmesi sırasında (sıcaklık 150 ° C'nin üzerinde), şekerin karamelleşmesi de meydana gelir, uçucu bileşikleri serbest bırakır (Bianchi ve ark., 2008; Hadynto ve ark., 2007) ve düşük moleküler ağırlıklı bileşiklerin parçaları buharlaşır. Etanol, küçük esterler (etil asetat ve etil 3-metilbütanoat) ve asitler (Birch ve ark., 2014) gibi fermantasyon sırasında oluşur.

Ekşi maya, yalnızca maya ile fermente edilen ekmekten daha kalın bir kabuğa sahiptir, bu da ekmek kırıntısında bulunan suyun buharlaşmasını engeller ve daha yumuşak iç kısımların korunmasına yardımcı olur. Ek olarak, LAB'ın ekşi hamurdaki faaliyetleri, ürünlerin raf ömrünü sadece maya kullanılarak fermente edilen ürünlerden daha uzun hale getirir. LAB, organik asitler, EPS, enzimler ve bakterisit ve antimikrobiyal bileşikler dahil olmak üzere ekmek ürünlerinin dokusu, sertliği ve korunması üzerinde olumlu etkileri olan sayısız metabolit üretir (Siepmann ve ark., 2017).

Ekşi hamurda gözlenen raf ömrü boyunca sertleşmedeki azalma, LAB tarafından üretilen EPS'nin aktivitesinden kaynaklanmaktadır. EPS, somunda bulunan suyla bağlanarak ürünün kabuğuna taşınması için daha az serbest su bırakır (Poutanen ve ark., 2009; Tieking ve Gänzle 2005). Tam buğday ekşi hamurunda EPS'nin yanı sıra ksilanaz ve endoksilanaz gibi enzimlerin ilavesi raf ömrünün uzamasında çok etkilidir. Ksilanaz, tam tahılların hemiselülozunda bulunan polisakkaritleri parçalamakta, böylece suyla bağlanan daha küçük karbonhidrat zincirlerini serbest bırakarak ürünün yumuşaklığını arttırmaktan sorumludur. Ek olarak, amilopektinin retrogradasyonunda bir azalmanın da bu enzimlerin aktivitesinin bir sonucu olduğu gözlemlenmektedir (Ktenioudaki ve ark., 2015). Ksilanaz enziminin eklenmesinin ekşi mayalı ve mayasız harcanmış tahıl kullanılarak yapılan ekmeğin özgül hacmini ve dokusunu iyileştirdiğini, endoksilanaz enzim ilavesinin ekşi hamurla fermente edilmiş buğday ekmeğinde sertliği ve bayatlamayı düşürdüğünü gözlemlemişlerdir Corsetti ve ark., (2009).

2.1.3 Ekşi Hamurda Mikrobiyota ve Özellikleri

Ekşi mayada bulunan mikrobiyota, genellikle laktobasil ve mayaların birleşik büyümesinden oluşur ve bunların büyümeleri için gerekli olan koşullar (sıcaklık ve pH) arasındaki benzerlik tarafından desteklenir (Corsetti ve ark., 2012).

Ekşi hamur mikrobiyotası, proses parametrelerinden (örneğin, sıcaklık ve su içeriği) etkilenir; kullanılan tahıl ununun türü ve kalitesi (enzimatik, mikrobiyolojik, besleyici ve dokusal) ve LAB arasındaki etkileşim gibi endojen faktörler, undaki maya ve diğer bakteriler tarafından etkilenir (Gobbetti 1998 ve Meroth ve ark., 2003).

Ekşi hamurda bulunan laktik asit bakterileri, hidrokarbon metabolizması, nitrojen kaynaklarındaki etkileşimler ve diğer türlerin büyümesini uyarıcı ve/veya inhibe eden bileşiklerin üretimi nedeniyle sinerjik veya antagonistik olarak etkileşime girebilir (De Vuyst ve ark. 2009). Fermentatif sürecin başlangıç aşamasında, besiyerinde bulunan karbonhidratlar, buğdayın içerisinde bulunan amilaz enzimlerinin (α -amilaz, β -amilaz ve glukoamilazlar) etkisiyle maltodekstrin, maltoz ve glikoza hidrolize edilen nişasta, çavdar unu ve süktrozdur (Brandt 2006; Belitz ve ark., 2008; Axelsson 1999; Stolz ve ark., 1996). Maltozun sinerjik hücre içi hidrolizi, *L. sanfranciscensis* tarafından gözlenir (Adenozin trifosfat (ATP) tüketimini içermez), glikozu serbest bırakır ve bu da *C. humilis* gibi mayalar tarafından tüketilir (Gobbetti ve Corsetti 1997; Gobbetti ve ark., 1995; Stolz ve ark., 1995) maltozu kendi kendilerine indirgeyemez. Süktroz, hem buğday ununda zaten mevcut olan hem de *S. cerevisiae* tarafından üretilen invertaz enzimlerinin etkisiyle hidrolize edilir, LAB ve maltoz negatif mayalar için besin görevi gören glikoz ve fruktozu serbest bırakır (De Vuyst ve Neysens 2005; Gobbetti ve ark., 1994). LAB'nin büyümesiyle, laktik ve asetik asit üretilir, pH'ı düşürür ve çavdar ve buğday ununda bulunan proteazlar arasındaki aktiviteyi destekler (Brijs ve ark., 1999). Bu, çoğu maya geliştirmede kullanılan alifatik bileşiklerin, dikarboksilik asitlerin ve hidroksi aminoasitlerin serbest kalmasıyla sonuçlanır (Gobbetti ve ark., 1995). Tüm bunlara ek olarak, büyümenin ya da hızlandırılmış otolizin bir sonucu olarak, maya hücreleri laktik asit bakterilerinin büyümesi için gerekli olan amino asitleri serbest bırakır (Alexandre ve Guilloux-Benatier 2006; Velasco ve ark., 2004).

Antagonistik bir etkileşim olarak, *S. cerevisiae* ve heterofermentatif laktik asit bakterileri arasında maltoz için rekabet olduğu gözlemlenmiştir. Bu maya türü, un içinde bulunan şekerleri LAB'den daha yüksek oranda tüketerek bu bakterilerin metabolizmasını yavaşlatır (De Vuyst ve Neysens 2005).

Karbon ve nitrojen metabolizmasını içeren bu karmaşık etkileşimler nedeniyle, ekşi maya tuhaf bir mikrobiyal ekosistem olarak kabul edilir. Bu sebeple, mikrobiyal büyümeyi etkileyen parametreler, endojen veya eksojen olarak sınıflandırılmaz. Ancak teknolojik (örneğin, aş olarak kullanılan ekşi hamur

yüzdesi, pH, fermantasyon sıcaklığı, un içinde bulunan kül içeriği vb.) kullanılan tahıl ürünleri ve kirletici maddelerin yayılması veya sürüklenmesi diyebiliriz (Ganzle ve Ripari 2016). Tüm bu parametreler ve bunların kombinasyonları, belirli bir ekşi hamur örneğinde bulunan mikrobiyota çeşitliliğinden sorumludur (Minervini ve ark., 2015; De Vuyst ve Neysens 2005).

Tip I ekşi maya (ekşi hamur) üretiminde inokulum olarak kullanılan ideal ekşi maya konsantrasyonu %10 ila 40'tır. İnokulum konsantrasyonunun artmasıyla pH azalır ve sonuçta mikrobiyal seleksiyon sonu (hücrel canlılığını koruyan türler) fermantasyonun tamalanmış olur. %2'nin altındaki konsantrasyonlar *L. sanfranciscensis*'in büyümesine yardımcı olur; tersine, %50'nin üzerindeki konsantrasyonlar, muhtemelen düşük pH nedeniyle laktobasil büyümesini inhibe eder, ancak mayaları engellemez (Brandt ve ark., 2004). Öte yandan, demir, sodyum, potasyum, magnezyum ve fosfor gibi minerallerin daha yüksek konsantrasyonuna bağlı olarak, unda bulunan kül bir tamponlama maddesi olarak işlev görür ve LAB'nin baskılanmadan hamuru fermente etmesine izin verir. Fermantasyon süresinin kısa olması sonucunda asitliğin yüksek olduğu gözlemlenmiştir (Salovaara ve Valjakka 1987).

2.1.4 Ekşi Hamurun Sağlık Üzerine Etkileri

Tam buğday ekmeği başta olmak üzere ekmekte lif, mineral, vitamin, kompleks karbonhidratlar gibi koruyucu besin maddeleri tanımlanmıştır. Fakat tam buğday ekmeğinde önemli miktarda çinko, kalsiyum, demir gibi esansiyel minerallerin absorpsiyonunu engelleyen fitat bulunmaktadır. Son yıllarda ekşi hamurlarda yapılan çalışmalarda tahıl bazlı fitaz aktivitesinin ekşi hamur mikroorganizmaları tarafından gerçekleşen fitaz aktivitesinden daha baskın olduğu, fakat ekşi hamurda düşen pH ile birlikte tahıldan gelen fitazların çalışması için uygun koşulların olduğu bildirilmiştir (Reale ve ark., 2007). İntestinal hücre modeli ile yapılan çalışmada ekşi hamurdan elde edilen ekmekler ile ticari mayadan elde edilen ekmekler demir biyoyararlılığı açısından karşılaştırılmış ve ekşi hamur ekmeklerinin demir biyoyararlılığını arttırdığı görülmüştür (Rodriguez ve ark., 2017).

Yapılan çalışmalarda ekşi hamur ekmeklerinin glisemik indeks üzerindeki beyaz ekmeğe göre azaltıcı etkisi bilinmektedir (Atkinson ve ark., 2008; Novotni ve ark., 2011; Bo ve ark., 2017). Ekşi hamur ile üretilen ekmeklerde glisemik indeks değerleri düşüktür. Tam buğday ekmeğinde bir porsiyonunda (30 g) glisemik indeks değeri yaklaşık 71, glisemik yük 9, beyaz buğday ekmeğinde 71 ve 10 iken ekşihamurlu buğday ekmeğinde bu değerlerin 54 ve 8 olduğu saptanmıştır (D'alessandro ve De Pergola, 2014). Organik asitlerin üretimi insan kanında sindirim sonrası oluşacak olan glisemik yanıtın azaltılmasında önemli rol oynar. Asetik asit sindirim sisteminde yavaş ilerlemeyi sağlarken laktik asit hamurda fırınlama esnasında nişasta ve gluten arasındaki etkileşimi arttırarak nişastanın ulaşılabilirliğini azaltır (Björck ve Elmstahl, 2003).

Genetik olarak hassas bireylerde buğday, arpa, avdar gibi tahıllarda temel protein olan gluten proteinlerinin sindirimi kronik inflamasyona sebep olur. Bunun sonucunda ince bağırsakta lezyonlar oluşur ve besinlerin absorpsiyonunda problemler ortaya çıkar. Bu rahatsızlık lyak hastalığı olarak bilinir ve dünya nüfusunun %1'inde görüldüğü tahmin edilmektedir (Catassi ve ark., 2014; Lamacchia ve ark., 2014). Bu hastalığın tedavisi için farmakolojik çalışmalar devam etse de şu an için tek çözüm gluten içermeyen diyet ile beslenmektir. Glutenin mikrobiyal ve tahıl kaynaklı enzimlerle hidrolizinden faydalanarak lyak hastaları için toksik proteinlerin miktarında azaltmaya yönelik denemeler mevcuttur. Ekşi hamur kullanılarak elde edilen buğday unundan yapılan ekmeklerin lyak hastalarına herhangi bir zarar vermediği görülmüştür (Greco ve ark., 2011; Rizzello ve ark., 2014). Fakat glutensiz ekmeklerdeki tekstür ve lezzeti sağlamak için kullanılan katkılara bu ekmeklerde de ihtiyaç duyulmaktadır (Rizzello ve ark., 2014). Farklı bir çalışmada çimlenmiş buğday ve arpa ekşi hamur mikroorganizmaları kullanılarak fermente edilmiş, glutenler tahıl kaynaklı proteolitik enzimler vasıtasıyla hidroliz edilmiştir. Burada enzim faaliyetleri düşen pH ile artmıştır (Loponen ve ark., 2009).

Ekşi hamurların çeşitli besinsel avantajlarının yanı sıra ekmek bileşenlerinin antioksidatif ve antihipertansif aktiviteleri de gösterilmiştir. Ekmek kabuklarında bir antioksidan olan Maillard reaksiyonu sonucu oluşan pronyl-L-lysine tespit

edilmiştir (Lindenmeier ve Hofmann, 2004). Bu bileşen glutatyon S-transferazı indükleyerek in vitro olarak antioksidatif kemo-önleyici aktivite göstermiştir. Ekşi hamur ekmeklerinin ticari maya ile üretilen ekmeklere nazaran daha fazla bu antioksidan maddeyi içerdiği tespit edilmiştir. Bu değişiklik pH değerine bağlanmıştır (Lindenmeier ve Hofmann, 2004). Anjiyotensin dönüştürücü enzim (ACE) insanlarda kan basıncının yükselmesine sebep olur. Yapılan çalışmada ekşi hamur fermentasyonu boyunca LAB'nin ACE-inhibitörü biyoaktif peptitleri ve γ -aminobütirik asiti üreterek antihipertansif etki gösterdiği tespit edilmiştir (Rizzello ve ark., 2008).

2.2 Gluten Nedir

MÖ 12.000'de tarımın ortaya çıkmasıyla beraber buğday kullanılmaktadır. Gluten ise buğdayın bileşenidir (proteindir). Bununla birlikte, glutensiz bir diyetle (GFD) iyileşen gastrointestinal semptomları yaşayan hastaların ilk raporları ancak 1978'de açıklanmıştır (Schuppan ve ark., 2015, Cooper BT ve ark.,1980). Dikkat çekici bir şekilde, bu raporlara dahil edilen tüm hastalarda çölyak hastalığı (CD) dışlanmıştır. 2011 yılında, uluslararası bir uzmanın fikir birliği, gluten veya buğdaya karşı GFD'de iyileşen bağırsak veya ekstraintestinal semptom repertuarıyla ve CD ve buğday alerjisinden sonra, gluten veya buğdaya karşı bağışıklık aracılı bir reaksiyon olarak tanımlanmış, uygun testlerle hariç tutulmuştur. Bu keşif, yalnızca CD için gerekli olanın çok ötesine uzanan glutenden kaçınmaya yönelik büyük bir medya odaklı ilgi topladı ve bu da, glutensiz ikame maddelerinin artan kullanılabilirliğine ve genel nüfus arasında artan bir GFD tüketimine neden oldu (Gaesser ve ark., 2015). 2009 ve 2014 yılları arasında, popülasyona dayalı bir çalışma, 2009-2010'da %0,5 olan glutenden kaçınan kişilerin yaygınlığında 2011-2012'de %1,0'e, 2013-2014'te %1,7'ye önemli bir artış olduğunu göstermiştir ($P = .005$) (Unalp-Arida ve ark., 2009-2014). 2015 yılında 2,8 milyar ABD doları tutarında glutensiz ürün satışları ile glutensiz sektörde eşzamanlı bir büyüme yaşandı ve 2020'de tahmini satışların 7,6 milyar dolar olması bekleniyor (Statista, 2020).

Bununla birlikte, non-celiac gluten sensitivity (NCGS) yani çölyak olmayan gluten hassasiyetinin farklı bir varlığı temsil edip etmediği tartışmalıdır. Bu durumu tanımlandıracak biyobelirteçler ve klasik bir histolojik lezyon olmadığı bilinmektedir (Järbrink-Sehgal ve ark., 2019). Ek olarak, son kanıtlar, glutene atfedilen advers reaksiyonların aslında buğday ununda 1.4-1.7 g/100g arasında değişen konsantrasyonlarda bulunan sindirilemeyen karbonhidratlar olan gluten dışındaki buğdayın bileşenlerinden (örn. fruktanlar) kaynaklanabileceğini göstermektedir (Struyf ve ark., 2017). Buğdayda bulunan doğal bitki pestisitleri olan buğday amilaz tripsin inhibitörleri. Bazı bilimsel araştırmacılar, NCGS'nin farklı bir klinik durum olmadığına ve hafif çölyak hastaları (yani "çölyak lite"), irritabl bağırsak sendromu (IBS) ve immunglobulin E (IgE) olmayan buğday alerjisi ile ilişkili olabileceğini düşünmektedir.

Bu durumu desteklemek çölyak olmayan ve gluten hassasiyetinin yalnızca son 50 yılda tanımlandığı ve gluten 10.000 yıldan fazla süredir tüketildiği gerçeğidir (Vocke G.,). ABD Tarım Bakanlığı'na göre, en yüksek buğday tüketiminin olduğu zaman, glutenle ilgili rahatsızlıkların nadir olduğu on dokuzuncu yüzyılın sonlarında kişi başına 220 lbs (99,790 kg) idi. Buğday tüketimi, 1970-2000 yılları arasında yeniden artarak, glutenle ilgili bozukluklardaki artışla aynı zamana denk gelen 146 lbs / kişi / yıl (66,224 kg/kişi/yıl) zirvesine ulaştı (Statista). 19. yüzyılın sonlarında tüketilen buğday miktarı bildirilenden %34 daha azdı. 2000'den 2018'e kadar, kişi başına buğday tüketiminde kişi başına %9'luk sabit bir düşüş oldu, bu muhtemelen glutenden kaçınan insanların yaygınlığındaki artışla aynı zamana denk geliyor.

On dokuzuncu yüzyılın sonlarında, yirminci yüzyılın sonlarına kıyasla daha fazla miktarda buğday tüketiminin, genel popülasyondaki glutenle ilgili bozukluklarda bir artışla neden ilişkili olmadığı açık değildir. Modern buğday çeşitlerinde gluten içeriğinin artmış olabileceği konusunda ilk endişeler vardı. Fakat buğday yetiştiriciliğinin artmasına rağmen, modern buğdaydaki gluten içeriği değişmemiştir (Kasarda ve ark., 2013). Glutenle ilişkili bozukluklardaki artışa yönelik bir başka teori, büyük miktarlarda hayati buğday gluteni içeren endüstriyel olarak işlenmiş gıdaların (örneğin pizza, makarna, ekmek, bisküviler)

tüketiminde bir artış olduğu düşünülmektedir. Vital buğday gluteni, hamurun donma noktasını yükselten ve uzun süreli depolamaya izin veren daha yüksek gluten içeriğine sahip saflaştırılmış bir gluten şeklidir (Giannou ve ark., 2016). Dolaylı kanıtlara rağmen, genel popülasyon tarafından yaşamsal buğday gluteninin tüketimini ölçen hiçbir çalışma yoktur. Son olarak, gluten tüketiminden kaynaklanan rahatsızlıkların diyet gluten tüketimindeki değişikliklere göre değişip değişmeyeceği belirsizliğini korumaktadır.

2.2.1 Glutenin Ekmek Kalitesi Üzerine Etkisi

Gluten ekmeklik buğday unlarının ve başta ekmek olmak üzere birçok unlu mamulün kalite parametresini belirleyen önemli bir etkidir. Ancak, bugüne kadar yapılan çalışmalar neticesinde, gluten kompleksinin hamur reolojisinde ve ekmeğin karakteristik özellikleri üzerindeki olumlu etkilerinin glutenin bileşiminde yer alan unsurların hangi özelliklerinden kaynaklandığı hususunda araştırmacılar tarafından şimdiye kadar ortak bir görüşe varılamamış ve bu konuda çok sayıda bilgi, varyayım ortaya konulmuştur. Yapılan çalışmalarda ilk olarak gliadin/glutenin oranı ile unun içerdiği toplam protein miktarının hamur ve ekmek niteliklerini etkileyen başlıca hususlar olduğu ortaya atılmıştır. Son zamanlarda yapılan çalışmalar ise gluten kompleksindeki glutenin fraksiyonunun buğday unu ile hazırlanan hamurların viskoelastik niteliği üzerinde birinci derecede etkili olduğunu göstermiştir. Bunun yanı sıra glutenin farklı buğday çeşitlerinin ekmeklik kalitelerini tayin ettiğini göstermekle beraber, yüksek molekül ağırlığına sahip olan glutenin alt birimlerinin fazla miktarda bulunduğu buğday çeşitleri ile daha iyi kalitede ve niteliklere sahip ekmek üretilebileceği ortaya konulmuştur (Dizlek, 2013).

Buğday tahıllar içerisinde, en başta ekmek olmak üzere pek çok unlu mamulün üretiminde kullanılmaktadır. Bunun nedeni diğer tahıl unlarından farklı olarak buğdayın kendine özgü bir takım özelliklere sahip olması (gluten içeriği, viskoelastik yapıda hamur elde edilebilmesi, gaz tutabilme kabiliyeti sayesinde gözenekli ve kabarık ürün üretimine olanak sağlaması) nedenleriyle ayrıcalıklı bir yere sahiptir. Ekmek üretiminde buğdayı diğer tüm tahıllardan farklı kılan en önemli karakteristik özelliği; bileşimindeki protein miktarının yaklaşık %85'ini

oluşturan çözünmez proteinler, depo proteinleri ya da hamuru oluşturan proteinler olarak bilinen gluten proteinleridir (glutenin ve gliadin) (Dizlek ve ark., 2006).

Buğdayın içeriğinde bulunan proteinler, kurumadde bileşiminin yüzdesi olarak, yaklaşık; %4 glutenin, %4 gliadin, %0.7 globulin, %0.4 albumin ve %0.3 proteozdan oluşur (Altan ve ark. 1986).

Ekmekçilik açısından unun içerdiği toplam protein miktarı yerine gluten proteinlerinin miktarı ve kalitesi daha önemlidir. Hamurun özelliklerini önemli düzeyde etkileyen elastik ve plastik yapı glutenin ve gliadin proteinleri hamurun yoğrulması sırasında hidrate olarak ve çeşitli kimyasal bağlarla birleşerek, özü (gluteni) meydana getirirler. Gluten ekmek hamurunun iskeletini oluşturmaktadır. Gluten yoğurma sırasında hamura katılan havayı ve mayalar tarafından oluşturulan karbondioksit (CO₂) gazını hamur içerisinde tutarak ekmeğin kabarmasını ve gözenekli bir yapıya sahip olmasını sağlar (Dizlek, 2013).

Ekmek yapımında ve ekmekçilik açısından son derece büyük öneme sahip olan gluten kompleksinin, ekmek yapımı ve fırın ürünlerinin kalitesi üzerindeki fonksiyonel rolünün tamamen açıklığa kavuşturulabilmesi için; glutenin kimyasal yapısı ile işlevsel özelliği arasındaki ilişkiye yönelik çalışmalar devam etmelidir (Dizlek, 2013).

2.2.2 Glutenin Sağlık Üzerine Etkileri

Gluten, buğday, arpa ve çavdar gibi bazı tahılların endosperminde bulunan ve tohumun çimlenmesi ve büyümesi için enerji kaynağı olarak kullanılan depo proteindir. Çölyak hastalığı, II. Dünya Savaşı sırasında buğday tüketimi ile ilişkili bir hastalık olarak tanımlanmıştır. Günümüzde klinik, immünolojik ve genellikle histolojik tanı yöntemleri ile tanı konulmaktadır. Hastalığın tedavisi ise ömür boyu glutensiz diyeteye uymaktır. Karakteristik klinik yanıt, esas olarak gliadin (buğday), sekalin (çavdar), hordein (arpa) ve tritikale (buğday ve çavdarın hibriti) dahil olmak üzere bir grup tahılda bulunan proteine (gluten) maruz kalma ile tetiklenmektedir (Ulusoy ve ark., 2019).

Otoimmün hastalık, alerji veya besin hassasiyeti olmayan durumlarda gluten içeren besinleri tüketmemenin sağlık üzerine etkileri henüz tam olarak açıklık kazanmamıştır. Bu belirsizliğe rağmen, glutenle ilişkili hastalığı olmayan ve glutensiz diyetin sağlıklı olduğunu düşünüp uygulayan bireylerin prevalansının Batı ülkelerinde %6,2 - 13 arasında değiştiği belirtilmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde her beş yetişkinden birinin sağlık nedenleri ile glutensiz diyet uyguladıkları saptanmıştır. Glutensiz diyetlerin sağlıklı bireyler tarafından uygulanmasında artan bir talep olmasına rağmen, yararlı sonuçları destekleyen kanıtlar oldukça sınırlıdır. Glutensiz diyetin sağlık üzerine etkilerinin değerlendirildiği bir derlemede, glutensiz diyetin vücut ağırlığı kaybı amacıyla uygulanması için yeterli kanıt olmadığı belirtilmiştir. Aksine araştırmalar glutensiz diyet modeline uyumun karbonhidrat, posa, demir, çinko, folat ve niasin açısından yetersiz beslenme ile sonuçlanabileceğini göstermektedir (Ulusoy ve ark., 2019).

2.2.3 Gluten Yerine Kullanılan Alternatif Ürünler

Glutensiz ürünlerin üretilmesi için yapılan formülasyonlarda glutene ikame olarak kullanılan yardımcı hammaddelerin (çeşitli gamların) fonksiyonel özelliklerinin ve besleyici özelliklerinin zayıf olması nedeniyle, bu alanda çalışma yapan insanların karşılaştıkları en önemli zorluklardan biridir. Gluten içermeyen ürünlerin, gluten içeren eşdeğer ürünlerle karşılaştırıldığında dokusal açıdan, besleyici özellikleri açısından ve duyuşal özellikleri açısından epeyce yoksun olduğu görülmektedir (Alçay ve ark., 2020).

Glutenin görevi üç boyutlu bir protein ağı oluşturmaktır. Glutensiz ürünlerde ise bu yapıyı sağlayacak olan çeşitli gamlardır. Glutensiz ekmek yapabilmek için gluten içermeyen çeşitli unlar veya nişasta gerekmektedir. Mısır nişastası, pirinç nişastası ve pirinç unu glutensiz ürünler üretmek için en çok kullanılan hammaddeler arasında yer almaktadır. Bu hammaddelerin yanı sıra darı ve sorgum unu da kullanılabilir. Son zamanlarda teknolojinin ilerlemesiyle birlikte glutensiz buğday nişastası da üretilmektedir. Yapılan bir çalışmada pirinç unu, mısır nişastası ve buğday nişastasını optimize etmek amacıyla denemeler yapılmıştır. Bu denemelerin sonucunda buğday nişastasının ağırlıklı olduğu ekmeklerin genel olarak daha iyi kabul edilebilirliğe sahip olduğu ve mısır

nişastası ekmeğinden daha büyük bir hacime sahip olduğu belirlenmiştir (Alçay ve ark., 2020).

Nohut unu proteininin glutensiz ekmeklerin hacmini artıran iyi emülsifiye edici özelliklere sahip olduğu bilinmektedir. Pirinç unu ile nohut unu ile yapılan glutensiz ekmekler karşılaştırıldığında, nohut unu içeren karışımlar ile hazırlanan ekmeklerin yüksek protein ve yüksek yağ içeriği, pirinç ununa göre düşük bir bozulma eğilimi sergilemiştir. Nohut unlarının glutensiz ekmek formülasyonlarına katılması, pirinç esaslı hamurların viskoz ve elastik yapılarında bir artışa ve bu da hamurun iyi bir şekil almasını sağlamıştır (Alçay ve ark., 2020).

Hidrokolloidler glutensiz ekmek pişirmede, bitki kökenli ve kimyasal sentetik olanlar olarak sınıflandırılabilir. Bitki kökenli olanlar agar-agar ve karragen gibi deniz yosunlarından, pektin ve yulaf β -glukan gibi ekstrakte edilmiş bitki, arap zıkkı ve kitle gibi bitki özsü zıkkı, guar zıkkı ve psilyum, nişastalar ve modifiye nişastalar ve konjak benzeri diğer doğal hidrokolloidler olarak sayılabilir. Bu hidrokolloidlerin yanı sıra, hidroksipropilmetilselüloz (HPMC), karboksimetilselüloz (CMC) ve metilselüloz (MC) gibi kimyasal veya biyokimyasal olarak sentezlenmiş selüloz türevleri ve ksantan gam ve proteinler gibi mikrobiyal biyosentetik hidrokolloidler, mikrobiyal biyosentetik hidrokolloidler, kazein, soya proteini ve yumurta albümini gibi hidrokolloidler olarak sınıflandırılabilir (Alçay ve ark., 2020). Hidroksipropilmetilselüloz (HPMC), keçiyoynuzu gamı, guar gam, karageenan, ksantan gam ve agarı içeren birçok sakız tipinin, HPMC'nin optimum hacim genişlemesine yardımcı olduğu başarılı bir glutensiz ekmek üretimi yapıldığı görülmüştür (Alçay ve ark., 2020).

2.3 Glutensiz Ekmek ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Nişasta ve hidrokolloidler birçok gıdanın sertlik (tekstür) ve dış yapı (görünüş) gibi belirgin özelliklerini iyileştirmede sıkça kullanılan hammaddelerdir. Glutensiz ürünlerin yapısını iyileştirdiği için glutensiz ürün üretiminde en çok tercih edilen ürünler arasında pirinç nişastası gelmektedir. Pirinç nişastasının tercih edilmesinin nedenleri arasında gluten içermiyor olması, az miktarda sodyum içermesi ve içerdiği karbonhidratların kolay sindirilebilir olması pirinç kullanımını

ön plana çıkartan sebeplerdir. Bunun yanı sıra pirinç unu gluten içermediğinden ekmek yapımını zorlaştırmaktadır. Yapılan bazı çalışmalar sonucunda nişasta ve türevlerinin yani su ile birlikte jelleşme özelliği olan hammaddelerin ekmek üretimini kolaylaştırdığı görülmüştür. Yine bir başka çalışma incelendiğinde glutensiz ekmeklerin yapıyı iyileştirici olarak buğday nişastası eklendiği görülmüştür. Buğday nişastasının kullanılmayıp %3-9 arasında pirinç nişastası eklenerek yapılan ekmeklerin iç rengi incelendiğinde buğday nişastalı ekmeğe göre daha az sarı renkte olduğu, kabuk renginin ise buğday nişastalı ekmeğe göre daha koyu renk olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışmanın bir diğer çıktısı ise ekmek kağı sertliği buğday nişastalı ekmek ile aynı olduğu fakat ekmek içinin daha yumuşak olduğu görülmüştür. Bu çalışma sonrasında pirinç nişastasının optimum kullanbma miktarı %6 olarak tespit edilmiştir. Topyoka, manyok veya topyoka kökü diye adlandırılan cassava, genellikle tropikal bölgelerde yetişen ve nişasta içeriğinin yüksek olduğu köksü bir bitki türüdür. Fermente edilen topyoka kökü nişastası veya manyok, bazı araştırmacıların glutensiz ekmek ve glutensiz ürünlerin üretiminde kullanılmıştır (İşleroğlu ve ark., 2009).

Glutensiz ürünlerin formülasyonlarında glutene ikame olarak çeşitli gamlar kullanılmaktadır. Kullanılan bu gamların su tutma jelleşme ve ürünlerin tekstür yapısını iyileştirme özellikleri bulunmaktadır. Yapılan bazı çalışmalarda glutene işkame olarak keçi boynuzu gamı ve guar gam kullanılmıtır. Bu çalışmada yapılan ekmekler incelendiğinde guar gamın farklı kombinasyonlarının ekmek içinin daha düzgün ve homojen bir iç yapıya sahip olduğu, keçi boynuzu gamının farklı kombinasyonlarının ise ekmek hamninin artmasına yardımcı olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışmanın sonucunda keçi boynuzu gamının optimum kullanım oranının %2 olduğu guar gamın ise %4 olduğu tespit edilmiştir. Bir başka çalışmada ise ksantan gam, guar gam, keçi boynuzu gamı, karregen, hidroksipropilmetilselüloz (HPMC) ve agar ile glutensiz ürün denemeleri yapılmış ve pirinç nişastası ile yapılan denemelerin sonuçları oldukça başarılı olduğu gözlemlenmiştir. Homojen bir yapıda öğütülen pirinçlerden elde edilen pirinç unu ile %0,8 karboksimetilselüloz (CMC) ve %3,3 HPMC ile yapılan ekmeklerin tekstür, hacim ve görünümü açısından yüksek kalitede ekmekler olduğu

gözlemlenmiştir. Yine başka bir çalışmada yanıt yüzey yöntemi (RSM) ile glutensiz makarna üretiminde kullanılmış, bu çalışmanın optimizasyon parametreleri, duysal açıdan ve makarna yapışkanlığı olarak belirlenmiş, modifiye nişastanın yüksek oranda oluşu, ksantan gam ve keçi boynuzu gamı ile beraber denemeler yapıldığında, glutensiz makarnaların buğday ile üretilen makarnalara çok benzer özellikler gösterdiği gözlemlenmiştir (İşleroğlu ve ark., 2009).

Yapılan çalışmaların birçoğunda çölyak diyeti uygulayan bireylerin tükettikleri ürünlerin lif miktarlarının düşük olduğu tespit edilmiş ve glutensiz ürünlerin diyet lifleri ile zenginleştirilmesi için birçok araştırmanın konusu olmuştur. Sindirilemeyen bir polisakkarit olan inülin diyet lifleri arasında yer almaktadır. Bunun yanı sıra bağırsaklarda yer alan yararlı bakterilerin gelişimini de hızlandırıcı bir prebiyotik olarak görev alır. Buğday ekmeğine belli oranlarda eklendiği takdirde ekmek hacmini ve ekmeğin dilimlenme özelliğini geliştirdiği, hamur stabilitesini artırdığı ve uniform ekmek içi tekstürü sağladığı gözlemlenmiştir (İşleroğlu ve ark., 2009).

Bir başka yardımcı hammadde olarak süt proteinleri fırıncılık ürünlerinde oldukça fonksiyonel bileşenlerdir. Ayrıca çok yönlülükleri sayesinde birçok gıda ürününde kolayca kullanılabilirler. Fırıncılık ürünlerinde kullanıldığı takdirde besleyici, aroma verici, tekstürün iyileştirilmesi ve depolama gelişimi gibi fonksiyonel yararlar kazandırması nedeniyle kullanıldığı bilinmektedir. Glutensiz ekmek formülasyonlarında su absorpsiyonunu artırmak amaçlı kullanılabilirler. Yapılan bir çalışmada yedi adet farklı süt tozu kullanılmış, protein açısından zengin, düşük laktoz oranına sahip süt tozlarının ekmeğin şekil ve hacminde iyileşme sağladığı ve daha homojen ekmek içi tekstürü verdiği görülmüştür (İşleroğlu ve ark., 2009).

Yapılan bazı glutensiz ekmek çalışmalarında soya proteini kullanılmış, buğday nişastasının oranca ağırlıklı olduğu bir formülasyona %20, %30 ve %40 oranlarında soya proteini ilave edilerek denemeler yapılmıştır. Yapılan glutensiz ekmekler protein açısından zengin ve yağ oranı yüksek olduğu için buğday ekmeklerine kıyasla daha iyi pişme özelliği göstermişlerdir. Yine yapılan bazı çalışmalarda araştırmacılar, patates nişastası, mısır nişastası, pirinç nişastası,

pektin, emulsiye edici ajan ve laktozsuz margarin ile glutensiz ekmek hamurunun mayalama süresini artırarak, yüksek kaliteli ve glutensiz mayalı ekmekler ile beraber zencefil kullanarak glutensiz kekler yapmışlardır. Yapılan başka bir çalışmada ise buğday unu yerine %30 oranında pirinç unu ilave edildiğinde maksimum kabul edilebilir bir ekmek kalitesi gösterdiği gözlemlenmiş, kahverengi pirinç unu ile yapılan ekmeklerin istenilen özellikleri karşılamadığı sonucuna varılmıştır (İşleroğlu ve ark., 2009).



3.1 Materyal

Glutensiz ekmek üretim esnasında kullanılan glutensiz buğday nişastası yurt dışı menşeli olup yerli bir tedarikçi tarafından temin edilmiştir. Mısır, patates nişastası, pelemir unu, mısır unu, şeker, tuz, yumurta akı tozu, kapak çekirdeği, chia, keten tohumu, kalsiyum propiyonat, sodyum bikarbonat, sodyum asit pirofosfat, keçi boynuzu gamı, kuru maya, fındık yağı ise yerli üretim olan bir firmadan temin edilmiştir. HPMC, ksantan gum ve guar gum ise yurt dışı menşeli olup yerli bir tedarikçi tarafından temin edilmiştir. Glutensiz ekmek ön ekşi de kullanılan karabuğday unu, pirinç unu, keten tohumu ve nohut unu yerel marketlerden **temin** edilmiştir. Kullanılan su ise içilebilir nitelikte olan çeşme suyu kullanılmıştır.

Tablo 3.1 Kontrol Ekmeği ve Deneme Ekmeklerin Formülasyon Değerleri

Çölyaklılar İçin Glutensiz Ekmek Formülasyon Parametreleri	Kontrol Ekmeği Karışım (G)	F-1 Ekmeği Karışım (G)	F-2 Ekmeği Karışım (G)	F-3 Ekmeği Karışım (G)	F-4 Ekmeği Karışım (G)	F-5 Ekmeği Karışım (G)
Hammaddeler	Hamur Kazanı	Hamur Kazanı	Hamur Kazanı	Hamur Kazanı	Hamur Kazanı	Hamur Kazanı
Buğday Nişastası	195	195	195	195	195	195
Mısır Nişastası	70	70	70	70	70	70
Patates Nişastası	25	25	25	25	25	25
Pelemir Unu	50	50	50	50	50	50
Mısır Unu	7	7	7	7	7	7
Şeker	18	18	18	18	18	18
Tuz	4	4	4	4	4	4
Yumurta Akı Tozu	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
Keçi Boynuzu Gamı	1	0	0	0	0	0
Hidroksi Propil Metil Selüloz (HPMC)	0,75	0	0	0	0	0

Tablo 3.1 Kontrol Ekmeği ve Deneme Ekmeklerin Formülasyon Değerleri (devamı)

Guar Gam	2	0	0	0	0	0
Ksantan Gam	0,5	0	0	0	0	0
Kabak Çekirdeği Unu	0	0	6,6	0	0	9,9
Keten Tohumu Unu	0	0	6,6	9,9	19,8	0
Chia Tohumu Unu	0	19,8	6,6	9,9	0	9,9
Kalsiyum Propiyonat	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Sodyum Bikarbonat	0,375	0,375	0,375	0,375	0,375	0,375
Sodyum Asit Pirofosfat	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
Sıvı Maya	10	10	10	10	10	10
Fındık Yağı	10	10	10	10	10	10
Su	200 ml	175ml	175ml	175ml	175ml	175ml
Ön Ekşi	120	120	120	120	120	120

Tablo 3.2 Kontrol Ekmeği ve Deneme Ekmeklerin Formülasyon Değerleri

Çölyaklılar İçin Gklutensiz Ekmek Formülasyon Parametreleri	F-6 Ekmeği Karışım (G)	F-7 Ekmeği Karışım (G)	F-8 Ekmeği Karışım (G)	F-9 Ekmeği Karışım (G)	F-10 Ekmeği Karışım (G)
Hammaddeler	Hamur Kazanı	Hamur Kazanı	Hamur Kazanı	Hamur Kazanı	Hamur Kazanı
Buğday Nişastası	195	195	195	195	195
Mısır Nişastası	70	70	70	70	70
Patates Nişastası	25	25	25	25	25
Pelemir Unu	50	50	50	50	50
Mısır Unu	7	7	7	7	7
Şeker	18	18	18	18	18
Tuz	4	4	4	4	4
Yumurta Akı Tozu	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
Keçi Boynuzu Gamı	0	0	0	0	0
Hidroksi Propil Metil Selüloz (HPMC)	0	0	0	0	0
Guar Gam	0	0	0	0	0
Ksantan Gam	0	0	0	0	0
Kabak Çekirdeği Unu	3,3	19,8	9,9	3,3	13,2

Tablo 3.2 Kontrol Ekmeği ve Deneme Ekmeklerin Formülasyon Değerleri (devamı)

Keten Tohumu Unu	13,2	0	9,9	3,3	3,3
Chia Tohumu Unu	3,3	0	0	13,2	3,3
Kalsiyum Propiyonat	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Sodyum Bikarbonat	0,375	0,375	0,375	0,375	0,375
Sodyum Asit Pirofosfat	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
Sıvı Maya	10	10	10	10	10
Fındık Yağı	10	10	10	10	10
Su	175ml	175ml	175ml	175ml	175ml
Ön Ekşi	120	120	120	120	120

Tablo 3.3 Glutensiz Ön Ekşi Formülasyonu

Ön Ekşi Parametreleri	1 Karışım (G)
Karabuğday Unu	220
Pirinç Unu	38
Öğütülmüş Keten Tohumu	23
Nohut Unu	23
Toplam	304
Su	1100 ml
Toplam	1404

Tablo 3.4 Karışım bileşenleri için minimum ve maksimum değerleri

Karışım Parametreleri	Minimum Değer	Maksimum Değer
Kabak Çekirdeği Unu	0	19,8
Keten Tohumu Unu	0	19,8
Chia Tohumu Unu	0	19,8

3.2 Metotlar

3.2.1 Glutensiz Ekmek Deneme Planı

Bu çalışmada gamlara alternatif olarak eklenen chia, keten ve kabak çekirdeği unları ile hazırlanan karışımının ekmek özellikleri üzerindeki etkisini tespit etmek için Minitab 17 programında mixture desing parametrelerini seçerek formülasyon oluşturuldu. Bu yöntem ile program 10 farklı ekmek formülasyonu oluşturulmuştur. Glutensiz ekmek üretimi deneme çalışmaları on adet deneme ve bir kontrol ekmeği ile beraber toplam onbir ekmek çalışması yapılacak şekilde planlanmıştır. Yapılacak çalışmanın verimliliği açısından tüm ekmekler aynı gün yapılması planlanmıştır.

Tablo 3.5 Deneysel tasarıma dayalı olarak formülasyonların bileşenleri

Formülasyon Kodu	Kabak Cekerdeği Unu (g)	Keten Tohumu Unu (g)	Chia Tohumu Unu (g)
1	0	0	19,8
2	6,6	6,6	6,6
3	0	9,9	9,9
4	0	19,8	0
5	9,9	0	9,9
6	3,3	13,2	3,3
7	19,8	0	0
8	9,9	9,9	0
9	3,3	3,3	13,2
10	13,2	3,3	3,3

3.2.2 Glutensiz Ekmek Hamurunun Hazırlanması ve Pişirilmesi

İlk olarak glutensiz ön ekşi hamuru hazırlandı. Karabuğday unu, pirinç unu, öğütülmüş keten tohumu ve nohut unu bir kabın içerisine alındı sonrasında oda sıcaklığında (18-20 °C) içilebilir çeşme suyu ilave edildi. Homojen bir şekilde karışması sağlandı ve 4 °C olan dolapta 16 saat bekletildi. Glutensiz şahit ekmek için hazırlanan karışım (Buğday nişastası, mısır nişastası, patates nişastası, pelemir unu, mısır unu, şeker, tuz, keçi bounuzu gamı, guar gam, ksantan gam,

hidroksipropilmetilselüloz (HPMC), yumurta akı tozu, kalsiyum propiyonat, sodyum bikarbonat, sodyum asit pirofosfat) bir numune poşeti içerisine belirli oranlarda tartılarak homojen bir şekilde karıştırılmıştır. Tüm karışım mikserle konularak üzerine glutensiz ön ekşiden ilave edilmiştir. Mikserin en yavaş kısmında çalışması sağlanarak üzerine fındık yağı ve su ilave edilmiştir. 3 dakika yavaş 7 dakika hızlı ayarında karıştırılmaya başlanmıştır. Karışımın 8. dakikasında sıvı maya ilave edilmiştir. Karma işleminin sonunda hamur 150 g alınarak dikdörtgen pişirme kaplarına konulmuş ve 35,5 °C ve bağıl nemi (RH): %75 olan mayalama kabinde 30 dakika mayalandırılmıştır. Mayalama süresi dolan ekmekler tek katlı matador fırında alt sıcaklık 210 °C, üst sıcaklık 230 °C ve 5 saniye buhar verilerek fırında 15 dakika boyunca pişirilmiştir. Aynı işlemler sırasıyla deneme ekmeklere uygulanmıştır.

3.2.3 Spesifik Hacim

Küçük dikdörtgen ekmek pişirme kaplarında hazırlanan ekmeklerin 400 ml'lik hacme sahip Ekmek Hacim Ölçme Aleti (Şimşek Labortechnik, Ankara) ile hacmi ölçüldü. Bu yöntemde ekmek örneklerinin hacmi kolza tohumu tanelerinin yer değiştirmesinden faydalanılarak belirlendi. Spesifik hacim değerleri kontrol ekmeği ve herbir deneme ekmek için ekmekler pişirildikten sonra ortam koşullarında 6 saat bekletildikten sonra bütün ekmeklerden ikişer adet alınıp alınan ekmeklerden 3 paralel çalışılarak hesaplamaları yapılmıştır.

3.2.4 Tekstür Analizi

Tekstür profili analiz parametrelerini belirlemek için her bir ekmek örneğine 5 mm yük hücresi 36 mm çapında silindirik sıkıştırma probuna sahip doku analizatörü (SMS TA.XT2 Plus, UK) kullanılarak baskı uygulandı. Ekmekler 1,25 mm kalınlığında olacak şekilde dilimlendi ve 2 dilim üst üste gelecek şekilde test ünitesine yerleştirildi. Ön test hızı 5,0 mm/s, test hızı 1 mm/s, %30 baskılama, tetikleme tipi otomatik kuvvet 5 g, birinci ve ikinci baskı arasındaki bekleme süresi 5 s olacak şekilde ayarlandı (Yildirim ve Arici, 2019). Tekstür değerleri kontrol ekmeği ve herbir deneme ekmek için ekmekler pişirildikten ve ortam koşullarında 6 saat bekletildikten sonra 1.gün için bütün ekmeklerden ikişer adet numune alınıp alınan ekmeklerden 2 paralel olacak şekilde çalışma yapılmıştır. Üçüncü gün

ve 6.gün ekmekleri – 18 °C’de bekletilmiş ve ekmekler – 18 °C’den dışarıya çıkartıldıktan 3 saat sonra 2 paralel olacak şekilde çalışma yapılmıştır. Ekmeklerin yapıldığı ilk güne 0.gün yerine 1.gün denilmiştir. Bunun nedeni kontrol ekmeği olarak üretilen ekmeğin üretildiği günü 1.gün olarak sayılması ve piyasaya sürülen her ekmeğin bir gün önceden üretilmesidir.

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 saptandı. Renk parametreleri (L^* ; a^* ve b^*) ekmeğin üst kabuğunun rastgele seçilmiş bölgelerinden beş paralel ölçüm alarak gerçekleştirildi. L^* parlaklık hakkında bilgi veren bir indeksken, a^* kırmızımsı renklerde pozitif, yeşilimsi renklerde negatif, b^* sarımsı renklerde pozitif, mavimsi renklerde negatif değer alan indekslerdir (Pathare ve ark., 2013). Toplam renk değişimi Eşitlik 3.2 ile hesaplandı (Ahrne ve ark., 2007):

$$\Delta E = \sqrt{(L_0^* - L^*)^2 + (a_0^* - a^*)^2 + (b_0^* - b^*)^2} \quad (3.2)$$

Burada L_0^* ; a_0^* ve b_0^* , $L_0^* = 94.84$, $a_0^* = 1.34$ ve $b_0^* = -0.74$ olan referans beyaz plakanın 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 beş paralel olacak şekilde L^* , a^* , b^* ve ΔE değerleri hesaplanmıştır.

3.2.6 Duyusal Analiz

Ekmek örneklerinin duyusal analizi hedonik skala kullanılarak yapıldı. 15 eğitimsiz panelist tarafından ekmek örneklerinin şekil ve simetri durumu, ekmek kabuk rengi ve görünümü, gözenek yapısı, ekmek içi rengi, çiğnenebilirlik, tat ve aroma, koku, yumuşaklık ve ufalanma açısından değerlendirmesi istendi. Örnekler hakkında bilgilendirilen panelistlerden 1 (çok kötü) ile 5 (çok iyi) skalasında değerlendirme yapmaları istendi (Yildirim ve Arici, 2019). Duyusal analiz formu

Ek-1'de sunulmuştur. Duyusal analiz için ayrılan ekmekler yaklaşık 3 saat sonra panalistler tarafından tadına bakılmıştır. Deneme ekmekler arası geçişlerde içme suyu ile ağız çalkalaması tavsiye edilmiştir.

3.2.7 İstatiksel Analiz

Tüm analizler farklı tekrar sayıları kullanılarak gerçekleştirildi. Uygulamalar arasında anlamlı farklılıkların değerlendirilmesinde tek yönlü varyans analizi kullanıldı ANOVA; $p < 0,05$, Turkey's Test). İstatistik hesaplamalar Minitab 17 programı kullanılarak gerçekleştirildi. İstatiksel analiz spesifik hacim için bütün ekmeklerden ikişer adet alınıp alınan ekmeklerden 3 paralel çalışılarak hesaplamaları yapılmıştır. Tekstür 1.gün için bütün ekmeklerden ikişer adet numune alınıp alınan ekmeklerden 2 paralel olacak şekilde çalışma yapılmıştır. Üçüncü gün ve 6.gün ekmekleri – 18 °C'de bekletilmiş ve ekmekler – 18 °C'den dışarıya çıkartıldıktan 3 saat sonra 2 paralel olacak şekilde çalışma yapılmıştır. Renk değerleri için istatiksel analiz bütün ekmeklerden beş paralel olacak şekilde L^* , a^* , b^* ve ΔE değerleri hesaplanmıştır.

3.2.8 Besin Değeri Parametreleri

Glutensiz ekmek denemelerinde kullanılan kabak çekirdeği unu, keten tohumu unu ve chia tohumu unu için besin değerleri türkomp sitesinden alınmıştır. Besin değerleri bileşen gıdanın yenilebilir 100 g'ı içindir. (<http://www.turkomp.gov.tr/main>)

Kabak çekirdeği, kuru

Türkomp Gıda Kodu:

07.02.0009

Bilimsel isim:

Cucurbita pepo

Yöresel isim:

Çerezlik kabak

Gıda Grupları:

» Sebze ve sebze ürünleri

Languag Code

A0686A0730A0824A1238B2403C0155E0131F0001J0145K0001M0001N0001P0
026R0403

Azot Faktörü:

5,30

Yağ Dönüşüm Faktörü:

0,9560

Bileşen değerleri gıdanın yenilebilir 100 g'ı içindir.

Tablo 3.6 Kabak çekirdeği, kuru besin bileşeni değerleri

Bileşen	Birim	Ortalama	Minimum	Maksimin
Enerji	kcal	619	619	619
Enerji	kJ	2588	2588	2588
Su	g	1,30	1,30	1,30
Kül	g	3,86	3,86	3,86
Protein	g	28,89	28,89	28,89
Azot	g	5,45	5,45	5,45
Yağ, toplam	g	49,96	49,96	49,96
Karbonhidrat	g	10,74	10,74	10,74
Lif, toplam diyet	g	5,26	5,26	5,26
Tuz	mg	23	23	23
Demir, Fe	mg	0,36	0,36	0,36
Fosfor, P	mg	1410	1410	1410
Kalsiyum, Ca	mg	19	19	19
Magnezyum, Mg	mg	479	479	479
Potasyum, K	mg	668	668	668
Sodyum, Na	mg	9	9	9
Çinko, Zn	mg	10,35	10,35	10,35
Tiamin	mg	0,332	0,332	0,332

Tablo 3.6 Kabak çekirdeği, kuru besin bileşeni değerleri (devamı)

Riboflavin	mg	0,122	0,122	0,122
Niasin	mg	6,642	6,642	6,642
B-6 vitamini, toplam	mg	0,158	0,158	0,158
E vitamini	α -TE	2,38	2,38	2,38
E vitamini, IU	IU	3,55	3,55	3,55
Alfa-tokoferol	mg	2,38	2,38	2,38
Yağ asitleri, toplam doymuş	g	9,127	9,127	9,127
Yağ asitleri, toplam tekli doymamış	g	17,696	17,696	17,696
Yağ asitleri, toplam çoklu doymamış	g	20,542	20,542	20,542
Yağ asidi 14:0 (miristik asit)	g	0,038	0,038	0,038
Yağ asidi 16:0 (palmitik asit)	g	5,378	5,378	5,378
Yağ asidi 17:0 (margarik asit)	g	0,033	0,033	0,033
Yağ asidi 18:0 (stearik asit)	g	3,372	3,372	3,372
Yağ asidi 20:0 (araşidik asit)	g	0,220	0,220	0,220
Yağ asidi 22:0 (behenik asit)	g	0,053	0,053	0,053
Yağ asidi 24:0 (lignoserik asit)	g	0,033	0,033	0,033
Yağ asidi 16:1 n-7 cis (palmitoleik asit)	g	0,038	0,038	0,038
Yağ asidi 18:1 n-9 cis (oleik asit)	g	17,605	17,605	17,605
Yağ asidi 18:1 n-9 trans (elaidik asit)	g	0,010	0,010	0,010
Yağ asidi 20:1 n-9 cis	g	0,043	0,043	0,043
Yağ asidi 18:2 n-6 cis,cis	g	20,495	20,495	20,495
Yağ asidi 18:3 n-3 all-cis	g	0,048	0,048	0,048

Keten tohumu, kuru

Türkomp Gıda Kodu:

07.01.0002

Bilimsel isim:

Linum.

Yöresel isim:

Keten, Zeyrek

Gıda Grupları:

» Yağlı tohumlar ve kuru baklagiller

Langual Code

A0686A0730A0824A1238B1700C0155E0131F0001H0001J0145K0001M0001N

0001P0026R0403

Azot Faktörü:

5,30

Yağ Dönüşüm Faktörü:

0,9560

Bileşen değerleri gıdanın yenilebilir 100 g'ı içindir.

Tablo 3.7 Keten tohumu, kuru besin bileşeni değerleri

Bileşen	Birim	Ortalama	Minimum	Maksimin
Enerji	kcal	454	442	460
Enerji	kJ	1900	1850	1925
Su	g	7,12	6,63	7,62
Kül	g	3,19	2,92	3,34
Protein	g	18,07	16,91	18,66
Azot	g	3,41	3,19	3,52
Yağ, toplam	g	33,11	31,24	34,08
Karbonhidrat	g	3,44	2,79	4,66
Lif, toplam diyet	g	35,06	34,22	35,86
Lif, suda çözünür	g	0,28	0,18	0,34

Tablo 3.7 Keten tohumu, kuru besin bileşeni değerleri (devamı)

Lif, suda çözünmeyen	g	34,78	34,04	35,61
Nişasta	g	0,68	0,00	2,08
Tuz	mg	389	71	549
Demir, Fe	mg	6,07	4,70	7,00
Fosfor, P	mg	568	482	647
Kalsiyum, Ca	mg	188	152	209
Magnezyum, Mg	mg	379	362	406
Potasyum, K	mg	682	513	733
Sodyum, Na	mg	156	29	220
Çinko, Zn	mg	3,95	3,85	4,18
Selenyum, Se	µg	18,8	11,2	27,1
Tiamin	mg	1,448	1,214	1,664
Riboflavin	mg	0,187	0,171	0,205
Niasin eşdeğerleri, toplam	NE	12,257	11,331	13,835
Niasin	mg	4,586	4,499	4,727
B-6 vitamini, toplam	mg	0,260	0,220	0,298
E vitamini	α-TE	7,87	6,80	9,35
E vitamini, IU	IU	11,72	10,13	13,93
Alfa-tokoferol	mg	7,87	6,80	9,35
Yağ asitleri, toplam doymuş	g	1,007	0,000	3,120
Yağ asitleri, toplam tekli doymamış	g	2,169	0,000	6,773
Yağ asitleri, toplam çoklu doymamış	g	7,225	0,000	22,639
Yağ asidi 14:0 (miristik asit)	g	0,011	0,010	0,012
Yağ asidi 15:0 (pentadesilik asit)	g	0,000	0,000	0,000
Yağ asidi 16:0 (palmitik asit)	g	1,678	1,628	1,727

Tablo 3.7 Keten tohumu, kuru besin bileşeni değerleri (devamı)

Yağ asidi 17:0 (margarik asit)	g	0,016	0,015	0,016
Yağ asidi 18:0 (stearik asit)	g	1,176	1,141	1,210
Yağ asidi 20:0 (araşidik asit)	g	0,095	0,093	0,098
Yağ asidi 22:0 (behenik asit)	g	0,030	0,029	0,030
Yağ asidi 24:0 (lignoserik asit)	g	0,018	0,006	0,029
Yağ asidi 16:1 n-7 cis (palmitoleik asit)	g	0,019	0,018	0,020
Yağ asidi 18:1 n-9 cis (oleik asit)	g	6,460	6,182	6,738
Yağ asidi 22:1 n-9 cis (erüsik asit)	g	0,012	0,012	0,013
Yağ asidi 24:1 n-9 cis	g	0,015	0,003	0,027
Yağ asidi 18:2 n-6 cis,cis	g	4,583	4,325	4,841
Yağ asidi 18:3 n-3 all-cis	g	17,093	16,387	17,799
Triptofan	mg	460	409	546
Treonin	mg	464	205	840
Izolosin	mg	765	447	1018
Lösin	mg	1038	604	1290
Lizin	mg	861	620	1131
Metiyonin	mg	215	140	278
Sistin	mg	273	235	293
Fenilalanin	mg	830	31	1184
Tirozin	mg	458	272	596
Valin	mg	900	470	1163
Arjinin	mg	699	390	976
Histidin	mg	536	292	661
Alanin	mg	752	387	1023

Tablo 3.7 Keten tohumu, kuru besin bileşeni değerleri (devamı)

Aspartik asit	mg	1906	1061	3366
Glutamik asit	mg	4437	3262	6462
Glisin	mg	1077	518	1493
Prolin	mg	709	324	1042
Serin	mg	993	496	1330

Tablo 3.8 Chia tohumunun enerji ve besin ögesi bileşimi (USDA, 2017)

Besin ögesi	Miktar (100g)
Enerji (kkal)	486
Karbonhidrat (g)	42.1
Protein (g)	16.5
Lösin (g)	1.371
Fenilalanin (g)	1.016
Lizin (g)	0.970
Valin (g)	0.950
İzolösin (g)	0.801
Treonin (g)	0.709
Metionin (g)	0.588
Histidin (g)	0.531
Triptofan (g)	0.436
Yağ (g)	30.7
Doymuş yağ asidi (DYA) (g)	3.3
Tekli doymamış yağ asidi (TDYA)(g)	2.3
Çoklu doymamış yağ asidi (ÇDYA) (g)	23.6
Linoleik asit (18:2)	5.8
Alfa linolenik asit (18:3)	17.8
Diyet posası (g)	34.4
Kalsiyum (mg)	631
Demir (mg)	7.7
Magnezyum (mg)	335
Fosfor (mg)	860
Potasyum (mg)	407
Sodyum (mg)	16
Çinko (mg)	4.5
C vitamini (mg)	1.6
Tiamin (mg)	0.62
Riboflavin (mg)	0.2
Niasin (mg)	8.8
A vitamini (IU)	54
E vitamini (α -tokoferol)	0.5

4.1 Ekmek Sertlik Değerleri ve Spesifik Hacim Değerleri

Bir gıdanın dokusal özellikleri, “dokunma hissi ile algılanan, bir kuvvetin uygulanması altında gıdanın deformasyonu, parçalanması ve akışı ile ilgili olan ve objektif olarak fonksiyonlarla ölçülen fiziksel özellikler grubu” olarak tanımlanmıştır. Kuvvet, zaman ve mesafe” (Bourne, 1982). Bu açıklama, ağızda veya elde hissedilebilen ve sıcaklık, optik ve elektriksel özellikler gibi fiziksel özelliklerin dışında kalan tüm özellikler açısından son derece kısıtlayıcı bir anlam içermektedir (Bourne, 1982). Dokuyu anlamamanın bir başka yoluysa, dokunun duyuşsal bir özellik olmasıdır. Bu sebeple onu algılayabilen, tanımlayabilen ve ölçebilen sadece insandır. Doku genel olarak çok parametrelili bir nitelik olarak kabul edilmektedir (Szczesniak, 1987).

Unlu mamüllerin raf ömrü çok kısadır ve kaliteleri pişirme ile tüketim arasındaki süreye bağlıdır. Depolama sırasında, ekmek içi sertliğindeki artışa paralel olarak ekmeğin tazeliğinde bir azalma, bayatlama olarak bilinen tüketici kabulünün kaybına neden olur (Hebeda ve ark., 1990). Gıda ürünlerinde bayatlama özellikle ekmeklerde bayatlama bozucu organizmaların etkisinden kaynaklananlar dışında ekmekte ufalanma olarak tanımlanabilir. Kısaca bayatlama unlu mamüllerin tüketiciler tarafından kabulünün azaldığını gösteren bir terim olarak tanımlanmaktadır (Bechtel ve ark., 1953). Bayatlama sırasındaki değişiklikler ekmeğin hem iç yapısında hem de kabuğunda meydana gelir (D'Appolonia ve ark., 1981). İç yapısında meydana gelen değişiklikler şunlardır: Ufalanma daha sert, daha sert ve ayrıca daha ufalanan ve opak hale gelir. Bayatlama oluşumunda, ekmeğin depolama sırasında nişastanın kristal yapısındaki değişiklikleri içeren karmaşık bir dizi olay meydana gelse de, ekmek bayatlaması temel olarak kabuğunun ve iç yapısının sertleşmesi ile alakalıdır (Pateras, 1998; Gray ve ark., 2003). Ekmeğin kabuğunun bayatlamasına genellikle ekmeğin içinden kabuğa nem göçü neden olmaktadır (Lin ve ark., 1990).

Çalışmamızda ekmeklerin sertlik değerleri 1.gün, 3.gün ve 6.gün kontrol edilmiştir. Birinci gün ekmekler incelendiğinde deneme ekmeklerin sertlik değerleri 4,13 ile 9,67 arasında olduğu görülmüştür. Kontrol ekmeğinin birinci gün sertlik değeri ise 4,34 olarak bulunmuştur. Üçüncü gün ekmekler incelendiğinde deneme ekmeklerin sertlik değerleri 7,34 ile 17,0 arasında olduğu görülmüştür. Kontrol ekmeğinin üçüncü gün sertlik değeri ise 8,32 olarak bulunmuştur. Altıncı gün ekmekler incelendiğinde deneme ekmeklerin sertlik değerleri 10,25 ile 20,47 arasında olduğu görülmüştür. Kontrol ekmeğinin altıncı gün sertlik değeri ise 12,42 olarak bulunmuştur. Un karışımı eklenen ekmeklerden yalnızca 9.9 g kabak çekirdeği unu ve 9.9 g keten tohumu unu içeren ekmek formülasyonu ile üretilen ekmeklerde birinci gün sertlik değeri 4,13, üçüncü gün sertlik değeri 7,34 ve altıncı gün sertlik değeri 10,25 olarak bulunmuştur. Bu ekmek formülasyonu ile üretilen ekmek sertlik değeri 1.gün kontrol ekmeği ile farklılık göstermezken, 3. ve 6. günlerde daha düşük sertlik değerlerine sahip olmuştur. Deneme 8 kontrol ekmeği ile karşılaştırıldığında 1. gün için anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Fakat 3. ve 6. gün 9.9 g kabak çekirdeği unu ve 9.9 g keten tohumu unu içeren ekmek formülasyonu ile üretilen ekmekler daha düşük sertlik özellik göstermiştir ($p<0,05$). Farklı formülasyonlarda hazırlanan açık karabuğday unu, açık karabuğday unu ve ksantan gam, açık karabuğday unu ve chia unu, açık karabuğday unu-chia unu-ksantan gam, ruşeym unu, ruşeym unu-ksantan gam, ruşeym unu chia unu ile hazırlanan karışımlardan ekmekler yapılmış ve kontrol ekmeği ile tekstür değerleri karşılaştırılmıştır sırasıyla bulunan sonuçlar şu şekildedir; 5,06 – 6,54 – 10,54 – 8,54 – 5,35 – 6,96 – 11,11 – 12,65 – 0,88 (Coronel ve ark., 2021). Bu çalışmaya göre ekmek sertlik değerleri 5,06 – 12,65 arasında bulunmuştur. Bizim çalışmamızda ise ekmek sertlik değerleri 4,13 – 9,67 arasında bulunmuştur. Literatürde olan ekmek sonuçlarına yakın değerler bulunduğu görülmüştür. Yine başka bir çalışmada buğday unu ile yapılan ekmek kontrol ekmeği olarak değerlendirilmiş ve tapyoka unu – nohut unu karışımı ile glutensiz ekmek yapılmış, tapyoka unu – nohut unu karışımına sırasıyla %10, %20 ve %30 peyniraltı suyu proteini ilave ederek

denemeler yapılmış ve tekstür değerleri kontrol ekmeği ile kıyaslanmıştır. Bulunan sonuçlar sırasıyla şu şekildedir; 4,80, 8,79, 10,27, 11,97, 28,42. Sonuçlardan görüldüğü gibi kontrol ekmeği tekstür değeri 4,80 ile en düşük yani en yumuşaktır. Diğer ekmeklerin sertlik değerleri artmıştır (Komerovski ve ark., 2021). Bu çalışmaya göre ekmek sertlik değerleri 4,80 – 28,42 arasında bulunmuştur. Bizim çalışmamızda ise ekmek sertlik değerleri 4,13 – 9,67 arasında bulunmuştur. Literatürde olan ekmek sonuçlarına yakın ve daha düşük sertlik değerlerine sahip ekmekler yapılmıştır.

Ekmekte spesifik hacim, son tüketicinin seçimini önemli bir şekilde etkileyen ekmeklerin belki de tüketici için en önemli görsel özelliklerinden birisidir. Bu sebeple ekmek kalitesini değerlendirirken bakılması gereken önemli parametrelerden birini oluşturmaktadır (Hager, Elke ve Arendt, 2013). Ekmeğin spesifik hacmini en iyi şekilde tanımlayan doğrusal bir modelledir (Tablo 4.1). Ekmeğin özgül hacmi (cm³/g), AACC yöntemi 10-05.01 (2000) uyarınca tohum yer değiştirme (kolza tohumu) yöntemiyle yapılmıştır.

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

$$\text{Spesifik hacim (cm}^3\text{/g)} = \frac{\text{Ekmek Hacmi}}{\text{Ekmek ağırlığı}} \quad (4.1)$$

Chia, kabak çekirdeği ve keten tohumu unu içeren ekmeklerin spesifik hacim değerleri 2,38 - 3,41 g/cm³ arasında değişiklik gösterirken kontrol ekmeğinin spesifik hacim değeri 3,55 g/cm³ olarak bulunmuştur (Tablo 4.1). Chia, kabak çekirdeği ve keten tohumu unu içeren formülasyonda en yüksek spesifik hacim değerine sahip formülasyon 8 olduğu görülmektedir. Formülasyon 8 içeriğinde 9,9 g kabak çekirdeği unu ve 9,9 g keten tohumu unu içermektedir. Formülasyon 8 ile kontrol ekmeği karşılaştırıldığı zaman arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir (p>0,05). Farklı formülasyonlarda hazırlanan tapyoka nişastası, tatlı patates ve sorgum unları ile yapılan bir çalışmada spesifik hacim değerleri 2,45 - 3,1 g/cm³ arasında bulunmuştur (Monthe ve ark., 2019). Yine başka bir çalışmada Teff unu, Karabuğday unu, Pirinç unu ve Mısır unu ile yapılan glutensiz

ekmeklerde spesifik hacim değerleri sırasıyla 1,60 g/cm³, 1,69 g/cm³ , 1,80 g/cm³, 1,33 g/cm³ olarak bulunmuştur (Hager ve ark., 2013).

Tablo 4.1 Ekmek sertlik ve spesifik hacim değerleri

Formülasyon	Sertlik			Spesifik Hacim
	1.Gün	3.Gün	6 .Gün	
C	4,34 ± 0,05 ^{ef}	8,32 ± 0,04 ^f	12,42 ± 0,17 ^d	3,55 ± 0,02 ^a
1	9,40 ± 0,03 ^a	13,48 ± 0,30 ^d	19,59 ± 0,40 ^b	2,45 ± 0,01 ^{ef}
2	9,67 ± 0,29 ^a	17,00 ± 0,51 ^a	19,39 ± 0,65 ^b	2,38 ± 0,01 ^{fg}
3	6,60 ± 0,13 ^c	15,17 ± 0,13 ^b	19,80 ± 0,53 ^b	2,41 ± 0,01 ^{ef}
4	4,92 ± 0,15 ^e	12,51 ± 0,20 ^e	17,26 ± 0,33 ^c	2,79 ± 0,01 ^b
5	5,70 ± 0,10 ^d	14,35 ± 0,09 ^c	19,41 ± 0,29 ^b	2,61 ± 0,03 ^{cd}
6	7,90 ± 0,04 ^b	12,86 ± 0,13 ^{de}	17,98 ± 0,29 ^c	2,71 ± 0,05 ^{bc}
7	8,39 ± 0,24 ^b	17,28 ± 0,06 ^a	21,49 ± 0,33 ^a	2,24 ± 0,07 ^g
8	4,13 ± 0,07 ^f	7,34 ± 0,31 ^g	10,25 ± 0,21 ^e	3,41 ± 0,05 ^a
9	6,29 ± 0,51 ^{cd}	16,73 ± 0,31 ^a	20,47 ± 0,18 ^{ab}	2,54 ± 0,02 ^{de}
10	8,83 ± 0,26 ^c	15,37 ± 0,40 ^b	17,65 ± 0,41 ^c	2,60 ± 0,03 ^{cd}

* Aynı kolondaki farklı küçük harfler Chia, kabak çekirdeği ve keten tohumu unu ilavesi ile hazırlanan ekmekler arasındaki anlamlı farklılığı göstermektedir ($p < 0,05$).

4.2 Renk Analizi

Tüketici tercihi kısmen unlu mamullerin önemli bir özelliği olan renge dayanmaktadır. Renk, bağıl nem, sıcaklık, ısı transfer modu gibi pişirme koşullarına ve hamurun amino asit, su içeriği, pH ve indirgeyici şekerlerin varlığı gibi fizikokimyasal özelliklerine bağlıdır (Esteller ve ark., 2008). Araştırmalar, mısır ve arpa lifi ile zenginleştirilmiş glutensiz ekmeklerin önemli ölçüde daha koyu kabuk ve ekmek içi rengine sahip olduğunu göstermiştir. Buğday ekmeğinden daha açık renk taşıyan nişasta bazlı glutensiz ekmeklerde ekmek içi ve kabuk renginin daha koyu olması arzu edilir (Gallagher ve ark., 2002). Kabuk

rengi şekerin karamelize edilmesinden ve Maillard reaksiyonundan etkilenirken, ekmek içi yeterince yüksek sıcaklığa ulaşmaz, bu nedenle eklenen lifin rengine benzer (Gómez ve ark., 2003). Çalışmamızda ekmekte renk analizi renk ölçüm cihazı yardımıyla L^* , a^* , b^* ve ΔE^* değerlerinin tespit edilmesi ve bu değerler kullanılarak ekmek içi için beyazlık indeksi, ekmek kabuğu için esmerleşme indeksi belirlenmiştir.

Kabak çekirdeği unu, chia tohumu unu ve keten tohumu unu ile yapılan glutensiz ekmeğin hem iç renginde hem de kabuk renginde beklediği gibi önemli değişikliklere neden olmuştur ($p < 0.05$). Kontrol ekmeğinin ekmek içi L^* değeri 74,46 olarak bulunmuş ekmek içi rengi oldukça açık renktedir deneme ekmeklerin ekmek içi L^* değeri 50,77 – 56,28 arasında bulunmuş ekmek içi rengi kontrol ekmeğine göre koyudur. Deneme ekmekler kendi içinde karşılaştırıldığında ekmek içi L^* değeri deneme 1 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 - 9 ve 10. deneme ekmeklerinde anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p > 0,05$). İki numaralı deneme ekmeği deneme 1 – 4 – 5 – 6 – 8 – 9 ve 10. Deneme ekmeklerine göre daha açık renktedir ve aralarında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Kontrol ekmeği ile tüm deneme ekmekler karşılaştırıldığında ise anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p < 0,05$).

Ekmek içi a^* değerleri ise ekmek içerisinde küçük bir yeşillimsi ($-a^*$) eğilimi, kırmızımsı bir renk ($+a^*$) eğilimi göstermektedir. Kontrol ekmeğimiz deneme ekmeklerimize göre iç rengi -3,79 bulunarak yeşilimsi özellikte bulunmuştur. Deneme ekmeklerimizin iç rengi 0,33 – 1,11 aralığında kırmızımsı özellikte bulunmuştur. Deneme ekmeklerimizi kendi içerisinde kıyasladığımızda ikinci deneme ekmeğimiz 0,33 sonucu ile 1 – 5 – 6 – 7 – 8 ve 10. denemelerin 0,73 – 0,92 arasında bulunan sonuçlar ile aralarında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Dokuzuncu deneme ekmeğimiz 1,11 sonucu ile 2 – 3 ve 4. denemelerin 0,33 – 0,63 arasında bulunan sonuçlar ile aralarında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Kontrol ekmeğimiz ile deneme ekmeklerinin tamamı kıyaslandığında ekmek içi a^* değerleri aralarında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Ekmek içi b^* değeri kontrol ekmeği ve denemeler arasında kıyaslandığında kontrol ekmeğinin ekmek içi b^* değeri 13,82 iken deneme 1 – 2

– 3 – 5 – 7 – 8 – 9 - ve 10. denemelerin ekmek içi b^* değerleri 16,82 – 17,78 arasında bulunmuş ekmek içi b^* değerleri aralarında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Kontrol ekmeği ve deneme 4 ve 6 kıyaslandığında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p > 0,05$).

Kontrol ekmeğinin kabuk L^* değeri 59,79 olarak bulunmuş ekmek kabuk rengi deneme ekmeklere göre açık renktedir deneme ekmeklerin kabuk L^* değeri 41,72 – 51,12 arasında bulunmuş ekmek kabuk rengi kontrol ekmeğine göre koyudur. Deneme ekmekler kendi içinde karşılaştırıldığında ekmek kabuk L^* değeri deneme 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 - 9 ve 10. deneme ekmeklerinde anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p > 0,05$). Dokuz numaralı deneme ekmeği deneme 1 – 2 – 3 - 4 – 5 – 6 - 7 – 8 ve 10. Deneme ekmeklerine göre daha koyu renktedir ve aralarında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Deneme ekmekler ile kontrol ekmeği karşılaştırıldığında ise anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p < 0,05$).

Ekmek kabuk a^* değerleri ise ekmek kabuk kırmızımsı bir renk ($+a^*$) eğilimi göstermektedir. Kontrol ekmeğimiz deneme ekmeklerimize göre kabuk 6,48 bulunarak deneme ekmeklerimizin kabuk rengine göre daha açık bir renk bulunmuştur. Deneme ekmeklerimizin kabuk rengi 8,86 – 11,0 aralığında kırmızımsı özellikte bulunmuştur. Deneme ekmeklerimizi kendi içerisinde kıyasladığımızda onuncu deneme ekmeğimiz 11,0 sonucu ile 2 – 3 – 4 ve 8. denemelerin 8,86 – 10,34 arasında bulunan sonuçlar ile aralarında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Kontrol ekmeğimiz ile deneme ekmeklerinin tamamı kıyaslandığında ekmek kabuk a^* değerleri aralarında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Ekmek kabuk b^* değeri kontrol ekmeği ve denemeler arasında kıyaslandığında kontrol ekmeğinin kabuk b^* değeri 32,09 iken deneme 1 – 2 – 3 – 5 – 7 – 8 – 9 - ve 10. denemelerin b^* değerleri 21,43 – 26,65 arasında bulunmuş ekmek kabuk b^* değerleri aralarında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p < 0,05$).

Yapılan bir çalışmada glutensiz ekmek yapımında mısır unu ve ançüz eklenerek denemeler yapılmıştır. %100 mısır unu ile glutensiz ekmek yapılmış ekmek içi L^* değeri 76,7 bulunmuştur. Mısır unu'na % 10, % 20, % 30, ve % 40 ançüz eklenerek denemeler yapılmış ekmek içi L^* değerleri sırasıyla 61,9 – 57,9 – 56,1

– 53,4 olarak bulunmuştur. Görüldüğü gibi ançhuez oranı arttıkça ekmek içi koyuluk miktarı artmaktadır (Yılmaz ve ark., 2020). Bizim çalışmamız ile kıyaslandığında birbirine yakın sonuçlar bulunmuştur. %100 mısır unu ile glutensiz ekmek yapılmış ekmek içi a* değeri 6,54 bulunmuştur. Mısır unu'na % 10, % 20, % 30, ve % 40 ançhuez eklenerek denemeler yapılmış ekmek içi a* değerleri sırasıyla 4,61 – 4,99 – 5,23 – 5,57 olarak bulunmuştur (Yılmaz ve ark., 2020). Bizim çalışmamızda kontrol ekmeği ekmek içi a* değeri -3,79 bulunmuştur. Deneme ekmeklerimizin ekmek içi a* değerleri 0,33 – 1,11 arasında bulunmuştur. Bu çalışma ile kıyaslandığında ekmek içi a* değerleri katılan hammaddelerin oranlarına göre değiştiğini göstermektedir. %100 mısır unu ile glutensiz ekmek yapılmış ekmek içi b* değeri 51,5 bulunmuştur. Mısır unu'na % 10, % 20, % 30, ve % 40 ançhuez eklenerek denemeler yapılmış ekmek içi b* değerleri sırasıyla 39,6 – 36,8 – 35,6 – 34,7 olarak bulunmuştur (Yılmaz ve ark., 2020). Bizim çalışmamızda ise kontrol ekmeği dahil tüm denemelerin ekmek içi b* değerleri sonucu 13,82 – 17,78 arasında bulunmuştur. Yapılan bu çalışmada yüzdesel oran artışı b* değerlerinde düşüş gözlemlenmiştir. Bizim çalışmamızda ise değerlerin değişkenliği ile birlikte b* değerlerinin kontrol ekmeğine kıyasla arttığı gözlenmiştir.

Yapılan bir çalışmada glutensiz ekmek yapımında mısır unu ve ançhuez eklenerek denemeler yapılmıştır. %100 mısır unu ile glutensiz ekmek yapılmış ekmek kabuk L* değeri 76,6 bulunmuştur. Mısır unu'na % 10, % 20, % 30, ve % 40 ançhuez eklenerek denemeler yapılmış ekmek kabuk L* değerleri sırasıyla 57,2 – 47,1 – 39,0 – 33,9 olarak bulunmuştur. Görüldüğü gibi ançhuez oranı arttıkça ekmek kabuk renginde koyuluk miktarı artmaktadır (Yılmaz ve ark., 2020). Bizim çalışmamız ile kıyaslandığında birbirine yakın sonuçlar bulunmuştur. Bizim çalışmamızda da deneme ekmeklerin kabuk rengi kontrol ekmeğine göre koyudur. Kontrol ekmeğinin kabuk rengi 59,79 bulunmuştur. Deneme ekmeklerin kabul rengi ise 41,72 – 51,12 arasında bulunmuştur. %100 mısır unu ile glutensiz ekmek yapılmış ekmek kabuk a* değeri 5,3 olarak bulunmuştur. Mısır unu'na % 10, % 20, % 30, ve % 40 ançhuez eklenerek denemeler yapılmış ekmek içi a* değerleri sırasıyla 8,9 – 12,5 – 17,6 – 18,8 olarak bulunmuştur (Yılmaz ve ark., 2020).

Bizim çalışmamızda kontrol ekmeği ekmek kabuk rengi a^* değeri 6,48 olarak bulunmuştur. Deneme ekmeklerimizin ekmek kabuk rengi a^* değerleri 8,86 – 11,0 arasında bulunmuştur. Bu çalışma ile kıyaslandığında ekmek kabuk a^* değerleri katılan hammaddelerin oranlarına göre değiştiğini göstermektedir.

%100 mısır unu ile glutensiz ekmek yapılmış ekmek kabuk rengi b^* değeri 35,9 bulunmuştur. Mısır unu'na % 10, % 20, % 30, ve % 40 ançhüz eklenerek denemeler yapılmış ekmek kabuk rengi b^* değerleri sırasıyla 37,5 – 45,1 – 46,1 – 43,0 olarak bulunmuştur (Yılmaz ve ark., 2020). Bizim çalışmamızda ise kontrol ekmeğinin kabuk rengi b^* değeri 32,09 olarak bulunmuştur. Deneme ekmeklerin ekmek kabuk rengi b^* değerleri sonucu 21,43 – 26,65 arasında bulunmuştur. Bu çalışmada yüzdesel oran artışında b^* değerlerinde artış gözlenmektedir. Bizim çalışmamızda ise değerlerin değişkenliği ile birlikte b^* değerlerinin kontrol ekmeğine kıyasla azaldığı gözlenmektedir.

Tablo 4.2 Ekmek içi ve kabuklarının L^* , a^* , b^* ve ΔE^* değerleri

	Ekmek içi			
	L^*	a^*	b^*	ΔE^*
C	74,46 ± 1,02 ^a	- 3,79 ± 0,05 ^e	13,82 ± 0,62 ^d	43,39 ± 1,10 ^a
1	52,17 ± 1,11 ^{cde}	0,84 ± 0,25 ^{abc}	17,61 ± 0,26 ^{ab}	25,63 ± 2,21 ^{cde}
2	56,28 ± 1,38 ^b	0,33 ± 0,17 ^d	17,63 ± 0,13 ^a	29,87 ± 1,28 ^b
3	53,78 ± 1,36 ^{bcd}	0,51 ± 0,22 ^{cd}	16,82 ± 0,32 ^{abc}	27,34 ± 1,20 ^{bcd}
4	51,29 ± 1,07 ^{de}	0,63 ± 0,07 ^{bcd}	14,93 ± 0,22 ^{cd}	24,21 ± 0,82 ^e
5	50,77 ± 0,68 ^e	0,92 ± 0,15 ^{ab}	16,57 ± 0,44 ^{bc}	24,90 ± 0,79 ^{de}
6	51,45 ± 1,58 ^{de}	0,85 ± 0,21 ^{abc}	16,11 ± 0,36 ^{bcd}	25,11 ± 1,33 ^{de}
7	54,07 ± 0,63 ^{bc}	0,73 ± 0,13 ^{abc}	17,76 ± 0,32 ^{ab}	28,15 ± 0,60 ^{bc}
8	53,67 ± 0,96 ^{cd}	0,82 ± 0,17 ^{abc}	17,78 ± 0,56 ^{ab}	27,86 ± 1,07 ^{bc}
9	51,84 ± 1,92 ^{cde}	1,11 ± 0,31 ^a	16,98 ± 0,73 ^{abc}	26,00 ± 1,74 ^{cde}
10	53,06 ± 0,88 ^{cde}	0,80 ± 0,07 ^{abc}	17,24 ± 0,28 ^{abc}	27,05 ± 0,79 ^{cd}

* Aynı kolondaki farklı küçük harfler Chia, kabak çekirdeği ve keten tohumu unu ilavesi ile hazırlanan ekmekler arasındaki anlamlı farklılığı göstermektedir ($p < 0,05$).

Tablo 4.3 Ekmek içi ve kabuklarının L*, a*, b* ve ΔE* değerleri

	Ekmek kabuk			
	L*	a*	b*	ΔE*
C	59,79 ± 0,80 ^a	6,48 ± 0,35 ^e	32,09 ± 0,42 ^a	43,96 ± 2,13 ^a
1	47,61 ± 1,21 ^{cde}	9,96 ± 0,72 ^{bc}	26,44 ± 0,33 ^{bc}	32,56 ± 0,65 ^{bc}
2	50,21 ± 1,05 ^{bc}	8,86 ± 0,49 ^d	26,65 ± 1,18 ^b	33,35 ± 0,69 ^b
3	49,57 ± 0,01 ^{bcd}	8,91 ± 0,37 ^d	25,30 ± 0,55 ^{bcd}	32,26 ± 0,78 ^{bcd}
4	46,39 ± 1,10 ^e	10,22 ± 0,28 ^{abc}	22,72 ± 0,73 ^{ef}	29,06 ± 1,17 ^e
5	46,87 ± 0,96 ^{de}	10,53 ± 0,20 ^{ab}	23,22 ± 0,46 ^e	29,80 ± 0,76 ^{de}
6	45,56 ± 0,90 ^e	10,78 ± 0,23 ^{ab}	22,79 ± 0,34 ^{ef}	28,94 ± 0,60 ^e
7	51,12 ± 0,56 ^b	9,43 ± 0,38 ^{cd}	25,99 ± 0,20 ^{bc}	33,79 ± 0,34 ^b
8	41,72 ± 3,37 ^f	10,34 ± 0,29 ^{ab}	21,43 ± 1,91 ^f	26,23 ± 2,68 ^f
9	48,03 ± 0,78 ^{cde}	10,39 ± 0,38 ^{ab}	24,89 ± 0,19 ^{cd}	31,64 ± 0,33 ^{bcd}
10	46,09 ± 0,60 ^e	11,00 ± 0,47 ^a	23,89 ± 0,19 ^{de}	30,15 ± 0,23 ^{cde}

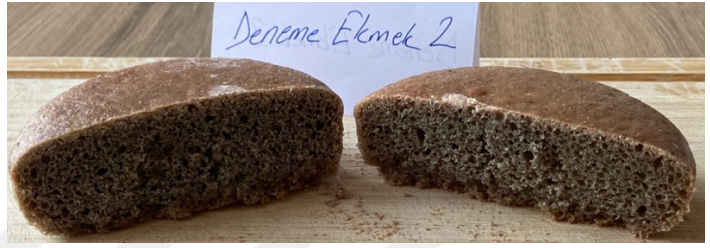
* Aynı kolondaki farklı küçük harfler Chia, kabak çekirdeği ve keten tohumu unu ilavesi ile hazırlanan ekmekler arasındaki anlamlı farklılığı göstermektedir ($p < 0,05$).



Şekil 4.1 Kontrol Ekmeği ve Deneme Ekmeklerin Resimleri



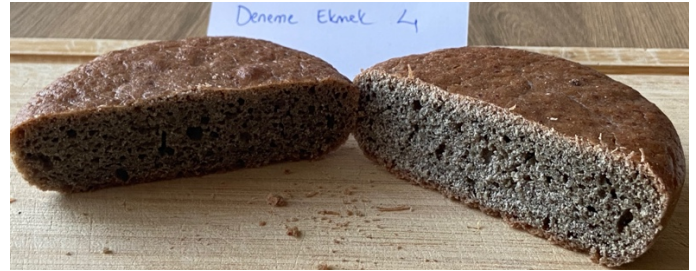
Şekil 4.2 Kontrol Ekmeği ve Deneme Ekmeklerin Resimleri



Şekil 4.3 Kontrol Ekmeği ve Deneme Ekmeklerin Resimleri



Şekil 4.4 Kontrol Ekmeği ve Deneme Ekmeklerin Resimleri



Şekil 4.5 Kontrol Ekmeği Deneme Ekmeklerin Resimleri



Şekil 4.6 Kontrol Ekmeği ve Deneme Ekmeklerin Resimleri



Şekil 4.7 Kontrol Ekmeği ve Deneme Ekmeklerin Resimleri



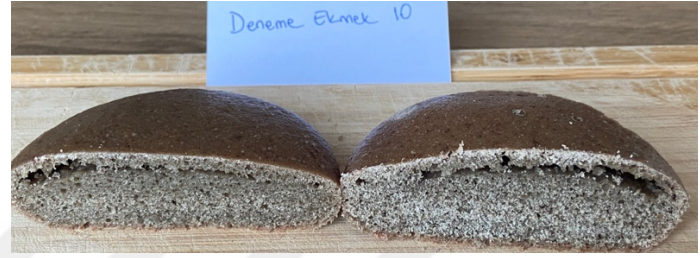
Şekil 4.8 Kontrol Ekmeği ve Deneme Ekmeklerin Resimleri



Şekil 4.9 Kontrol Ekmeği ve Deneme Ekmeklerin Resimleri



Şekil 4.10 Kontrol Ekmeği ve Deneme Ekmeklerin Resimleri



Şekil 4.11 Kontrol Ekmeği ve Deneme Ekmeklerin Resimleri

4.3 Duyusal Analiz

Glutensiz ekmeklerin duyusal analizi, 5 puanlık bir derecelendirme ölçeği kullanılarak, pişirmeden 6 saat sonra 15 eğitimsiz panelist tarafından (8 erkek ve 7 kadın) gerçekleştirilmiştir. 1 değeri, özelliğin en düşük yoğunluğuna ve 5 değeri, özelliğin en yüksek yoğunluğuna karşılık gelir. Glutensiz ekmek örnekleri genel kabul edilebilirlik açısından 5 puanlık bir hedonik skala kullanılarak değerlendirildi; burada 5. nokta 'aşırı derecede beğendim' ve 1. nokta 'son derece beğenmedim' oldu. Ekmekleri değerlendirme aşamasında her ekmek geçişinde içme suyu ile ağız durulaması yapıldı. Panelistlerin değerlendirme sonuçları Tablo 4.3'te verilmiştir. Panelistlerin değerlendirmesi sonucu ekmeğin şekli ve simetri durumu bakımından en çok beğenilen kontrol ekmeği olmuştur. Bunun yanı sıra kontrol ekmeği deneme 1-2-3-5-6-7-8 ve 9 numaralı denemeler ile karşılaştırıldığında arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Ekmeğin şekli ve simetri durumu bakımından beğenilmeyen ekmek 10. deneme ekmeğidir. Ekmeğin kabuk rengi ve görünümü bakımından kontrol ekmeği ile karşılaştırıldığında kontrol ekmeği ve denemeler arasında arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Ekmeğin gözenek yapısı bakımından kontrol ekmeği ile karşılaştırıldığında kontrol ekmeği ve denemeler arasında arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Ekmek içi rengi kontrol ekmeğinde nişasta bakımından ağırlıklı olduğu için diğer ekmeklere göre beyazdır. Panelistler tarafından kontrol ekmeği iç rengi daha çok beğenilmiştir. Deneme ekmeklerin tamamı ise birbirine yakın puan almış ve aralarında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Çiğnenebilirlik bakımından ekmekler değerlendirildiğinde kontrol ekmeği ile denemeler arasında arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Tat ve aroma olarak değerlendirildiğinde en çok beğenilen kontrol ekmeği olmuştur. Bunun yanı sıra kontrol ekmeği deneme 1-2-4-5-6-7-8-9 ve 10 numaralı denemeler ile karşılaştırıldığında arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Ekmeğin kendine has kokusu bakımından ekmekler değerlendirildiğinde kontrol ekmeği ile denemeler arasında arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Ekmek yumuşaklığı bakımından değerlendirildiğinde en çok beğenilen kontrol ekmeği olmuştur.

Bunun yanı sıra kontrol ekmeği deneme 1-2-3-4-5-8 ve 9 numaralı denemeler ile karşılaştırıldığında arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Çalışmamızda ekmek içi ufalanma sonuçları açısından değerlendirildiğinde kontrol ekmeği ile deneme ekmekler arasında arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$).



Tablo 4.4 Ekmeklerin duyuşal özellikleri

	Ekmek								
	Ekmeğin	Kabuk		Ekmek	Çiğnene	Tat ve		Yumuş	Ufalan
	Şekil ve	Rengi	Gözenek	İçi	-bilirlik	Aroma	Koku	klık	ma
	Simetri	ve	Yapısı	Rengi					
	Durumu	Görünü							
	mü								
C	4,33 ± 0,49 ^a	3,73 ± 0,96 ^a	3,73 ± 0,88 ^a	4,80 ± 0,41 ^a	4,00 ± 0,53 ^a	4,07 ± 0,46 ^a	4,07 ± 0,46 ^a	4,60 ± 0,63 ^a	4,40 ± 0,99 ^a
1	3,53 ± 0,74 ^{abc}	3,47 ± 0,64 ^a	3,40 ± 0,99 ^a	3,33 ± 0,82 ^b	3,73 ± 0,70 ^a	2,53 ± 1,25 ^b	3,47 ± 1,06 ^{ab}	3,73 ± 0,96 ^{ab}	3,80 ± 1,57 ^a
2	3,73 ± 1,03 ^{ab}	3,67 ± 0,98 ^a	3,53 ± 1,25 ^a	3,40 ± 1,06 ^b	3,73 ± 0,80 ^a	2,60 ± 1,24 ^b	3,40 ± 0,83 ^{ab}	3,53 ± 1,19 ^{ab}	3,73 ± 1,16 ^a
3	3,67 ± 0,82 ^{ab}	3,53 ± 0,83 ^a	2,80 ± 1,08 ^a	3,40 ± 1,06 ^b	3,80 ± 0,86 ^a	2,40 ± 1,18 ^b	3,13 ± 0,92 ^b	3,40 ± 1,24 ^{ab}	3,67 ± 1,11 ^a
4	3,00 ± 1,36 ^{bc}	3,20 ± 0,86 ^a	3,47 ± 1,06 ^a	3,33 ± 1,11 ^b	3,47 ± 0,99 ^a	2,80 ± 0,94 ^b	3,47 ± 0,64 ^{ab}	3,40 ± 1,12 ^{ab}	3,67 ± 1,50 ^a
5	3,67 ± 1,05 ^{ab}	3,47 ± 0,83 ^a	2,93 ± 1,22 ^a	3,53 ± 0,99 ^b	3,80 ± 0,86 ^a	3,00 ± 1,13 ^{ab}	3,67 ± 0,82 ^{ab}	3,40 ± 1,12 ^{ab}	3,93 ± 1,28 ^a
6	3,40 ± 1,30 ^{abc}	3,47 ± 0,74 ^a	3,13 ± 1,13 ^a	3,27 ± 0,96 ^b	3,40 ± 0,99 ^a	3,20 ± 1,08 ^{ab}	3,47 ± 0,74 ^{ab}	3,07 ± 1,10 ^b	3,60 ± 1,55 ^a
7	3,13 ± 1,30 ^{abc}	3,20 ± 1,08 ^a	2,80 ± 1,21 ^a	3,13 ± 0,99 ^b	3,53 ± 0,92 ^a	3,07 ± 0,96 ^{ab}	3,53 ± 0,64 ^{ab}	3,13 ± 1,36 ^b	3,67 ± 1,50 ^a

Tablo 4.4 Ekmeklerin duyusal özellikleri (devamı)

8	3,27 ±	3,13 ±	3,33 ±	3,47 ±	3,47 ±	3,13 ±	3,80 ±	3,33 ±	3,80 ±
	1,10 ^{abc}	1,13 ^a	1,23 ^a	0,92 ^b	0,92 ^a	0,99 ^{ab}	0,56 ^{ab}	1,23 ^{ab}	1,42 ^a
9	3,40 ±	3,40 ±	3,33 ±	3,60 ±	3,93 ±	3,00 ±	3,47 ±	3,60 ±	4,07 ±
	1,18 ^{abc}	1,12 ^a	1,05 ^a	0,91 ^b	0,70 ^a	1,13 ^{ab}	0,64 ^{ab}	1,12 ^{ab}	1,03 ^a
10	2,33 ±	2,93 ±	3,40 ±	3,40 ±	3,07 ±	2,53 ±	3,27 ±	3,13 ±	3,33 ±
	1,23 ^c	1,22 ^a	1,30 ^a	0,91 ^b	0,80 ^a	0,99 ^b	0,46 ^{ab}	1,13 ^b	1,40 ^a

0

* Aynı kolondaki farklı küçük harfler Chia, kabak çekirdeği ve keten tohumu unu ilavesi ile hazırlanan ekmekler arasındaki anlamlı farklılığı göstermektedir ($p<0,05$).

Tablo 4.5 Ekmeklerin duyusal analiz formu ve ekmeklerin aldıkları puanlar

PUANLAMA TESTİ											
Panelistin Adı-Soyadı:									Tarih: / /20....		
Ürün: K, D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9 ve D10									Saat: 14:00		
Açıklama: Aşağıda verilmiş olan kalite kriterleri açısından size verilen kodlanmış örneği 5 puan üzerinden değerlendiriniz. Not: K = Kontrol Ekmeği, D1 = Deneme 1, D2 = Deneme 2, , D10 = Deneme 10'u ifade etmektedir.											
Kalite Kriterleri	Örnek Kodları										
	K	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10
Ekmeğin Şekil ve Simetri Durumu	65	53	56	55	45	55	51	47	49	51	35
Ekmeğin Kabuk Rengi ve Görünümü	56	52	55	53	48	52	52	48	47	51	44
Gözenek Yapısı	56	51	53	42	52	44	47	42	50	50	51
Ekmeğin İçi Rengi	72	50	51	51	50	53	49	47	52	54	51
Çiğnenebilirlik	60	56	56	57	52	57	51	53	52	59	46
Tat ve Aroma	61	38	39	36	42	45	48	46	47	45	38
Koku	61	52	51	47	52	55	52	53	57	52	49
Yumuşaklık	69	56	53	51	51	51	46	47	50	54	47
Ufalanma	66	57	56	55	55	59	54	55	57	61	50
TOPLAM PUAN	566	465	470	447	447	471	450	438	461	477	411
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						Ekmeğin simetri olmaması ve kalınlığının eşit olmaması					
Ekmeğin kabuk rengi ve görünümünde, açık kahverengi, parlak koyu sarı şekil düzgün çatlaklar çok az						Ekmeğin kabuk rengi ve görünümünde, koyu kahverengi renk, yanık olması, düzgün olmayan şekil ve yüzeyde çatlaklar					
Gözenek yapısı mevcut ve oldukça düzenli						Gözenek yapısı mevcut değil ya da düzensiz					
Ekmeğin içi rengi açık beyaz-açık krem						Ekmeğin içi rengi koyu sarı, esmer					
Çiğnenmesi kolay, ağızda kalıntı bırakmıyor						Çiğneme esnasında çok yapışkan ve hamurumsu veya çok kuru					
Çok iyi, kendine özgü tat ve aroma						Çok kötü, çok belirgin yabancı tat ve aroma					
Hafif, keskin olmayan koku						Keskin ve hoş gitmeyen koku					
Numuneyi ısırırken yumuşak gelmesi						Numuneyi ısırırken sert gelmesi					
Numuneyi ikiye bölerken ufalanma görülmemesi veya çok az görülmesi						Numuneyi ikiye bölerken çok fazla ufalanma görülmesi					

Ticari glutensiz ekmek üretiminde glutenin hamura sağladığı fiziksel ve fonksiyonel özellikleri kazandırmak için çeşitli gamlar kullanılmıştır. Bu gamlarla üretilen ekmeklerin besleyici özellikleri ve protein değeri düşüktür. Ayrıca ekmekte istenen renk ve duyuşsal özellikleri karşılanmamaktadır. Ekmeğin bu özelliklerini iyileştirmek için gluten içermeyen, yüksek protein ve doğal gam içeriğine sahip olduğu bilinen unlar ve posalar kullanılabilmektedir. Bu çalışmada da ticari olarak üretilen glutensiz ekmeklerin içerisinde gluten yerine geçecek gamlara alternatif olarak eklenen chia, keten ve kabak çekirdeği unları ile hazırlanan karışımının ekmek özellikleri üzerindeki etkisini tespit etmek için Minitab 17 programında mixture desing parametrelerini seçerek formülasyon oluşturuldu. Toplam hamur karışımında bu formülasyonlarla hazırlanan un karışımı miktarı 19,8 g'dır. Bu ekmeklerde renk, sertlik, spesifik hacim ve duyuşsal analiz gerçekleştirilmiş ve gam ilaveli ticari ekmek formülasyonu ile üretilen ekmek ile kıyaslanmıştır. Chia, kabak çekirdeği ve keten tohumu unu içeren ekmeklerin spesifik hacim değerleri 2,60- 3,41 g/cm³ arasında değişiklik gösterirken kontrol ekmeğinin spesifik hacim değeri 3,55 g/cm³ bulunmuştur. En yüksek spesifik hacim değerine sahip sekiz numaralı deneme 9.9 g kabak çekirdeği unu ve 9.9 g keten tohumu unu içeren ekmek ile kontrol ekmeği arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p < 0,05$). Farklı formülasyonlarda hazırlanan açık karabuğday unu, açık karabuğday unu ve ksantan gam, açık karabuğday unu ve chia unu, açık karabuğday unu-chia unu-ksantan gam, ruşeym unu, ruşeym unu-ksantan gam, ruşeym unu chia unu ile hazırlanan karışımlardan ekmekler yapılmış ve kontrol ekmeği ile tekstür değerleri karşılaştırılmıştır sırasıyla bulunan sonuçlar şu şekildedir; 5,06 – 6,54 – 10,54 – 8,54 – 5,35 – 6,96 – 11,11 – 12,65 – 0,88 (Coronel ve ark., 2021). Bu çalışmaya göre ekmek sertlik değerleri 5,06 – 12,65 arasında bulunmuştur. Bizim çalışmamızda ise ekmek sertlik değerleri 4,13 – 9,67 arasında bulunmuştur. Literatürde olan ekmek sonuçlarına yakın değerler bulunduğu görülmüştür. Yine başka bir çalışmada buğday unu ile yapılan ekmek

kontrol ekmeği olarak değerlendirilmiş ve tapyoka unu – nohut unu karışımı ile glutensiz ekmek yapılmış, tapyoka unu – nohut unu karışımına sırasıyla %10, %20 ve %30 peyniraltı suyu proteini ilave ederek denemeler yapılmış ve tekstür değerleri kontrol ekmeği ile kıyaslanmıştır. Bulunan sonuçlar sırasıyla şu şekildedir; 4,80, 8,79, 10,27, 11,97, 28,42. Sonuçlardan görüldüğü gibi kontrol ekmeği tekstür değer 4,80 ile en düşük yani en yumuşaktır. Diğer ekmeklerin sertlik değerleri artmıştır (Komerovski ve ark., 2021). Ekmeklerin 1.gün, 3.gün ve 6.gün sertlik değerleri kontrol edilmiş, un karışımı eklenen ekmeklerden yalnızca 9.9 g kabak çekirdeği unu ve 9.9 g keten tohumu unu içeren ekmek formülasyonu ile üretilen ekmeklerde daha düşük sertlik değer 4,80 ile tespit edilmiştir. Bu ekmek formülasyonu ile üretilen ekmek sertlik değer 1.gün kontrol ekmeği ile farlılık göstermezken, 3. ve 6. günlerde daha düşük sertlik değerleri tespit edilmiştir. Farklı formülasyonlarda hazırlanan açık karabuğday unu, açık karabuğday unu ve ksantan gam, açık karabuğday unu ve chia unu, açık karabuğday unu-chia unu-ksantan gam, ruşeym unu, ruşeym unu-ksantan gam, ruşeym unu chia unu ile hazırlanan karışımlardan ekmekler yapılmış ve kontrol ekmeği ile tekstür değerleri karşılaştırılmıştır sırasıyla bulunan sonuçlar şu şekildedir; 5,06 – 6,54 – 10,54 – 8,54 – 5,35 – 6,96 – 11,11 – 12,65 – 0,88 (Coronel ve ark., 2021). Bu çalışmaya göre ekmek sertlik değerleri 5,06 – 12,65 arasında bulunmuştur. Bizim alışmamızda ise ekmek sertlik değerleri 4,13 – 9,67 arasında bulunmuştur. Literatürde olan ekmek sonuçlarına yakın değerler bulunduğu grlmştir. Yine başka bir çalışmada buğday unu ile yapılan ekmek kontrol ekmeği olarak değerlendirilmiş ve tapyoka unu – nohut unu karışımı ile glutensiz ekmek yapılmış, tapyoka unu – nohut unu karışımına sırasıyla %10, %20 ve %30 peyniraltı suyu proteini ilave ederek denemeler yapılmış ve tekstür değerleri kontrol ekmeği ile kıyaslanmıştır. Bulunan sonuçlar sırasıyla şu şekildedir; 4,80, 8,79, 10,27, 11,97, 28,42. Sonuçlardan görüldüğü gibi kontrol ekmeği tekstür değer 4,80 ile en düşük yani en yumuşaktır. Diğer ekmeklerin sertlik değerleri artmıştır (Komerovski ve ark., 2021). Bu çalışmaya göre ekmek sertlik değerleri 4,80 – 28,42 arasında bulunmuştur. Bizim alışmamızda ise ekmek sertlik değerleri 4,13 – 9,67 arasında bulunmuştur. Literatürde olan ekmek sonuçlarına yakın ve daha düşük sertlik değerlerine sahip ekmekler yapılmıştır.

Ekmek içi ve kabuk renkleri incelendiğinde hem ekmek içi hem ekmek kabuğu için en yüksek L^* ve ΔE değerleri kontrol ekmeğinde görülmüştür. Yapılan bir çalışmada glutensiz ekmek yapımında mısır unu ve ançüz eklenerek denemeler yapılmıştır. %100 mısır unu ile glutensiz ekmek yapılmış ekmek içi L^* değeri 76,7 bulunmuştur. Mısır unu'na % 10, % 20, % 30, ve % 40 ançüz eklenerek denemeler yapılmış ekmek içi L^* değerleri sırasıyla 61,9 – 57,9 – 56,1 – 53,4 olarak bulunmuştur. Görüldüğü gibi ançüz oranı arttıkça ekmek içi koyuluk miktarı artmaktadır (Yılmaz ve ark., 2020). Bizim çalışmamız ile kıyaslandığında birbirine yakın sonuçlar bulunmuştur. %100 mısır unu ile glutensiz ekmek yapılmış ekmek içi a^* değeri 6,54 bulunmuştur. Mısır unu'na % 10, % 20, % 30, ve % 40 ançüz eklenerek denemeler yapılmış ekmek içi a^* değerleri sırasıyla 4,61 – 4,99 – 5,23 – 5,57 olarak bulunmuştur (Yılmaz ve ark., 2020). Bizim çalışmamızda kontrol ekmeği ekmek içi a^* değeri -3,79 bulunmuştur. Deneme ekmeklerimizin ekmek içi a^* değerleri 0,33 – 1,11 arasında bulunmuştur. Bu çalışma ile kıyaslandığında ekmek içi a^* değerleri katılan hammaddelerin oranlarına göre değiştiğini göstermektedir. %100 mısır unu ile glutensiz ekmek yapılmış ekmek içi b^* değeri 51,5 bulunmuştur. Mısır unu'na % 10, % 20, % 30, ve % 40 ançüz eklenerek denemeler yapılmış ekmek içi b^* değerleri sırasıyla 39,6 – 36,8 – 35,6 – 34,7 olarak bulunmuştur (Yılmaz ve ark., 2020). Bizim çalışmamızda ise kontrol ekmeği dahil tüm denemelerin ekmek içi b^* değerleri sonucu 13,82 – 17,78 arasında bulunmuştur. Yapılan bu çalışmada yüzdesel oran artışı b^* değerlerinde düşüş gözlemlenmiştir. Bizim çalışmamızda ise değerlerin değişkenliği ile birlikte b^* değerlerinin kontrol ekmeğine kıyasla arttığı gözlenmiştir.

Yapılan bir çalışmada glutensiz ekmek yapımında mısır unu ve ançüz eklenerek denemeler yapılmıştır. %100 mısır unu ile glutensiz ekmek yapılmış ekmek kabuk L^* değeri 76,6 bulunmuştur. Mısır unu'na % 10, % 20, % 30, ve % 40 ançüz eklenerek denemeler yapılmış ekmek kabuk L^* değerleri sırasıyla 57,2 – 47,1 – 39,0 – 33,9 olarak bulunmuştur. Görüldüğü gibi ançüz oranı arttıkça ekmek kabuk renginde koyuluk miktarı artmaktadır (Yılmaz ve ark., 2020). Bizim çalışmamız ile kıyaslandığında birbirine yakın sonuçlar bulunmuştur. Bizim

çalışmamızda da deneme ekmeklerin kabuk rengi kontrol ekmeğine göre koyudur. Kontrol ekmeğinin kabuk rengi 59,79 bulunmuştur. Deneme ekmeklerin kabul rengi ise 41,72 – 51,12 arasında bulunmuştur. %100 mısır unu ile glutensiz ekmek yapılmış ekmek kabuk a* değeri 5,3 olarak bulunmuştur. Mısır unu'na % 10, % 20, % 30, ve % 40 ançhüz eklenerek denemeler yapılmış ekmek içi a* değerleri sırasıyla 8,9 – 12,5 – 17,6 – 18,8 olarak bulunmuştur (Yılmaz ve ark., 2020). Bizim çalışmamızda kontrol ekmeği ekmek kabuk rengi a* değeri 6,48 olarak bulunmuştur. Deneme ekmeklerimizin ekmek kabuk rengi a* değerleri 8,86 – 11,0 arasında bulunmuştur. Bu çalışma ile kıyaslandığında ekmek kabuk a* değerleri katılan hammaddelerin oranlarına göre değiştiğini göstermektedir. %100 mısır unu ile glutensiz ekmek yapılmış ekmek kabuk rengi b* değeri 35,9 bulunmuştur. Mısır unu'na % 10, % 20, % 30, ve % 40 ançhüz eklenerek denemeler yapılmış ekmek kabuk rengi b* değerleri sırasıyla 37,5 – 45,1 – 46,1 – 43,0 olarak bulunmuştur (Yılmaz ve ark., 2020). Bizim çalışmamızda ise kontrol ekmeğinin kabuk rengi b* değeri 32,09 olarak bulunmuştur. Deneme ekmeklerin ekmek kabuk rengi b* değerleri sonucu 21,43 – 26,65 arasında bulunmuştur. Bu çalışmada yüzdesel oran artışında b* değerlerinde artış gözlenmektedir. Bizim çalışmamızda ise değerlerin değişkenliği ile birlikte b* değerlerinin kontrol Duyusal analizde ekmek kabuk rengi ve görünümü, ufalanma, gözenek yapısı, çiğnenebilirlik açısından örnekler arasında anlamlı bir farklılık görülmezken, sadece ekmek içi renginde kontrol ekmeği diğer bütün örneklerden daha çok beğenilmiştir. Sonuç olarak özellikle 9.9 g kabak çekirdeği unu ve 9.9 g keten tohumu unu içeren formülasyon kontrol ekmeğine en yakın karakterde özellik göstermiştir. Bu formülasyon kullanılarak besin değerleri tablosunda da görüleceği üzere besin değerleri arttırılmış bunu yanı sıra kontrol ekmeğinin sertlik, spesifik hacim ve duyusal özelliklerini taşıyan glutensiz ekmek üretimi gerçekleştirilebileceği görülmüştür. Minitab 17 programında desing ekspert özellikleri ile yapılan 10 deneme sonucunda 8 numaralı denemenin kontrol ekmeği ile aynı veya daha iyi sonuç verdiği gözlenmektedir. Ayrıca turkomp sitesinden alınan veriler doğrultusunda besin öğeleri açısından zengin bir ekmek eldesi olduğu görülecektir. Kullanılan programda elde edilen istatistiksel veriler

sadece yorumlanmış olup en iyi ekmek sonucu sadece gözlem ve panalistler tarafından yapılan yorumlar ışığında değerlendirilmiştir.



- Aguilar, N., Albanell, E., Miñarro, B., & Capellas, M. (2016). Chestnut flour sourdough for gluten-free bread making. *European Food Research and Technology*, 242(10), 1795-1802.
- 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.
- Alçay, A. Ü., & Ahmetoglu, F. Glutenle İlişkili Rahatsızlıklar ve Glutensiz Ekmek Üretimi. *Aydın Gastronomy*, 4(2), 135-148.
- Alencar, N. M. M., Steel, C. J., Alvim, I. D., de Moraes, E. C., & Bolini, H. M. A. (2015). Addition of quinoa and amaranth flour in gluten-free breads: Temporal profile and instrumental analysis. *LWT-Food Science and Technology*, 62(2), 1011-1018.
- Alfonzo, A., Urso, V., Corona, O., Francesca, N., Amato, G., Settanni, L., & Di Miceli, G. (2016). Development of a method for the direct fermentation of semolina by selected sourdough lactic acid bacteria. *International journal of food microbiology*, 239, 65-78.
- Altan, A. (1986). Tahıl İşleme Teknolojisi. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları, (13).
- Arendt, E. K., Ryan, L. A., & Dal Bello, F. (2007). Impact of sourdough on the texture of bread. *Food microbiology*, 24(2), 165-174.
- Atkinson, F. S., Foster-Powell, K., & Brand-Miller, J. C. (2008). International tables of glycemic index and glycemic load values: 2008. *Diabetes care*, 31(12), 2281-2283.
- Axel, C., Brosnan, B., Zannini, E., Furey, A., Coffey, A., & Arendt, E. K. (2016). Antifungal sourdough lactic acid bacteria as biopreservation tool in quinoa and rice bread. *International journal of food microbiology*, 239, 86-94.
- Bai, J. C., Ciacci, C., Corazza, G. R., Fried, M., Olano, C., Rostami-Nejad, M., ... & LeMair, A. (2017). World Gastroenterology Organisation Global Guidelines. Celiac Disease. July 2016.
- Barber, B., Ortolá, C., Barber, S., & Fernandez, F. (1992). Storage of packaged white bread. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*, 194(5), 442-449.
- Bechtel, W. G., Meisner, D. F., & Bradley, W. B. (1953). The effect of the crust on the staling of bread. *Cereal Chemistry*, 30(2), 160-168.
- Bernacchia, R., Preti, R., & Vinci, G. (2014). Chemical composition and health benefits of flaxseed. *Austin J Nutri Food Sci*, 2(8), 1045.

- Bianchi, F., Careri, M., Chiavaro, E., Musci, M., & Vittadini, E. (2008). Gas chromatographic–mass spectrometric characterisation of the Italian protected designation of origin “Altamura” bread volatile profile. *Food Chemistry*, 110(3), 787-793.
- Birch, A. N., Petersen, M. A., & Hansen, Å. S. (2014). Review: aroma of wheat bread crumb. *Cereal Chemistry Journal*, 91, 105–114.
- Björck, I., & Elmståhl, H. L. (2003). The glycaemic index: importance of dietary fibre and other food properties. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62(1), 201-206.
- Bo, S., Seletto, M., Choc, A., Ponzo, V., Lezo, A., Demagistris, A., ... & Gambino, R. (2017). The acute impact of the intake of four types of bread on satiety and blood concentrations of glucose, insulin, free fatty acids, triglyceride and acylated ghrelin. A randomized controlled cross-over trial. *Food research international*, 92, 40-47.
- Bourne, M. C. (1982). Texture, viscosity and food. *Food texture and viscosity*, 1-23.
- Brandt, M. J. (2007). Sourdough products for convenient use in baking. *Food Microbiology*, 24(2), 161-164.
- Campo, E., del Arco, L., Urtasun, L., Oria, R., & Ferrer-Mairal, A. (2016). Impact of sourdough on sensory properties and consumers' preference of gluten-free breads enriched with teff flour. *Journal of Cereal Science*, 67, 75-82.
- Catassi, C., Gatti, S., & Fasano, A. (2014). The new epidemiology of celiac disease. *Journal of pediatric gastroenterology and nutrition*, 59, S7-S9.
- Catzeddu, P. (2019). Sourdough breads. In *Flour and breads and their fortification in health and disease prevention* (pp. 177-188). Academic press.
- Chavan, R. S., & Chavan, S. R. (2011). Sourdough technology—a traditional way for wholesome foods: a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10(3), 169-182.
- Chen, Z., Zhu, C., Zhang, Y., Niu, D., & Du, J. (2010). Effects of aqueous chlorine dioxide treatment on enzymatic browning and shelf-life of fresh-cut asparagus lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Postharvest Biology and Technology*, 58(3), 232-238.
- Cizeikiene, D., Juodeikiene, G., Paskevicius, A., & Bartkiene, E. (2013). Antimicrobial activity of lactic acid bacteria against pathogenic and spoilage microorganism isolated from food and their control in wheat bread. *Food Control*, 31(2), 539-545.
- 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.
- Cooper BT, Holmes GK, Ferguson R, et al. Gluten-sensitive diarrhea without evidence of celiac disease. *Gastroenterology* 1980;79:801–806.

- 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.
- Corsetti, A., Gobbetti, M., Balestrieri, F., Paoletti, F., Russi, L., & Rossi, J. (1998). Sourdough lactic acid bacteria effects on bread firmness and staling. *Journal of Food Science*, 63(2), 347-351.
- Corsetti, A., Gobbetti, M., De Marco, B., Balestrieri, F., Paoletti, F., Russi, L., & Rossi, J. (2000). Combined effect of sourdough lactic acid bacteria and additives on bread firmness and staling. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(7), 3044-3051.
- Corsetti, A., Gobbetti, M., De Marco, B., Balestrieri, F., Paoletti, F., Russi, L., & Rossi, J. (2000). Combined effect of sourdough lactic acid bacteria and additives on bread firmness and staling. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(7), 3044-3051.
- Costantini, L., Lukšič, L., Molinari, R., Kreft, I., Bonafaccia, G., Manzi, L., & Merendino, N. (2014). Development of gluten-free bread using tartary buckwheat and chia flour rich in flavonoids and omega-3 fatty acids as ingredients. *Food chemistry*, 165, 232-240.
- Curiel, J. A., Coda, R., Centomani, I., Summo, C., Gobbetti, M., & Rizzello, C. G. (2015). Exploitation of the nutritional and functional characteristics of traditional Italian legumes: the potential of sourdough fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, 196, 51-61.
- D'Alessandro, A., & De Pergola, G. (2014). Mediterranean diet pyramid: a proposal for Italian people. *Nutrients*, 6(10), 4302-4316.
- D'apponia, B. L., D'APPOLONIA, B. L., & MM, M. (1981). Bread staling.
- da Silva, B. P., Anunciação, P. C., da Silva Matyelka, J. C., Della Lucia, C. M., Martino, H. S. D., & Pinheiro-Sant'Ana, H. M. (2017). Chemical composition of Brazilian chia seeds grown in different places. *Food chemistry*, 221, 1709-1716.
- De Lamo, B., & Gómez, M. (2018). Bread enrichment with oilseeds. A review. *Foods*, 7(11), 191.
- De Vuyst, L., & Neysens, P. (2005). Biodiversity of sourdough lactic acid bacteria. *Trends Food Sci. Technol*, 16, 43-56.
- De Vuyst, L., Vrancken, G., Ravyts, F., Rimaux, T., & Weckx, S. (2009). Biodiversity, ecological determinants, and metabolic exploitation of sourdough microbiota. *Food microbiology*, 26(7), 666-675.
- Di Cagno, R., Rizzello, C. G., De Angelis, M., Cassone, A., Giuliani, G., Benedusi, A., ... & Gobbetti, M. (2008). Use of selected sourdough strains of *Lactobacillus* for removing gluten and enhancing the nutritional properties of gluten-free bread. *Journal of Food Protection*, 71(7), 1491-1495.

- Diowksz, A., Kordialik-Bogacka, E., & Ambroziak, W. (2014). Seenriched sprouted seeds as functional additives in sourdough fermentation. *LWT- Food Science and Technology*. doi:10.1016/j.lwt. 2013.11.023.
- Dizlek, H. (2013). Gluten Kompleksinin Hamur ve Ekmek Nitelikleri Üzerindeki Etkileri. *Akademik Gıda*, 11(1), 102-106.
- Dizlek, H., Özer, M.S., Altan, A., Gül, H., 2006. Buğdaydaki gluten proteinlerinin birbirleriyle etkileşimleri. *Hububat Ürünleri Teknolojisi Kongre ve Fuarı*, 7-8 Eylül, 2006, Gaziantep, Türkiye, Bildiri Kitabı, 280-286s.
- Esteller, M. S., & Lannes, S. C. (2008). Production and characterization of sponge-dough bread using scalded rye. *Journal of Texture Studies*, 39(1), 56-67.
- Gaesser, G. A., & Angadi, S. S. (2015). Navigating the gluten-free boom. *Journal of the American Academy of PAs*, 28(8), 1-7.
- Gallagher, E., Polenghi, O., & Gormley, T. R. (2002). Improving the quality of gluten-free breads. *Farm and Food*, 12(1), 8-13.
- Galle, S., Schwab, C., Dal Bello, F., Coffey, A., Gänzle, M. G., & Arendt, E. K. (2012). Influence of in-situ synthesized exopolysaccharides on the quality of gluten-free sorghum sourdough bread. *International Journal of Food Microbiology*, 155(3), 105-112.
- Gänzle, M. G., Vermeulen, N., & Vogel, R. F. (2007). Carbohydrate, peptide and lipid metabolism of lactic acid bacteria in sourdough. *Food microbiology*, 24(2), 128-138.
- Giannou, V., & Tzia, C. (2016). Addition of vital wheat gluten to enhance the quality characteristics of frozen dough products. *Foods*, 5(1), 6.
- Gobbetti, M. (1998). Interactions between lactic acid bacteria and yeasts in soudoughs.
- Gobbetti, M., Corsetti, A., & De Vincenzi, S. (1995). The sourdough microflora. Characterization of homofermentative lactic acid bacteria based on acidification kinetics and impedance test. *Italian journal of food science*, 7(2), 91-101.
- Gobbetti, M., Corsetti, A., & De Vincenzi, S. (1995). The sourdough microflora. Characterization of homofermentative lactic acid bacteria based on acidification kinetics and impedance tests. *Italian Journal of Food Science*, 2, 103–112.
- Gobbetti, M., Rizzello, C. G., Di Cagno, R., & De Angelis, M. (2014). How the sourdough may affect the functional features of leavened baked goods. *Food microbiology*, 37, 30-40.
- 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(1), 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 & Technology, 51(9), 1633–1653. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1247-9>.

- Gray, J. A., & Bemiller, J. N. (2003). Bread staling: molecular basis and control. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 2(1), 1-21.
- Greco, L., Gobetti, M., Auricchio, R., Di Mase, R., Landolfo, F., Paparo, F., ... & Terrone, G. (2011). Safety for patients with celiac disease of baked goods made of wheat flour hydrolyzed during food processing. *Clinical Gastroenterology and Hepatology*, 9(1), 24-29.
- Guinet, R., & Godon, B. (1996). *La Panification Française*. España: Montagud.
- Hadaegh, H., Seyyedain Ardabili, S. M., Tajabadi Ebrahimi, M., Chamani, M., & Azizi Nezhad, R. (2017). The impact of different lactic acid bacteria sourdoughs on the quality characteristics of toast bread. *Journal of Food Quality*, 2017.
- Hadiyanto, H., Asselman, A., van Straten, G., Boom, R. M., Esveld, D. C., & Van Boxtel, A. J. B. (2007). Quality prediction of bakery products in the initial phase of process design. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 8, 285–298.
- 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.
- 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. In *Microbiology of fermented foods* (pp. 199-216). Springer, Boston, MA.
- Hansen, A., & Schieberle, P. (2005). Generation of aroma compounds during sourdough fermentation: applied and fundamental aspects. *Trends in Food Science & Technology*, 16(1-3), 85-94.
- Hansen, A., & Schieberle, P. (2005). Generation of aroma compounds during sourdough fermentation: applied and fundamental aspects. *Trends in Food Science & Technology*, 16(1-3), 85-94.
- Hebeda, R. E., Bowles, L. K., & Teague, W. M. (1990). Developments in enzymes for retarding staling of baked goods. *Cereal Foods World*, 35(5), 453-457.
- Heiniö, R. L., Katina, K., Wilhelmson, A., Myllymäki, O., Rajamäki, T., Latva-Kala, K., ... & Poutanen, K. (2003). Relationship between sensory perception and flavour-active volatile compounds of germinated, sourdough fermented and native rye following the extrusion process. *LWT-Food Science and Technology*, 36(5), 533-545.
- Hoseney, R. C. (1994). *Principles of cereal science and technology*. American Association of Cereal Chemists. Inc., St. Paul, 170.

- Houben, A., Höchstötter, A., & Becker, T. (2012). Possibilities to increase the quality in gluten-free bread production: an overview. *European Food Research and Technology*, 235(2), 195-208.
- <http://www.turkomp.gov.tr/main>
- 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(6), 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.
- Izydorczyk, M. S., & Dexter, J. E. (2008). Barley β -glucans and arabinoxylans: Molecular structure, physicochemical properties, and uses in food products—a Review. *Food Research International*, 41(9), 850-868.
- İşleroğlu, H., Dirim, S. N., & Ertekin, F. K. (2009). Gluten içermeyen, hububat esaslı alternatif ürün formülasyonları ve üretim teknolojileri. *Gıda*, 34(1), 29-36.
- Järbrink-Sehgal, M. E., & Talley, N. J. (2019). Duodenal and rectal eosinophilia are new biomarkers of nonceliac gluten sensitivity. *Clinical Gastroenterology and Hepatology*, 17(4), 613-615.
- Kaminski, E., Przybilski, R., & Gruchala, L. (1981). Thermal degradation of precursors and formation of flavour compounds during heating of cereal products. Part I. Changes of amino acids and sugars. *Food/Nahrung*, 25, 507–518.
- Kasarda, D. D. (2013). Can an increase in celiac disease be attributed to an increase in the gluten content of wheat as a consequence of wheat breeding?. *Journal of agricultural and food chemistry*, 61(6), 1155-1159.
- Komeroski, M. R., Homem, R. V., Schmidt, H. D. O., Rockett, F. C., de Lira, L., da Farias, D. V., ... & de Oliveira, V. R. (2021). Effect of whey protein and mixed flours on the quality parameters of gluten-free breads. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 24, 100361.
- Ktenioudaki, A., Alvarez-Jubete, L., Smyth, T. J., Kilcawley, K., Rai, D. K., & Gallagher, E. (2015). Application of bioprocessing techniques (sourdough fermentation and technological aids) for brewer's spent grain breads. *Food Research International*, 73, 107-116.
- Ktenioudaki, A., Alvarez-Jubete, L., Smyth, T. J., Kilcawley, K., Rai, D. K., & Gallagher, E. (2015). Application of bioprocessing techniques (sourdough fermentation and technological aids) for brewer's spent grain breads. *Food Research International*, 73, 107-116.

- Kupper, C. (2005). Dietary guidelines and implementation for celiac disease. *Gastroenterology*, 128(4), S121-S127.
- Lamacchia, C., Camarca, A., Picascia, S., Di Luccia, A., & Gianfrani, C. (2014). Cereal-based gluten-free food: how to reconcile nutritional and technological properties of wheat proteins with safety for celiac disease patients. *Nutrients*, 6(2), 575-590.
- Lin, W., & Lineback, O. R. (1990). Changes in carbohydrate fractions in enzyme-supplemented bread and the potential relationship to staling. *Starch-Stärke*, 42(10), 385-394.
- Lindenmeier, M., & Hofmann, T. (2004). Influence of baking conditions and precursor supplementation on the amounts of the antioxidant pronyl-L-lysine in bakery products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(2), 350-354.
- Loponen, J., Kanerva, P., Zhang, C., Sontag-Strohm, T., Salovaara, H., & Ganzle, M. G. (2009). Prolamin hydrolysis and pentosan solubilization in germinated-rye sourdoughs determined by chromatographic and immunological methods. *Journal of agricultural and food chemistry*, 57(2), 746-753.
- 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.
- Mariotti, M., Garofalo, C., Aquilanti, L., Osimani, A., Fongaro, L., Tavoletti, S., ... & Clementi, F. (2014). Barley flour exploitation in sourdough bread-making: A technological, nutritional and sensory evaluation. *LWT-Food Science and Technology*, 59(2), 973-980.
- Marklinder, I., Johansson, L., Haglund, Å., Nagel-Held, B., & Seibel, W. (1996). Effects of flour from different barley varieties on barley sour dough bread. *Food Quality and Preference*, 7(3-4), 275-284.
- 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.
- 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.
- Naqash, F., Gani, A., Gani, A., & Masoodi, F. A. (2017). Gluten-free baking: Combating the challenges-A review. *Trends in Food Science & Technology*, 66, 98-107.
- Newbold, M. W. (1976). Crumb softeners and dough conditioners. *Bakers digest*.

- Novotni, D., Ćurić, D., Bituh, M., Colić Barić, I., Škevin, D., & Čukelj, N. (2011). Glycemic index and phenolics of partially-baked frozen bread with sourdough. *International journal of food sciences and nutrition*, 62(1), 26-33.
- Onno, B., Roussel, P., 1994. Technologie et microbiologie de la panification au levain. In: De Roissart, H., Luquet, F.M. (Eds.), *Bactéries Lactiques*. Loriga, 11. Uriage, France, pp. 293–320.
- Osborne, T. B. (1907). *The proteins of the wheat kernel*. Washington, DC: Carnegie Institution of Washington.
- Paraskevopoulou, A., Chrysanthou, A., & Koutidou, M. (2012). Characterisation of volatile compounds of lupin protein isolate-enriched wheat flour bread. *Food Research International*, 48(2), 568-577.
- Parker, J., Schellenberger, A. N., Roe, A. L., Oketch-Rabah, H., & Calderón, A. I. (2018). Therapeutic perspectives on chia seed and its oil: a review. *Planta medica*, 84(09/10), 606-612.
- Pateras, I. M. (2007). Bread spoilage and staling. In *Technology of breadmaking* (pp. 275-298). Springer, Boston, MA.
- Pejcz, E., Gil, Z., Wojciechowicz-Budzisz, A., Półtorak, M., & Romanowska, A. (2015). Effect of technological process on the nutritional quality of naked barley enriched rye bread. *Journal of Cereal Science*, 65, 215-219.
- Poutanen, K., Flander, L., & Katina, K. (2009). Sourdough and cereal fermentation in a nutritional perspective. *Food microbiology*, 26(7), 693-699.
- Poutanen, K., Flander, L., & Katina, K. (2009). Sourdough and cereal fermentation in a nutritional perspective. *Food microbiology*, 26(7), 693-699.
- Purlis, E., & Salvadori, V. O. (2009). Modelling the browning of bread during baking. *Food research international*, 42(7), 865-870.
- Reale, A., Konietzny, U., Coppola, R., Sorrentino, E., & Greiner, R. (2007). The importance of lactic acid bacteria for phytate degradation during cereal dough fermentation. *Journal of agricultural and food chemistry*, 55(8), 2993-2997.
- Rieder, A., Holtekjølen, A. K., Sahlstrøm, S., & Moldestad, A. (2012). Effect of barley and oat flour types and sourdoughs on dough rheology and bread quality of composite wheat bread. *Journal of Cereal Science*, 55(1), 44-52.
- Rizzello, C. G., Calasso, M., Campanella, D., De Angelis, M., & Gobbetti, M. (2014). Use of sourdough fermentation and mixture of wheat, chickpea, lentil and bean flours for enhancing the nutritional, texture and sensory characteristics of white bread. *International journal of food microbiology*, 180, 78-87.
- Rizzello, C. G., Calasso, M., Campanella, D., De Angelis, M., & Gobbetti, M. (2014). Use of sourdough fermentation and mixture of wheat, chickpea, lentil and bean flours for enhancing the nutritional, texture and sensory characteristics of white bread. *International journal of food microbiology*, 180, 78-87.

- Rizzello, C. G., Cassone, A., Di Cagno, R., & Gobbetti, M. (2008). Synthesis of angiotensin I-converting enzyme (ACE)-inhibitory peptides and γ -aminobutyric acid (GABA) during sourdough fermentation by selected lactic acid bacteria. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56(16), 6936-6943.
- Rizzello, C. G., Lorusso, A., Montemurro, M., & Gobbetti, M. (2016). Use of sourdough made with quinoa (*Chenopodium quinoa*) flour and autochthonous selected lactic acid bacteria for enhancing the nutritional, textural and sensory features of white bread. *Food Microbiology*, 56, 1-13.
- Rodriguez-Ramiro, I., Brearley, C. A., Bruggaber, S. F. A., Perfecto, A., Shewry, P., & Fairweather-Tait, S. (2017). Assessment of iron bioavailability from different bread making processes using an in vitro intestinal cell model. *Food chemistry*, 228, 91-98.
- Sandri, L. T., 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.
- Schuppan, D., & Zavallos, V. (2015). Wheat amylase trypsin inhibitors as nutritional activators of innate immunity. *Digestive Diseases*, 33(2), 260-263.
- Siepmann, F. B., Ripari, V., Waszczynskyj, N., & Spier, M. R. (2018). Overview of sourdough technology: From production to marketing. *Food and Bioprocess Technology*, 11(2), 242-270.
- Sluková, M., Hinková, A., Henke, S., Smrž, F., Lukačíková, M., Pour, V., & Bubník, Z. (2016). Cheese whey treated by membrane separation as a valuable ingredient for barley sourdough preparation. *Journal of Food Engineering*, 172, 38-47.
- Spicher, G. (1983). Baked goods. In J. H. Rehm & G. Reed (Eds.), *Biotechnology* (pp. 1–80). Verlag Chemie: Weinheim.
- Statista. U.S. gluten-free foods market—statistics and facts. Available at: <https://www.statista.com/topics/2067/gluten-freefoods-market/>:Accessed
- Statista. U.S. per capita food use of wheat from 2000/01 to 2018/19 (in kilograms per year). Available at: <https://www.statista.com/statistics/237884/us-wheat-per-capita-food-usesince-2000/>. Accessed
- Sterr, Y., Weiss, A., & Schmidt, H. (2009). Evaluation of lactic acid bacteria for sourdough fermentation of amaranth. *International journal of food microbiology*, 136(1), 75-82.
- Stokić, E., Mandić, A., Sakač, M., Mišan, A., Pestorić, M., Šimurina, O., ... & Sedej, I. (2015). Quality of buckwheat-enriched wheat bread and its antihyperlipidemic effect in statin treated patients. *LWT-Food Science and Technology*, 63(1), 556-561.
- Struyf, N., Laurent, J., Lefevre, B., Verspreet, J., Verstrepen, K. J., & Courtin, C. M. (2017). Establishing the relative importance of damaged starch and fructan as sources of fermentable sugars in wheat flour and whole meal bread dough fermentations. *Food chemistry*, 218, 89-98.

- Sullivan, P., Arendt, E., & Gallagher, E. (2013). The increasing use of barley and barley by-products in the production of healthier baked goods. *Trends in Food Science & Technology*, 29(2), 124-134.
- Švarc-Gajić, J. (2011). Nutritional insights and food safety.
- Swieca, M., Sęczyk, L., Gawlik-Dziki, U., & Dziki, D. (2014). Bread enriched with quinoa leaves-the influence of protein-phenolics interactions on the nutritional and antioxidant quality. *Food chemistry*, 162, 54-62.
- SZCZESNIAK, A. S. (1987). Correlating sensory with instrumental texture measurements—an overview of recent developments 1. *Journal of Texture Studies*, 18(1), 1-15.
- Takeda, K., Matsumura, Y., & Shimizu, M. (2001). Emulsifying and surface properties of wheat gluten under acidic conditions. *Journal of food science*, 66(3), 393-399.
- 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.
- Tieking, M., & Gänzle, M. G. (2005). Exopolysaccharides from cereal-associated lactobacilli. *Trends in Food Science & Technology*, 16(1-3), 79-84.
- Ulusoy, H. G., & Rakıcioğlu, N. (2019). Glutensiz Diyetin Sağlık Üzerine Etkileri. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 47(2), 87-92.
- Unalp-Arida, A., Ruhl, C. E., Brantner, T. L., Everhart, J. E., & Murray, J. A. Less hidden celiac disease but increased gluten avoidance without a diagnosis in the USA: Findings from the National Health and Nutrition Examination Surveys from 2009 to 2014. In *Mayo Clinic proceedings*. NIH Public Access.
- United States Department of Agriculture Research Service. 2017. USDA Food Composition Database. <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/11542?manu=&fgcd=&ds=>
- Upadhyay, R., Ghosal, D., & Mehra, A. (2012). Characterization of bread dough: Rheological properties and microstructure. *Journal of Food Engineering*, 109(1), 104-113.
- Valdivia-López, M. Á., & Tecante, A. (2015). Chia (*Salvia hispanica*): a review of native Mexican seed and its nutritional and functional properties. *Advances in food and nutrition research*, 75, 53-75.
- Vocke G. Wheat's role in the U.S. diet has changed over the decades. ERS/USDA Briefing Room. Available at: <http://www.ers.usda.gov/topics/crops/wheat/wheats-role-in-the-usdiet.aspx>. Accessed
- Vogel, R. F., Knorr, R., Müller, M. R., Steudel, U., Gänzle, M. G., & Ehrmann, M. A. (1999). Non-dairy lactic fermentations: the cereal world. *Antonie van Leeuwenhoek*, 76(1-4), 403-411.

- Wang, H., Wang, J., Qiu, C., Ye, Y., Guo, X., Chen, G., et al. (2017). Comparison of phytochemical profiles and health benefits in fiber and oil flaxseeds (*Linum usitatissimum* L.). *Food Chemistry*, 214, 227–233.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07>
- 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.
- 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.
- Zannini, E., Garofalo, C., Aquilanti, L., Santarelli, S., Silvestri, G., & Clementi, F. (2009). Microbiological and technological characterization of sourdoughs destined for bread-making with barley flour. *Food microbiology*, 26(7), 744–753.
- Zannini, E., Jones, J. M., Renzetti, S., & Arendt, E. K. (2012). Functional replacements for gluten. *Annual Review in Food Science and Technology*, 3, 227–245. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-022811-101203>.

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Konferans Bildirileri

1. Köse, A., Özgölet, M. and Durak, M.Z., (2021). The Effects of Utilization of Chia, Pumpkin Seed and Flaxseed Flour Mixture Substituted with Gums on Bread Quality Parameters presented at International Conference on Food, Agriculture and Veterinary Sciences. 19 - 20 June, 2021, İzmir.

