

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

Başak ÖNCEL

**BAKLAGİL UNLARI KATKILI GLUTENSİZ EKMEKLERİN
AROMA PROFİLİ VE BİYOAKTİF ÖZELLİKLERİNİN
BELİRLENMESİ**

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA-2023

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BAKLAGİL UNLARI KATKILI GLUTENSİZ EKMEKLERİN AROMA
PROFİLİ VE BİYOAKTİF ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Başak ÖNCEL

DOKTORA TEZİ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 28/02/2023 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....
Prof. Dr. M.Sertaç ÖZER
DANIŞMAN

.....
Prof. Dr. Haşim KELEBEK
ÜYE

.....
Prof. Dr. Serkan SELLİ
ÜYE

.....
Prof. Dr. Asiye AKYILIZ
ÜYE

.....
Dr. Öğr. Üyesi Murat Reis AKKAYA
ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

Prof. Dr. Sadık DİNÇER
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: FDK-2019-11591

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge
ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat
Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

DOKTORA TEZİ

BAKLAGİL UNLARI KATKILI GLUTENSİZ EKMEKLERİN AROMA PROFİLİ VE BİYOAKTİF ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Başak ÖNCEL

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Mehmet Sertaç ÖZER
Yıl: 2023, Sayfa: 251
Jüri : Prof. Dr. Mehmet Sertaç ÖZER
: Prof. Dr. Serkan SELLİ
: Prof. Dr. Haşim KELEBEK
: Prof. Dr. Asiye AKYILDIZ
: Dr. Öğr. Üyesi Murat Reis AKKAYA

Bu çalışmada farklı pişirme yöntemleriyle (haşlama ve mikrodalga) hazırlanan baklagil unları (nohut, mercimek, bezelye) kullanılarak çölyak hastalarının tüketiminde besinsel, tekstürel ve duyuşal özellikleri iyileştirilmiş glutensiz ekmek üretimi gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. Mısır nişastası (%70)-glutensiz buğday nişastası (%30) karışımına %4 HPMC (hidroksipropil metil selüloz)-KG (ksantan gam) eklenerek üretilen kontrol grubu ekmeklerine %10, %20, %30 oranlarında Tip II dirençli nişasta ve baklagil unları ilave edilmiş ve örneklerin fizikokimyasal, renk, tekstür, biyoaktif özellikleri, aroma maddeleri bileşimi ve duyuşal özellikleri incelenmiştir. Araştırma sonucunda her iki pişirme yöntemiyle hazırlanan unlarla yapılan glutensiz ekmeklerde artan kullanım oranına bağlı spesifik hacmin önemli düzeyde arttığı, ekmek içi sertlik ve çiğnenebilirliğin ise azaldığı ve dirençli nişastanın da artan kullanım oranına bağlı olarak ekmek içi nem değerlerinin formülasyonda en yüksek değere ulaştığı saptanmıştır. Ekmeklerde toplam diyet lif miktarının 1.31-2.49 g/100g, toplam fenolik maddenin 0.33-0.70 mgGAE/ 100g, toplam antioksidan kapasite değerinin 0.05-2.02 µmol Trolox/100g aralığında değiştiği ve %30 mercimek unu katkı ekmeklerin bu özellikler bakımından en yüksek değeri aldığı saptanmıştır. Yapılan aroma maddeleri analizlerinde, 4 adet alkol, 10 adet karboksilik asit, 3 adet pirazin, 9 adet karboksilik asit, 4 adet keton ve 3 adet furan olmak üzere toplamda 32 adet aroma bileşiği tespit edilmiştir. Duyuşal değerlendirme sonucunda ise panelistler tarafından %10 nohut unu katkı ekmeklerin en beğenilen ve tüketime uygun ekmek grubu olduğu yorumu yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çölyak hastalığı, glutensiz ekmek, baklagil unu, aroma bileşenleri, biyoaktif özellik

ABSTRACT

PhD THESIS

DETERMINATION OF THE AROMA PROFILE AND BIOACTIVE PROPERTIES OF GLUTEN-FREE BREAD WITH LEGUMES FLOUR

Başak ÖNCEL

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING

Supervisor : Prof. Dr. Mehmet Sertaç ÖZER
Year: 2023, Pages: 251

Jury : Prof. Dr. Mehmet Sertaç ÖZER
: Prof. Dr. Serkan SELLİ
: Prof. Dr. Haşim KELEBEK
: Prof. Dr. Asiye AKYILDIZ
: Asst. Prof. Dr. Murat Reis AKKAYA

In this research, it was aimed to produce gluten-free bread with improved nutritional, textural and sensory properties for the consumption of celiac patients by using legume flours (chickpea, lentil, pea) produced with different baking methods (boiled and microwave). Type II resistant starch and legume flours at 10%, 20% and 30% ratios were added into the control group breads which are consisted from the mixture of corn starch (70%)-gluten-free wheat starch (30%) by using %4 HPMC (hydroxypropyl methyl carboxyl)-KG (xanthan gum) and the physicochemical, color, texture, bioactive properties, aroma composition and sensory properties of the samples were investigated. As a result of the research, it was determined that the specific volume of the gluten-free breads made with flour produced by both production methods increased significantly based on the increasing usage ratio besides the hardness and chewiness of the bread crumb decreased, and it was determined that the moisture values of the bread reached the highest value in the formulation due to the increased use of resistant starch. It is seen that the total amount of dietary fiber in breads varies between 1.31-2.49 g/100g, the total phenolic substance is 0.33-0.70 mg GAE/100 g, the total antioxidant capacity value varies between 0.05-2.02 μ mol TE/100g and it was determined that the breads with 30% lentil flour added had the highest value in terms of these properties. A total of 32 aromatic compounds were detected in the samples, including 4 alcohols, 10 carboxylic acids, 3 pyrazines, 9 carboxylic acids, 4 ketones and 3 furans. As a result of the sensory evaluation, it was commented by the panelists that 10% chickpea flour (boiled) added breads were the most liked and suitable sample for consumption.

Keywords: Celiac disease, gluten-free bread, legume flour, aroma compounds, bioactive properties

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Dünyada ve ülkemizde tahıl ürünleri değişen beslenme alışkanlıklarına karşın önemli yerini hala korumaktadır. Beslenmemizdeki önemine karşın tahıl ürünleri tüketimi bazı insanlarda; çölyak, buğday alerjisi ve çölyak dışı gluten hassasiyeti olmak üzere 3 ana başlık altında sınıflandırılan çeşitli rahatsızlıklara neden olmaktadır. Belirtilen hastalıklardan en iyi bilineni olan çölyak, tahıllarda bulunan prolamınlerin tüketimine bağlı ortaya çıkan ve bağırsak mukozasının tahribatına neden olan otoimmün bir hastalıktır.

Çölyak hastalığı bireylerde kronik ishal, karında şişlik, kusma karın ağrısı, iştahsızlık gibi belirtiler kendini göstermekte olup tedavi edilmediği durumlara malabsorbsiyon, büyüme geriliği, anemi, kalsiyum ve K vitamini eksikliği, bağışıklık sistemi hastalıkları gibi sorunlar ile karşı karşıya kalınmaktadır. Hastalığın günümüzde bilinen tek tedavi yöntemi çölyaklı bireylerin yaşamlarının vazgeçilmez bir parçası haline getirecekleri ‘glutensiz diyet’ uygulamasıdır.

Üretici firmalar son 20 yıldır çölyaklı bireylerin tüketimine yönelik gluten içermeyen ekmek, kek, bisküvi makarna, tarhana, puding, gofret gibi çeşitli ürünler üreterek tüketicilerin beğenisine sunmaktadırlar. Glutensiz ürünler içerisinde önemli bir yere sahip olan ekmeğin üretimi sırasında kullanılan hammaddelere bağlı olarak besinsel ve ürün kalitesi bakımından bazı kalite kusurlarının meydana gelmesi ve fonksiyonel özelliklerindeki kayıplar tüketiciler açısından önemli bir problemdir. Bu tip ürünlerin önemli bir kısmında, protein, diyet lif, biyoaktif bileşenler, vitamin, mineral içerikleri açısından yetersiz, ürün kalitesi açısından zorunlu koşullar dışında tercih edilmeyen ufalanan kabuk yapısı, düşük hacim, erken bayatlama, zayıf aroma ve soluk ekmek rengi gibi kusurlar ortaya çıkabilmektedir. Son yıllarda tüketici talebi doğrultusunda gıda sanayinin glutensiz diyetlerde beslenme açısından güvenli, dengeli ve lezzetli gıdalar üretme potansiyeli her geçen gün artış göstermektedir. Glutensiz beslenmede farklı

hammadeler ve teknolojik yöntemler kullanılarak, glutensiz ürünlerin besin değerleri ve kalitelerinin geliştirilmesi amacıyla çalışmalar yapılmaktadır.

Ancak, literatürde fonksiyonel ve besleyici özellikleriyle ön plana çıkan baklagil unları ile zenginleştirilen glutensiz ekmeklere ilişkin çalışmalar kısıtlı olup, çoğunlukla baklagil unlarına herhangi bir teknolojik işlem uygulamadan öğütülüp ürün formülasyonlarında kullanımını içeren çalışmalara rastlanılmaktadır.

Bu bağlamda tez çalışmasında farklı pişirme yöntemleri (haşlama ve mikrodalga) ile elde edilen baklagil unları (nohut, mercimek, bezelye) kullanılarak fizikokimyasal, besinsel, tekstürel ve duyuşal özellikleri bakımından zenginleştirilmiş glutensiz ekmek üretimleri gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir.

Çalışma üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

Birinci aşamada farklı hidrokolloidlerin (hidroksipropil metil selüloz-HPMC, karboksi metil selüloz-CMC, ksantan-KG ve konjak gam-KJG) glutensiz ekmek yapımındaki etkileri belirlenmiştir. Bu amaçla belirtilen hidrokolloidler ile değişken konsantrasyonlarında (%2, %4, %6) glutensiz ekmek üretimleri gerçekleştirilmiş ve örnekler spesifik hacim, nem, renk ve tekstürel özellikleri bakımından değerlendirilmiştir. Analiz sonuçları incelendiğinde, spesifik hacim değerlerinin 1.47 cm³/g (%6 KG-KJG) ile 5.54 cm³/g (%6 KG) aralığında değiştiği ve çalışmada KJG-KG (eşit oran) ve KG-CMC-KJG (eşit oran) grubu örnekler haricinde formülasyonda hidrokolloid konsantrasyonu arttıkça spesifik hacim değerlerinin artış gösterdiği; nem içerikleri incelendiğinde, hidrokolloid kaynağı farketmeksizin formülasyonda konsantrasyon artışına bağlı olarak nem miktarlarını anlamlı düzeyde arttırdığı saptanmıştır (p<0.05). En düşük nem değerleri HPMC-KG (%6)'nin ikili kombinasyonundan elde edilirken, en yüksek nem değerleri ise KG (%6)'nin tek başına formülasyona dahil edildiği glutensiz ekmeklerde belirlenmiştir. Pişirme işleminden 24 saat sonra glutensiz ekmekler tekstür analizine tabi tutulmuş ve örnekler sertlik, çiğnenebilirlik, elastikiyet, yapışkanlık özellikleri bakımından değerlendirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre artan hidrokolloid konsantrasyonuna bağlı olarak genel anlamda tekstürel özelliklerde azalmalar tespit edilmiştir (p<0.05). Sonuçlar genel anlamda değerlendirildiğinde,

%4 HPMC-KG ikili kombinasyonunun glutensiz ekmekleri kalite nitelikleri bakımından geliştirdiği ve diğer örnek gruplarına kıyasla üstün özelliklere sahip olduğu saptanmıştır.

Çalışmanın ikinci aşamasında, en iyi sonucu veren ve kontrol (K) grubu olarak belirlenen %4 HPMC-KG kombinasyonu ile üretilen glutensiz ekmek formülasyonuna TİP II dirençli nişasta (DN) ve farklı pişirme yöntemleriyle elde edilen (haşlama ve mikrodalga) baklagil unları %10, %20, %30 oranlarında nişasta karışımına ikame olacak biçimde ilave edilmiştir. Üretimi gerçekleştirilen glutensiz ekmekler spesifik hacim, nem, renk, tekstürel (sertlik, çiğnenebilirlik, elastikiyet, yapışkanlık) ve duyuşsal (kabuk rengi, ekmek iç rengi, tat ve aroma, koku, tekstür, çiğnenebilirlik, gözenek yapısı ve genel kabul edilebilirlik) özellikler bakımından değerlendirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre artan kullanım oranlarında DN ve hem haşlama hemde mikrodalga yöntemiyle hazırlanan baklagil unları ile üretilen glutensiz ekmeklerde DN ve nohut ununun tekli kullanımı hariç diğer örneklerde spesifik hacmin azaldığı, nem içeriğinin ise tüm ekmek gruplarında önemli düzeyde azalış gösterdiği saptanmıştır ($p<0.05$). Haşlama ve mikrodalgada pişirme yöntemlerinin glutensiz ekmeklerin spesifik hacim (cm^3/g) ve nem (%) değerleri üzerine etkileri istatistiksel olarak değerlendirildiğinde ise spesifik hacim için Kontrol (%4 HPMC-KG), %10 nohut unu, %30 nohut unu; nem değeri için Kontrol (%4 HPMC-KG), %30 DN, %20 nohut unu, %10 mercimek unu, %20 mercimek unu, %20 bezelye unu, %30 bezelye unu katkılı ekmekler önemli düzeyde farklı bulunmuştur ($p<0.05$). Renk parametreleri bakımından örnekler değerlendirildiğinde, her baklagil unu hazırlama yöntemi için artan baklagil unu kullanım oranına bağlı kabukda L^* değerinin azaldığı, a^* ve b^* değerlerinin artış gösterdiği, ekmek iç renginde ise L^* ve b^* değerinin azaldığı a^* değerinin arttığı saptanmış ve sonuçlar arasında önemli farklılık tespit edilmiştir ($p<0.05$). Tekstürel analiz sonuçlarına göre baklagil unu çeşidi ve üretim yöntemi farketmeksizin sertlik ve çiğnenebilirlik özelliklerinin artan kullanım oranına bağlı azalış gösterdiği saptanırken dirençli nişastanın ürün formülasyonuna dahil edildiği örneklerde azalışlar tespit edilmiş ve istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur

($p<0.05$). Hem haşlama hemde mikrodalga ile üretilen glutensiz ekmeklerin sertlik değerinin en düşük kontrol grubuna ait olduğu ve sırasıyla 507.21 ve 521.21 birim değerlerini aldığı çiğnenebilirliğin ise en düşük DN ve baklagil unu (nohut, mercimek, bezelye) dörütlü kombinasyonunda saptandığı ve sırasıyla 367.06-364.29 değerlerini aldığı belirlenmiştir. Elastikiyet ve yapışkanlık değerlerinde ise örneklerde düzenli bir azalış veya artış saptanmamıştır.

Gerçekleştirilen glutensiz ekmek analizleri sonucunda kalite nitelikleri yüksek olan örnek grupları panelistler tarafından değerlendirilmek üzere duyuusal analize tabi tutulmuştur. Seçilen ekmekler haşlama yöntemiyle üretilenler Kontrol, HF2 (%10 Nohut), HF3 (%30 Mercimek), HF4 (%30 Bezelye), HF5 (%5 Karışım) HF6 (%7.5 Karışım) ve mikrodalga yöntemiyle üretilenler Kontrol, MDF2 (%10 Nohut), MDF3 (%30 Mercimek), MDF4 (%30 Bezelye), MDF5 (%5 Karışım), MDF6 (%7.5 Karışım) kodlu olmak üzere toplamda 12 tanedir. Duyusal analiz sonuçlarına göre her iki termal yöntem sonucunda elde edilen baklagil unları ile üretilen ekmekler kabuk rengi, ekmek içi rengi, tat ve aroma, koku, tekstür, çiğnenebilirlik, gözenek yapısı ve genel kabul edilebilirlik parametreleri açısından değerlendirilmiş olup her biri arasında fark bulunduğu ve bu farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu saptanmıştır ($p<0.05$). Hem mikrodalga hemde haşlama yöntemiyle üretilen baklagil unları ile yapılan glutensiz ekmeklerden panelistler tarafından %30 bezelye unu ve %5 dirençli nişasta-%5 baklagil unu (nohut, mercimek, bezelye) karışımı örnekler en düşük puanı alarak tüketilebilirlik ve tercih edilebilirlik yönünden zayıf kalitede olduğu sonucuna varılmıştır.

Bu bağlamda gerçekleştirilen analitik ve duyuusal analizler neticesinde çalışmamızın 3. aşaması olan zenginleştirilmiş fonksiyonel glutensiz ekmeklerin besinsel, biyoaktif ve aroma özelliklerini belirlemek amacıyla her iki yöntem ile de olmak üzere H1 (%4 HPMC-KG), %10 Nohut (HF2), %30 mercimek (HF3), %7.5 Karışım (HF6) ve %10 nohut (MDF2), %30 mercimek (MDF3), %7.5 karışım (MDF6) olmak üzere glutensiz ekmek örnekleri seçilmiş ve mineral madde, toplam fenolik madde, antioksidan kapasite, toplam diyet lif ve aroma maddeleri analizleri gerçekleştirilmiştir.

Glutensiz ekmeklerin mineral madde miktarları yüksekten düşüğe doğru potasyum>kalsiyum>magnezyum>demir şeklinde sıralanmış ve her iki pişirme yöntemiyle hazırlanan baklagil unları ile üretilen glutensiz ekmeklerde %30 mercimek unu katkılı olanların en yüksek mineral madde içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Glutensiz ekmeklerin diyet lif içerikleri %4 HPMC-KG kıyasla dirençli nişasta ve baklagil unu kullanımına bağlı olarak önemli düzeyde artış göstermiştir ($p<0.05$). Örneklerde en yüksek toplam diyet lif miktarı, % 30 düzeyinde mercimek unu kullanılan (haşlama yöntemi-3.43 g/100g) (mikrodalga-3.09 g/100g) örneklerde bulunmuştur.

Glutensiz ekmeklere ait toplam fenolik madde miktarları %30 mercimek unu katkılı ekmeklerde en yüksek bulunmuştur. Haşlama yöntemiyle üretilen mercimek unu katkılı ekmeklerde 0.68 mg GAE/100g, mikrodalga yöntemiyle üretilen mercimek unu katkılı ekmeklerde ise 0.70 mg GAE/100g olarak belirlenmiştir. Çalışmamızda baklagil unu katkılı ekmeklerde serbest radikal aktivitesini saptamak amacıyla DPPH ve ABTS yöntemleri kullanılmıştır. Ekmeklerin belirlenen en yüksek antioksidan kapasite değerleri, haşlama ve mikrodalga ile üretilen ve %30 mercimek unu kullanılan gruplarda sıralanmış olup DPPH yönteminde sırasıyla 1.34 $\mu\text{mol trolox}/100\text{g KM}$ ve 1.29 $\mu\text{mol trolox}/100\text{g KM}$, ABTS yönteminde ise 1.89 $\mu\text{mol trolox}/100\text{g KM}$ ve 2.02 $\mu\text{mol trolox}/100\text{g KM}$ 'dir. %30 mercimek unu formülasyonuna sahip glutensiz ekmekleri; %7.5 karışım, %10 nohut unu ve kontrol ekmekleri takip etmiş olup sonuçlar istatistiksel anlamda farklı bulunmuştur ($p<0.05$). Analiz sonuçlarına göre mercimeğin sahip olduğu zengin besin bileşimi ve ürün formülasyonunda yüksek kullanım oranı ekmek niteliklerini büyük ölçüde etkilemiş ve glutensiz ekmeklere fonksiyonel özellik kazandırdığı saptanmıştır.

Glutensiz ekmeklerin aroma maddeleri bileşimi Katı Faz Mikroekstraksiyon yöntemi ve Gaz Kromatografisi Kütle Spektrometresi (SPME-GC-MS) cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre, kontrol grubunda (%4 HPMC-KG) toplamda 30 adet aroma maddesi bileşimi (4 adet alkol, 9 adet aldehit, 3 adet pirazin, 7 adet karboksilik asit, 4 adet keton ve 3 adet furan)

tespit edilmiş ve toplam miktarı 311.34 µg/kg olarak saptanmıştır. Aroma bileşikleri içerisinde alkollerin baskın grup olduğu ve bunu miktarsal olarak aldehitler, karboksilik asitler, furanlar, pirazinler ve ketonların izlediği tespit edilmiştir.

Hem haşlama hemde mikrodalga yöntemiyle hazırlanan unlarla üretilen ekmeklerde toplam aroma bileşiği miktarı en yüksek %10 nohut unu ile zenginleştirilen örneklerde belirlenmiş olup sırasıyla 562.38 µg/kg ve 590.04 µg/kg olarak bulunmuştur. Haşlama yöntemi baklagil unları ve dirençli nişasta ile üretilen ekmeklerde toplamda 32 adet aroma maddesi (4 adet alkol, 10 adet aldehit, 3 adet pirazin, 8 adet karboksilik asit, 4 adet keton ve 3 adet furan) tespit edilmiştir. Aldehit bileşikleri içerisinde hekzanal (46.54 µg/kg), furanlar içerisinde furfural (22.92 µg/kg) %10 nohut unu katkılı ekmeklerde baskın bileşen olarak tanımlanmıştır. Benzer şekilde mikrodalga yöntemi ile hazırlanan baklagil unları ve dirençli nişasta ile üretilen glutensiz ekmeklerde toplamda 32 adet aroma maddesi (4 adet alkol, 10 adet aldehit, 3 adet pirazin, 8 adet karboksilik asit, 4 adet keton ve 3 adet furan) tespit edilmiştir. Aldehit bileşikleri içerisinde hekzanal (33.98 µg/kg) %10 nohut unu katkılı ekmeklerde baskın bileşen olarak belirlenmiştir.

Sonuç olarak çalışmamızda çölyaklı bireylerin tüketimine yönelik dirençli nişasta, haşlama ve mikrodalga yöntemiyle hazırlanan baklagil (nohut, mercimek, bezelye) unları kullanılarak glutensiz ekmekler üretilmiş ve besinsel, tekstürel, fonksiyonel ve duyuşal özellikleri analizler ile değerlendirilmiştir. Baklagil unu eldesinde literatürde hakkında kısıtlı çalışma bulunan mikrodalga yöntemi sonuçları, geleneksel yöntem olan haşlama sonuçları ile yakın değerlere sahip olmuştur. Her iki pişirme yöntemiyle elde edilen baklagil unlu ekmeklerde %30 mercimek unu ile zenginleştirilenler genel anlamda ekmek kalitesini iyileştirici etkiye sahip olmuştur. Ülkemizde ve dünya da geniş ekim ve üretim potansiyeline sahip mercimek, çölyak hastalarına yönelik gerçekleştirilecek ürün bileşimlerinde yer alabilecek ve alternatifli yöntemler ile de hammadde olarak kullanılabilir.

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim süresince değerli görüş ve önerileriyle bana yol gösteren, akademik çalışmalara beni teşvik eden değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Mehmet Sertaç ÖZER'e en içten teşekkürlerimi sunarım. Tez izleme sürecimde yer alan bilgi ve desteklerini esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Serkan SELLİ ve Prof. Dr. Haşim KELEBEK , Doktora tezi jüri üyelerinden Prof. Dr. Asiye AKYILDIZ ve Dr. Öğr. Üyesi Murat Reis AKKAYA hocalarıma teşekkürlerimi sunuyorum.

Lisansüstü eğitimim boyunca hep yanımda olan ve her koşulda desteğini hissettiğim canım hocam, arkadaşım Arş.Gör.Burçak TÜRKER'e laboratuvar çalışmalarında bana yardımcı olan Gıda Yüksek Mühendisi Işıl YILMAZ, Gıda Yüksek Mühendisi Sabahat TOPRAK'a ve bir telefon kadar yakın olan Arş.Gör. Gamze Nil YAZICI'ya teşekkürlerimi sunarım. Doktora çalışmalarım esnasında tüm bölüm olanaklarından yararlanmamı sağlayan Ç.Ü. Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölüm Başkanlığı'na ve Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje no: FDK- 2019-11591) teşekkürlerimi sunarım.

Doktora tez sürecimde beni motive eden ve manevi desteğini eksik etmeyen değerli hocam Prof. Dr. Yüksel ÖZDEMİR'e teşekkür ederim. Çalışmamda her zaman yanımda olup yardımlarını esirgemeyen kıymetli arkadaşım Dr. Öğr. Üyesi Çağla ÖZBEK'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca hep yanımda olup beni her koşulda seven ve maddi, manevi desteğini esirgemeyen kıymetli babam Kubilay ÇETİNER'e, canım annem Necla ÇETİNER'e ve biricik kardeşim Çetin ÇETİNER'e teşekkürlerin en büyüğünü sunuyorum.

Yaşantımın her alanında mutlu ve başarılı olmam için yanımda olup destek veren, her anı güzelleştirip umutsuzluğa kapılmamı engelleyen ve varlığıyla bana güç veren sevgili eşim, yol arkadaşım Eren ÖNCEL'e, doktora tez aşamamda ailemize katılan güzel kızım Beren'ime sonsuz teşekkür ediyorum, iyiki varsınız.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET	III
TEŞEKKÜR.....	IX
İÇİNDEKİLER	X
ÇİZELGELER DİZİNİ	XVI
ŞEKİLLER DİZİNİ	XX
SİMGELER ve KISALTMALAR	XXII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
2.1. Çölyak Hastalığı Tanımı ve Tarihsel Geçmişi	5
2.1.1. Çölyak Hastalığı Epidemiyolojisi	6
2.1.2. Çölyak Hastalığı Tanı ve Tedavi Yöntemleri.....	7
2.2. Ekmek Üretiminde Glutenin Rolü.....	8
2.3. Glutensiz Ekmek Bileşenleri	11
2.3.1. Su.....	12
2.3.2. Tuz.....	13
2.3.3. Maya.....	13
2.3.4. Şeker.....	13
2.3.5. Nişasta	14
2.3.6. Hidrokolloidler	16
2.3.6.1. Hidroksipropil Metil Selüloz (HPMC)	17
2.3.6.2. Ksantan Gam (KG)	17
2.3.6.3. Karboksi Metil Selüloz (CMC).....	18
2.3.6.4. Konjak Gam (KJG)	19
2.3.4. Baklagiller	21
2.3.4.1. Nohut	24

2.3.4.1.(1). Nohutun Kimyasal Kompozisyonu	25
2.3.4.1.(2). Nohutun Beslenmedeki Önemi.....	26
2.3.4.2. Mercimek	28
2.3.4.2.(1). Mercimeğin Yapısı ve Kimyasal Kompozisyonu....	29
2.3.4.2.(2). Mercimeğin Beslenmedeki Önemi	30
2.3.4.3. Bezelye.....	33
2.3.4.3.(1). Bezelyenin Kimyasal Kompozisyonu	34
2.3.4.3.(2). Bezelyenin Beslenmedeki Önemi.....	34
2.3.4.5. Baklagil Unu Üretimi Yöntemleri.....	37
2.3.4.6. Baklagil Unu Kullanımın Glutensiz Ekmek Kalitesi Üzerine Etkileri ile İlgili Yapılan Çalışmalar.....	39
3.MATERYAL VE METOT	51
3.1. Materyal	51
3.2.Metot	51
3.2.1. Fonksiyonel Glutensiz Ekmek Üretimi	51
3.2.1.1. Birinci Aşama-Hidrokolloid Kombinasyonun Belirlenmesi...	51
3.2.1.1.(1). Nişastalara Uygulanan Kimyasal Analizler.....	55
3.2.1.1.(1).(a). Nem Tayini.....	55
3.2.1.1.(1).(b). Kül Tayini	55
3.2.1.1.(1).(c). Protein Tayini	56
3.2.1.1.(1).(d). Yağ Tayini.....	57
3.2.1.1.(2). Glutensiz Ekmek Analizleri	57
3.2.1.1.(2).(a). Spesifik Hacim	57
3.2.1.1.(2).(b). Nem Tayini	58
3.2.1.1.(2).(c). Renk Tayini	58
3.2.1.1.(2).(d). Tekstür Analizi.....	58
3.2.1.2. İkinci Aşama-Dirençli Nişasta ve Baklagil Unları Kullanılmasıyla Glutensiz Ekmek Üretimi	59
3.2.1.2.(1). Baklagil Unları Üretimi	61

3.2.1.2.(2). Baklagil Unlarında Yapılan Kimyasal Analizler.....	62
3.2.1.2.(2).(a). Nem Tayini.....	62
3.2.1.2.(2).(b). Kül Tayini	63
3.2.1.2.(2).(c). Protein Tayini.....	63
3.2.1.2.(2).(d). Yağ Tayini.....	63
3.2.1.2.(2).(e). Mineral Madde Tayini.....	63
3.2.1.2.(2).(f). Toplam, Çözünür ve Çözünmez Diyet Lif Tayini	63
3.2.1.3. Glutensiz Ekmek Niteliklerinin Belirlenmesi	64
3.2.1.3.(1). Spesifik Hacim	64
3.2.1.3.(2). Nem Tayini.....	64
3.2.1.3.(3). Renk Tayini	64
3.2.1.3.(4). Tekstür Analizi	65
3.2.1.3.(5). Duyusal Analiz	65
3.2.1.4. Üçüncü Aşama-Fonksiyonel Glutensiz Ekmekler Analizleri	66
3.2.1.4.(1). Mineral Madde Tayini.....	67
3.2.1.4.(2). Toplam, Çözünür ve Çözünmez Diyet Lif Tayini ...	67
3.2.1.4.(3). Toplam Fenolik Madde Tayini.....	67
3.2.1.4.(4). DPPH Radikal Temizleme Aktivite Tayini.....	69
3.2.1.4.(5). ABTS Radikal Yakalama Aktivitesi Tayini	69
3.2.1.4.(6). Aroma Maddeleri Tayini ve Miktarlarının Hesaplanması	70
3.2.2. İstatistiksel Analiz	73
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	75
4.1. Birinci Grup Çalışmalar	75
4.1.1. Nişastaların Kimyasal Bileşimi	75
4.1.2. Glutensiz Ekmeklerin Nitelikleri.....	77
4.1.2.1. Spesifik Hacim.....	77

4.1.2.2. Nem Miktarı.....	81
4.1.2.3. Glutensiz Ekmeklerin Renk Değerleri	85
4.1.2.3.(1). L^* Değeri.....	87
4.1.2.3.(2). a^* Değeri	88
4.1.2.3.(3). b^* Değeri	89
4.1.2.3.(4). C^* (kroma) ve Hue Değerleri	90
4.1.2.4. Tekstür Analizleri	91
4.1.2.4.(1). Sertlik	92
4.1.2.4.(2). Çiğnenebilirlik.....	96
4.1.2.4.(3). Elastikiyet.....	97
4.1.2.4.(4). Yapışkanlık.....	100
4.2. İkinci Grup Çalışmalar	103
4.2.1. Baklagil Unlarının Kimyasal Bileşimi	103
4.2.1.1. Baklagil Unları Mineral Madde İçerikleri.....	109
4.2.2. Fonksiyonel Glutensiz Ekmek Nitelikleri	113
4.2.2.1. Spesifik Hacim.....	113
4.2.2.2. Nem Miktarı.....	120
4.2.2.3. Renk Değerleri	121
4.2.2.4. Tekstür Analizi.....	131
4.2.2.4.(1). Sertlik	131
4.2.2.4.(2). Çiğnenebilirlik.....	132
4.2.2.4.(3). Elastikiyet.....	133
4.2.2.4.(4). Yapışkanlık.....	134
4.2.3. Duyusal Analiz.....	137
4.3. Üçüncü Grup Çalışmalar	143
4.3.1. Glutensiz Ekmeklerin Mineral Madde Miktarları	143
4.3.2. Glutensiz Ekmeklerin Toplam, Çözünür ve Çözünmez Diyet Lif İçerikleri	147

4.3.3. Glutensiz Ekmeklerin Toplam Fenolik Madde ve DPPH –ABTS Antioksidan Kapasite Değerleri.....	152
4.3.4. Glutensiz Ekmeklerin Aroma Maddeleri.....	157
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	175
KAYNAKLAR	181
ÖZGEÇMİŞ	243
EKLER.....	244





ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 2.1. Glutensiz ekmek formülasyonlarında hidrokolloidlerin kullanımı ve etkileri.....	20
Çizelge 2.2. Dünya nohut üretimi.....	24
Çizelge 2.3. Nohutun kimyasal kompozisyonu	26
Çizelge 2.4. Dünyada mercimek üretim miktarı.....	29
Çizelge 2.5. Mercimeğin kimyasal kompozisyonu	30
Çizelge 2.6. Mercimeğin yapısında bulunan biyoaktif bileşenler ve fonksiyonel özellikleri.....	32
Çizelge 2.7. Dünyada bezelye üretim miktarı	33
Çizelge 2.8. Bezelyenin kimyasal kompozisyonu	34
Çizelge 2.9. Bezelyenin yapısında bulunan biyoaktif bileşenler ve fonksiyonel özellikleri.....	36
Çizelge 3.1. Glutensiz ekmek hamuru bileşimi.....	52
Çizelge 3.2. Glutensiz ekmek üretiminde kullanılan hidrokolloidlerin cinsi ve kullanım oranları.....	54
Çizelge 3.7. Tekstür analiz parametreleri.....	59
Çizelge 3.3. Mısır nişastası-glutensiz buğday nişastası, dirençli nişasta ve haşlama yöntemiyle üretilen baklagil unları kullanım oranları	60
Çizelge 3.4. Mısır nişastası-glutensiz buğday nişastası, dirençli nişasta ve mikrodalgada pişirme yöntemiyle üretilen baklagil unları kullanım oranları	61
Çizelge 3.5. Duyusal analize tabi tutulan glutensiz ekmek örnekleri formülasyonu.....	66
Çizelge 3.6. Mineral madde, toplam diyet lif, biyoaktif bileşenler ve aroma maddeleri miktarı belirlenen glutensiz ekmekleri formülasyonu.....	67

Çizelge 4.1. Mısır nişastası ve glutensiz buğday nişastası kimyasal kompozisyonu.....	76
Çizelge 4.2. Farklı hidrokolloid kombinasyonu ve konsantrasyonları kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklere ait spesifik hacim ve nem değerleri	84
Çizelge 4.3. Farklı hidrokolloid kombinasyonu ve konsantrasyonları kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklere ait renk değerleri.....	86
Çizelge 4.4. Farklı hidrokolloid kombinasyonu ve konsantrasyonları kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklere ait tekstürel değerleri.....	102
Çizelge 4.5. Haşlama yöntemiyle üretilen baklagil unlarının kimyasal bileşimi	105
Çizelge 4.6. Mikrodalgada pişirme yöntemiyle üretilen baklagil unlarının kimyasal bileşimi	105
Çizelge 4.7. Farklı pişirme yöntemlerinin baklagil unları kimyasal bileşimi üzerine etkisi.....	106
Çizelge 4.8. Haşlama yöntemiyle üretilen baklagil unlarının mineral madde içerikleri	109
Çizelge 4.9. Mikrodalgada pişirme yöntemiyle üretilen baklagil unlarının mineral madde içerikleri	110
Çizelge 4.10. Farklı pişirme teknikleriyle üretilen baklagil unlarının mineral madde içerikleri	111
Çizelge 4.11. Farklı pişirme yöntemleriyle elde edilen baklagil unlarından üretilen glutensiz ekmeklerin spesifik hacim ve nem değerleri.....	119
Çizelge 4.12. Farklı pişirme yöntemlerinin glutensiz ekmeklerin spesifik hacim ve nem değerleri üzerine etkileri.....	120
Çizelge 4.13. Farklı pişirme yöntemleriyle elde edilen baklagil unlarından üretilen glutensiz ekmeklerin kabuk renk değerleri.....	123

Çizelge 4.14. Farklı pişirme yöntemleriyle elde edilen baklagil unlarından üretilen glutensiz ekmeklerin iç renk değerleri.....	128
Çizelge 4.15. Farklı pişirme yöntemleriyle elde edilen baklagil unlarından üretilen glutensiz ekmeklerin tekstürel analiz verileri	136
Çizelge 4.16. Haşlama ve mikrodalgada pişirme yöntemiyle elde edilen baklagil unları kullanılarak üretilen ekmeklere ait duyusal analiz değerleri	138
Çizelge 4.17. Glutensiz ekmeklerin mineral madde miktarları	144
Çizelge 4.18. Glutensiz ekmeklerin toplam, çözünmez ve çözür diyet lif içerikleri	149
Çizelge 4.19. Glutensiz ekmeklerin toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite değerleri.....	155
Çizelge 4.20. Farklı pişirme yöntemleriyle üretilen baklagil unları ile üretilen glutensiz ekmeklerin aroma maddeleri bileşimi	172



ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 2.1.	Çölyak hastalığının semptomları	8
Şekil 2.2.	Buğday proteinin sınıflandırılması	9
Şekil 2.3.	Buğday protenin yapısı	10
Şekil 2.4.	Glutensiz ekmek kalitesini etkileyen faktörler	12
Şekil 2.5.	Niştanın polimerik yapısını oluşturan amiloz ve amilopektinin yapılar	14
Şekil 2.6.	Baklagillerin besinsel, teknolojik ve ekonomik özellikleri	21
Şekil 2.7.	Baklagil unu üretim yöntemleri	37
Şekil 3.1.	Glutensiz ekmek üretim akım şeması	53
Şekil 3.2.	Gallik asit kalibrasyon eğrisi	68
Şekil 3.3.	DPPH yönteminde Trolox ile elde edilen kalibrasyon eğrisi.....	69
Şekil 3.4.	ABTS yönteminde Trolox ile elde edilen kalibrasyon eğrisi.....	70
Şekil 4.1.	Farklı hidrokolloid kombinasyonu ve konsantrasyonları kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklere ait spesifik hacim değerleri kıyaslanması	78
Şekil 4.2.	Farklı hidrokolloid kombinasyonu ve konsantrasyonları kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklere ait nem değerlerinin kıyaslanması	82
Şekil 4.3.	Farklı hidrokolloid kombinasyonu ve konsantrasyonları kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklere ait sertlik değerlerinin kıyaslanması	93
Şekil 4.4.	Farklı hidrokolloid kombinasyonu ve konsantrasyonları kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklere ait çiğnenebilirlik değerlerinin kıyaslanması	96
Şekil 4.5.	Farklı hidrokolloid kombinasyonu ve konsantrasyonları kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklere ait elastikiyet değerlerinin kıyaslanması	98

Şekil 4.6. Farklı hidrokolloid kombinasyonu ve konsantrasyonları kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklere ait yapışkanlık değerlerinin kıyaslanması	100
Şekil 4.7. Haşlama ile elde edilen baklgil unlarından üretilen glutensiz ekmeklerin duysal analiz örümcek ağ diagramı	141
Şekil 4.8. Mikrodalga ile elde edilen baklgil unlarından üretilen glutensiz ekmeklerin duysal analiz örümcek ağ diagramı	141
Şekil 4.9. Haşlama ve mikrodalga yöntemlerinin ekmeklerin toplam mineral madde içeriklerine etkisi.....	146
Şekil 4.10. Farklı pişirme yöntemlerinin glutensiz ekmeklerin toplam diyet lif içeriklerine etkisi	150
Şekil 4.11. Farklı pişirme yöntemlerinin glutensiz ekmeklerin çözünmez diyet lif içeriklerine etkisi.....	151
Şekil 4.12. Farklı pişirme yöntemlerinin glutensiz ekmeklerin çözünür diyet lif içeriklerine etkisi.....	152
Şekil 4.13. Glutensiz ekmeklerin toplam alkol miktarının kıyaslanması.....	160
Şekil 4.14. Glutensiz ekmeklerin toplam aldehit miktarının kıyaslanması.....	163
Şekil 4.15. Glutensiz ekmeklerin toplam pirazin miktarının kıyaslanması	165
Şekil 4.16. Glutensiz ekmeklerin toplam karboksilik asit miktarının kıyaslanması	167
Şekil 4.17. Glutensiz ekmeklerin toplam keton miktarının kıyaslanması.....	168
Şekil 4.18. Glutensiz ekmeklerin toplam furan miktarının kıyaslanması	170

SİMGELER ve KISALTMALAR

AACC	: American Association of Cereals Chemists
ABTS	: 2,2'-azino-bis-(3-etilbenziazolin-6-sülfonik asit)
AOAC	: Association of Official Analytical Chemists
CAR/PDMS	: Karboksen/Polidimetilsiloksan
CMC	: Karboksimetil selüloz
DPPH	: 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil
Dk	: Dakika
FAO	: Dünya Gıda ve Tarım Örgütü
G	: Gram
GAE	: Gallik Asit Eşdeğeri
GC-MS/O	: Gaz kromatografisi-Kütle spektrometresi-Olfaktometri
HPMC	: Hidroksipropil Metil Selüloz
HS-SPME	: Tepeboşluğu-Katı Faz Mikroekstraksiyon
Kcal	: Kilo Kalori
KJG	: Konjak Gam
KG	: Ksantan Gam
Mg	: Miligram
mL	: Mililitre
Mmol	: Milimol
N	: Newton
°C	: Santigrat Derece
TE	: Trolox 6-hidroksi-2,5,7,8-tetrametilkroman-2-karboksilik asit
μmol	: Mikromol
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü



1. GİRİŞ

Dünyada görülme sıklığı %1-2 arasında değişen Çölyak, bazı bireylerde gluten intoleransının neden olduğu emilim bozukluğu ile ilişkili kronik bir bağırsak hastalığıdır (Holtmeier ve Caspary, 2006). Çölyaklı bireyler, gluten içeren gıdaları tüketmesine bağlı olarak besin öğelerinin yetersiz emilimi ve sindirim sorunları ile karşı karşıya kalmaktadırlar (Green ve ark., 2015). En yaygın semptomları: mide ağrısı, ishal, kilo kaybı, gaz ve şişkinlik, anemi, ödem, kemik veya eklem ağrısıdır (Kelly ve ark., 2015; Singh ve ark., 2017; Bledsoe ve ark., 2019). Hastalarda klinik ve histolojik iyileşmenin gözlemlenebilmesi için günümüzde bilinen tek tedavi yöntemi ömür boyu glutensiz diyet uygulamasıdır (Ludvigsson ve Murray, 2019).

Tedavi yöntemi olarak glutensiz diyetin ön plana çıkması glutensiz ürünlere olan ilgiyi arttırmıştır (Simic ve ark., 2018; Wandersleben ve ark., 2018). Glutensiz diyetle çölyaklı bireylerin tüketimine sunulan ürünler çeşitlilik göstermekte olup ilk sırada ekmek yer almaktadır. Glutensiz karışımlardan hazırlanan ekmeklerin ufalanan tekstürel yapıya, soluk kabuk rengine, düşük raf ömrüne, yüksek karbonhidrat içeriğine ve düşük vitamin, mineral, lipit, diyet lif, biyoaktif bileşen içeriğine sahip olduğu bildirilmektedir (Arendt ve ark., 2008; Matos ve Rosell, 2015; Tümer ve Özer, 2018). Zayıf besinsel, tekstürel ve duyuşal nitelikleri iyileştirmek ve tüketilebilirliğini arttırmak amacıyla glutensiz karışımlarında farklı kaynaklı nişastalar, baklagil unları, yalancı tahıllar, hidrokolloidler, yüzey aktif maddeler, prebiyotikler, enzimler ve kombinasyonlarının kullanımı yaygınlaşmaktadır (Tümer ve Özer, 2018; Conte ve ark., 2019; Bender ve Schönlechner 2020; Capriles ve ark., 2021).

Glutensiz ekmek formülasyonlarına baklagil unlarının dahil edilmesi son ürünün protein, diyet lif, vitamin, mineral, kompleks karbonhidrat ve biyoaktif bileşenlerce zenginleştirilmesine önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır (Makri ve ark., 2005; Nassar ve ark., 2008; Finley ve ark., 2013; Rebello ve ark., 2014; Melini ve ark., 2017). Ayrıca baklagil unları, glutensiz ekmek bileşiminde nişasta

içeriğinin azaltılmasını sağlamakta ve ek olarak su bağlama kapasitesi, çözünürlük gibi fonksiyonel etkiler göstermesi nedeniyle hamur yapısı, tekstürel ve duyuşal özelliklerine de katkıda bulunmaktadır (Mir ve ark., 2016; Foschia ve ark., 2017). Bu bağlamda zengin besinsel bileşimi, teknolojik ve fonksiyonel özellikleri nedeniyle glutensiz ekmeğin kalitesini arttırmada umut veren bir bileşen olarak baklagil unları kullanımı tercih edilmelidir.

Literatür çalışmaları incelendiğinde, baklagil unları genellikle herhangi bir ön pişirme işlemi uygulanmadan öğütölüp ürün formölasyonlarına dahil edilmektedir (Baik ve Han, 2012; Capriles ve ark., 2016; Simons ve Hall III, 2018; Di Cairano ve ark., 2020; Kahraman ve ark., 2022). Baklagillere uygulanan pişirme işlemleri, nişastanın jelatinizasyonu, proteinlerin denatürasyonu ve diğler enzim inhibitörlerinin inaktivasyonunu sağlayarak glutensiz ekmeğin tekstürünü, raf ömrünü, lezzetini ve besleyici değlerlerini iyileştirici etki göstermektedir (Krishnamurthy ve ark., 2008; Chandrasekaran ve ark., 2013).

Tez çalışması kapsamında çölyak hastaları tarafından tüketilebilecek, besinsel, aromatik, tekstürel ve duyuşal yönden zenginleştirilmiş glutensiz ekmek üretimi üretimi amaçlanmıştır.

Bu amaç doğrultusundaki hedefler üç aşamada olarak planlanmıştır. Birinci aşamada en uygun bitkisel gam kombinasyonunu belirlemek amacıyla dört farklı hidrokolloid (hidroksipropil metil selölöz, karboksi metil selölöz, ksantan ve konjak gam) %2, %4, %6 olmak üzere üç farklı konsantrasyonda tekli ve kombinasyonlar halinde kullanılarak glutensiz ekmek üretimi gerçekleştirilmiş ve bazı kalite parametreleri üzerine etkileri incelenerek en iyi kombinasyon belirlenmiştir.

Araştırmanın ikinci aşamasında en iyi bitkisel gam kombinasyonu kullanılarak (%4 HPMC-KG) TİP II dirençli nişasta ve farklı pişirme (haşlama ve mikrodalga) yöntemleriyle üretilen baklagil unlarının (nohut, mercimek, bezelye) %10, %20, %30 konsantrasyonlarında tekli ve kombinasyonlu kullanımının ekmeklerin teknolojik ve duyuşal özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Yapılan analizler neticesinde teknolojik ve duyuşal yönden üstün nitelikli ekmek grupları belirlenerek araştırmanın üçüncü aşamasına geçilmiştir.

Araştırmanın üçüncü aşamasında ise ikinci aşamada belirlenen ekmeklerin mineral madde içerikleri, toplam, çözünür, çözünmez diyet lif miktarları, toplam fenolik madde miktarları, antioksidan kapasiteleri (DPPH ve ABTS) ve aroma maddeleri miktarları araştırılmış ve literatür verileri ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.





2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Çölyak Hastalığı Tanımı ve Tarihsel Geçmişi

Çölyak, genetik ve çevresel etmenlerin etkileşimi sonucu ortaya çıkan, glutene duyarlı bireylerde gluten tüketiminden sonra meydana gelen bir bağırsak hastalığıdır. (Tümer ve Özer, 2018; Hayıt ve Gül, 2019; Perrotta ve Guerrieri, 2022). Köttgen'in hipotezine göre çölyak hastalığının ortaya çıkışı genetik, çevresel, metabolik ve immünolojik faktörler tarafından belirlenir (Vriezinga ve ark., 2014; Marciniak ve ark., 2021). Çölyak hastalığını tanımlamada kullanılan diğer klinik terimler ise çölyak sprue, glutene bağımlı enteropati, tropikal olmayan sprue ve çölyak sendromudur (Yoon, 2022).

Tarihte çölyak hastalığından ilk bahseden kişi Roma ve İskenderiye'de hekimlik yapan Kapadokyalı Yunan doktor olan Aretaeus'dur (Gasbarrini ve ark., 2010). Kronik diyare hastaları hakkında hazırlamış olduğu raporda çölyak hastalarının semptomlarına dikkat çeken Aretaeus 'Eğer ishal sadece 1 veya 2 gün sürüyor ve herhangi bir nedenden kaynaklanmıyorsa, hasta hızlı bir kilo kaybı sürecine girdiyse bu durumun çölyak hastalığı ile ilişkilendirilebileceğini belirtmiştir. 1888 yılında İngiliz çocuk doktoru Samuel Gee, çölyak hastalığı hakkında yaptığı çalışmalar neticesinde hastalığın tedavisinde diyetin önemini vurgulamış ve böylelikle hastalık-diyet arasındaki ilişkiyi kuran ilk doktor olarak literatürde yerini almıştır (Soya ve Ün, 2014). Fakat çölyak hastalığının nedenleri doktorlar tarafından uzun süre tanımlanamamıştır. Çoğunlukla çocuklarda gelişim ve zihinsel gerilik, deride döküntü, karında şişme ve hatta ölümle sonuçlanması böylesi tehlikeli bir hastalığın altında yatan nedenlere odaklanılmasını önemli kılmıştır (Houmich ve Admou, 2021).

Hollandalı çocuk doktoru Willem K. Dicke tarafından, II. Dünya savaşı sırasında tahıl ve ekmek kıtlığının baş göstermesine bağlı olarak çölyak hastalarının zararlı etkilerinde önemli ölçüde düşüşler tespit edilmiştir (Mearin, 2007). Dicke bu durumu buğday, çavdar ve yulaf unlarının diyetten çıkarılması ile

ilişkilendirmiş ve sonrasında buğday-çölyak ilişkisini gastrointestinal çalışmalarla ortaya koymuştur. Araştırmacı, buğdayın yapısında bulunan gluten oluşturan bileşenlerden gliadin fraksiyonunun ana çölyak etkeni olduğunu vurgulamıştır. Ayrıca gliadinlerin homologu olan prolaminleri içeren tahıl ürünlerinin (arpa, çavdar, yulaf) çölyaklılarca tüketiminin sakıncalı olduğunu bildirmiş ve hastalığın tek tedavi yöntemini ‘glutensiz diyet’ olarak tanımlamıştır.

1954 yılına ise İngiliz doktor John W Paulley çölyak hastalığına özgü ince bağırsak mukoza anormalliklerini ilk defa tanımlamış ve hastalardan alınan ince bağırsak biyopsi örneklerini incelemiştir. Dr. Paulley, bağırsak mukozasında geniş villus ve kronik inflamatuvar tespit etmiş ve çalışmaları neticesinde hastalığın histolojik tanısını kolaylaştıran peroral bağırsak biyopsi yöntemi geliştirmiştir. Bu yöntemi tanı ölçüt standardı olarak tanımlanmış, glutenin tespit ve bağırsak mukozal atrofisinin kanıtlanmasında etkili olduğundan dolayı hastalığın teşhisinde başlangıç noktası olarak kabul edilmiştir (Losowsky, 2008).

2.1.1. Çölyak Hastalığı Epidemiyolojisi

Son yıllarda, çölyak hastalığının görülme sıklığı önemli ölçüde değişmiştir. Tarihsel olarak incelendiğinde bu nadir gastrointestinal bozukluğun esas olarak Kafkas popülasyonunu etkilediği ve genellikle yaşamın ilk yıllarında ortaya çıktığı saptanmıştır (Lionetti ve Catassi, 2011). Mevcut veriler, hastalığın görülme sıklığının son 20 yılda önemli ölçüde arttığını ve şu anda dünya çapında en yaygın yaşam boyu kalıtsal gıda intoleranslarından biri olduğunu göstermektedir (Bathrellou ve ark., 2018); bu durum, sadece geliştirilen daha iyi teşhis yöntemleriyle değil, aynı zamanda sağlık profesyonelleri tarafından hastalığın ve semptomlarının daha derinden anlaşılması ile de ilişkilidir (Nevoral, 2014).

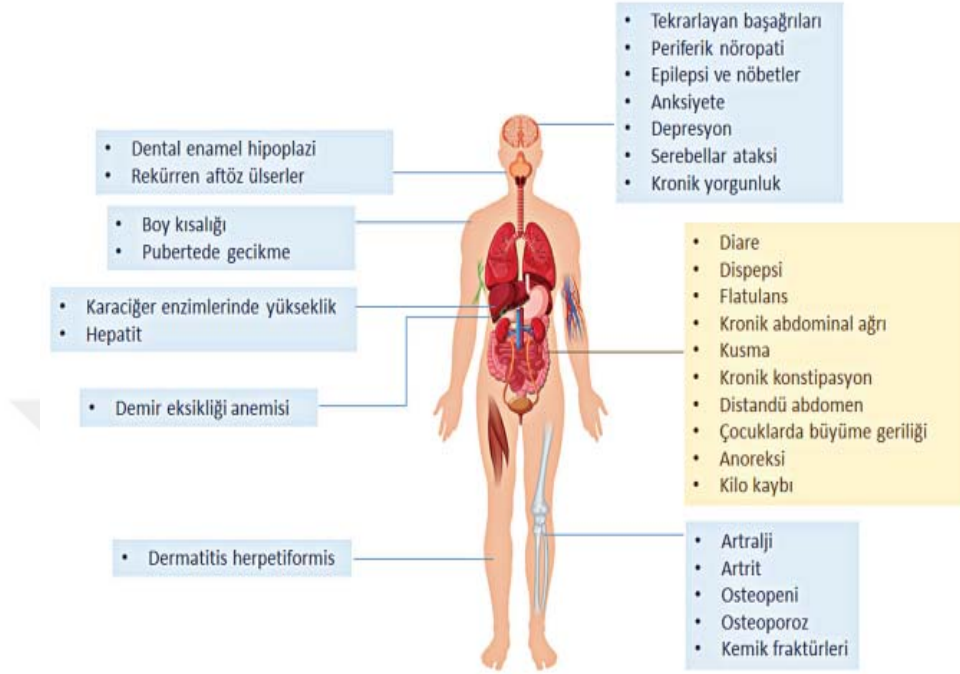
Çölyak hastalığının görülme sıklığı tam olarak belirlenmemiştir, ancak Avrupa ülkelerinde nüfusun yaklaşık %1-2’sini etkilemektedir (Lohi ve ark., 2007). Kuzey Avrupa ve Akdeniz ülkeleri arasındaki görülme oranı %0.016-2.4 aralığında değişmekte olup, Amerika Birleşik Devletleri, Avusturalya ve Yeni

Zelanda gibi gelişmiş ülkelerde Avrupa ülkeleri ile benzer oranlara sahiptir. (Cattassi ve ark., 2015). Uzak Doğu da görülme sıklığının araştırıldığı çalışmada ise tüketicilerin düşük gluten tüketimine bağlı olarak hastalığın oldukça düşük görüldüğü saptanmıştır (Wang ve ark., 2011). Ülkemizde ise çölyak hastalığının görülme sıklığı %0.3 ile %1 arasında değişmektedir (Şahin ve ark., 2021).

Hastalığın görülme sıklığı kadınlarda erkekler oranla daha yaygındır (2:1) (Ivarsson ve ark., 2003). Birinci derece akrabalar ve belirli risk gruplarında olan Down, Turner ve William sendromları gibi genetik hastalıkları olan veya seçici immünoglobulin A (IgA) eksikliği olan hastalarda çölyak hastalığının görülme olasılığının arttığı gözlemlenmiştir (Giannotti ve ark., 2001). Ayrıca Tip 1 diyabet, otoimmün tiroid hastalığı, kronik otoimmün karaciğer hastalığı, böbrek hastalığı gibi otoimmün hastalıklara yakalanmış bireylerde hastalığın prevalansının arttığını gözlemlenmiştir (Rewers, 2005; Gujral ve ark., 2012; Singh ve ark., 2018). Belirtilen risk gruplarının anlaşılması önemlidir ve koşullar çölyak ile patojenik olarak ilişkili olmasa da, bu gruplardaki bozukluğun yüksek prevalansı, onları serolojik olarak test etmeyi gerekli kılmaktadır (Simon ve ark., 2017).

2.1.2. Çölyak Hastalığı Tanı ve Tedavi Yöntemleri

Çölyak hastalığının semptomları çeşitli olmaktadır. Kronik ishal, karın şişliği, gelişme geriliği gibi tipik semptomlar ve demir eksikliği anemisi, karın ağrısı, düşük kemik mineral yoğunluğu ve dermatitis herpetiformis gibi bazı atipik semptomlar olmak üzere kategorize edilmektedir (Fasano ve Catassi, 2001; Mearin, 2007).



Şekil 2.1. Çölyak hastalığının semptomları (Lindfors ve ark., 2019; Akbulut ve Ensari, 2020)

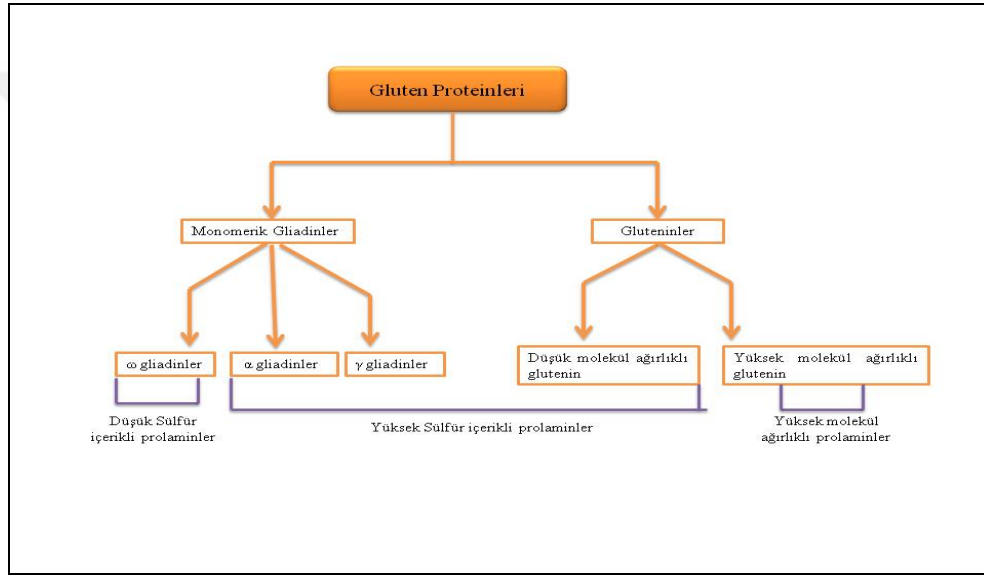
Hastalığın semptomlarının çeşitli olması nedeniyle tanısı çok zor olup çoğunlukla yaygın bir bağırsak bozukluğu olan huzursuz bağırsak sendromu ile karıştırılmaktadır. Çölyak hastalığının teşhisi için kullanılan çeşitli yöntemler mevcuttur. Yöntemlerde kullanılan testlerin türleri ve sırası genellikle görünür semptomlarla belirlenmektedir (Hopper ve ark., 2007). Hastalığın tanı doğrulaması için altın tanı standardı günümüzde ince bağırsak mukoza biyopsisi olmaya devam etmektedir (Bonamico ve ark., 2004).

2.2. Ekmek Üretiminde Glutenin Rolü

Buğday ununun fırıncılık ürünlerindeki benzersiz özellikleri, hamurun viskozitesine katkıda bulunan gliadin ve hamurun esnekliğinden sorumlu olan

glutenin fraksiyonundan oluşan glutene bağlıdır. (Sluimer, 2005; Lazaridou ve ark., 2007).

Buğdayın gliadin fraksiyonları alfa (α -), beta (β -), gama (γ -) ve omega (ω -) gliadinler olmak üzere dört alt kısma ayrılırlar. α -/ β -/ γ -/ ω -gliadinlerin tüm alt fraksiyonları, çölyak hastalığına yatkın bireylerde alerjik reaksiyonlara neden olabilmektedir (Şekil 2.2.) (Wieser, 2007; Smidova ve Rysova, 2022).

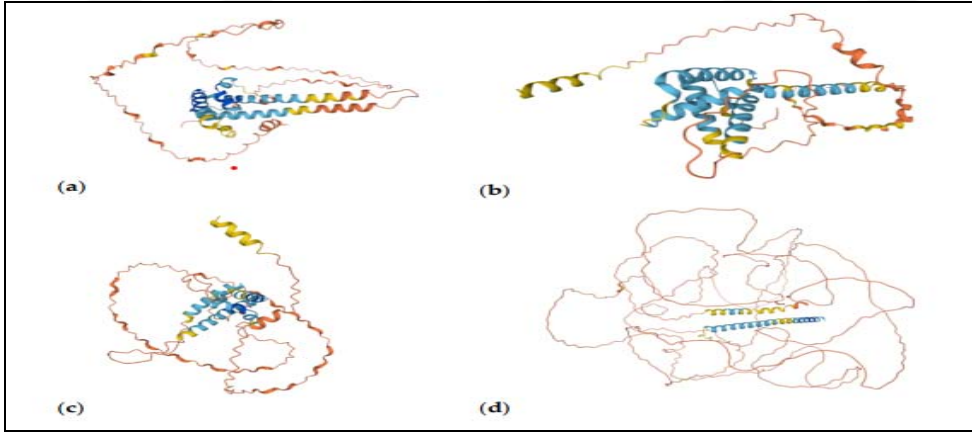


Şekil 2.2. Buğday proteinin sınıflandırılması (Howdle, 2006)

Hamurun yoğrulması sırasında gliadin ve glutenin proteinleri hidrate olmakta ve çeşitli kimyasal bağlarla birleşerek, hamurun teknolojik özelliklerini önemli düzeyde etkileyen, hamur içerisinde yarı sürekli faz oluşturan gluten'i meydana getirmektedir (Dizlek, 2012). Gluten hamurun ana yapısını oluşturmaktadır. Yoğurma işlemi sırasında hamuran katılan havayı ve fermentasyon sonrası oluşan CO₂'i yapıda tutarak ekmeğin kabarmasında ve tekstürel niteliklerinin gelişmesinde rol almaktadır (Tekin, 2020).

Ekmek yapım prosesi, kullanılan bileşenlerin hamur ve ekmek haline getirilmesi: fiziksel, kimyasal, biyokimyasal ve fizikokimyasal etkileşimleri içeren reaksiyonlardan meydana gelmektedir. Ekmek hamuru; un, su, tuz, maya ve diğer girdilerin uygun oranlarda karıştırılıp, yoğurulması ile oluşturulan karmaşık bir yapıdır (Mondal ve Datta, 2008). Dinamik bir sisteme sahip olan hamur yapısında yoğurma işleminin başlangıcından pişirme işleminin sonuna kadar çeşitli fraksiyonlar arasında fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik etkileşimler meydana gelmektedir.

Ekmek süngerimsi bir yapıya sahiptir ve yapıyı oluşturan temel bileşenleri koagüle olmuş gluten ağı içinde yer alan jelatinleştirilmiş nişastanın sürekli bir fazıdır (Cauvain ve Young 1999; Sluimer, 2005). Bu nedenle gluten, ekmek yapımında kilit rol oynayan ve ekmeğin görünümünden, tekstürel yapısından ve kalitesinden sorumlu olan yapı geliştirici bir protein olarak adlandırılmaktadır (Capriles ve ark., 2014).



Şekil 2.3. Buğday proteininin yapısı

a) düşük molekül ağırlıklı glutenin alt birimleri; b) α,β -gliadin; c) γ -gliadin; d) yüksek molekül ağırlıklı glutenin alt birimleri (Smidova ve Rysovai, 2022).

2.3. Glutensiz Ekmek Bileşenleri

Glutensiz ekmek üretiminde, hammadde olarak genellikle mısır, patates, pirinç, yalancı tahıllar ve çeşitli baklagillerin unları veya nişastaları ile yapı sağlayıcı ve kalite geliştirici olarak hidrokolloidler, yüzey aktif maddeler, bazı protein kaynakları kullanılmaktadır (Nagash ve ark., 2017; Monthe ve ark., 2019; Montemurro ve ark., 2021).

Glutensiz ekmek üretiminde buğday ekmeği ile benzer üretim aşamaları gerçekleştirilmekte olup ana problem akışkan hamur yapısıdır (Curic ve ark., 2007). Glutensiz hamurlar zayıf, kararsız ve gözenekli bir matrise sahip olmalarından dolayı karıştırma ve fermantasyon süreleri buğday ekmeğine oranla daha kısadır.

Glutensiz ekmeklerde gluten ağının olmaması, ekmek hacmini, su tutma kapasitesini, raf ömrünü etkileyerek düşük kalitede ürün üretilmesine neden olmaktadır (Rozylo ve ark., 2015; Morreale ve ark., 2018).

Çölyak teşhisinde geliştirilen yeni yöntemlerin sayısındaki artış ve hastaların bu yöntemlere ulaşılabilirliğinin kolaylaşması, çölyaklı olmayan bireylerin glutensiz beslenme tercihlerinden ve düşük kalitede glutensiz ürünlerin market raflarında yerini almasından dolayı araştırmacıları glutensiz ürün formülasyonlarını geliştirmeye teşvik etmiştir (Anton ve Artfield, 2008; Hager ve ark., 2011; Vidaurre Ruiz ve ark., 2019; Bender ve Schönlechner, 2020). Bu nedenle gluten'in ürün yapısında üstlendiği fonksiyonel özellikleri yerine getirebilecek bileşenler ve farklı üretim teknikleri geliştirilmiştir (Bender ve Schönlechner, 2020). Özellikle fırıncılık ürünlerinde nişastalar, hidrokolloidler, glutensiz unlar (mısır, soya, nohut, mercimek, fasulye, bezelye, pirinç, karabuğday) hayvansal ve bitkisel protein kaynakları ve yüksek hidrostatik basınçlı işleme yöntemleri gibi alternatif teknolojik uygulamalar geliştirilmiştir (Caprille ve ark., 2014; Foschia ve ark., 2016; Roman ve ark., 2019).



Şekil 2.4. Glutensiz ekmek kalitesini etkileyen faktörler (Caprilles ve ark., 2014)

2.3.1. Su

Ekmek hamurunun temel bileşenlerinden birisi sudur (Wagner ve ark., 2007). Kullanılan su, hamurda diğer bileşenlerin homojen bir şekilde dağılmasını sağlayan, hamura arzu edilen viskoelastik yapıyı kazandıran, fermantasyonun gerçekleşmesini ve nihai ürün kalitesini üzerinde etkili olan bir bileşendir. Su, birçok organik ve inorganik madde için çözücü görevi görür ve hamurda tuz, şeker ve çözücü proteinleri çözer ve suda çözünmeyen proteinleri hidrate ederek gluten ağının oluşumuna katkıda bulunur (Elgün ve Ertugay, 2002). Ayrıca pişirme işlemi sonrası, ekmek içi yumuşaklığı, kabuk gevrekliği ve raf ömrü gibi ekmeğin tekstürel ve duyuşal özelliklerinde su içeriği ve dağılımı önemli bir rol oynamaktadır (Wagner ve ark., 2007).

2.3.2. Tuz

Lezzet vermek ve kolay işlenebilir hamur elde edilmesine yardımcı olmak amacıyla glutensiz un ağırlığının yaklaşık %1.5'i oranında formülasyona ilave edilen tuz, ekmekte aroma arttırmaya, maya gelişimine, kabuk renginin geliştirilmesi ve ekmek fermantasyonu sırasında istenmeyen mikroorganizmaların çoğalmasını engelleyici fonksiyonlara sahiptir (Salovaara, 1982; Quilez ve ark., 2006).

2.3.3. Maya

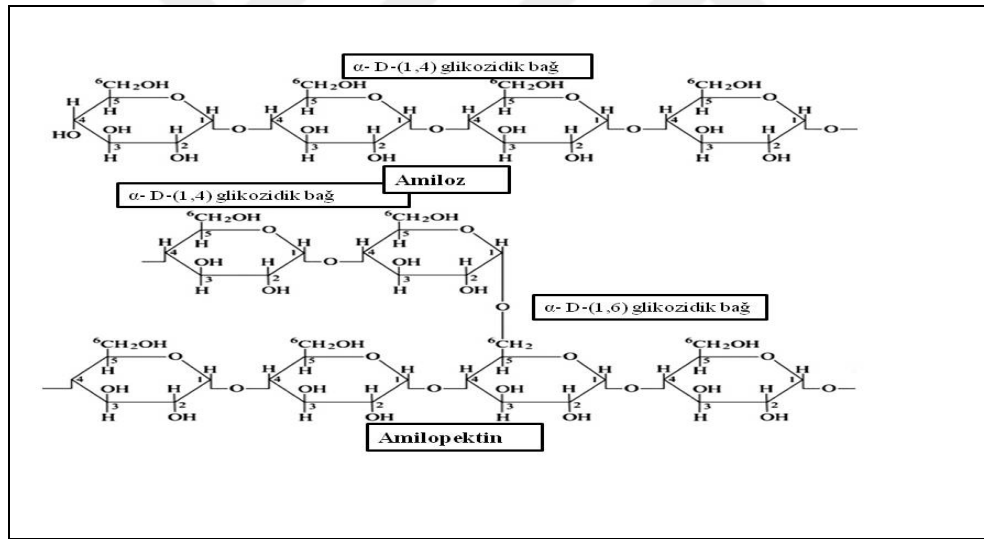
Glikoz metabolizması yoluyla gaz üretme yeteneğinden kaynaklı ekmek üretiminde %2-5 düzeyinde pres yaş maya (*Saccharomyces cerevisiae*) kullanılmaktadır (Zobel ve Kulp, 1996). *S. cerevisiae*, hamur fermantasyonunda aerobik koşullar altında karbondioksit ve etanol üretmek için glukozu fermente etmektedir (Zobel ve Kulp, 1996; Gray ve BeMiller, 2003). Ayrıca pişirme sırasında proteinlerin amino gruplarıyla reaksiyona giren indirgeyici şekerlerin serbest kalmasını sağlayarak oluşan organik maddeler, ekmek aromasının gelişimine katkıda bulunmaktadır. Glutensiz ürünlerde zayıf hamur yapısından dolayı uygulanan kısa süreli fermantasyon mayanın alkoller, aldehitler, ketonlar ve organik asitler üretmesini sınırlandırır ve bu nedenle çoğunlukla gaz oluşum fonksiyonu görevi görerek ekmek aromasını sınırlı biçimde etkilerler.

2.3.4. Şeker

Şeker ekmeğe lezzet vermekte ve ayrıca fermantasyonun başlamasına katkıda bulunmaktadır. Ekmek formülasyonunda bulunan bileşenlerin birbirleriyle karışması esnasında hava hücrelerinin birleşmesine ve iyi bir içyapı, tat ve doku oluşumuna yardımcı olmaktadır. Şeker ayrıca nemi tutmakta, ürünün raf ömrünü uzatmakta ve arzu edilen kabuk esmerleşmesinde etkili Maillard reaksiyonlarını desteklemektedir (Nip, 2007).

2.3.5. Nişasta

Nişasta, çeşitli bitkilerin kök, gövde, yumru, tohum ve meyvelerinde bulunan, lineer yapıdaki amiloz ve dallanmış yapıdaki amilopektinlerin glikozidik bağ ile bağlanmasıyla meydana gelen polisakkaritlerdir (Jane, 2009; Candal ve ark., 2016; Çankaya ve Sökmen, 2017; Niranjana Prabhu ve Prashantha, 2018). Nişastanın kuru ağırlığının yaklaşık %98-99'u amiloz ve amilopektinden oluşturmaktadır (Lindeboom ve ark., 2004). Amiloz α -D-(1,4) glikozidik bağı ile birbirine bağlanan glukoz moleküllerinden oluşmuş doğrusal, amilopektin ise α -D-(1,6) ve α -D-(1,4) glikozidik bağ ile birbirine dallanmış glukoz moleküllerinden meydana gelmiştir (Çankaya ve Sökmen, 2017; Niranjana Prabhu ve Prashantha, 2018).



Şekil 2.5. Nişastanın polimerik yapısını oluşturan amiloz ve amilopektinin yapıları (Hortsmann ve ark., 2017; Niranjana Prabhu ve Prashantha, 2018)

Amilopektin-amiloz oranı nişastanın botanik kökenine bağlı değişkenlik göstermekte olup bu durumun nişastanın fonksiyonel özelliklerini etkilediği araştırmalarda ortaya konmuştur. (Schwall ve ark., 2000; Copeland ve ark., 2009; Jane, 2009; Sikora ve ark., 2010). Nişasta, kalınlaştırıcı, nem tutucu, stabilize edici,

tekstürel özellikleri iyileştirici ve bayatlama önleyici gibi işlevsel özelliklere sahiptir (Annor ve ark., 2014; Zhu, 2018). Glutensiz fırıncılık ürünlerinde nişasta, sahip olduğu işlevsel özelliklerden bir veya daha fazlasını ürüne kazandırmak amacıyla tercih edilmektedir (Schirmer ve ark., 2012; Horstmann ve ark., 2017). Nişastanın sahip olduğu özellikler, ürün formülasyonundaki diğer bileşenlerle etkileşimine ve gıda çeşidine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Miyazaki ve ark., 2006; Ward ve Andon, 2002). Jelleştirme nişastanın sahip olduğu önemli özelliklerden birisi olup pişirme esnasında ekmeğin tekstürel ve genel kabul edilebilirlik özelliklerine önemli düzeyde katkıda bulunmaktadır (Blokma, 1990; Ward ve Andon, 2002; Miyazaki ve ark., 2006).

Ekmek hamurunun reolojik yapısında protein-nişasta ağ yapısı oldukça önemlidir (Cappelli ve ark., 2020) ve ekmek pişirme işlemi sırasında nişasta granüllerinin jelatinizasyonu gerçekleşir (Hug-Iten ve ark., 2001) Nişasta jelatinizasyonu, nişastanın gaz kabarcıklarının tutulduğu bir matris oluşturma yeteneğinden dolayı glutensiz ekmek formülasyonunda önemli bir rol oynamakta ve bu da hamurların gaz tutma kapasitesini arttırarak ekmek hacminin artmasını sağlamaktadır (Abdel-Aal, 2008).

Glutensiz ekmek formülasyonunun ana bileşeni olan nişasta sindirim enzimlerine duyarlı olmayan formlarda bulunabilmekte ve bu nedenle diyet lifinin bir fraksiyonu olarak kabul edilmektedir (Shih ve ark., 2007). Bu fraksiyonlar içerisinde enzime dirençli nişasta, sindirim sisteminin işleyişini, mikrobiyal florayı, kan kolesterol seviyesini olumlu yönde etkiler ve diyabetin kontrolüne yardımcı olmaktadır (Nugent, 2005). Öte yandan, ekmek yapısı büyük ölçüde nişasta jelatinizasyonuna bağlı olduğundan dolayı hamur reolojisini etkileyerek ekmek niteliklerini geliştirici etki göstermektedir (Miyazaki ve ark., 2006). Enzime dirençli nişastanın fizikokimyasal özelliklerine göre EDN-1, EDN-2, EDN-3, EDN-4 ve EDN-5 olmak üzere beş farklı tipi bulunmaktadır (Zhu ve ark., 2013). EDN-1 bütün veya kısmen öğütülmüş tahıl ve baklagillerde; EDN-2 yüksek amilozlu nişastalarda; EDN-3 pişirme işleminden sonra soğutulan patates,ekmek,

kahvaltılık ürünlerinde; EDN-4 kimyasal modifikasyona uğramış nişastalarda; EDN-5 ise yüksek amiloz içeren nişastalarda bulunmaktadır (Fuentes-Zaragoza ve ark., 2011; Ma ve Boye, 2018).

Dünyada ve ülkemizde kolaylıkla yetiştirilen mısırın, yaş öğütme tekniği ile işlenmesiyle elde edilen nişasta gıda endüstrisinde en çok kullanım alanına sahip nişasta çeşididir. Özellikle nem tutucu, kalınlaştırıcı, yapı düzenleyici ve bağlayıcı olarak ürün bileşiminde görev almaktadır (Tekin, 2020).

Son yıllarda geliştirilen glutensiz buğday nişastası, çölyaklılar için güvenli gıda kategorisinde yer almakta ve ince bağırsak mukozasına zarar vermemesinden dolayı glutensiz fırıncılık ürünlerinde kullanımı sıklaşan bir nişasta çeşididir (Maki, 2014; Walter ve ark., 2014). Pirinç, mısır ve patates gibi glutensiz kaynaklardan elde edilen nişastalara kıyasla glutensiz buğday nişastası daha yüksek su absorpsiyonu, hamur yoğunluğu ve ekmek hacmi sağlayıcı özelliğe sahiptir (Houben ve ark., 2012). Bununla birlikte, glutensiz buğday nişastası gluten içerebilir ve seviyesi 20 mg/kg'ın altında olmalıdır (Wieser ve Seilmeier, 2002).

2.3.6. Hidrokolloidler

Hidrokolloidler hidrofilik zincirli polimerler olup, yüksek miktarda su bağlayabilen dolayısıyla eklendikleri sulu sistemlerin akış ve viskozite özelliklerini etkileyen makro moleküllerdir (Salehi, 2019).

Gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılan hidrokolloidler üretildikleri kaynaklara göre:

- a) Bitkisel (guar gam, keçiyoynuzu gamı, konjak, vd.),
- b) Hayvansal (jelatin, kitin, kitosan vd.),
- c) Mikrobiyal (ksantan gam, dekstran, vd.) ve
- d) Kimyasal (metil selüloz, karboksi metil selüloz, hidroksipropil metil selüloz vd.)

olmak üzere 4 ana başlık altında incelenebilir (Gao ve ark., 2018).

Glutensiz ekmek üretiminde hidrokolloidler hamurun, su bağlama yeteneği ve viskozitesini geliştirerek gaz tutma kapasitesini arttıırırlar (Sabanis ve Tzia, 2011). Ekmekte ise, hacim, tekstür, kabuk yapısı, nem kaybını azaltma ve duyuşal özellikler gibi genel kalite niteliklerini iyileştirirler (Anton ve Artfield, 2008; Sabanis ve Tzia, 2011; Chauhan ve ark., 2017; Clapasso ve ark., 2020). Hidrokolloidlerin glutensiz ürün özellikleri üzerindeki etkileri, kullanılan hidrokolloidin kimyasal yapısı ve miktarına, proses parametrelerine ve diğere bileşenlerle etkileşimlerine bağılı değışkenlik göstermektedir (Rai ve ark., 2018).

Hidrokolloidlerin yüzey aktif maddeler ile reaksiyonları da glutensiz ekmek kalitesini etkilemekte olup özellikle hamur içerisindeki kabarcık oluşumlarını sağlaması nedeniyle ekmek gözenek yapısının daha küçük ve boyut olarak da homojen olmasını sağlar, bu da ekmeklerin tekstürel özelliklerine önemli düzeye katkıda bulunur (Mert ve ark., 2016).

2.3.6.1. Hidroksipropil Metil Selüloz (HPMC)

Hidroksipropil metil selüloz (HPMC), selüloz zincirine metil ve hidroksipropil gruplarının eklenmesiyle elde edilmektedir (Guarda ve ark., 2004). Belirtilen grupların etkisiyle HPMC, yüksek yüzey aktivitesine ve çeşitli teknolojik özelliklere sahip sentetik bir hidrokolloid olarak gıda endüstrisinde kullanılan bir katkı maddesidir (Morreale ve ark., 2018). HPMC, glutensiz ekmeklerde, kalite niteliklerini iyileştirmekte olup (hacim, nem içeriğı, kabuk yapısı ve duyuşal özellikler) özellikle ürünün raf ömrünü arttırmada amilopektin retrogradasyonunu geciktiktirerek iyi bir bayatlama önleyici ajan görevi görmektedir (Guarda ve ark., 2004; Barcenar ve Rosell, 2005).

2.3.6.2. Ksantan Gam (KG)

Ksantan gam (KG) *Xanthomonas campestris* bakterisi tarafından aerobik fermantasyon yoluyla üretilen anyonik bir polisakkarittir olup gıda endüstrisinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Habibi ve Khosravi-Darani, 2017). Ksantan

gam temelde selülozun sahip olduğu kimyasal yapıya benzer olarak trisakkarit yan zinciri ile değiştirilebilen β 1,4- bağı ile bağlı D glikoz birimlerinden meydana gelmektedir (Berninger ve ark., 2021). Yapısında bulunan bu yan zincirleri ksantan gama birçok fiziksel ve kimyasal özellik kazandırmaktadır. Soğuk ve sıcak suda hızlı çözünmesi, yüksek psödoplastik özellik göstermesi, geniş bir sıcaklık ve pH aralığında kararlı bir viskoziteye sahip olması bu özellikler arasında yer almaktadır (Smidova ve Rysova, 2022). KG'nin belirtilen fonksiyonel özellikleri sergileyebilmesi için iyi bir karıştırma işlemi ile formülasyon içerisinde dağılımının sağlanması gerekmektedir. Aksi durumlarda hamurda topaklanmalar meydana gelebilmektedir (Liu ve ark., 2018).

KG fırıncılık ürünlerinde özellikle galaktomannanlar ve konjak mannan gibi glukomannalar ile artan viskoziteye bağlı sinerjik etkileşim göstererek hamurun vizkozitesini etkilemekte ve pişirmeye bağlı meydana gelebilecek kalite kusurlarını önleyebilmektedir (Sworn, 2009; Manik ve Nur, 2021).

2.3.6.3. Karboksi Metil Selüloz (CMC)

Karboksi metil selüloz (CMC), selülozun temel yapısını oluşturan glukopiranoz monomerlerinde bulunan bazı hidroksil gruplarına bağlı ve bazı karboksimetil gruplarına ($-\text{CH}_2\text{-COOH}$) sahip bir selüloz türevli hidrokolloiddir. Soğuk suda hızlı bir şekilde çözünür ve esas olarak jelleşmeden viskoziteyi kontrol etmek amacıyla kullanılır (Selomulyo ve Zhou, 2007).

CMC fırıncılık ürünlerinde çoğunlukla ürün nemini dengede tutmak, ürünün tercih edilebilirliğini etkileyen bir kriter olarak değerlendirilen ağızda bıraktığı hissi iyileştirmek, şeker kristalizasyonunu kontrol etmek, hamurların reolojik özelliklerini kontrol etmek, kek karışımlarında pişme kayıplarında azalma sağlamak, nihai ürünün yapısal homojenliğini iyileştirmek ve ürünlerinin raf ömrünü arttırmak amacıyla kullanılmaktadır (Gimeno ve ark., 2004).

2.3.6.4. Konjak Gam (KJG)

Konjak gam (KJG), yüksek molekül ağırlıklı ve suda çözünür iyonik olmayan bir polisakkarittir ve *Amorphophallus konjac* C. Koch'un kök yumrusundan ekstrakte edilerek elde edilmektedir (Dave ve McCarthy, 1997; Nishinari ve Zhang, 2004). Konjak gamın kimyasal yapısı incelendiğinde C₆ asetil grupları ile (1.6):(1.0) molar oranında β -1,4 glikozit bağı ile D-mannoz ve D-glukoz birimlerinden meydana geldiği bildirilmektedir (Tatirat ve ark., 2012; Ratcliffe ve ark., 2013). Yapısında bulunan asetil grupların varlığı konjak gamın çözünürlüğünü ve jelleşmesini etkilemektedir. Konjak gam alkali çözeltiler (CaCO₃, K₂CO₃) içerisinde çözündüğünde asetilasyon gerçekleşmekte ve jel yapısı oluşmaktadır (Kruk ve ark., 2017).

Konjak gam gıda endüstrisinde, özellikle fırıncılık ürünlerinde farklı fonksiyonel özelliklerinden faydalanmak amacıyla %0.2-0.5 oranlarında kullanılmakta ve çoğunlukla jelleştirici, kalınlaştırıcı ve stabilizatör özelliği ile ön plan çıkan bir gıda maddesidir (Nishinari ve Zhang, 2004; Takigami, 2000; Sim ve ark., 2011).

Hidrokolloidlerin glutensiz ekmek formülasyonlarına kullanımı ve etkileri Çizelge 2.1.'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Glutensiz ekmek formülasyonlarında hidrokolloidlerin kullanımı ve etkileri

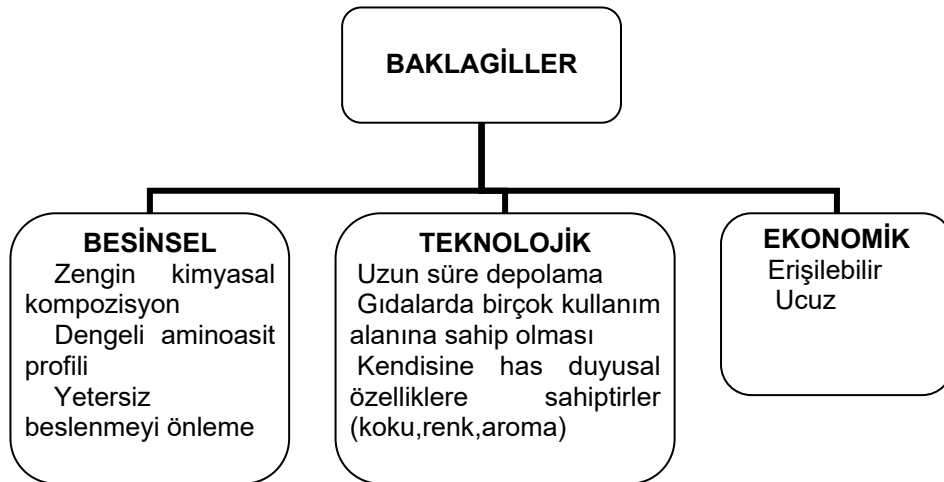
Hidrokolloid	Kullanım Oranı	Fonksiyonel Etkisi	Duyusal Özelliklere Etkisi	Kaynakça
CMC	%2	Hamur reolojisini geliştirmiştir (Sıklık, yapışkanlık ve esneklik)	-	Martinez-Jimenez ve ark., (2015)
Guar gam, XG	%5	Yüksek spesifik hacme sahip ekmekler üretilmiştir.	Daha düşük sertlikte ve buğday ekmeğine takın renkte ekmek üretilmiştir.	Ozkoc ve Seyhun, (2015)
Guar gam	%3	Çiğnenebilirlik ve kabuk rengini önemli düzeyde etkilememiştir.	Tat, koku, ekmek iç rengi ve tekstüründe önemli düzeyde iyileşme sağlamıştır.	Mohammadi ve ark., (2015)
HPMC	%1,7	Geç bayatlama ve kolay ufalanmayı engellemiştir.	-	Paciulli ve ark., (2016)
XG	%1	Yüksek spesifik hacme sahip ekmekler üretilmiştir.	Tekstürel, duyu ve mikro yapıyı de iyileşme sağlamıştır.	Numfon, (2017)
XG, CMC	%1	Yüksek spesifik hacme sahip ekmekler üretilmiştir.	Düşük sertlikde ve hızlı sindirilebilirlik sağlamıştır.	Liu ve ark., (2018)
HPMC	%2,2	Hamurunun viskoelastik davranışını belirlemede hidrasyon seviyesini önemli düzeyde etkilemiştir.	-	Morreale ve ark., (2018)
XG, HPMC	%0,2,4,6	Yüksek spesifik hacme sahip ekmekler üretilmiştir.	-	Encina-Zelada ve ark., (2019)

2.3.4. Baklagiller

Baklagiller *Leguminosae* familyasına ait ve dünyanın birçok yerinde yetiştirilen 750 cins ve 16.000-19.000 türden oluşan çok geniş bir familyadır. Dünya üzerinde üretimi yapılan başlıca baklagiller nohut, mercimek, bezelye ve fasulyedir (Reyes-Moreno ve ark., 2000; Annor ve ark., 2014).

Baklagiller protein, diyet lifi, çeşitli mikro besin öğeleri ve fitokimyasallar (fenolik asitler, flavonoller, flavonlar, flavanoller, flavanonlar, izoflavonlar, antosiyaninler, tanenler) bakımından zengin kaynaklardır (Vijayakumari ve ark., 1997; Sreerama ve ark., 2012; Kouris-Blazos ve Belski, 2016; Kamboj ve Nanda, 2018).

Baklagillerin insan beslenmesindeki yeri oldukça önemlidir. Çağımızın önemli bir sağlık problemi olan yetersiz beslenmenin önüne geçebilmek ve yetersiz beslenen bireylerin durumunu iyileştirmek adına çözüm olarak gelişmekte olan ülkelerde hububat, baklagil ve yumru köklere dayalı tamamlayıcı diyetler önerilmektedir (Mudryu ve ark., 2014).



Şekil 2.6. Baklagillerin besinsel, teknolojik ve ekonomik özellikleri (Boukid ve ark., 2019)

Proteinler: Baklagiller, kökleri üzerindeki yumrulara yaşayan bakterilerin etkisiyle ortamdan yüksek azot bağlama kapasitesine sahip bitkilerdir. Baklagil tohumları, gelişimleri sırasında yapılarında büyük miktarda protein biriktirirler (Duranti, 2006). Baklagiller, diğer bitkisel gıdalarla karşılaştırıldığında daha ucuz ve yüksek kaliteli protein kaynağıdır ve protein içeriği tahıl tanelerinin yaklaşık iki katıdır (Kouris-Blazos ve Belski, 2016). Baklagil tohumları, proteaz ve amilaz inhibitörleri, lipoksijenaz, lektinleri yapılarında bulunduran çok sayıda küçük protein ile ve tohumların besinsel ve/veya fonksiyonel kalitesi ile ilgili olan diğerler küçük proteinleri içermektedir (Kesici, 2019).

Karbonhidratlar: Karbonhidrat içeriği %6-62 aralığında olan baklagiller yapısında monosakkaritleri, oligosakkaritleri ve diğer polisakkaritleri barındırmaktadır (Ekanayake ve ark., 2000; Sanchez-Chino ve ark., 2015). Baklagil tohumlarında ana karbonhidrat kaynağı nişastadır ve yaklaşık %22-45 oranında bulunmaktadır. Ek olarak nişasta ile birlikte %1.8-18 oligosakkarit ve %0.5-25 oranlarında diyet lif de baklagil bileşiminde yer almaktadır. (Hoover ve Zhou, 2003; Ofuya ve Akhidue, 2005, Mudryu ve ark., 2014).

Diyet lifi: Baklagillerin çoğunun lif içeriği %0.5-5 arasında değişkenlik göstermektedir. Baklagiller esas olarak düşük glisemik indeksli karbonhidrat olan dirençli nişasta bakımından zengindir (Mudryu ve ark., 2014). Dirençli nişasta ve lif sindirilmemiş halde mide ve ince bağırsaktan geçerek kolona ulaşır ve kolonda bulunan probiyotik veya faydalı bakteriler için besin (prebiyotik) görevi görmektedirler. Bu bakteriyel fermentasyon, daha sağlıklı bir bağırsak mikrobiyotasının oluşumuna katkıda bulunur ve kolon kanseri riskini azaltarak, kolon sağlığı üzerine faydaları olan bütirat gibi kısa zincirli yağ asitlerinin gelişmesine olanak sağlamaktadır (Bird ve ark., 2010). Ayrıca kilo kontrolünün sağlanmasına, kan şekeri seviyelerinin düzenlenmesine ve insülin duyarlılığının iyileştirilmesine yardımcı olabilmektedir (Papanikolaou ve Fulgoni, 2008; Salçın ve Ercoşkun, 2021).

Vitamin ve Mineraller: Baklagiller vitamin içerikleri bakımından B grubu (Piridoksin, niasin, riboflavin, folik asit ve tiamin) vitaminler bakımından oldukça zengin ancak C vitamini ve yağda çözünen vitaminler açısından yetersiz bir kaynak olarak değerlendirilmektedir (Erbersdobler ve ark., 2017). Doğumsal anormalliklerden birisi olarak kabul edilen Nöral Tüp Defekti (NTD) riskini azaltan folat da baklagillerin yapısında önemli düzeyde bulunmaktadır. Baklagiller mükemmel bir demir, kalsiyum, çinko, selenyum, magnezyum, fosfor, bakır ve potasyum kaynağıdır (Morris ve ark., 2013; Kamboj ve Nanda, 2018). Mikro besin kaynakları olarak baklagiller, tahıllar ile kıyaslandığında daha üstün özellik göstermektedir (Welch ve ark., 2000). Özellikle yüksek mineral içeriğinden dolayı baklagillerin besleyici özelliği tahıllardan daha fazladır (Bird ve ark., 2017). Mineraller, tohum kabuğunda (kepek) büyük oranlarda bulunur ve tahıl olması durumunda işleme sırasında atılır. Baklagillerin büyük bir kısmı ise bütün olarak tüketilmekte ve bu da mineral içeriklerinin korunmasına olanak sağlamaktadır.

Biyoaktif Bileşenler: Baklagiller, insan sağlığını destekleyen çeşitli fenolik bileşiklere sahip olmasından dolayı beslenmede önemli bir yere sahiptir (De Camargo ve ark., 2019; Cid-Gallegos ve ark., 2020). Fenolik asitler, flavonoidler ve yoğun tanenler, baklagil tohumlarında bulunan birincil fenolik bileşiklerdir. Bu bileşikler tohumun bileşiminde bulunmaktadır ve esas olarak bileşime ve konsantrasyona bağlı olarak tohum kabuk renginden sorumludur (Singh ve ark., 2017; Awika ve ark., 2018; Fahim ve ark., 2019). Baklagil tohumlarının kabuğu fenolik asitler ve flavonoidler (esas olarak kateşinler ve prosiyanidinler) bakımından zengindirler (Singh ve ark., 2017). Baklagillerde gallik ve protokatekuik asitler barbunyada, kateşinler ve prosiyanidinler mercimek-fasulyede baskın olan fenolik bileşiklerdir (Oomah ve ark., 2011). Fenolik bileşiklerin antioksidan aktivitesi, hidroksil gruplarının sayısı ve konumu gibi kimyasal yapılarıyla doğrudan ilişkilidir. Uygulanan işleme yöntemleri, kimyasal yapıyı değiştirmesi nedeniyle çoğunlukla baklagillerdeki fenolik bileşiklerin azalmasına yol açar. Beslenmedeki fenolik bileşiklerin sağlık açısından faydaları, diğer

fenoliklerle konjugasyonu, glikosilasyon/açılasyon derecesi, moleküler boyut ve çözünürlük dahil olmak üzere yapıları tarafından belirlenen absorpsiyonlarına ve metabolizmalarına bağlı olarak değişmektedir (Guo ve ark., 2019). Baklagillere uygulanan teknolojik işlemler sırasında proses koşullarına bağlı olarak fenolik bileşikler, antioksidan aktivitelerini değiştirerek çeşitli değişikliğe uğrayabilmektedirler (Mecha ve ark., 2019).

Baklagillerin kimyasal kompozisyonu incelediğinde yapısında barındırdığı bileşenler nedeniyle günlük beslenmenin önemli bir parçası halini almıştır (Guillon ve Champ, 2002). Yapılan epidemiyolojik çalışmalarda, düzenli baklagil tüketiminin, bağışıklık sistemini düzenleyici etkileri ve kardiyovasküler hastalıklar, diyabet, kanser ve obezite gibi kronik ve metabolik hastalıkların önlenmesi ve bağırsak sağlığını düzenleyici etkilere sahip olduğu kanıtlanmıştır (Kamboj ve Nanda, 2018).

2.3.4.1. Nohut

Nohut (*C. arietinum* L.), ılıman ve kuru iklime sahip bölgelerde yetiştirilen kökeninin Anadolu coğrafyası olduğu bildirilen, tek yıllık bir baklagildir (Wallace ve ark., 2016; Bulbula ve Urgai, 2018). Dünya üzerinde en çok Hindistan, Avusturalya, Rusya Federasyonu ve Türkiye’ de yetiştirilmektedir (Merga ve Haji, 2019; Acevedo Martinez ve ark., 2021; FAO, 2021; Kaur ve Prasad, 2021;).

Çizelge 2.2. Dünya nohut üretimi (FAO, 2021)

Üretici	Üretim Miktarı (Ton)
Hindistan	9,360,790.00
Avusturalya	900,406.83
Türkiye	545,833.33
Myanmar	528,893.83
Etiyopya	469,370.33
Rusya Federasyonu	431,262.8
Pakistan	377,110.17

Dünyada yetiştirilen Kabuli ve Desi olmak üzere iki ana nohut türü bulunmaktadır (Kaur ve Singh, 2005). Kabuli türü ılıman bölgelerde yetiştirilen; tohumlar iri (100-750 mg), yuvarlak şekilli, pürüzsüz yüzeyli, bej renkli olup, yaklaşık 365 kcal/100 g enerji değerine sahipken (Wang ve ark., 2010; Rachwat ve ark., 2015; Bulbula ve Urga, 2018), Desi türleri çoğunlukla yarı kurak tropik bölgelerde yetiştirilen; tohumları ufak (80-350 mg), köşeli, pürüzlü ve çizgili yüzeyli, kalın ve koyu renkli, yaklaşık 327 kcal/ 100 g enerji değerine sahiptir (Rachwat ve ark., 2015). Hem daha büyük boyutlara sahip olması hemde besleyici değerinin yüksek olması nedeniyle Kabuli nohutlarının tüketiciler tarafından tercih edilebilirliği fazladır (Sayar ve Karataş, 2017).

2.3.4.1.(1). Nohutun Kimyasal Kompozisyonu

Nohut, özellikle protein içeriği olmak üzere mükemmel bir besin kaynağıdır (Yust ve ark., 2012; Milan-Noris ve ark., 2018). Zengin besinsel bileşimi sebebiyle anti-diyabetik, hipokolesterolemik, anti-kanser, antioksidatif, anti bakteriyel ve anti-inflamatuvar aktivite gibi insan sağlığı açısından önemli etkilere sahiptir (Xu ve ark., 2014; Mekky ve ark., 2016; Agarwal ve ark., 2018; Godos ve ark., 2018; Faridy ve ark., 2020). Nohutun kimyasal kompozisyonu Çizelge 2.3.'de verilmiştir (Türkomp, 2022).

Çizelge 2.3. Nohutun kimyasal kompozisyonu (Türkomp, 2022)

Bileşen	Miktar
Nem	%8.76
Kül	%2.43
Protein	%18.56
Yağ	%5.33
Karbonhidrat	%41.35
Toplam diyet lifi	%23.03
Potasyum (K)	1171 mg/100g
Fosfor (P)	397 mg/100g
Magnezyum (Mg)	139 mg/100g
Kalsiyum (Ca)	99 mg/100g
Sodyum (Na)	19 mg/100g
Demir (Fe)	5.92 mg/100g
Niasin	3.14 mg/100g
Folat	46 µg/100gµ
B-6 vitamini	0.54 mg/100g
Tiamin	0.57 mg/100g
Riboflavin	0.16 mg/100g
Enerji	334 kcal/100g

2.3.4.1.(2). Nohutun Beslenmedeki Önemi

Nohutun protein içeriği %18-22 arasında değişmektedir ve özellikle gelişmekte olan ülkelerde düşük gelir düzeyine sahip bireyler için vazgeçilmez bir protein kaynağıdır (Kaur ve Prasad, 2021). Nohutun protein kalitesi diğer baklagiller ile kıyaslandığında daha üstün niteliklidir (Sahu ve ark., 2014). Bu üstünlük, nohutun daha yüksek biyolojik değere, protein sindirilebilirliğine ve protein verimlilik oranına sahip olmasıyla açıklanmaktadır (Liu ve ark., 2008). Aminoasit kompozisyonu incelendiğinde, kükürt içeren aminoasitler bakımından fakir fakat lizin ve arginin açısından zengindir (Rachwa-Rosiak ve ark., 2015). Baklagiller tahıllarla birlikte tüketildiğinde tamamlayıcı protein görevi görür ve amino asit dengesini korumaktadır (Livingstone ve ark, 1993; Rachwa-Rosiak ve ark., 2015).

Nohutun besinsel bileşiminin büyük bir kısmı karbonhidratlardan meydana gelmektedir (Mudryu ve ark., 2014). Yüksek amiloz içeriği ve dirençli nişasta nedeniyle düşük glisemik indekse sahiptir ve böylelikle tüketiminde anti-diyabetik etki gösterebilmektedir (FosterPowell ve ark., 2002; Fredriksson ve ark., 2000).

α -galaktozitler, nohutta bulunan ve gaza neden olan başlıca oligosakkaritlerdir. İnsan vücudunda α -galaktosidaz enziminin bulunmaması nedeniyle oligosakkaritler sindirilmez ve kalın bağırsakta mikrobiyal fermentasyona uğrarlar ve kısa zincirli yağ asitlerinin oluşumuna yol açarlar (Christl ve ark., 1992; Han ve Baik, 2006).

Nohut tohumlarının yağ içeriği %3-10 arasında değişmektedir (Ghavidel ve Prakash, 2006). Mercimek, barbunya, fasulye ve bezelye gibi baklagiller, nohutla karşılaştırıldığında daha az yağ içeriğine sahiptir (Bhatia ve ark., 2009). Nohut tohumlarının yağ asidi bileşimi genetik yapısına ve çevresel faktörlere göre değişkenlik göstermektedir (Gül ve ark., 2008). Yağ asidi kompozisyonu incelendiğinde nohutun, doymamış yağ asitleri (linoleik asit ve oleik asit) bakımında zengin olduğu ve bu durumun nohuta hipokolesterolemik aktivite kazandırdığı bildirilmiştir (Wang ve ark., 2004).

Nohut, başta demir, kalsiyum, çinko ve magnezyum olmak üzere çeşitli önemli mineraller bakımından zengin bir kaynaktır. 100 gram nohut tüketimi günlük beslenmedeki demir ve çinko ihtiyacını karşılayabilir (WHO, 2004). Aynı zamanda önemli miktarlarda tokoferol (E vitamini) ve B vitamini kompleksinden oluşur (Wang ve Daun, 2004). Nohutun fonksiyonel özelliklerine katkıda bulunan bileşenlerden bir diğeri biyoaktif bileşenlerdir ve tüketiminde insan sağlığını olumlu yönde etkilemektedir. Nohutta bulunan başlıca fenolik bileşikler izoflavonlardır. Nohutun tohum kabuğu flavonoidler ve fenolik asitler için ana depo görevi görmektedir. Bu bileşikler antikansörejien aktiviteden sorumlu biyoaktif bileşiktir. Betakaroten, ksantofil ve kriptoksantin, nohut tohumlarında bulunan başlıca karotenoidlerdir ve demirin emilimini sağlarlar, böylece insan vücudunda demirin biyoyararlanımını arttırırlar (Segev ve ark., 2010; Welch, 2002).

2.3.4.2. Mercimek

Mercimek (*L. culinaris*) tarihte ilk olarak 8000-10000 yıl önce Güneybatı Asya da yetiştirilmiş bir baklagil ürünüdür (Sehgal ve ark., 2021). Baklagiller içerisinde değişken iklim koşullarına uyum sağlayabilme özelliği ile ön plana çıkan mercimeğin anavatanı olarak Güneybatı Asyadan sonra Türkiye ve Suriye tarihte yerini almıştır (Cubero ve ark., 2009). Ancak yapılan arkeolojik kazılar incelediğinde özellikle Güneybatı Asya bölgelerinde mercimeğin yetiştirilmek üzere hangi sıklıklarda ekimi yapıldığına ve Lens cinsindeki yabancı türlerin gen havuzuna katkıda bulunup bulunmadığına dair verilere ilişkin çalışmalar devam etmektedir (Liber ve ark., 2021).

Mercimek (*L. culinaris*) Fabaceae familyasına ait tek yıllık otsu bir bitkidir. (Adsule ve ark., 1989). Lens cinsi dört tür içerir: *L. culinaris* (ssp. *culinaris*, *orientalis*, *tomentosus* ve *odemensis*), *L. ervoides*, *L. lamottei* ve *L. nigricans* (Wong ve ark., 2015). Bitki tipik olarak 20-45 cm boylarına olup meyveleri 1-2 tohum içeren keseciklerden meydana gelir ve kesecikler içerisindeki taneler mercimek adını alırlar (Cubero ve ark., 2009). Mercimek tohumlarının yapısı mercem şeklindedir ve kabuk renkleri sarı, kırmızı, turuncu, yeşil, kahverengi ve siyah olabilmektedir (Joshi ve ark., 2017).

Mercimek, kuraklığa nispeten dayanıklı ve dünya çapında üretimi gerçekleştirilen bir baklagildir. Son yirmi yılda küresel üretimi %93 oranında artış göstererek 3.39 milyon tondan 6.54 milyon tona çıkmıştır. Mercimek üreten başlıca ülkeler sırasıyla Kanada, Hindistan, Avusturalya, Türkiye ve Amerika Birleşik Devletleridir. Dünya mercimek üretiminin yaklaşık dörtte biri iç piyasada tüketilmek üzere Hindistandan gelmektedir. Üretimi gerçekleştirilen mercimekler çeşitlerine göre değerlendirildiğinde en çok kırmızı mercimek tüketiminin tercih edildiği saptanmıştır. TÜİK 2020/21 verilerine göre Türkiye de kırmızı mercimek üretim miktarı 228 bin ton iken yeşil mercimeğin üretim miktarının 35 bin ton olduğu belirtilmiştir (Gülaç, 2021).

Çizelge 2.4. Dünyada mercimek üretim miktarı (FAO, 2021)

Üretici	Üretim Miktarı (Ton)
Kanada	2,622,450.00
Hindistan	1,210,746.67.00
Avustralya	472,682.83
Türkiye	372,074.33
Amerika Birleşik Devletleri	353,495.00
Nepal	249,725.33

2.3.4.2.(1). Mercimeğin Yapısı ve Kimyasal Kompozisyonu

Zengin besinsel bileşime sahip mercimeğin kimyasal kompozisyonu genetik ve çevresel faktörlere bağlı olarak önemli düzeyde değişmekte olup ucuz bir protein kaynağı olmasından dolayı (%21-31) (Saricaoglu, 2020), gelişmekte olan ülkeler, düşük gelir düzeyine sahip bireyler, vejetaryenler ve veganlar için önemli bir besin kaynağıdır (Argel ve ark., 2020). Mercimek tohumlarının toplam karbonhidrat içeriği %62-69 aralığındadır ve düşük glisemik indeks değerine (21-22) ve yüksek konsantrasyonlarda diyet lif içeriğine sahiptir (Revilla ve ark., 2019; Graf ve ark., 2020). Ayrıca vitaminler (B9/folat), çinko (4.8 mg/100g) ve demir (7.5 mg/100g) gibi mikro besin öğeleri bakımından zengindir (Nosworthy ve ark., 2018).

Mercimek birçoğu potansiyel kemopreventif bileşikler olarak tanımlanan fitokimyasallar bakımından zengindir. Bunlar arasında, diğer baklagil türlerinden çok daha yüksek konsantrasyonlarda bulunan fenolikler (760 mgGAE/100g), yüksek antioksidan, antidiyabetik, antiobezite, antikanser ve antiinflamuar özelliklerine katkıda bulunabilmektedir (Mo'ez Al-Islam ve ark., 2020). Mercimeğin kimyasal kompozisyonu Çizelge 2.5.'de verilmiştir (Turkomp, 2022).

Çizelge 2.5. Mercimeğin kimyasal kompozisyonu (Turkomp, 2022).

Bileşen	Miktar	
	Kırmızı Mercimek	Yeşil Mercimek
Nem	% 9.58	%10.96
Kül	% 2.43	% 2.51
Protein	% 25.81	% 23.00
Yağ	%1.57	% 0.92
Karbonhidrat	% 41.94	% 36.92
Toplam Diyet Lif	% 18.67	% 25.99
Potasyum (K)	1004 mg/100g	967 mg/100g
Fosfor (P)	416 mg/100g	415 mg/100g
Magnezyum (Mg)	85 mg/100g	118 mg/100g
Kalsiyum (Ca)	26 mg/100g	64 mg/100g
Sodyum (Na)	14 mg/100g	13 mg/100g
Demir (Fe)	5.87 mg/100g	7.77 mg/100g
Niasin	2.69 mg/100g	4.61 mg/100g
Folat	328 µg/100g	286 µg/100g
B-6 vitamini	0.58 mg/100g	0.23 mg/100g
Tiamin	0.81 mg/100g	0.16 mg/100g
Riboflavin	0.18 mg/100g	0.15 mg/100g
Enerji	322 kcal/100g	299 kcal/100g

2.3.4.2.(2). Mercimeğin Beslenmedeki Önemi

Tüketiciler tarafından son yıllarda eşsiz besinsel bileşimi ve özellikle kronik hastalık riskinin azalmasındaki etkin rolü (Obezite, Tip 2 diyabet, hipertansiyon, kanser ve kardiyovasküler hastalıklar) nedeniyle mercimek tüketimine karşı artan bir eğilim mevcuttur (Papandreou ve ark., 2019).

Mercimeğin besinsel bileşimi incelenecek olursa, yüksek oranlarda makro ve mikro besin öğelerini birarada içermekte olan glutensiz bir üründür (Sharma ve ark., 2022). Yapısında barındığında bileşenler mercimeğin çeşidine, yetiştirilme ve çevresel koşullarına göre önemli ölçüde değişmektedir (Abraham, 2015). Bireylerin beslenme alışkanlıkları incelendiğinde genel olarak bitkisel bazlı yüksek kaliteli protein kaynaklarına ilgi gösterildiği saptanmıştır (Alrosan ve ark., 2022). Mercimeğin protein içeriği ile tahılların protein içeriği kıyaslandığında mercimeğin protein miktarı buğday proteininden yaklaşık 2 kat fazladır (Ofuya ve ark., 2005) ve tahıl tanelerinin aksine mercimek özellikle lizin, lösin, arginin, aspartik ve glutamik asit aminoasitleri bakımından oldukça zengindir (Sharma ve ark., 2022).

Diğer baklagil ürünlerine benzer şekilde mercimek, anti-besinsel (tripsin inhibitörleri ve tanenler) bileşenler içermektedirler (Wang ve ark., 2009). Bu bileşenler temel sindirim enzimlerini inaktive ederler (tripsin inhibitörü) veya proteinler ile kompleks oluşturarak (tanenler) sindirilebilirliği azaltarak proteinlerin biyoyararlılığını etkileyebilirler (Adsule ve ark., 1989). Bu nedenle mercimeklerin işlenmesi, proteinlerin sindirilebilirliğini ve aminoasit oranını arttırmak için oldukça önemlidir (Pattanaik ve Kore, 2022).

Mercimek baklagiller içerisinde önemli bir karbonhidrat kaynağıdır ve yapısında barındırdığı sindirilebilir nişasta, diyet lif, dirençli nişasta ve oligosakkaritlerin varlığı nedeniyle insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir (Portman ve ark., 2019; Prajapati ve ark., 2020). Özellikle prebiyotik karbonhidrat olarak adlandırılan oligosakkaritlerin varlığı mercimeği iyi bir prebiyotik kaynak haline getirmiştir (Johnson ve ark., 2020). Böylelikle mercimek bağırsak mikrobiyotasını korumada ve bağırsakla ilgili oluşabilecek hastalıkların önlenmesinde etkin rol oynamaktadır (Queiraz-Monici ve ark., 2005).

Obezite ve kardiyovasküler hastaların beslenmesinde mercimek, düşük yağ ve sodyum içeriğinden dolayı besleme uzmanları tarafından diyetin bir parçası haline getirilmiş ve sıklıkla tüketilmesi tavsiye edilmiştir (Ganesan ve Xu, 2017). Mercimek tohumları mükemmel bir bitkisel demir kaynağıdır (Bouhlal ve ark.,

2019). Yapılan çalışmalarda beslenmede pişmiş mercimek tüketiminin, özellikle ergenler ve hamile kadınlar için günlük olarak alımı gerekli olan demirin anemiye engellediğini bildirilmiştir (Bouhlal ve ark., 2019; Sharma ve ark., 2022). Ayrıca mercimeklerin çeşitli mineraller (çinko, bakır, manganez, selenyum ve bor) ve vitaminler (tiamin, riboflavin, niasin, pantotenik asit, piridoksin, folat, α , β ve γ tokoferoller) bakımından da önemli bir kaynak olduğu araştırmalarda kanıtlanmıştır (Ryan ve ark., 2007; Rodriguez ve ark., 2008).

Mercimeğin yapısında bulunan makro ve mikro besin öğeleri dışında farklı fonksiyonel etkileri sahip sekonder metabolitler olarak adlandırılan biyoaktif bileşiklerde bulunmaktadır. Mercimeklerdeki biyoaktif bileşikler ve fonksiyonel özellikler Çizelge 2.6. verilmiştir.

Çizelge 2.6. Mercimeğin yapısında bulunan biyoaktif bileşenler ve fonksiyonel özellikleri

Biyoaktif Bileşen	Fonksiyonel Özelliği	Kaynak
Fitosteroller	Hücre zarı geçirgenliğini düzenler.	Ryan ve ark., 2007; Kalogeropoulos ve ark., 2010
Tripsin/proteaz İnhibitörleri	Diyet proteinlerinin sindirilebilirliğini azaltır, kanser oluşuma neden olan hücrelerin çoğalmasını engeller.	De Almeida Costa ve ark., 2006; Guillamon ve ark., 2008
Diyet Lif	Anti-kanser, antibakteriyel ve hipoglisemik etki gösterir.	Faris ve ark., 2013
Dirençli Nişasta	Bağırsak mikrobiyotasını düzenler.	Perera ve ark., 2010
Polifenoller, Flavonoidler	Antioksidan aktivite, kardiyovasküler hastalıklar, diyabet, kemik erimesi ve nörodejeneratif hastalıklar üzerine etki gösterir.	Xu ve ark., 2007
Fitatlar	Kolon kanseri oluşumunu engeller.	Barahuie ve ark., 2017

2.3.4.3. Bezelye

Bezelye tohumları, yaklaşık 10.000 yıl önce Suriye'nin Kuzeybatı bölgesindeki ekili bitkisel kaynaklı ürünlerinden birisidir (Ljustina ve Mikic, 2010). Tahıllar ve baklagillerden özellikle mercimekle birlikte bezelye, Eski Dünya'da 'tarım devrimi'nin başlamasıyla tüketicinin dikkatini çekmiş ve Asya kıtasından sonra Avrupa kıtasında kısa sürede üretilmeye başlamıştır .

Bezelye (*P. sativa*), Leguminosae (baklagiller) familyasının, Fabeae takımına ait tek yıllık otsu bir bitkidir (Dahl ve ark., 2012). Meyveleri fasulyeye benzemekte olup, yuvarlak taneli olarak bir kılıf içerisine dizilmektedir. Çeşitli türleri bulunmakta olup; düz, kuru veya tarla bezelyesi olarak bilinen sarı veya yeşil kotiledon çeşitleri, kurutulmuş tohumları insan ve hayvan tüketimi için yetiştirilmektedir (Dahl ve ark., 2012).

2015 yılından günümüze dünyada kuru bezelye üretimi on milyon tonun üzerindedir ve başlıca üreticileri Kanada, Rusya Federasyonu, Çin, Amerika Birleşik Devletleri ve Hindistan'dır (FAO, 2021). Dünyada kuru bezelye üretimi oldukça yaygın iken Türkiyede üretimi nohut, mercimek ve fasulyeden sonra gelmektedir. Türkiye ekolojik bakımdan bezelye yetiştiriciliğine elverişlidir fakat farklı coğrafi bölgelere uygun ürün çeşitlerinin adapte edilmemiş olmasından dolayı kuru bezelye verimi düşüktür (Karaköy ve ark., 2016).

Çizelge 2.7. Dünyada Bezelye Üretim Miktarı (FAO, 2021)

Üretici	Miktar
Kanada	4,093,383.33
Rusya Federasyonu	2,435,578.33
Çin	1,428,559.67
Amerika Birleşik Devletleri	909,060.5
Hindistan	873,977.5

2.3.4.3.(1). Bezelyenin Kimyasal Kompozisyonu

Bezelyenin kimyasal kompozisyonu iklim koşullarına, yetiştirildiği toprak yapısına ve bölgelere göre farklılık göstermektedir (Karaköy ve Demribaş, 2017). Bezelye ucuz, erişilebilir bir protein, kompleks karbonhidrat, vitamin ve mineral kaynağı olarak kabul edilmiş ve zengin besin bileşimi nedeniyle dünyada yaklaşık 800-900 milyon yetersiz beslenen bireyin beslenme ihtiyaçlarını karşılayabilen bir baklagildir (Dahl ve ark., 2012; Ge ve ark., 2020). Çizelge 2.8. bezelyenin kimyasal kompozisyonu verilmiştir (Turkomp, 2022).

Çizelge 2.8. Bezelyenin kimyasal kompozisyonu (Turkomp, 2022)

Bileşen	Miktar
Nem	%9.80
Kül	%2.60
Protein	%19.82
Yağ	%1.15
Karbonhidrat	%42.98
Toplam diyet lif	%23.65
Potasyum (K)	981 mg/100g
Fosfor (P)	295 mg/100g
Magnezyum (Mg)	153 mg/100g
Kalsiyum (Ca)	125 mg/100g
Sodyum (Na)	19 mg/100g
Demir (Fe)	6.79 mg/100g
Niasin	3.81 mg/100g
Folat	45 µg/100g
B-6 vitamini	0.17 mg/100g
Tiamin	0.71 mg/100g
Riboflavin	0.18 mg/100g
Enerji	309 kcal/100g

2.3.4.3.(2). Bezelyenin Beslenmedeki Önemi

Bezelye zengin besin bileşimi nedeniyle tüketiciler tarafından yoğun ilgi görmektedir (Talari ve Shakappa, 2018). Toplam karbonhidrat içeriğinin büyük bir

kısmını nişasta (%46) oluşturmaktadır ve yapısında çok çeşitli proteinler (%13.7-30.7) bulundurmaktadır (Guillon ve Champ, 2002; Mateos-Aparicio ve ark., 2010). Ayrıca bezelye tanesinin yağ içeriği oldukça düşüktür, kalori kaynağının nişasta ve protein olduğu bildirilmektedir (Kumari ve Deka, 2021).

Bezelye, kalsiyum, manganez, magnezyum, çinko ve fosfor dahil olmak üzere yüksek düzeyde mineral maddeler içermektedir (Warkentin ve ark., 1997). Sağlık açısından önemli etkileri tespit edilen, kanser risklerini azalttığı ve düşük yoğunluklu lipoprotein aynı zamanda kötü kolesterol olarak adlandırılan LDL'yi düşürmeye yardımcı olduğu düşünülen fitosteroller de yapısında içermektedir (Rochfort ve Panozzo, 2007).

Bezelye, B vitamini içeriği bakımından oldukça zengindir. Özellikle baklagillerde odak noktası olan folat, bezelyede önemli bir düzeyde bulunmakta olup 41-55µg /100g oranında olduğu bildirilmektedir (Sen Gupta ve ark, 2013; Jha ve ark., 2015). Bezelye ayrıca iyi bir Niasin, Thiamin ve Riboflavin kaynağıdır (El-Adawy, 2002; Erbas ve ark., 2005). Vitaminler, haşlama veya basınçlı pişirme sırasında uygulanan işlemin koşullarına bağlı olarak yapısal bozulmaya karşı çok hassastır (Dang ve ark., 2000). Bu nedenle, vitaminin yapıya tutulumunu en üst düzeye çıkarmak için baklagillere uygun pişirme veya hazırlama tekniği önemlidir.

Bezelyedeki diyet lifi, hem tohum kabuğundan (dış lif), hem de genellikle kabuk olarak adlandırılan kotiledondan (iç lif) kaynaklanır (Tosh ve Yasa, 2010). Tohum kabuğu, esas olarak selüloz olmak üzere büyük ölçüde suda çözünmeyen polisakaritler içerirken kotiledon lifi, selüloz ile birlikte hemiselülozlar ve pektinler dahil olmak üzere çeşitli derecelerde çözünürlüğe sahip polisakaritleri içermektedir (Guillon ve Champ, 2002). Bezelyedeki lif içeriği Tip 2 diyabetin önlenmesinde ve kontrolünde fayda sağlamakta (Trinidad ve ark., 2010) ve safra asitlerinin geri emilimini azaltarak kan kolesterolünü azaltabilmektedir (Chen ve ark., 1984). Bezelye, diğer baklagillerde olduğu gibi, önemli konsantrasyonlarda rafinoz türevi ve galaktoz içeren oligosakkaritler (Tosh ve Yasa, 2010) içermesinden dolayı kalın

bağırsakta prebiyotik etkiler göstererek sağlık üzerine olumlu etkilere sahiptir (Fernando ve ark., 2010).

Bezelye, diğer baklagiller gibi yapısında fenolik bileşikler (tanenler, fenolik asitler ve flavonoidler), fitatlar, saponinler ve oksalatlar dahil olmak üzere çeşitli fitokimyasallar içermektedir (Campos-Vega ve ark., 2010; Bessada ve ark., 2019). Fenolik bileşikler antioksidan olarak hareket etme yetenekleri ile tanınırlar ve bezelyede tanımlanan biyoaktif bileşenlerin bu özelliklerinin yüksek olduğu bildirilmiştir (Tan ve ark., 2017). Biyoaktivite ve insan sağlığı üzerine olumlu etkileri bulunan (hipokolesterolemik ve antikarsinojenik aktivite) bu bileşenlerin varlığı sayesinde bezelyenin beslenmedeki yeri önem kazanmıştır (Millar ve ark., 2019).

Çizelge 2.9. Bezelyenin yapısında bulunan biyoaktif bileşenler ve fonksiyonel özellikleri

Biyoaktif Bileşen	Fonksiyonel Özelliği	Kaynakça
Fenolik Bileşenler	Kanser ve çeşitli inflamatuvar hastalıklar gibi hastalıklara karşı koruma sağlar.	Martens ve ark., 2017; Fahim ve ark., 2019; Mejri ve ark., 2019; Ge ve ark., 2020
İzoflavon	Anti-kanser aktivitesi, DNA onarımı.	Bello ve ark., 2018
Lektin	Sitotoksik veya tümör inhibisyonu.	Bello ve ark., 2018
Saponin	Hipokolesterolemik etkiye sahip olabilen kolesterol ve safra asidini bağlar.	Martens ve ark., 2017
Oligosakkarit(α -galaktosidaz)	Prebiyotik etki göstererek bağırsak mikroflorasını düzenler.	Roberfroid ve Slavin, 2000
Polifenoller	Antioksidan etki gösterir. ve kronik hastalık oluşumunu engeller.	Roberfroid ve Slavin, 2000; Fahim ve ark., 2019
Diyet Lif	Hipoglisemik etki, Kardiyovasküler sağlığı olumlu yönde etkileme ve kan basıncını düşürmek	Slavin, 2003; Dahl ve ark., 2012

2.3.4.5. Baklagil Unu Üretimi Yöntemleri

Baklagiller, tüketilmeden veya işlenmeden önce besin değerlerini arttırmak, işleme süresini azaltmak ve lezzet bileşenleri ön plana çıkarmak amacıyla çeşitli ön işleme uygulamalarından geçerler (Towo ve ark., 2003). Yemeklik tane baklagiller fırıncılık ürünlerinde un formunda sıklıkla kullanılmaktadır (Khattak ve ark., 2008; Bojnanska ve ark., 2012). Baklagillerden un üretiminde çeşitli yöntemler kullanılmakta olup bunların başlıcaları olarak: Fiziksel (öğütme ve suda bekletme), biyokimyasal (çimlendirme ve fermantasyon) ve termal işlemler (haşlama, mikrodalga, kavurma ve ekstrüzyon) olarak sınıflandırılmıştır (Marconi ve ark., 2000; Liu ve ark., 2020). Baklagil unları üretiminde belirtilen yöntemlerden bir veya birkaçı birlikte kullanılabilir.

Fiziksel İşlemler	Biyokimyasal İşlemler	Termal İşlemler
• Öğütme • Suda Bekletme	• Çimlendirme • Fermantasyon	• Haşlama • Kavurma • Mikrodalga • Ekstrüzyon

Şekil 2.7. Baklagil unu üretim yöntemleri (Liu ve ark., 2020)

Baklagillerin pişirilmesinde ve işlenmesinde kullanılan en yaygın yöntemlerden olan termal işlemler, nişastanın jelatinizasyonu, proteinlerin denatürasyonu, ısıya dayanıksız toksik bileşiklerin ve diğer enzim inhibitörlerinin inaktivasyonu yoluyla ürünün tekstürünü, raf ömrünü, lezzetini ve besleyici değerlerini iyileştirmektedir (Krishnamurthy ve ark., 2008; Chandrasekaran ve ark., 2013). Bakliyatların unlara öğütülmesi, ürünün yüzey alanını artırır ve tohumlardaki hücre duvarlarını kırar, bu da taneye oranla pişirme süresini azaltır ve

besinsel bileşenlerin kullanılabilirliğini artırmaktadır. Ayrıca, bakliyatların un formuna işlenmesi, besinsel ve biyokaktif bileşen kayıplarını engellemektedir (Luo ve Köksel, 2020; Portman ve ark., 2020).

Baklagiller ısıtılma işlemine tabi tutulduklarında biyoaktif bileşen içeriklerinde değişiklikler meydana gelmektedir (Liu ve ark., 2020). Kalogeropoulos ve ark (2010), Akdeniz tipi beslenme diyetinde yaygın olarak tüketilen nohut, bezelye, mercimek, börülce, barbunya, ve fasulye (5 farklı çeşit) tohumlarını haşlamanın biyoaktif bileşikler üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Araştırmacılar baklagillerdeki fitokimyasal içeriğinin mercimek>nohut>barbunya>fasulye çeşitleri, börülce ve bezelye şeklinde azaldığı gözlemlemiştir. Benzer şekilde Liu ve ark (2020) haşlama işlemi sonunda mercimeğin bezelyeye kıyasla daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğunu tespit edilmiştir.

Açık kazanda haşlama ve basınçlı ortamda pişirme gibi geleneksel termal pişirme yöntemleri, fenolik bileşiklerde dahil olmak üzere baklagillerdeki küçük ve kompleks moleküllerin besinsel ve yapısal özelliklerinde önemli değişikliklere neden olabilmektedir (Xu ve Chang, 2008). Açık kazanda haşlama ve basınçlı pişirme baklagillerin fenolik bileşiklerinin bileşimindeki ve antioksidan özelliklerindeki değişiklikleri etkilediği tespit edilmiştir (Pedrosa ve ark., 2015; Yeo ve Shahidi, 2017). Yeo ve ark (2017), yapmış oldukları çalışmada mercimeklere uygulanan haşlama işlemi sonucu bağlı fenolik bileşikler ve antioksidan kapasitesini önemli ölçüde azaldığını ($p<0.05$), serbest fenolik bileşikler ve proteinler arasında geri dönüşümsüz kovalent bağ oluşumu nedeniyle çözünür ve çözünmez fenolik fraksiyonların toplamının azaldığı bildirmişlerdir. Genel olarak, işleme veya pişirme sırasında baklagillerin fenolik bileşiklerdeki ve antioksidan kapasitelerindeki değişikliklerin derecesi, pişirme yöntemi veya enerji türü, pişirme süresi, pişirme çözeltisi bileşimi (tuz, şeker, su) ve suda bekletme gibi ön işlemler dahil olmak üzere bir dizi faktöre bağlı değişkenlik göstermektedir (Liu ve ark., 2020).

Farklı pişirme çözeltileri kullanılarak mikrodalga ve yavaş pişiriciler başta olmak üzere çeşitli pişirme metodlarının fenolik bileşikler ve antioksidan kapasite üzerindeki etkisi hakkında bilgi oldukça kısıtlıdır ve geleneksel pişirme yöntemlerine kıyasla hızı, enerji tasarrufu ve kullanım kolaylığı nedeniyle mikrodalga ile işlemeye karşı artan bir ilgi mevcuttur. Tane baklagillere kıyasla mikrodalgada pişirilmiş soya fasulyesi, börülce fasulyesi ve nohut ununun besinsel profilinin iyileştiği; protein verimlilik oranının ise artış gösterdiği bildirilmiştir (Dario ve Salgado, 1994; Hernandez-Infante ve ark., 1998).

Lopez-Cortez ve ark (2016) ve Divekar ve ark (2017), baklagil unu üretim yöntemlerinden birisi olan mikrodalga ile pişirme prosesinin gıda kalitesini arttırmak, antibesinsel bileşenlerin konsantrasyonunu azaltmak, protein sindirilebilirliğini arttırmak ve pişirme süresini azaltmada etkili olduğunu bildirmişlerdir. Haşlama yöntemine kıyasla mikrodalga ile üretilen baklagil unlarında lipid/protein oranının arttığı ve mineral kayıpların daha az olduğu çalışmalarda ortaya konmuştur (Lopez- Cortez ve ark., 2016). Gupta ve ark (2019), yapmış oldukları çalışmada nohut unu eldesinde mikrodalga yönteminin ürünlerin protein konsantrasyonu üzerine etkisi olmadığını belirtmişler ve kimyasal yapıda meydana gelen değişikliğin nohutun türü ile ilişkilendirmişlerdir. Bununla birlikte mikrodalga işleminin baklagiller üzerindeki etkileri hakkındaki çalışmalara ağırlık verilmesi gerektiği araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Acevedo Martinez ve ark., 2021).

2.3.4.6. Baklagil Unu Kullanımının Glutensiz Ekmek Kalitesi Üzerine Etkileri ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Nohut, esas olarak geniş uygulama olanakları nedeniyle özellikle Asya'da yüzyıllardır bilinen bir baklagildir (Bulbula ve Urgai, 2018). Olgunlaşmamış taneler çığ olarak tüketilebilirken, olgun olanları ise çeşitli gıda işleme yöntemleriyle un haline getirilip ürün formülasyonlarına dahil edilebilmektedir. Özellikle fırıncılık ürünlerinde sıklıkla kullanılan buğday ununa göre daha yüksek

protein, lipid, vitamin, lif, düşük karbonhidrat içeriği ve glutensiz olması ile karakterize edilmektedir (Rachwa-Rosiak ve ark., 2015). Çölyak hastalarının tüketimine yönelik üretilen fırıncılık ürünlerinde ilk sırada ekme gelmektedir (Skendi ve ark., 2021). Glutensiz ekme üretiminde genellikle çeşitli nişastalardan üretilmiş zenginleştirilmemiş karışımlar kullanılmakta ve besin kalitesi, biyoyararlılığı düşük ürünler üretilmektedir (Monthe ve ark., 2019). Bu bağlamda nohut unu glutensiz ekme üretiminde alternatif bir bileşen olarak değerlendirilebilecektir.

Minarro ve ark (2013), glutensiz ekme formülasyonlarına soya proteini ikamesi olarak nohut unu, bezelye izolatu, keçiyoynuzu unu ve soya unu kullanımının ürünün fizikokimyasal ve duysal özellikler üzerine etkisini incelemişlerdir. Glutensiz ekme spesifik hacim yönünden değerlendirildiğinde en düşük değerin keçiyoynuzu unu katkı (2.51 cm³/g), en yüksek değerin ise (3.26 cm³/g) nohut unu katkı ekmeğe ait olduğu saptanmıştır. Çalışmada nohut unu ile zenginleştirilen glutensiz ekmeğin fizikokimyasal ve duysal niteliklerin önemli ölçüde geliştiği ve soya proteinine umut verici bir alternatif olabileceği bildirilmiştir.

Barışık ve Tavman (2018), tarafından yapılan çalışmada glutensiz ekme formülasyonlarında farklı oranlarda (%20, %30, %40) nohut unu ilave edilmiştir. Üretilen ekmeğin kimyasal kompozisyon, renk, tekstür ve duysal (lezzet, ekmeğin iç rengi, sertlik ve genel beğeni) özellikler bakımından değerlendirilmiştir. Artan nohut unu konsantrasyonlarına bağlı olarak glutensiz ekmeğin spesifik hacim değeri azalırken, protein, kül, L^* , a^* ve b^* değerlerinin ise artış gösterdiği saptanmıştır ($p < 0.05$). Araştırmacılar %40 oranında nohut unu ilaveli ekmeğin hem duysal hem de kalite olarak en beğenilen grup olduğunu bildirmişlerdir.

Kahraman ve ark (2022), işlenmemiş, kavrulmuş ve kabuğu çıkarılmış nohut unları kullanımının glutensiz ekme kalitesi üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda kavrulmuş nohut unu katkı ekmeğin en yüksek spesifik hacim, yumuşak ekmeğin iç dokusu ve en yavaş bayatlama oranını gösterdiği

belirlenmiştir. Araştırmacılar glutensiz ekmeklerin nohut unu ile zenginleştirilmesiyle, protein (%9.72'den %12.03-13.21'e), kül (%2.01'den %2.45-2.78'e), yağ (%1.61'den %4.58-5.86'ya) ve toplam fenolik içerik (49.36 g/100'dan 80.52 mg GAE/100g) değerlerinin önemli düzeyde artış gösterdiğini vurgulamışlardır (p <0.05).

Ouazib ve ark (2016), farklı pişirme yöntemleri (haşlama, çimlendirme ve kavurma) kullanımı ile elde edilen nohut unu örneklerinin glutensiz ekmeklerin fizikokimyasal, besinsel ve duyuşal özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Genel olarak nohutunun reolojik yapısı incelendiğinde nişasta jelatinizasyonuna bağlı olarak düşük kıvam özelliği sergileyen hamur elde edildiği vurgulanmıştır. Araştırmacılar haşlama yöntemiyle üretilen nohut unu katkılı glutensiz ekmeklerin spesifik hacminin 0.5 mg/L, ekmek iç renginin L*:76.20 ve sertlik değerinin 81 N olarak tespit etmişler ve diğer yöntemlerle elde edilen ekmeklere kıyasla en yüksek kalitede ürün üretildiğini belirtmişlerdir. Nohutun haşlama yöntemiyle işlenmesi, besleyici özellikleri ve tüketici tercihinde önemli rol oynayan duyuşal özelliklere katkısı nedeniyle glutensiz ekmek üretiminde kullanımının uygun olduğu bildirilmiştir.

Bird ve ark (2017), son yıllarda, glutensiz ekmekte tekstürel yapıyı geliştirici olarak hidrokolloidlere alternatifler arayışı başlamış ve su ve yağ bağlayıcı, emülsifiye edici ve köpürtücü özelliklerinden dolayı nohut önemli bir kaynak olarak görüldüğünü belirtmişlerdir. Araştırmacılar sahip olduğu fizikokimyasal özellikleri nedeniyle gıda işleme yöntemlerinden haşlamanın nohut unun fonksiyonel özellikleri üzerindeki etkisi araştırmış ve düşük oranda (%2) nohut unu ilavesinin, artan gaz tutma kapasitesi ve nişasta-protein ağının homojenliği nedeniyle %20 oranında ekmek hacmini arttırdığı ve ekmek içi sertliğini %40 oranında azalttığını saptamışlardır. Ek olarak çalışmada nohut bileşenleri, farklı mekanizmalarla hareket etmesine rağmen, glutensiz ekmeğin tekstürel yapısını iyileştirmesinden dolayı ksantan gam gibi hidrokolloid ikamesi olarak kullanılabileceği ifade edilmiştir.

Abd Rabou (2017), çalışmasında pirinç unu bazlı glutensiz bisküvi örneklerine farklı konsantrasyonlarda (%0, 2.5, 5, 7.5, 10 ve 12.5) kavrulmuş nohut unu ilave ederek ürünün besinsel, fiziksel ve organoleptik özelliklerine etkisini değerlendirmiştir. Nohut unu seviyesi arttıkça nem, protein, kül ve yağ değerleri önemli düzeyde artış gösterirken karbonhidrat değeri kontrol grubuna göre azalış göstermiştir ($p < 0.05$). Duyusal analiz sonuçlarına göre ise %10 nohut unu katkılı bisküviler en yüksek puanı aldığı saptanmıştır.

Yapılan başka bir çalışmada glutensiz ürünlerin fonksiyonel özelliklerinin belirlenmesinde katkıda bulunan sekonder metabolitler (tanenler, fenolik asitler ve flavonoidler) ile ilgili olarak barbunyanın yüksek polifenolik içeriğe, bezelye tohumlarının tanenler (pro-antosiyaniidinler) açısından ve nohutun flavonoidler, flavon glikozitler, oligomerik ve polimerik proantosiyaniidinler dahil olmak üzere çok çeşitli polifenolik bileşikler bakımından zengin olduğu belirtilmiştir. Bu bilgiler neticesinde baklagiller özellikler fonksiyonel bileşim bakımından yoksun olan glutensiz ürünlerin zenginleştirilmesinde kullanımı araştırılması gereken bir ürün grubu olarak literatürde yerini almıştır (Melini ve ark., 2017).

Rostamian ve ark (2014), (80:20), (60:40), (40:60) ve (20:80) konsantrasyonlarında mısır: nohut unu ve %3 HPMC karışımları kullanarak glutensiz ekmek üretimi gerçekleştirmişlerdir. Glutensiz ekmeklerin kalite değerlendirmesi için; spesifik hacim, yoğunluk, şekil indeksi (yükseklik/genişlik oranı), gözeneklilik, tekstürel yapı parametreleri incelenmiş ve genel olarak, nohut ununun, gluten benzeri bir ağ oluşturarak örneklerin spesifik hacmini, şekil indeksini ve gözenek yapısını önemli düzeyde arttırabildiği bildirilmiştir ($p < 0.05$). Ayrıca nohut unu artışına bağlı olarak örneklerin nem içeriğinin artış gösterdiği ve böylelikle ekmek içi sertliğinin azaldığı saptanmıştır. Araştırmacılar, %20 mısır unu+%80 nohut unu formülasyonunun glutensiz ekmek kalitesini iyileştirmede en büyük etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Han ve ark (2010), %100 baklagil unu (nohut, kırmızı mercimek, yeşil mercimek, fasulye, bezelye ve barbunya) bazlı glutensiz kraker geliştirerek nihai

ürünlerin kalitesini belirlemek amacıyla tekstür, renk, tüketici kabul testi ve besin profil analizleri gerçekleştirmiştir. Araştırmacılar nohut unu bazlı ürünlerin fizikokimyasal ve duyuşal özellikler bakımından diğer formülasyonlardan üstün olduğunu bildirmişlerdir.

Santos ve ark (2020), nohut unu ve pisilyumun glutensiz ekmek kalitesi, duyuşal kabul edilebilirlik ve glisemik indeks üzerine etkilerini araştırmışlardır. Kontrol grubu olarak pirinç unu/manyok nişastasası (75:25) karışımın kullanıldığı çalışmada pirinç unu yerine nohut unu kullanımına bağlı olarak ekmek hacminin artış gösterdiği ($p<0.05$) ve gözenek yapısının homojen dağılım sergilediği vurgulanmıştır. Duyusal açıdan değerlendirildiğinde nohut unu katkılı glutensiz ekmeklerin lezzet ve aroma değerlerinde önemli düzeyde değişiklik olmadığı ($p>0.05$) ancak görünüm, tekstür ve genel kabul edilebilirlik değerlerinin kontrol grubuna oranla önemli düzeyde artış gösterdiği bildirilmiştir ($p<0.05$). Benzer şekilde nohut ununun glutensiz ekmeklere fonksiyonel özellik kazandırdığı ve protein, diyet lif ve dirençli nişasta içeriğinde iki kat artış sağlayarak glisemik indeksi düşürdüğü ve uzun süreli tokluk hissi yarattığını bildirilmişlerdir.

Mercimek ununun zengin bir besin bileşimine sahip olması nedeniyle fırıncılık ürünlerinde (ekmek, kek, kraker), ekstrüde edilmiş (makarna, atıştırmalıklar) ve diğer ürünlerde (soslar, çorbalar, süt ve et ürünleri) kullanımı gıda endüstrisinin dikkatini çekmekte ve tüketiciler arasında popülerlik kazanmaktadır. Gıda endüstrisinde yaygın olarak un formunda kullanılan mercimek bağlayıcı, kıvam artırıcı, jelleştirici ve/veya stabilizatör özelliklerinden dolayı fonksiyonel gıda bileşeni olarak adlandırılmaktadır (Ahmed ve ark., 2016).

Pasqualone ve ark (2022), yapmış olduğu çalışmada pirinç (%30)/mısır unu (%7.5) bazlı glutensiz pizzayı zenginleştirmek amacıyla işlenmemiş ve işlenmiş (ekstrüde) mercimek unu (%10) kullanılmıştır. Kontrol grubuna (%4.4) kıyasla örnek formülasyonlarına mercimek unu ilavesine bağlı olarak protein içeriğinin (%7.4-7.3) önemli düzeyde artış gösterdiği tespit edilmiştir ($p<0.05$). Ek olarak, işlenmiş ve işlenmemiş mercimek unu ile zenginleştirilmiş glutensiz pizzaların,

antosiyeninler dahil olmak üzere yüksek biyoaktif bileşik içeriğine ve kontrol grubuna (1.07 $\mu\text{mol TE/g KM}$) göre yüksek antioksidan aktiviteye (sırasıyla 1.42 ve 1.35 $\mu\text{mol TE/g KM}$) sahip olduğu bildirilmiştir.

Hajas ve ark (2022), pirinç unu bazlı glutensiz kurabiyeleri beş farklı mercimek türünden (siyah, kahverengi, kırmızı, yeşil, sarı mercimek) elde unları kullanarak üretmişlerdir. Araştırmacılar glutensiz kurabiye örneklerini, fizikokimyasal (ham protein içeriği, toplam fenolikler ve flavonoidler, antioksidan kapasite, renk, pH) morfolojik (geometri ve tekstürel) ve duyuşal özellikleri bakımından değerlendirmiştir. Duyuşal analiz sonuçları değerlendirildiğinde, tüketiciler tarafından en fazla beğenilen grubun kırmızı mercimek unu ile üretilen grup olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Kontrol (%100 pirinç unu) grubu ile kırmızı mercimek unu (%10) katkılı kurabiyelerin protein; toplam fenolik madde; antioksidan kapasite; toplam flavonoid içerikleri değerlendirildiğinde sırasıyla %3.8-14.8; %61.5-196.3 mg gallik/100g; 0.35 mmol TE/100g 0.82 mmol TE /100g; 13.1 mg CE /100g-24.6 mg CE/100g olarak tespit edilmiş ve kontrol grubuna göre üstün nitelikli ürünler geliştirildiği vurgulanmıştır. Çalışmada hem fizikokimyasal hemde duyuşal nitelikler bakımından, mercimek unlarının glutensiz fırıncılık ürünleri için umut verici hammaddeler olarak değerlendirilmesi gerektiği belirtilmiştir.

Bezelye unu, ekmek, kraker ve makarna gibi glutensiz gıdalarda buğday ununa alternatif bir bileşen olarak değerlendirilmiş (Han ve ark., 2010, Petitot ve ark., 2010, Sudha ve Leelavathi, 2011; Asif ve ark., 2013) ve glutensiz ürünlerde karşılaşılan besinsel, duyuşal ve tekstürel problemleri engelleyebilecek yüksek protein içeriğine sahip olmasından dolayı tercih edilmektedir (Bahnassey ve ark., 1986). Ancak bezelyenin sahip olduğu kuvvetli ve kendisine has aromasının ürünün duyuşal özellikleri etkilemesinden dolayı gıda endüstrisinde kullanım potansiyeli kısıtlıdır (Sudha ve Leelavathi, 2011).

Xu ve ark (2019), çimlendirilmiş nohut, mercimek ve bezelye unlarının 6 günlük çimlenme süresince uçucu bileşen değişiklikleri HS-SPME-GC-MS/O ile

karakterize etmişlerdir. Toplamda, GC-O tarafından özel olarak kaydedilen 19 aroma aktif bileşeni içeren 124 uçucu bileşen tanımlanmıştır. Araştırmacılar mercimek ve bezelye unlarının benzer aromatik özelliklere sahip olduğunu ortaya koyarken, nohut unlarında çimlenme üzerine istenmeyen aromaların ortaya çıkmasıyla birlikte nohut aroması bileşiklerinin azalması tespit etmişlerdir. Çalışmada hekzanal, (E,E)-2,4-nonadienal, (E,E)-2,4-dekadienal, 3-metil-1-butanol, 1-hekzanol ve 2-pentil-furanın nohut aroması oluşumunda belirleyici bileşen olduğu belirtilmiştir.

Banu ve Aprodu (2020), fonksiyonel glutensiz ekmek üretimi için kinoa, sorgum, darı ve pirinç unları kullanmış ve örnekleri, dirençli nişasta, antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde miktarı açısından değerlendirmişlerdir. Çalışmada kinoa ve pirinç unu katkılı glutensiz ekmeklerin sorgum ve darı unu katkılı ekmeklere kıyasla daha yüksek spesifik hacime (sırasıyla 192.22 ve 181.04 cm³/100 g) ve düşük sertliğe (sırasıyla 10.81 ve 13.74 N) sahip olduğu saptanmıştır. Ekmekler toplam fenolik madde içeriği bakımından değerlendirildiğinde kinoa unu (398.42 mg ferulik asit /100 g) ile hazırlanan ekmekğin en yüksek değere sahip olduğu bildirilmiştir. Ayrıca örnekler antioksidan aktiviteleri bakımından değerlendirildiğinde sorgum unuyla yapılan ekmeklerin en yüksek değere sahip olduğu belirlenmiştir (Sorgum (54.51 µmol TE/g), kinoa (19.32 µmol TE/g, darı (15.07 µmol TE/g) ve pirinç (6.97 µmol TE/g)). Bu sonuçlara göre fonksiyonel glutensiz ekmek geliştirmek için kullanılacak kinoa, sorgum ve darı unları önemli birer bileşen olarak değerlendirilebilecektir.

Beltrao Martins ve ark (2020), glutensiz ekmek üretiminde biyoaktif bileşen (doymamış yağ asitleri ve lif, E vitamini, klorofiller, karotenoidler, fenolik bileşikler ve antioksidan) kaynağı ve doğal glutensiz bileşen olarak meşe palamudu unu ve patates nişastası kullanmışlardır. Çalışmada patates nişastası bazlı ürün formülasyonlarına farklı konsantrasyonlarda (%23 ve %35) meşe palamudu unu ilave etmişler ve zenginleştirilen glutensiz ekmekler fiziksel, besinsel, duyuşal ve biyoaktif özellikleri bakımından değerlendirilmiştir. Ekmek ekstraktlarının

toplam fenolik madde ve antioksidan kapasitesinin kontrol grubuna kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde ($p<0.05$) arttığı belirtilmiştir (Toplam fenolik madde-0.395 mg GAE/g, 0.613 mg GAE/g, 0.848 mg GAE/g; Antioksidan kapasite-0.006 mmol TE/g, 0.037 mmol TE/g, 0.043 mmol TE/g). Palamut unu katkılı ekmekler renk, tekstür, görünüş ve tat bakımından panelistler tarafından yüksek değerlendirme puanı almış ve palamut unu besinsel ve duyuşsal özellikleri geliştirerek iyi teknolojik özellik göstermiştir.

Diprat ve ark (2020), glutensiz ekmeklerin besin kalitesini iyileştirmek amacıyla pirinç unu (%30)-mısır nişastası (%70) bazlı glutensiz ekmeklere %20 oranında bezelye unu ilave etmişlerdir. Araştırmacılar bezelye ikamesi olarak %2.5 ve %5 oranında mikro-alg (*Chlorella sorokiniana*) kullanarak duyuşsal parametrelere etkisini inceledikleri çalışmada %20 bezelye katkılı kontrol ekmeğin duyuşsal (görünüş, renk, aroma, koku, sertlik ve genel beğeni) özelliklerinin istatistiksel açıdan anlamlı düzeyde beğenildiğini vurgulamışlardır ($p<0.05$).

Vedantam ve ark (2021), mısır unu bazlı glutensiz ekmeklerin fonksiyonel ve termal özelliklerini iyileştirmek amacıyla farklı oranlarda fasulye unu (%3-6-9) ve %2 oranından ksantan gam ilave etmişlerdir. Araştırmacılar fasulye unu ve ksantan gam ilavesinin fonksiyonel (kül %1.10-1.77; protein %8.08-2.77; toplam lif %2.08-2.86; su tutma kapasitesi 1.89–2.52 g/g) ve termal (jelatinleşme başlangıç sıcaklığı, To: 68.55–70.55 °C) özellikleri olumlu yönde etkilediğini bildirmişlerdir.

Pacynski ve ark (2015), yapmış oldukları çalışmada, mısır nişastası, glutensiz buğday nişastası ve guar gam kullanarak glutensiz ekmek üretimi gerçekleştirmişler ve buğday ekmeğine kıyasla uçucu bileşen kompozisyonunu incelemişlerdir. SPME/GC-MS yöntemi kullanarak buğday ekmeğinde toplamda 41, glutensiz ekmekte 33 adet uçucu bileşik tespit edilmiştir. Bu bileşikler alkoller, aldehytler, ketonlar, pirazinler, furanlar ve piroller olarak kategorize edilmiştir. Araştırmacılar glutensiz ekmek aromasının temel bileşiklerinden pirazinler ve 2-asetil-1-pirolin bakımından eksik olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmada pişirme işleminden önce hamura bir çift prolin ve glikoz eklenmesiyle bu eksiklik

giderildiği ve daha gelişmiş/kabul edilebilir bir aromaya sahip glutensiz ekmek üretimi gerçekleştirildiği bildirilmiştir.

Aroma, ekmek kalitesinin en önemli, fakat aynı zamanda en az araştırılan özelliklerinden biridir. Ekmeğin aroma profiline katkıda bulunan çok sayıda uçucu bileşiği genellikle katı faz mikro ekstraksiyon (SPME) yöntemi kullanılarak tayin edilmektedir. Drakula ve ark (2022), glutensiz ekmek üretiminde pirinç unu (%19.2), bezelye unu (%12.8), mısır nişastası (%2.1) ve hidrokolloid (%0.9) kullanmışlar ve HS-SPME/GC-MS ile uçucu aroma bileşiklerini tayinini gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada aldehytler, ketonlar, alkoller, asitler, esterler, aromatik hidrokarbonlar, fenoller, kükürt bileşikleri, pirazinler, piroller ve furanların kimyasal sınıflarından oluşan 62 adet uçucu aroma bileşiğini saptanmıştır. Araştırmacılar aroma bileşiklerini içerisinde miktar tayini sonucunda baskın olan bileşiklerini 2-metil butanal (81.20 µg/kg), 1-hekzanal (81.50 µg/kg) ve furfural (78.41 µg/kg) olarak bildirilmiştir.

Pico ve ark (2017), çözücü ekstraksiyon/GC-MS yöntemiyle mısır nişastası bazlı glutensiz ekmeklerde 31 adet uçucu bileşik saptamışlardır. Araştırmacılar örneklerde fermentasyonun başlangıcından pişirmenin sonuna kadar uçucu bileşik gelişimini incelediklerini belirtmişlerdir. Çalışmada fermentasyon sırasında hamurda en yüksek konsantrasyona sahip bileşiklerin 2-metil-1-propanol, 3,2-metil-1-butanol, asetik asit, 2,3-bütandiol, izobutirik asit ve etil oktanat olduğu ve 45 dakikalık fermentasyon sonrasında özellikle 1-propanol, asetoin ve feniletil alkolde miktarında önemli düzeyde artış olduğu bildirilmiştir ($p<0.05$). Pişirme işleminden sonra ise glutensiz ekmek örneklerinde lipit oksidasyonuna bağlı olarak hekzanal, 1-okten-3-ol ve nonanal belirgin düzeyde artış gösterdiği saptanmıştır ($p<0.05$).

Franco ve ark (2020), değişken oranlarda (%0.5, %1, %1.5, %2) farklı hidrokolloidler (karboksi metil selüloz ve ksantan gam) kullanarak glutensiz ekmek üretimi gerçekleştirmiş ve tatlı patates unu yerine pirinç unu (%100, %75, %50, %25) ikamesinin glutensiz ekmeğin teknolojik ve duyusal kalitesi üzerindeki

etkisini incelemişlerdir. Hidrokolloid içeren ekmeklerin duyusal değerlendirmesinde anlamlı bir fark olmaksızın ($p>0.05$) %2 karboksi metil selüloz (CMC) kullanımı ile daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. CMC ilavesinin glutensiz ekmeklerde düşük spesifik hacme ve yüksek ekmek içi sertliğe neden olduğu araştırmacılar tarafından bildirilmiştir. Çalışmada eşit oranlarda kullanılan ksantan gam-CMC formülasyonlarına ait örneklerin kabuk renginin, diğer formülasyonlardan önemli düzeyde ($p<0.05$) yüksek L^* değerine sahip olduğu, kabuğun kromatiklik diğer parametreleri olan a^* ve b^* değerlerinde ise önemli bir farklılık ($p>0.05$) saptanmadığı kaydedilmiştir.

Sarawong ve ark (2014), yaptıkları çalışmada, glutensiz ekmeği zenginleştirmek ve dirençli nişasta içeriğini arttırmak amacıyla glutensiz buğday nişastası (%50)-pirinç unu (%50) karışımına yeşil muz unu (%0-30) kullanmışlardır. Üretilen ekmeklerin spesifik hacmi, ekmek içi sertliği, gözenek sayısı, ortalama gözenek çapı, gözenek boyutu homojenliği, kabuk ve iç rengi ile dirençli nişasta içeriği belirlenmiştir. Artan fonksiyonel un miktarına bağlı olarak spesifik hacmi yüksek, ekmek iç sertliği düşük, düzenli gözenek boyut dağılımına ve yüksek dirençli nişasta içeriğine sahip glutensiz ekmekler üretilmiştir. Araştırmacılar özellikle dirençli nişasta oranının fırıncılık ürünlerinde karıştırma, fermentasyon ve pişirme işlemleri sırasında azalma gösterdiğini vurgulamışlardır (Abdel-Aal ve Rabalski, 2008). Ancak çalışmada yüksek miktarda (%50.05) dirençli nişasta miktarına sahip muz unu kullanıldığından dolayı bu azalma gözlemlenmemiştir.

Ngemakwe ve ark (2015), glutensiz ekmek üretiminde tüketici tarafından arzu edilebilir nitelikte ürün üretmek amacıyla hidrokolloidlerin ve enzimlerin ürün formülasyonuna dahil edilmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Araştırmacılar özellikle HPMC ve CMC'nin ekmeklerin fiziksel ve duyusal özelliklerini iyileştirdiğini bildirmişlerdir. HPMC'nin hamurun gaz tutma kapasitesini arttırdığını ve su emilimini iyileştirdiğini; CMC'nin hamur elastikiyetini ve ekmek hacmini ($230-267 \text{ cm}^3/100 \text{ g}$) önemli ölçüde arttırdığını vurgulamışlardır.

Korus ve ark (2009), mısır nişastası bazlı glutensiz ekmeklere %10, %15, %20 oranlarında nişasta yerine dirençli nişasta ilave etmişlerdir. Formülasyona eklenen dirençli nişastanın glutensiz ekmek kalitesi üzerine etkisini incelemişlerdir. Çalışmada dirençli nişasta miktarı arttıkça örneklerin hacminin azaldığı, ekmek iç sertliğinin arttığı ve raf ömrünün azaldığı bildirilmiştir. Dirençli nişasta ilavesinin, kontrol grubuna kıyasla toplam diyet lifini %89'a kadar yükselttiğini ve çözünmeyen diyet lifi miktarında %137 artış, çözünür fraksiyonu da ise %18'lik bir artış olduğu kaydedilmiştir.





3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Araştırmada, materyal olarak: Mısır nişastası (Sunar Mısır-Adana), glutensiz buğday nişastası (Demeter Kimya-İzmir), TİP II dirençli nişasta (Fibersol 2-National Starch-ABD), ksantan gam (KG) ve karboksi metil selüloz (CMC) (Tunçkaya-İstanbul), hidrokspipril metil selüloz (HPMC) (Ashland-Belçika), konjak gam (KJG) (Demeter Kimya-Gıda-Türkiye), iyotsuz tuz (Billur Tuz-İzmir), süt tozu ve şeker (Başak Gıda-Konya), maya (Pakmaya-İzmit), ayçiçek yağı (Yudum Gıda İzmir) kullanılmıştır.

Araştırmada baklagil unlarının üretiminde hammadde olarak kullanılan nohut (koçbaşı), mercimek (kırmızı), bezelye (kuru-yeşil) örnekleri 2021 yılı içerisinde Öncü Bakliyat İç ve Dış Tic. firmasından (İstanbul, Türkiye) temin edilmiştir.

3.2. Metot

3.2.1. Fonksiyonel Glutensiz Ekmek Üretimi

3.2.1.1. Birinci Aşama-Hidrokolloid Kombinasyonun Belirlenmesi

Glutensiz ekmek üretimleri, Çukurova Üniversitesi Gıda Mühendisliği Tahıl İşleme Teknolojisi laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada Kitchen Aid marka (KSM 45 model) 1 kg un kapasiteli 58-220 d/dk hız ayarlarına sahip karıştırıcı ve Fimak Marka (Konya), EKF 60x80 Model fırın ve fermantasyon kabini kullanılmıştır.

Araştırmanın birinci aşamasında glutensiz ekmeklerde kullanılacak hidrokolloid kombinasyonunun belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla ana bileşen olarak “mısır nişastası (%70)-pirinç unu (%30)” kullanılarak, farklı hidrokolloidler değişken oranlarda (%2, %4, %6) tek başlarına ve/veya kombinasyonları halinde (KG ve HPMC, CMC, Keçi boynuzu gamı) kullanılarak hamur ve ekmek niteliklerine etkilerini belirlemek için ön denemeler gerçekleştirilmiştir.

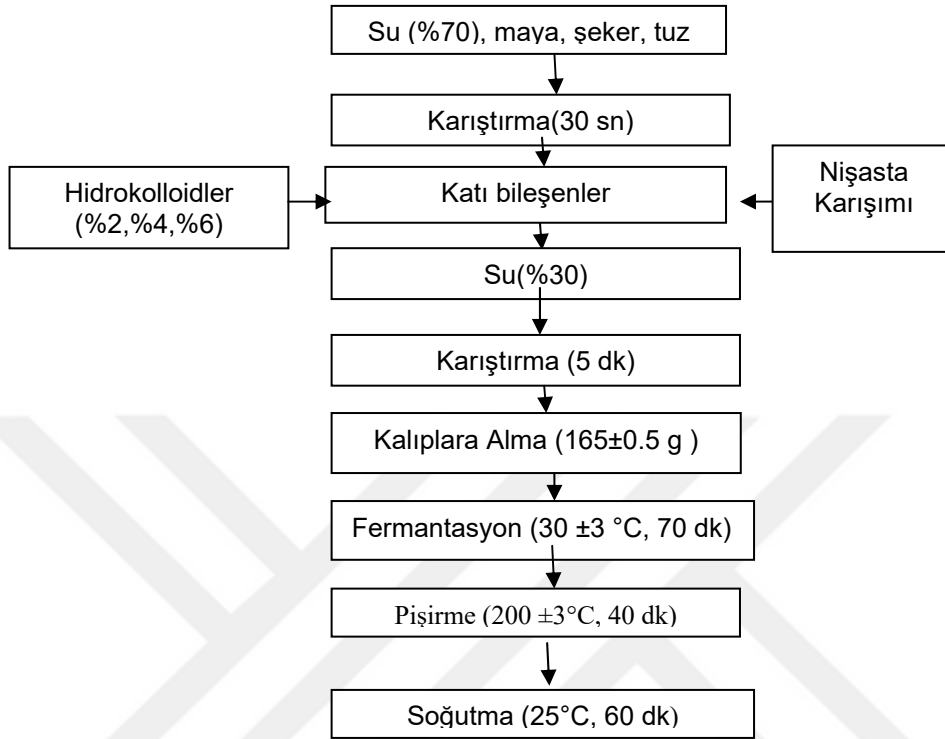
Ön denemelerde; Mısır nişastası (%70)-Pirinç unu (%30) karışımının kullanılmasıyla, üretilen ekmeklerin kalite nitelikleri incelendiğinde; düşük hacim, zayıf renk, numunelerde çökme ve çeşitli kalite sorunlarının olduğu gözlemlenmiştir. Bu doğrultuda çalışma da pirinç unu yerine glutensiz buğday nişastası kullanılarak denemelere devam edilip sorunların giderilmesi sağlanmıştır. Ayrıca denemelerde keçiyoynuzu gamı kullanılmasıyla hamur yapısının oluşmadığı ve hidrokolloidlerin bağlayıcı özelliklerinin yetersiz kaldığı gözlemlenmiştir. Bu nedenlerden dolayı keçiyoynuzu gamı yerine Konjak gam (KJG) ile çeşitli denemeler yapılmış ve hamur yapısı ve ekmek özellikleri bakımından daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmalar sonucunda tespit edilen sorunları giderebilmek amacıyla yeni deneme deseni oluşturulup Çizelge 3.1.'de belirtilen bileşenler kullanılarak Şekil 3.1.'de belirtilen üretim basamakları uygulanmış ve glutensiz ekmek üretimleri gerçekleştirilmiştir. Üretim esnasında, ana bileşen olarak mısır nişastası (%70) ve glutensiz buğday nişastası (%30) karışımı kullanılarak, farklı hidrokolloidler (KG, HPMC, CMC ve KJG) değişken oranlarda (%2, %4, %6) tek başlarına ve/veya kombinasyonları halinde kullanılarak deneme deseni (Çizelge 3.2.) oluşturulmuştur.

Çizelge 3.1. Glutensiz ekmek hamuru bileşimi miktarı (%)

Bileşenin Adı	% Miktarı
Nişasta Karışımı ⁽¹⁾	100.0
Şeker	4.0
Ayçiçek yağı	5.0
SSL (Sodyum stearoillaktilat)	2.5
Tuz	1.5
Maya	4.0
Süt Tozu	4.0
Hidrokolloidler ⁽²⁾	2-4-6
Su	100.0

⁽¹⁾ Mısır Nişastası-Glutensiz Buğday Nişastası, İkinci grup denemelerde ise mısır nişastası glutensiz buğday nişastası yanı sıra dirençli nişasta ve farklı pişirme yöntemleriyle hazırlanan baklagil unları değişken oranlarda kullanılmıştır.

⁽²⁾ Kullanılan hidrokolloid miktarları



Şekil 3. 1. Glutensiz ekmek üretim akım şeması

Çizelge 3.2. Glutensiz ekmek üretiminde kullanılan hidrokolloidlerin cinsi ve % kullanım oranları

Ürün Kodu	Kullanım Oranı (%)	Hidrokolloidler			
		CMC	HPMC	KG	KJG
HD1.1.	2	-	-	100	-
HD1.2.	4	-	-	100	-
HD1.3.	6	-	-	100	-
HD2.1.	2	-	100	-	-
HD2.2.	4	-	100	-	-
HD2.3.	6	-	100	-	-
HD3.1.	2	100	-	-	-
HD3.2.	4	100	-	-	-
HD3.3.	6	100	-	-	-
HD4.1.	2	-	-	-	100
HD4.2.	4	-	-	-	100
HD4.3.	6	-	-	-	100
HD5.1.	2	50	50	-	-
HD5.2.	4	50	50	-	-
HD5.3.	6	50	50	-	-
HD6.1.	2	50	-	50	-
HD6.2.	4	50	-	50	-
HD6.3.	6	50	-	50	-
HD7.1.	2	50	-	-	50
HD7.2.	4	50	-	-	50
HD7.3.	6	50	-	-	50
HD8.1.	2	-	50	50	-
HD8.2.	4	-	50	50	-
HD8.3.	6	-	50	50	-
HD9.1.	2	-	50	-	50
HD9.2.	4	-	50	-	50
HD9.3.	6	-	50	-	50
HD10.1.	2	-	-	50	50
HD10.2.	4	-	-	50	50
HD10.3.	6	-	-	50	50
HD11.1.	2	0.33	0.33	0.33	-
HD11.2.	4	0.33	0.33	0.33	-
HD11.3.	6	0.33	0.33	0.33	-
HD12.1.	2	-	0.33	0.33	0.33
HD12.2.	4	-	0.33	0.33	0.33
HD12.3.	6	-	0.33	0.33	0.33
HD13.1.	2	0.33	-	0.33	0.33
HD13.2.	4	0.33	-	0.33	0.33
HD13.3.	6	0.33	-	0.33	0.33
HD14.1.	2	0.33	0.33	-	0.33
HD14.2.	4	0.33	0.33	-	0.33
HD14.3.	6	0.33	0.33	-	0.33
HD15.1.	2	0.25	0.25	0.25	0.25
HD15.2.	4	0.25	0.25	0.25	0.25
HD15.3.	6	0.25	0.25	0.25	0.25

Üretimleri gerçekleştirilen glutensiz ekmeklerin spesifik hacim, nem, renk ve tekstür özellikleri belirlenmiştir. Örnekler kalite nitelikleri açısından değerlendirildiğinde en iyi ekmek niteliklerini sağlayan hidrokolloid bileşimi olarak HPMC-KG (%4) kararı belirlenmiş ve araştırmanın ikinci aşaması olan “dirençli nişasta ve farklı yöntemlerde üretilen baklagil unları (nohut, mercimek, bezelye) kullanılarak fonksiyonel glutensiz ekmek yapımı” aşamasına geçilmiştir.

3.2.1.1.(1).Nişastalara Uygulanan Kimyasal Analizler

3.2.1.1.(1).(a). Nem Tayini

Örneklerde nem tayini AACC Metot 44-01' e göre gerçekleştirilmiştir. Analizde kullanılan kurutma kapları 130 °C'de sabit tartım ağırlığına gelinceye kadar etüvde (Binder-Almanya, FD-53 Model) kurutulmuştur. Desikatörde soğutulup oda sıcaklığına getirilen kurutma kaplarının daraları kaydedilmiş ve yaklaşık 3±0.1g ağırlığında tartılan örnekler önceden ısıtılmış 105 °C'de 24 saat etüvde kurutma işlemi uygulanmıştır. Sonuçlar aşağıda verilen formül yardımı ile hesaplanarak örneklerin % nem içeriği belirlenmiştir.

$$\% Nem = \frac{M2 - M3}{M2 - M1} \times 100$$

M1: Sabit tartım ağırlığına getirilmiş kurutma kabının darası (g)

M2: Analiz örneği ve kurutma kabının toplam ağırlığı (g)

M3: Kurutma işlemi sonrası analiz örneği ve kurutma kabının toplam ağırlığı (g)

3.2.1.1.(1).(b). Kül Tayini

Örneklerde kül tayini belirlenmesi AACC Metot 08-01.01'a göre gerçekleştirilmiştir. Analizde kullanılan kurutma kapları 130 °C'de sabit tartım ağırlığına gelinceye kadar etüvde (Binder-Almanya, FD-53 Model) kurutulmuştur.

Desikatörde soğutulup oda sıcaklığına getirilen krozelerin daraları kaydedilmiş ve yaklaşık $1\pm0.1g$ ağırlığında tartılan örneklerle önceden ısıtılmış $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de kül fırınında (Carbolite-İngiltere, ELF 11/6B) açık gri renk gözlemleninceye kadar yakma işlemi uygulanmıştır. Sonuçlar aşağıda verilen formül yardımı ile hesaplanarak örneklerin % kül içeriği belirlenmiştir.

$$\% \text{ Kül} = \frac{M3 - M1}{M2 - M1} \times 100$$

M1: Sabit tartım ağırlığına getirilmiş krozenin darası (g)

M2: Analiz örneği ve krozenin toplam ağırlığı (g)

M3: Kurutma işlemi sonrası analiz örneği ve krozenin toplam ağırlığı (g)

3.2.1.1.(1).(c). Protein Tayini

Örneklere protein tayini belirlenmesi AACC Metot 46-12'ye göre gerçekleştirilmiştir. Kjeldahl yöntemi, örnekte organik bileşikler halinde bulunan azotlu bir katalizör eşliğinde derişik H_2SO_4 ile yaş yakma işlemi sonucunda indirgenerek amonyum azotu haline dönüştürülmesi ilkesine dayanmaktadır. Azot, amonyum azotu haline dönüştükten sonra kuvvetli alkali ortamda damıtılarak açığa çıkan amonyak bir asit içinde tutulmuş ve titrasyon ile miktarı belirlenmiştir (Uylaşer ve Başoğlu, 2016). Sonuçlar aşağıda verilen formül yardımıyla hesaplanarak örneklerin % protein içeriği belirlenmiştir.

$$\% \text{ Azot Miktarı} \left(\frac{g}{100g} \right) = \frac{(V1 - V2) \times 0.014}{M} \times 100$$

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

V1: Titrasyonda harcanan $0.1N\text{ H}_2\text{SO}_4$ miktarı (ml)

V2: Kör deneme için titrasyonda harcanan $0.1N\text{ H}_2\text{SO}_4$ miktarı (ml)

N: Titrasyonda kullanılan H_2SO_4 çözeltisinin normalitesi

M: Örnek miktarı (g)

F: 6.25

3.2.1.1.(1).(d). Yağ Tayini

Örneklere yağ tayini belirlenmesi AACC Metot 30-25.01'e göre gerçekleştirilmiştir. Soxhlet yöntemi öncesinde yıkanıp, kurutulmuş ve içerisinde sünger taşı bulunan iki adet balon 1 mg duyarlılıkta tartılarak daraları alınmıştır. Örnekler yaklaşık 10 ± 0.1 mg duyarlılıkta tartılmış ve hekzan ile ıslatılarak kartuş içerisine ilave edilmiştir. Kartuş ekstraktöre yerleştirildikten sonra balona yaklaşık 150 ml (1.5 sifon) çözücü ilave edilmiş ve balon ekstraktör ve soğutucu ile birbirine bağlandıktan sonra 7-8 saatlik ekstraksiyon işlemi uygulanmıştır. Belirtilen süre sonunca ekstraksiyon işlemi sona erdirilmiş ve balon içerisinde bulunan çözücünün büyük kısmı evaporatör yardımıyla uzaklaştırılmıştır. Geriye kalan çözücü ise 100 ± 2 °C'a ayarlı etüvde 2-3 saat bekletilerek uzaklaştırılmıştır. Süre sonunda, balonun son ağırlığı tartılarak içerisinde bulunan yağ miktarı % yağ içeriği olarak aşağıda verilen formül kullanılarak belirlenmiştir (Uylaşer ve Başoğlu, 2016).

$$\% \text{ Yağ İçeriği} = \frac{M2}{M1} \times 100$$

M2: Balonda bulunan toplam yağ miktarı (g)

M1: Örnek Miktarı(g)

3.2.1.1.(2). Glutensiz Ekmek Analizleri

3.2.1.1.(2).(a). Spesifik Hacim

Üretimleri gerçekleştirilen glutensiz ekmek örnekleri pişirme işlemini takiben 4 saat süresince oda sıcaklığında bekletildikten sonra ağırlık ve hacim

değerleri belirlenmiştir. Hacim ölçümü AACC 10-05 yönteminde belirtildiği üzere kolza tohumu ile yer değiştirme esasına göre gerçekleştirilmiştir. Ekmek hacminin ekmek ağırlığına oranlanmasıyla spesifik hacim tespit edilmiştir.

$$\text{Spesifik Hacim} = \frac{V (cm^3)}{M(g)}$$

V: Ekmek örneklerinin hacmi (cm³)

M: Ekmek örneklerinin ağırlığı (g)

3.2.1.1.(2).(b). Nem Tayini

Üretimi gerçekleştirilen glutensiz ekmek örneklerinin % nem içerikleri AACC 44-01'e göre gerçekleştirilmiştir.

3.2.1.1.(2).(c). Renk Tayini

Üretimi gerçekleştirilen glutensiz ekmek örnekleri pişirme işlemini takiben 4 saat süresinde oda sıcaklığında bekletildikten sonra Chroma Meter (Minolta, model CR400, Minolta Camera Company, Osaka, Japan) kullanılarak, renk ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Örneklerin renk değerleri, hem kabuk hem de ekmek için 5 farklı noktadan yapılan ölçümlerin ortalamasının alınması ile belirlenmiştir. Uluslararası Aydınlatma Kurumu (CIE) tarafından geliştirilen renk parametrelerinden L^* , a^* ve b^* değerleri kullanılarak sonuçlar hesaplanmıştır (Komerovski ve ark., 2021). L^* : Rengin parlaklığı (0: Siyah, 100: Beyaz), a^* : Kırmızılık Yeşillik (-60: Yeşil, +60: Kırmızı), b^* : Sarılık Mavilik (-60: Mavi, +60: Sarı) hakkında bilgi veren indekstir (Coda ve ark., 2010).

3.2.1.1.(2).(d). Tekstür Analizi

Piştirilen glutensiz ekmekler oda sıcaklığına geldikten sonra polietilen torbalar içinde hava almayacak şekilde muhafaza edilmiş ve 24. saatte tekstürel

özellikleri TA. XT-plus Texture Analyzer (Stable Micro Systems, İngiltere) cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Analiz esnasında kullanılan parametreler Çizelge 3.7. verilmiştir (Matos ve Rosell, 2012; Toth ve ark., 2022). Kabuk kısımlarını içermeyen 2.5 cm kalınlığında ve yaklaşık 5cm x 5cm x 2.5 cm boyutlarında olmak üzere kesilen glutensiz ekmek örnekleri tekstür profil analizi gerçekleştirilmek üzere hazırlanmış ve analiz sonucunda örneklerle ait sertlik, yapışkanlık, elastikiyet ve çiğnenebilirlik özelliklerine ilişkin ölçümler sonuçları elde edilmiştir (Skara ve ark., 2013).

Çizelge 3.3. Tekstür analiz parametreleri

Başlık	36 mm çapında silindir paslanmaz Çelik
Yükleme ağırlığı	5 kg
Tetik kuvveti	5 g
Test Öncesi Hızı	2 mm/s
Test Hızı	2 mm/s
Test Sonrası Hızı	2 mm/s
Deformasyon oranı	%50 Sıkıştırma
Süre	30 sn

3.2.1.2. İkinci Aşama-Dirençli Nişasta ve Baklagil Unları Kullanılmasıyla Glutensiz Ekmek Üretimi

Araştırmanın ikinci aşamasında mısır nişastası-glutensiz buğday nişastası “%10, %20 ve %30 oranlarında, TİP II dirençli nişasta ve baklagil unları tek başlarına ve karışımlar halinde ikame edilerek” (Çizelge 3.3. ve Çizelge 3.4) ekmek üretimleri üretilen ekmeklerin kalite özelliklerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu amaca yönelik farklı yöntemler kullanılarak pişirilmiş nohut, mercimek ve bezelye unları üretilmiştir. Bu yöntemler fiziksel (öğütme), biyokimyasal (çimlendirme) ve termal (haşlama, kavurma, mikrodalga) olmak üzere üç ana kategoriye ayrılmış olup çalışmamızda haşlama ve mikrodalgada

pişirme yöntemleri kullanılarak un formu elde edilmiştir. Haşlama yöntemi geleneksel bir metot olup baklagillerin besinsel ve yapısal özelliklerini etkilemektedir. Mikrodalga yöntemi ise besinsel nitelikleri iyileştirmesinin yanı sıra son yıllarda özellikle geleneksel yönteme kıyasla enerji tasarrufu sağlaması ve kullanım kolaylığı nedeniyle baklagil unu üretiminde tercih edilmektedir. Çalışmamızda bu yöntemlerin hem hammadde hemde glutensiz ekmek niteliklerine etkileri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Çizelge 3.4. Mısır nişastası-glutensiz buğday nişastası, dirençli nişasta ve haşlama yöntemiyle üretilen baklagil unları kullanım oranları (%)

Ürün Kodu	Mısır Nişastası+Glutensiz Buğday Nişastası Oranı (%)	Dirençli Nişasta (%)	Baklagil Unu Kullanım Oranları (%)		
			Nohut	Mercimek	Bezelye
HF1	100	-	-	-	-
HF2	90	10	-	-	-
HF3	80	20	-	-	-
HF4	70	30	-	-	-
HF5	90	-	10	-	-
HF6	80	-	20	-	-
HF7	70	-	30	-	-
HF8	90	-	-	10	-
HF9	80	-	-	20	-
HF10	70	-	-	30	-
HF11	90	-	-	-	10
HF12	80	-	-	-	20
HF13	70	-	-	-	30
HF14	90	2.5	2.5	2.5	2.5
HF15	80	5	5	5	5
HF16	70	7.5	7.5	7.5	7.5

HF:Haşlama unu ürün formülasyonu

Çizelge 3.5. Mısır nişastası-glutensiz buğday nişastası, dirençli nişasta ve mikrodalgada pişirme yöntemiyle üretilen baklagil unları kullanım oranları (%)

Ürün Kodu	Mısır Nişastası+Glutensiz Buğday Nişastası Oranı (%)	Dirençli Nişasta (%)	Baklagil Unu Kullanım Oranı (%)		
			Nohut	Mercimek	Bezelye
MDF1	100	-	-	-	-
MDF2	90	10	-	-	-
MDF3	80	20	-	-	-
MDF4	70	30	-	-	-
MDF5	90	-	10	-	-
MDF6	80	-	20	-	-
MDF7	70	-	30	-	-
MDF8	90	-	-	10	-
MDF9	80	-	-	20	-
MDF10	70	-	-	30	-
MDF11	90	-	-	-	10
MDF12	80	-	-	-	20
MDF13	70	-	-	-	30
MDF14	90	2.5	2.5	2.5	2.5
MDF15	80	5	5	5	5
MDF16	70	7.5	7.5	7.5	7.5

MDF:Mikrodalga unu ürün formülasyonu

3.2.1.2.(1). Baklagil Unları Üretimi

-Haşlama Yöntemi ile Pişirme

Haşlama yöntemiyle baklagil unu eldesinde; öncelikle nohut, mercimek, bezelye örnekleri $22^{\circ}\text{C} \pm 2'$ de 12 saat süresince distile su kullanarak ıslatma işlemine tabi tutulmuştur (1:10 g/ml). Islatma işleminden sonra sırasıyla örnekler 45 dk, 30 dk ve 40 dk süresince ağzı kapaklı çelik tencerede pişirilmiştir. Pişirme işleminden sonra pişirme suyu süzülerek baklagiller fazla suları alınmak ve soğutmak amacıyla ortalama 20 dakika süresince kağıt havlu üzerine bırakılmıştır. Bu işlemlerin ardından etüvde 105°C 'de 8 saat kurutmaya tabi tutulmuş ve

kurutulan örnekler öğütülmüştür. Öğütme işlemi sırasında çift bıçaklı bitkisel ürün değirmeninde (3500 W, 28.000 rpm) yaklaşık 15 saniye süreyle öğütme yapılmıştır. Ardından örnekler 215 µm eleklerden elenmiş ve glutensiz ekmeklerin zenginleştirilmesinde kullanılmak üzere polietilen ambalajlar içerisinde 4 °C’ de muhafaza edilmiştir (Ouazib ve ark., 2016).

-Mikrodalga Yöntemi ile Pişirme

Mikrodalga yöntemiyle baklagil unu eldesinde; öncelikle nohut, mercimek, bezelye örnekleri 22°C ± 2’de 12 saat süresince distile su kullanarak ıslatma işlemine tabi tutulmuştur (1:10 g/ml). Islatma işleminden sonra örnekler, borosilikattan yapılmış cam kase içerisine 10 cm yükseklikte olacak biçimde yerleştirilmiş ve ev tipi mikrodalga fırında (Beko MD-2610, 2500 MHz, Türkiye) 700 w 15 dk, 20 dk ve 25 dk süresince pişirilmiştir. Pişirme işleminden sonra pişirme suyu süzülerek fazla suları alınmak ve soğutmak amacıyla ortalama 20 dakika süresince kağıt havlu üzerine bırakılmıştır. Bu işlemlerin ardından etüvde 105 °C’de 8 saat kurutmaya bırakılmış ve kurutulan örnekler öğütülmüştür. Öğütme işlemi sırasında çift bıçaklı bitkisel ürün değirmeninde (3500 W, 28.000 rpm) yaklaşık 15 saniye süreyle öğütme yapılmıştır. Ardından örnekler 215 µm eleklerden elenmiş ve glutensiz ekmeklerin zenginleştirilmesinde kullanılmak üzere polietilen ambalajlar içerisinde 4 °C’ de muhafaza edilmiştir (Ouazib ve ark., 2016).

3.2.1.2.(2). Baklagil Unlarında Yapılan Kimyasal Analizler

3.2.1.2.(2).(a). Nem Tayini

Baklagil unlarında nem tayini 3.2.1.1.(1).(a). başlığı altında belirtilen yöntem uyarınca gerçekleştirilmiştir.

3.2.1.2.(2).(b). Kül Tayini

Baklagil unlarının yağ tayini 3.2.1.1.(1).(b). başlığı altında belirtilen yöntem uyarınca gerçekleştirilmiştir.

3.2.1.2.(2).(c). Protein Tayini

Baklagil unlarının proten içeriği 3.2.1.1.(1).(c). başlığı altında belirtilen yöntem uyarınca gerçekleştirilmiştir.

3.2.1.2.(2).(d). Yağ Tayini

Baklagil unlarının yağ içeriği 3.2.1.1.(1).(d). başlığı altında belirtilen yöntem uyarınca gerçekleştirilmiştir.

3.2.1.2.(2).(e). Mineral Madde Tayini

Baklagil unu örneklerindeki Ca, Fe, Mg ve K elementlerinin analizi için 400 mg numune 5 ml sülfirik asit kullanılarak mikrodalga yakma ünitesinde (Berghof speedwawe MWS-2 Almanya) yağ yakma metodu kullanılarak yakılmıştır. Yakma işlemi sonrasında elde edilen çözeltilerin mineral madde miktarları atomik absorpsiyon spektrometresi cihazı kullanılarak (Perkin Elmer Analyst 400 Atomik Absorpsiyon Spektrometresi, A.B.D) tespit edilmiştir (Audu ve Aremu, 2011). Sonuçlar kurumadde cinsinden verilmiştir.

3.2.1.2.(2).(f). Toplam, Çözünür ve Çözünmez Diyet Lif Tayini

Baklagil unu örneklerinin, toplam, çözünür ve çözünmez diyet lif miktarları AOAC Metot 991.43'e göre gerçekleştirilmiştir. Yönteme göre, 1 g örnek üzerine 40 mL MES-TRIS tampon çözeltisi (pH 8.2, 24 °C'de) konulmuş, üzerine 50µL α-amilaz ilave edilerek 95-100 °C'deki su banyosunda 35 dk bekletilmiştir. Süre sonunda soğutulan karışımların üzerine 10 ml saf su ve 100 µL proteaz konularak 60 °C'deki su banyosunda 30 dk tutulmuştur. Su banyosundan alınan örneklerle 5 mL 0.561 N HCl ilave edilmiş ve pH'ları 4.5'e ayarlanmıştır.

Üzerlerine 200 µL amiloglukozidaz konulan örnekler tekrar 60 °C'deki su banyosunda 30 dk bekletilmiştir. Süre sonunda filtrasyon yapılmış ve gooch krozelerine 70 °C'deki 10 mL su konularak kroze üzerinde kalan materyal yıkanmıştır. Krozeden geçen filtrat ve yıkama suyu üzerine 225 mL %95'lik etil alkol (60 °C'de) ilave edilerek 1 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda filtrasyon uygulanarak, kroze üzerinde kalan kısım sırasıyla 7 mL %95'lik etil alkol, 7 mL %78'lik etil alkol ve 7 mL aseton ile yıkanmıştır. Hem çözünür lif hem de çözünmez lif bulunan krozeler 103 °C'de ki etüvde kurutularak tartılmış, protein ve kül miktarları belirlenen örneklerin çözünür ve çözünmez diyet lif miktarları belirlenmiştir. Sonuçlar kurumadde cinsinden verilmiştir.

3.2.1.3. Glutensiz Ekmek Niteliklerinin Belirlenmesi

Çizelge 3.3 ve 3.4' de belirtilen kombinasyonlar kullanılarak glutensiz ekmekler üretilmiş ve kalite analizleri gerçekleştirilmiştir.

3.2.1.3.(1). Spesifik Hacim

Örneklerin spesifik hacmi 3.2.1.1.(2).(a). başlığı altında belirtilen yöntem uyarınca gerçekleştirilmiştir.

3.2.1.3.(2). Nem Tayini

Örneklerin nem tayini 3.2.1.1.(2).(b). başlığı altında belirtilen yöntem uyarınca gerçekleştirilmiştir.

3.2.1.3.(3). Renk Tayini

Örneklerin renk tayini 3.2.1.1.(2).(c). başlığı altında belirtilen yöntem uyarınca gerçekleştirilmiştir.

3.2.1.3.(4). Tekstür Analizi

Örneklerin tekstür analizi 3.2.1.1.(2).(d). başlığı altında belirtilen yöntem uyarınca gerçekleştirilmiştir.

3.2.1.3.(5). Duyusal Analiz

Glutensiz ekmek örneklerinde duyusal analiz araştırmanın 2. Aşamasının sonunda gerçekleştirilmiş olup belirlenen 12 adet glutensiz ekmek örneği Çukurova Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Duyusal Analiz Laboratuvarında 15 adet panelist tarafından değerlendirilmiştir (Çizelge 3.5.). Değerlendirme öncesi panelistlere bilgilendirme eğitimi verilmiş ve duyusal olarak değerlendirilmeleri istenen ölçütlere ilişkin bilgiler yazılı ve sözlü olarak anlatılmıştır. Değerlendirmede glutensiz ekmekler bütün ve dilimlenmiş olacak şekilde rastgele sayılarla kodlanarak panelistlere sunulmuştur. EK 4’de verilen duyusal analiz formuna göre ekmekler kabuk rengi, ekmek iç rengi, tat ve aroma, koku, tekstür, çiğnenebilirlik, gözenek yapısı ve genel kabul edilebilirlik parametreleri açısından değerlendirilmiştir. Değerlendirmede 1(çok kötü)-5(çok iyi) olacak şekilde hedonik skala kullanılmıştır (Feizollahi ve ark., 2018). Analiz sonuçları örümcek ağı diyagramı kullanılarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 3.6. Duyusal analize tabi tutulan glutensiz ekmek örnekleri formülasyonu (%)

Ürün Kodu	Nişasta Karışımı	Dirençli Nişasta Oranı(%)	Baklagil Unları Oranları (%)					
			Haşlama Yöntemi			Mikrodalga Yöntemi		
			Nohut	Mercimek	Bezelye	Nohut	Mercimek	Bezelye
H1(K)	100	-	-	-	-	-	-	-
HF2	90	-	10	-	-	-	-	-
HF3	70	-	-	30	-	-	-	-
HF4	70	-	-	-	30	-	-	-
HF5	80	5	5	5	5	-	-	-
HF6	70	7.5	7.5	7.5	7.5	-	-	-
H1(K)	100	-	-	-	-	-	-	-
MDF2	90	-	-	-	-	10	-	-
MDF3	70	-	-	-	-	-	30	-
MDF4	70	-	-	-	-	-	-	30
MDF5	80	5	-	-	-	5	5	5
MDF6	70	7.5	-	-	-	7.5	7.5	7.5

H1(K): Kontrol(%4 HPMC-KG), HF2:%10 nohut, HF3:%30 mercimek, HF4: %30 Bezelye, HF5: %5 Karışım
 HF6: %7.5 Karışım,MDF2:%10 nohut, MDF3: %30 mercimek, MDF4: %30 Bezelye, MDF5: %5 Karışım,
 MDF6: %7.5 Karışım

3.2.1.4. Üçüncü Aşama-Fonksiyonel Glutensiz Ekmekler Analizleri

Çalışmanın üçüncü aşamasında, ikinci aşamada gerçekleştirilen analizler neticesinde seçim yapılan glutensiz ekmekler mineral madde, toplam, çözünür, çözünmez diyet lif, biyoaktif bileşenler ve aroma maddeleri bakımından değerlendirilmiş ve baklagil unlarının fonksiyonel glutensiz ekmek üretimi üzerine etkileri incelenmiştir (Çizelge 3.6.).

Çizelge 3.7. Mineral madde, toplam diyet lif, biyoaktif bileşenler ve aroma maddeleri miktarı belirlenen glutensiz ekmekleri formülasyonu (%)

Ürün Kodu	Nişasta Karışımı	Dirençli Nişasta Oranı(%)	Baklagil Unları Oranları (%)					
			Haşlama Yöntemi			Mikrodalga Yöntemi		
			Nohut	Mercimek	Bezelye	Nohut	Mercimek	Bezelye
H1(K)	100	-	-	-	-	-	-	-
HF2	90	-	10	-	-	-	-	-
HF3	70	-	-	30	-	-	-	-
HF6	70	7.5	7.5	7.5	7.5	-	-	-
H1(K)	100	-	-	-	-	-	-	-
MDF2	90	-	-	-	-	10	-	-
MDF3	70	-	-	-	-	-	30	-
MDF6	70	7.5	-	-	-	7.5	7.5	7.5

H1(K): Kontrol(%4 HPMC-KG), HF2:%10 nohut, HF3:%30 mercimek, HF6: %7.5 Karışım, MDF2:%10 nohut, MDF3: %30 mercimek, MDF6: %7.5 Karışım

3.2.1.4.(1). Mineral Madde Tayini

Glutensiz ekmek örneklerinin mineral madde içerikleri belirlenirken 3.2.1.2.(2).(e)' de belirtilen yöntem uygulanmıştır.

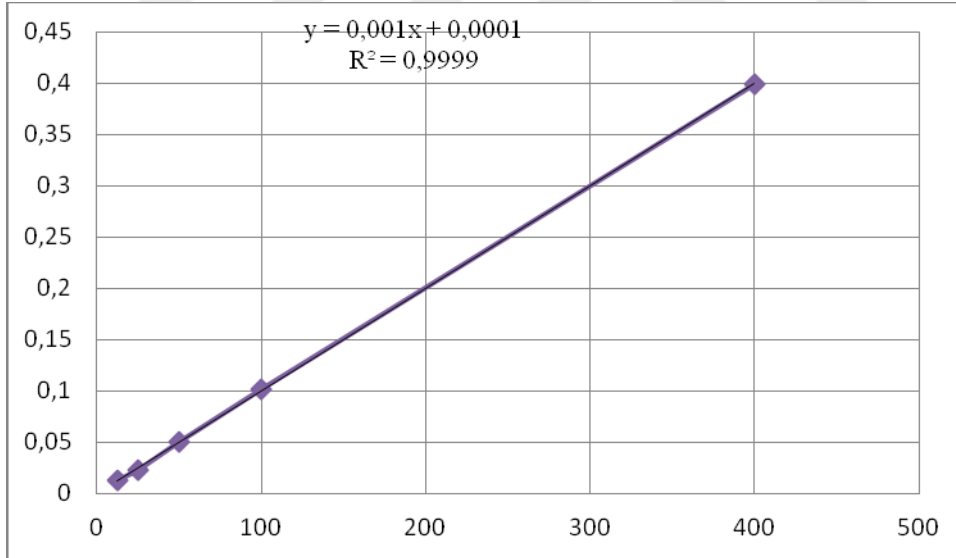
3.2.1.4.(2). Toplam, Çözünür ve Çözünmez Diyet Lif Tayini

Glutensiz ekmek örneklerinin mineral madde içerikleri belirlenirken 3.2.1.2.(2).(f)' de belirtilen yöntem uygulanmıştır.

3.2.1.4.(3). Toplam Fenolik Madde Tayini

Toplam fenolik madde ekstraksiyon işlemi için Bourekoua ve ark (2018), tarafından geliştirilen yöntem uygulanmıştır. Kurutulmuş ve toz haline getirilmiş glutensiz ekmek örneklerinden 5 g alınmış ve 50 mL solvent içerisinde (metanol:saf su,8:2,h:h) oda sıcaklığında 30 dk süresince ekstrakte edilmiştir. Süre sonunda elde edilen ekstraktlar 4500 g'de 15 dk boyunca santrifüj edilmiştir.

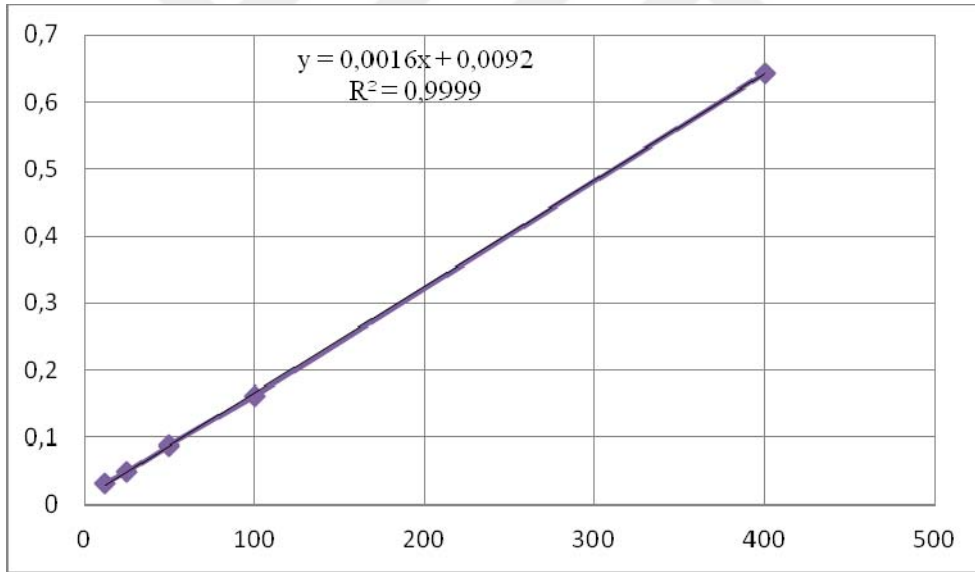
Toplam fenolik madde Singleton ve Rossi (1965) tarafından belirtilen yöntem modifiye edilerek Folin-Ciocalteu reaktifi ile spektrofotometrede belirlenmiştir. Ekstraktlardan 0.1 ml alınarak üzerine 0.5 mL Folin-Ciocalteu (reaktif:saf su karışımı, 1:10, h:h) reaktifi ilave edilerek 5 dk bekletilmiştir. Daha sonra bu karışıma 0.4 mL %20' lik sodyum bikarbonat ilave edilmiş ve 90 dk oda koşullarında ışık almayan ortamda bekletilmiştir. Belirtilen süre sonunda UV-VIS spektrofotometre (UV-1601, Rayleigh, BFRL, China) ile 765 nm'de absorbans değerleri okunmuştur. Analiz her bir örnek için 3 tekerrürlü olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Glutensiz ekmek örneklerine ait toplam fenolik madde içeriği hesaplanırken farklı konsantrasyonlarda hazırlanan (5, 10, 25, 50, 100, 250 ppm) gallik asit standartlarının aynı yöntemle belirlenen absorbanslarından elde edilen kalibrasyon eğrisi kullanılmıştır (Şekil 3.2.). Sonuçlar bu grafikten elde edilen formüle göre hesaplanmış ve kurumada cinsinden verilmiştir.



Şekil 3.2. Gallik asit kalibrasyon eğrisi

3.2.1.4.(4). DPPH Radikal Temizleme Aktivite Tayini

Antioksidan aktivite tayininde, ekstrakt eldesinde toplam fenolik madde miktarı tayininde kullanılan yöntem uygulanmıştır (Brand-William ve ark., 1995). Elde edilen ekstraktlardan 100 µL ekstrakt üzerine 3.9 mL DPPH (2,2, difenil-1-pikril hidrazil) çözeltisi (2.36 mg/100 mL metanol) eklendikten sonra 30 dk ışık almayan karanlık ortamda bekletilmiştir. Belirtilen süre sonunda 515 nm dalga boyunda absorbans değerleri UV-VIS spektrofotometreyle ölçülmüştür. Açıklaması yapılan aynı işlem kör (örnek içermeyen) numuneye de uygulanmış ve örneklerin radikal temizleme aktiviteleri Trolox ((±)-6-Hidroksi-2,5,7,8-tetrametilkroman-2-karboksilik asit) ile oluşturulan kalibrasyon eğrisi kullanılarak hesaplanmış ve kurumadde cinsinden verilmiştir (Şekil 3.3.).

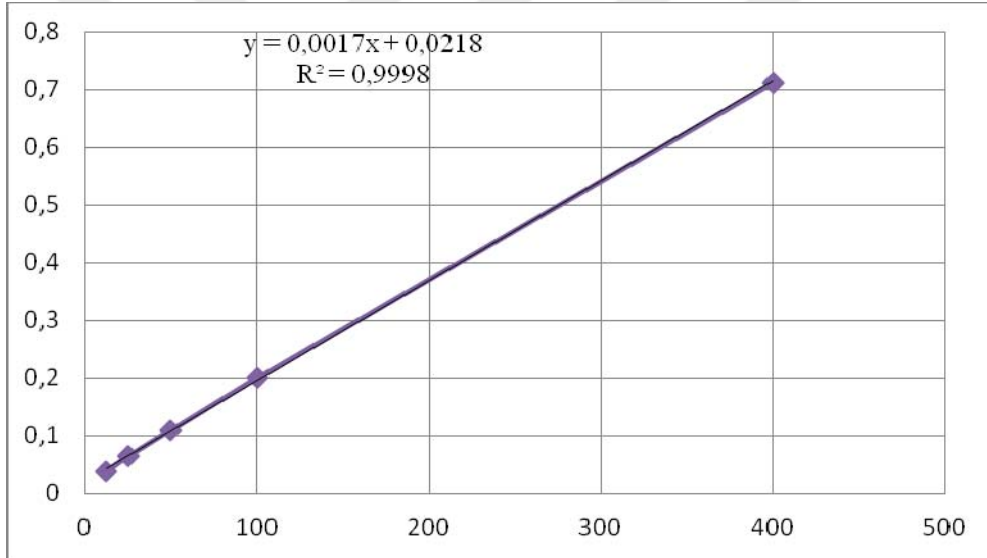


Şekil 3.3. DPPH yönteminde Trolox ile elde edilen kalibrasyon eğrisi

3.2.1.4.(5). ABTS Radikal Yakalama Aktivitesi Tayini

ABTS yöntemi Saafi ve ark. (2009)'nın metoduna göre gerçekleştirilmiştir. Bu yöntem için 7 mM ABTS (2,2'-Azino-bis 3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic

asit) 2.45 mM potasyum bisülfat ile karıştırılarak karanlık ortamda 12-16 saat bekletilerek daha sonra bu solüsyon sodyum asetat (pH 4.5) tamponu ile spektrofotometrede 734 nm dalga boyunda 0.700 ± 0.01 absorbans olacak şekilde seyreltilmiştir. Daha sonra seyreltilmiş örneklerden 20 μ L alınarak üzerine 2.98 mL tampon karıştırılmış ve 10 dakika sonra spektrofotometrede 734 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Açıklaması yapılan aynı işlem kör (örnek içermeyen) numuneye de uygulanmış ve örneklerin radikal temizleme aktiviteleri Trolox (($\pm$)-6-Hidroksi-2,5,7,8-tetrametilkroman-2-karboksilik asit) ile oluşturulan kalibrasyon eğrisi kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar kurumadde cinsinden verilmiştir (Şekil 3.4.).



Şekil 3. 4. ABTS yönteminde Trolox ile elde edilen kalibrasyon eğrisi

3.2.1.4.(6). Aroma Maddeleri Tayini ve Miktarlarının Hesaplanması

Örnek Hazırlama

Aroma maddeleri analizi için Ruiz ve ark (2003) belirttiği yöntem uyarınca 210 °C'de 30 dakika boyunca pişirilen glutensiz ekmek örnekleri 25 dk oda koşullarında soğumaya bırakılmıştır. Süre sonunda ekmeklerin orta noktalarından 2

cm'lik dilimler kesilmiş ve sıvı azot gazı ile dondurulmuştur. Dondurma işleminin ardından öğütücü yardımıyla toz haline getirilmiş ve analize kadar -18 °C de hava almayacak ambalaj materyali içerisinde muhafaza edilmiştir.

Glutensiz ekmek örneklerinde aroma maddelerinin miktarı ve tanımlanması “Agilent 7890B” marka gaz kromatografisi, buna bağlı “Agilent 7010B MS” kütle spektrometresi kullanılmıştır. Böylece aynı zamanda hem miktar hem de tanımlama tayini yapılmıştır.

Aroma maddelerinin miktar tayininde Katı Faz Mikroekstraksiyon (SPME) yöntemi uygulanarak 20 mL'lik hacimlik vial içerisine 3.0 g toz numuneler ve 40 µg 2-metil 3- heptanon iç standart ilave edilmiştir. Daha sonra 60 °C'de 15 dk bekletilmiştir. Ekstraksiyon işlemi Katı Faz Mikro Ekstraksiyon (SPME) aparatı 85 µm'lik Karboksen/Polidimetilsiloksan (CAR/PDMS) kaplı fiber-vial enjeksiyonu ile gerçekleştirilmiştir. Fiber 40 °C'de 30 dk tepe boşluğuna tutunarak aroma maddelerinin fiber yapısına geçmesi sağlanmıştır. Aroma maddelerinin ayrımı DB-WAX kapiler kolon 60 m x 0.25mm i.d x 0.25 µm, J&W Scientific-Folsom, USA) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Enjeksiyon sıcaklığı 250 °C, kolon sıcaklığı, kolon sıcaklığı 40 °C'de 4 dakika beklemeden sonra dakikada 3 °C artırılarak 90 °C'ye, sonra dakikada 4 °C artırılarak 130 °C'ye çıkarılmış bu sıcaklıkta 4 dk bekledikten sonra da dakikada 5°C artırılarak sıcaklık 240 °C'ye ayarlanmış ve bu sıcaklıkta 8 dk sabit kalacak şekilde programlanmıştır. Cihaza enjekte edilecek miktar 3 µL'dir. Taşıyıcı gaz olarak helyum kullanılmıştır. Helyumun akış hızı 1.5 mL/dk, enjektör sıcaklıkları 250 °C'dir.

Ayrımı gerçekleştirilen aroma maddelerinin tanımlanmasında yukarıda belirtilen gaz kromatografisine bağlı “Agilent 7010B MS” marka kütle spektrometresi kullanılmıştır. Enjektör tipi ve sıcaklık programı GC ile aynı koşullara sahiptir. Taşıyıcı gaz olarak kullanılan helyumun hızı 1.5 mL/dk olarak ayarlanmıştır. Kütle spektrometresinin iyonlaşma enerjisi 70 eV, iyon kaynağı sıcaklığı 250 °C, kuadropol sıcaklığı 120 °C tutularak, 1 saniye aralıklarla 29-350 kütle/yük (m/e) arasında tarama yapılmıştır. Piklerin tanısı, standardı bulunan

bileşikler için standart çözelti enjekte edilerek, standardı olmayan bileşikler için kütle spektrumunun bilgisayar hafızasındaki aroma maddeleri kütüphanelerindeki (Wiley 7.0, NIST-98, ve Flavor.2L) kütle spektrumlarıyla karşılaştırılması yoluyla yapılmıştır. Piklerin tanısından sonra aroma maddelerinin konsantrasyonları iç standart yöntemiyle hesaplanmıştır (Schneider ve ark., 2001; Selli ve Kelebek, 2011). Her bir analiz 3'er tekerrürlü olarak yapılmıştır.

GC-MS Koşulları

Sistem: Agilent 7890B GC, 7010B MS

Kolon: DB-Wax kolon (60 m x 0.25 mm i.d x 0.5 µm, J&W Scientific-Folsom, USA)

Enjeksiyon sıcaklığı: 250 °C

Kolon sıcaklığı: 40 °C de, 10 dakikada ve bir 4 °C artış göstererek 220 °C'ye ayarlanmıştır.

Taşıyıcı gaz: Helyum (1.5 mL/dk)

Elektron enerjisi: 70 eV

Kütle aralığı: 30-600 m/z

Aroma Maddeleri Miktarlarının Hesaplanması

Piklerin tanısından sonra aroma maddelerinin miktarlarını hesaplamak için, standart bileşiklerden kalibrasyon eğrileri elde edilmiş ve iç standart yöntemiyle aşağıdaki formül kullanılarak miktarlar hesaplanmıştır.

$$C_i = (A_i / A_{st}) \times C_{st} \times RF \times HF$$

C_i : Bileşiğin konsantrasyonu

A_i : Bileşiğin pik alanı

A_{st} : İç standartın pik alanı

C_{st} : İç standartın konsantrasyonu (5 µL/100 mL)

RF : Cevap faktörü

HF : Hesaplama faktörü (örnek miktarının kg'a çevrilmesi için faktör: 10).

3.2.2. İstatistiksel Analiz

Çalışma kapsamında elde edilen bulgular SPSS 20 (SPSS Inc., ABD) istatistik programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Baklagil unlarına pişirme yöntemlerinin etkisi İkili bağımlı T testi kullanılarak, glutensiz ekmeklerin fizikokimyasal, tekstürel, duyuşal, biyoaktif ve aroma miktarı arasındaki farklar ise Tek Yönlü ANOVA (One Way ANOVA) analizi kullanılarak değerlendirilmiştir. Önemli bulunan farklılıklara Duncan Çoklu Karşılaştırma uygulanmış olup önem düzeyi 0.05 kabul edilmiştir.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA**Çalışmanın birinci aşamasında,**

-Hammadde olarak kullanılan mısır nişastası ve glutensiz buğday nişastası örneklerinin bazı kimyasal ve fonksiyonel özellikleri belirlenmiş,

-Mısır nişastası–glutensiz buğday nişastası (%70-%30) karışımı ve 4 farklı hidrokolloidin “ksantan gam (KG), hidroksipropil metil selüloz (HPMC), karboksil metil selüloz (CMC) ve konjak (KJG) gam” 3 farklı konsantrasyonda (%2, %4, %6) tek başlarına ve kombinasyonlar halinde kullanımının glutensiz ekmek örneklerinin fiziksel, kimyasal, tekstürel ve duyuşal özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Çalışmanın ikinci ve üçüncü aşamasında,

Birinci aşamasında yapılan çalışma ve analizler sonucunda en iyi ekmek niteliklerini sağladığı belirlenen bitkisel gam kombinasyonu (%4 HPMC-KG) kullanılarak glutensiz ekmek yapımında değişken oranlarda, dirençli nişasta ve farklı pişirme yöntemleriyle üretilen baklagil unları (nohut, mercimek, bezelye) ilave edilerek fonksiyonel glutensiz ekmek üretimleri gerçekleştirilmiştir. Örneklerin teknolojik, mineral madde, toplam diyet lif, toplam fenolik madde, antioksidan kapasite (DPPH ve ABTS), aroma bileşikleri ve duyuşal özellikleri belirlenmiştir.

Tüm çalışmalar 3'er tekerrürlü olarak yapılmıştır.

4.1. Birinci Grup Çalışmalar**4.1.1. Nişastaların Kimyasal Bileşimi**

Glutensiz ekmek üretiminde hammadde olarak kullanılan mısır nişastası ve glutensiz buğday nişastasına ait kimyasal bileşim değerleri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Mısır nişastası ve glutensiz buğday nişastası kimyasal kompozisyonu (%)

Hammadde	Nem (%)	Kül (%)	Protein (%)	Yağ (%)
Mısır Nişastası	10.65±0.03	0.13±0.1	0.41±0.01	0.18±0.01
Glutensiz Buğday Nişastası	11.4±0.04	0.11±0.2	0.35±0.02	0.17±0.01

Ulusal Gıda Kompozisyonu Veri Tabanı'na göre mısır nişastasının ortalama nem, kül, protein ve yağ içeriği sırasıyla %8.37, %0.08, %0.19 ve %0.78 olarak belirtilmiştir (Anonim, 2022). Çalışmamızda mısır nişastasının nem %10.65, kül %0.13, protein %0.41 ve yağ miktarı %0.18 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.1.). Çizelge 4.1'de verilen mısır nişastası kimyasal bileşimi incelendiğinde, glutensiz ekmek üretiminde hammadde olarak kullanılan mısır nişastasına ait bileşimlerin Ulusal Gıda Kompozisyonu Veri Tabanı verileri ile benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir.

Horstman ve ark (2017), yapmış oldukları çalışmada, mısır, ve glutensiz buğday nişastası örneklerinin nem (%), protein (%), yağ (%) ve toplam karbonhidrat (%) içeriklerini sırasıyla 12.2, 12.8; 0.04, 0.10; 0.26, 0.50; 92.5, 97.4 olarak tespit etmişlerdir. Araştırmacılar örneklerin nem içerikleri arasında önemli düzeyde farklılık saptamazken ($p>0.05$) en yüksek karbonhidrat miktarının glutensiz buğday nişastasına ait olduğunu vurgulamışlardır. Yağ içeriğinin nişasta kaynağına bağlı olarak değişkenlik gösterdiği ve tahıl kökenli grupların (buğday, mısır, pirinç) kök ve yumru kökenlilere (patates, tapyoka) kıyasla daha yüksek yağ içeriğine sahip olduğu bildirilmiştir (Schirmer ve ark., 2012). Nişastanın yapısında bulunan lipit miktarı, pişirme işlemi ve depolama sırasında kazandırdığı teknolojik özelliklerinden dolayı ekmek yapımında önemlidir (Chung ve ark., 2009). Özellikle glutensiz ekmeklerde polar lipidler yüzey aktif bileşen olarak davranırlar, karıştırma ve pişirme sırasında gaz hücrelerinin stabilitesini korurlar,

fermantasyonda üretilen karbondioksit gazının daha fazla tutunmasını sağlarlar. Bu tutunma, glutensiz ekmek hacminin artışına ve ekmek içi tekstürel yapının gelişimine katkıda bulunmaktadır (Pareyt ve ark., 2011). Mısır ve glutensiz buğday nişastasının kimyasal kompozisyonunun glutensiz ekmek hacmini, patates nişastası bazlı örneklerle kıyasla arttırdığı ve nihai ürünün kabul edilebilirliğini arttırdığı Horstman ve ark (2017) tarafından bildirilmiştir.

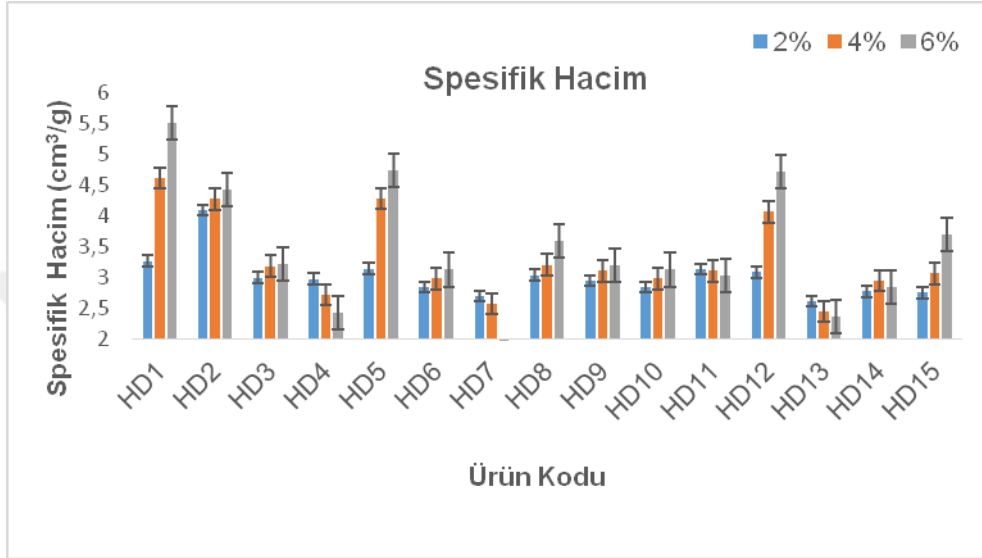
4.1.2. Glutensiz Ekmeklerin Nitelikleri

Çalışmanın birinci aşamasında farklı hidrokolloid kombinasyonu ve konsantrasyonlarının glutensiz ekmek nitelikleri üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla örneklerin spesifik hacim, nem, renk ve tekstürel analizleri gerçekleştirilmiş ve sonuçları literatür verileri ile kıyaslanarak değerlendirilmiştir. Çalışmada üretilen gerçekleştirilen glutensiz ekmeklere ait görseller EK1’ de verilmiştir.

4.1.2.1. Spesifik Hacim

Farklı hidrokolloid kombinasyonu ve konsantrasyonları kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklerin spesifik hacim değerleri Çizelge 4.2. ve Şekil 4.1.’de verilmiştir. Ekmek hacmi, ekmek kalitesinin belirlenmesinde ve değerlendirilmesinde kullanılan önemli bir parametredir (Matos ve Rosell, 2012). Analiz sonuçlarına göre, spesifik hacim değerleri 1.47 cm³/g ile 5.54 cm³/g aralığında değişmektedir. Buna göre en yüksek spesifik hacim, %6 oranında KG (HD1.3.), en düşük ise %6 oranında KG-KJG (HD7.3.) kombinasyonundan oluşan glutensiz ekmeklerden elde edilmiştir. Çalışmada KJG-KG (eşit oran) ve KG-CMC-KJG (eşit oran) grubu ekmeklerde hidrokolloid oranı arttıkça spesifik hacmin azaldığı belirlenmiştir. Belirtilen gruplar haricinde deneme deseninde mevcut olan örneklerde ise hidrokolloid kullanımının artmasıyla spesifik hacmin de arttığı gözlemlenmiştir. Bu bulgular, pişirme sırasında hamurun genişleyen

hücrelerini güçlendiren ve sonuç olarak gaz tutulmasını ve spesifik hacmi iyileştiren bir jel ağının oluşmasının bir sonucu olabilir (Moreira ve ark., 2013).



Şekil 4.1. Farklı hidrokolloid kombinasyonu ve konsantrasyonları kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklere ait spesifik hacim değerleri (cm³/g) kıyaslanması

KG ve HPMC'nin ekmek hacmi/kütle oranını iyileştirme yeteneği, HPMC ile reaksiyona giren su moleküllerinin serbest hale geçmesinden kaynaklanmaktadır, bu durumda yüksek sıcaklıklara maruz kaldığında zincirler arasında daha güçlü bir etkileşime izin verilmektedir. Sonuç olarak, soğuma sırasında parçalanmış geçici bir ağ oluşmakta (Bell, 1990) ve bu ağ, hamurun pişirme sırasında genişleyen gaz hücrelerini güçlendirerek gaz kayıplarını azaltmakta ve ekmek hacmi arttırmaktadır (Dziezak, 1991; Haque ve ark., 1993; Sarkar ve Walker, 1995; Barcenás ve Rosell, 2005). Çalışmamızda KG (%6) örnek grubunun en yüksek spesifik hacme sahip olması hidrokolloidlerin ekmek üretim sırasında uğradığı kimyasal reaksiyon sonucu ürün kalitesini iyileştirici etki göstermesiyle ilişkilendirilmektedir.

Hidrokolloidler, nişasta granüllerini tutucu ve amiloz salınımını geciktirici kararlı bir polimerik ağ oluşturma yeteneğine sahiptir (Padalino ve ark., 2011; Mahmood ve ark., 2017). Literatürde yaygın olarak kullanılan hidrokolloidlerin başında HPMC ve KG gelmektedir (Crockett ve ark., 2011; Saha ve Bhattacharya, 2010; Houben ve ark., 2012; Belorio ve Gomez, 2020; Zhao ve ark., 2021). HPMC, glutensiz ekmeğin spesifik hacminin artmasına katkıda bulunduğundan ekmekte kalite iyileştirici görevi görür ve su tutma özelliğinden dolayı da ürünün raf ömrünü uzatır (Sivaramakrishnan ve ark., 2004; Kohajdova ve Karovicova, 2009; Sabanis ve Tzia, 2011; Rosell ve ark., 2011; Morreale ve ark., 2018; Culetu ve ark., 2021). Berta ve ark (2019), yapmış oldukları çalışmada HPMC'nin, hamurun viskoelastik özelliklerini etkilediğini, hacmin iyileştirilmesinde önemli bir rol oynadığını ve ayrıca bir emülgatör görevi görerek hamurdaki gaz kabarcıklarını stabilize ettiğini bildirmişlerdir. Ksantan gam ilavesi ise hamurda viskoziteyi etkilemekte ve kullanılan hammadde ve proses koşullarına bağlı olarak özellikle tekli kullanımlarında nihai ürünün spesifik hacminde azalmaya neden olabilmektedir (Sabanis ve Tzia, 2011; Megusar ve ark., 2022).

Peressini ve ark (2011), pirinç unu-karabuğday unu (%60-%40) karışımına %0.5-1.5 konsantrasyonlarında KG ve propilen glikol aljinat ilavesiyle glutensiz ekmek üretimi gerçekleştirilmiştir. Propilen glikol aljinat ilaveli ekmeklerin spesifik hacim değerlerinin 3.05-3.78 mL/g aralığında olduğunu ve KG ilaveli glutensiz ekmeklere kıyasla önemli düzeyde ekmek kalitesini iyileştirdiğini bildirmişlerdir ($p<0.05$). Çalışmada glutensiz karabuğday unu (1.88-2.09 mL/g) ve transglutaminaz katkılı kahverengi pirinç unu esaslı glutensiz ekmekler için bildirilen spesifik hacim (1.68-1.79 mL/g) değerlerinden daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Renzetti ve ark., 2008).

Lazaridou ve ark (2007), glutensiz ekmek formülasyonunda farklı oranlarda (%1 ve %2) ksantan gam, CMC, pektin, agaroz ve β -glukan ilave etmişlerdir. Araştırmacılar CMC ilaveli glutensiz ekmeklerin kontrol grubuna kıyasla (%100 pirinç unu) en yüksek spesifik hacme sahip olduğunu belirtirken

çalışmamızın aksine ksantan gam ilaveli glutensiz ekmelerde hacim azalması gerçekleştiğini vurgulamışlardır.

Belorio ve Gomez (2020), glutensiz ekmekte hamur hidrasyonunun nihai ürün kalitesini önemli düzeyde etkilediğini ve hidrasyon ne kadar yüksek olursa ekmeğin spesifik hacminin o kadar yüksek olacağını belirtmişlerdir. Çalışmada mısır nişastası bazlı glutensiz ekmek formülasyonlarına %2 oranında HPMC, KG ve pisilyum kullanarak spesifik hacim üzerindeki etkisini incelemişlerdir. HPMC katkılı hamurların hidrasyon kapasitelerinin diğer hidrokolloidlere kıyasla yüksek olması nedeniyle yüksek spesifik hacme sahip ekmek üretiminin gerçekleştirildiği saptanmıştır.

Chakrabort ve ark (2020), tarafından yapılan çalışmada mısır unu bazlı glutensiz ekmelere %2-%5 aralığında KG, CMC, HPMC, guar gamın tekli kullanımları neticesinde ekmek kalitesine en iyi KG katkıda bulunduğunu saptamışlardır. Kullanım oranı bakımından KG %2.5'den fazla formülasyona ilave edildiğinde diğer hidrokolloidlere kıyasla özellikle spesifik hacimde azalmanın meydana geldiği saptanmıştır. KG'nin bu davranışı, yanında negatif yüklü iki karboksil grubunun varlığından kaynaklanan iyonik yapısı ile ilgili olduğu, bu gruplar gamın daha yüksek konsantrasyonlarında su ve nişasta ile hidrojen bağları oluşturarak sert bir jelleşme sağladığı belirtilmiştir (Schober ve ark., 2005).

Zhao ve ark (2021), glutensiz ekmeklerin kalitesini arttırmak amacıyla hidrokolloidlerin etkisini inceledikleri çalışmada KG (%0.5, 1, 2, 3), CMC (%0.5, 1, 2, 3), KJG (%0.5, 1, 2, 3, 5), Propilen Glikol Aljinat (%0.2, 0.5, 1, 2) ve HPMC (%0.5, 1, 2, 3) kullanmışlardır. Çalışmada özellikle %2 oranında HPMC kullanımının ekmeklerin spesifik hacmini 1.10 mL/g'den 3.85 mL/g'ye önemli düzeyde artırdığı ($p<0.05$), ancak konsantrasyonun daha da artması sonucu örneklerin spesifik hacminde azalma meydana geldiğini bildirilmiştir. Bu durum hamurunda elastikiyet ve viskozitedeki aşırı artışların hacim azalmasına yol açması ile açıklanabileceği belirtilmiştir (Peressini ve ark., 2011).

Liu ve ark (2018), patates nişastası bazlı glutensiz ekmeklere %0.5, %1, %2 oranlarında HPMC, KG, CMC ve elma pektini ilavesinin ürünün fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisini incelemişlerdir. Ekmeklerin spesifik hacim değerlerinin 1.45 mL/g-2.03 mL/g aralığında değişkenlik gösterdiği ve HPMC %2 ilaveli ekmeklerin en yüksek spesifik hacme sahip olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar diğer hidrokolloidlere kıyasla daha yüksek spesifik hacmin elde edilmesini HPMC'nin patates nişastası ile daha yüksek etkileşim göstermesi ve bu durumun da hamur stabilitesini olumlu yönde etkilemesiyle ilişkilendirmiştir.

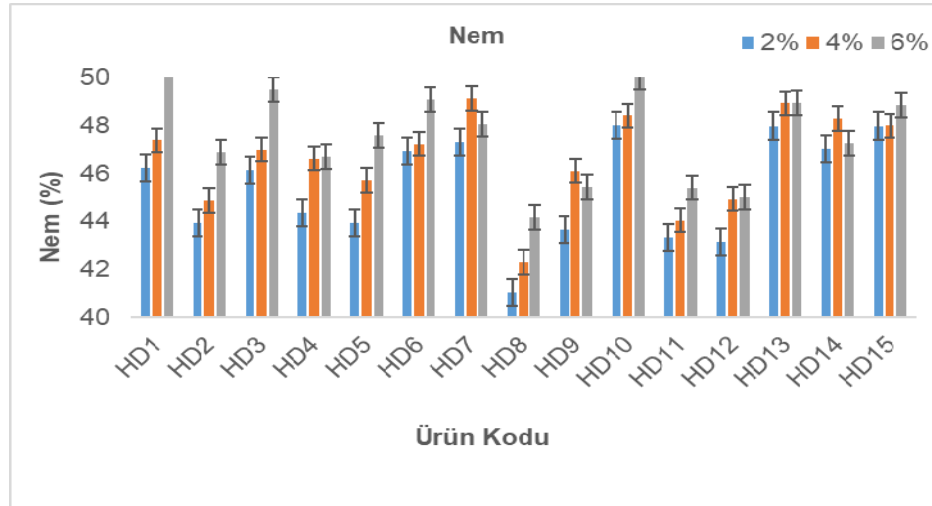
Sciarini ve ark (2010), tarafından yapılan çalışmada pirinç unu-mısır unu bazlı (%40-%40) bazlı glutensiz ekmek üretimine %0.5 oranında 5 farklı (ksantan gam, jelatin, karagenan, aljinat ve karboksi metil selüloz) hidrokolloidin ekmeğin spesifik hacmi üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırmada ksantan gam ilaveli örneğin en yüksek spesifik hacme sahip olduğunu, bunu karboksi metil selüloz ve karagenanın takip ettiği bildirilmiştir. Bu sonuçlar, glutensiz ekmeklere (ksantan, guar gam, keçiyoynuzu gam ve traganth) farklı hidrokolloidler ekleyerek, en kaliteli ekmeğin ksantan gam içeren ekmek olduğunu saptayan diğer çalışma ile uyumludur (Acs ve ark.,1997). Ayrıca çalışmada, hidrokolloidlerin spesifik ekmek hacmi üzerindeki etkisinin, kullanılan ürün formülasyonuna, hidrokolloid kullanım oranına ve hidrokolloidin kaynağına göre önemli ölçüde değişiklik gösterdiği bildirilmiştir. Çalışmamızda glutensiz ekmek örneklerinin spesifik hacim değerlerinde saptanan farklılığın sebebinin araştırmacıların belirtmiş olduğu nedenler ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

4.1.2.2. Nem Miktarı

Fırıncılık ürünlerinde nem içeriği özellikle ürünlerin raf ömrünü etkilemesi ve erken bayatlamının meydana gelmesiyle ilişkilendirilmektedir (Gray ve BeMiller, 2003; Rühmkorf ve ark., 2012). Mariotti ve ark (2009), ekmek bayatlamasında nişastanın retrogradasyonu, polimerlerin tekrar düzenlenmesi,

yapıda bulunan suyun dağılımı gibi faktörlerin etkili olduğu fakat nem içeriği kadar etkili olmadığını bildirmişlerdir. Ekmek bayatladıkça nem içeriği düşmekte ve iç yapı daha sert ve kolay ufalanabilir bir hal almaktadır (Hatipoğlu, 2016; Yıldız ve ark., 2021; Erdem ve Gökmen, 2022).

Farklı hidrokolloid kombinasyonu ve konsantrasyonları kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklerin nem değerleri sırasıyla Çizelge 4.2. ve Şekil 4.2.'de verilmiştir ve örnekler arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Bu farklılık, farklı hidrokolloidlerin kullanımı ile ilişkilendirilmiştir. Örneklerin nem içerikleri %41.02 (HD 8.1.) ile %50.71 (HD 1.3.) aralığında değişmektedir. Hidrokolloidlerin kaynağı farketmeksizin konsantrasyon artışına bağlı olarak örneklerin nem içeriklerini arttırdığı saptanmıştır. Nem içeriğindeki artışın, sabit hamur kıvamı ve hidrokolloidlerin su tutma kapasitesi ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Rosell ve ark (2001) ve Guarda ve ark (2004), glutensiz ekmek üretiminde hidrokolloid kullanımının örneklerin nem içeriğini arttırdığını bu durumu da çalışmamız ile benzer şekilde hidrokolloidlerin tekno fonksiyonel özelliklerinden kaynaklandığını bildirmişlerdir.



Şekil 4.2. Farklı hidrokolloid kombinasyonu ve konsantrasyonları kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklere ait nem değerlerinin kıyaslanması (%)

Gambus ve ark (2007), mısır nişastası-patates nişastası bazlı glutensiz ekmeklere artan konsantrasyonlarda KG ilavesinin örneklerin nem içeriklerinin kontrol grubuna göre anlamlı düzeyde arttırdığını bildirmişlerdir ($p<0.05$). Ancak kontrol dışındaki gruplar arasında değerler anlamlı bulunmamıştır ($p>0.05$). Bu durum KG'nın nişasta jellerini stabilize edebildiği böylece nişasta retrogradasyonunu azalttığı ve örneklerin nem içeriğini de koruyabilmesi ile açıklanmıştır (Brennan ve ark., 2004).

Maghaydah ve ark (2013), ksantan gam, pektin ve karagenanın eşit oranlarda kullanımının pirinç ve mısır unu katkılı glutensiz ekmeklerin nem içerikleri üzerine etkisini incelemişlerdir. Araştırmacılar örneklerin nem değerlerini %1 KG-%1 kareganan %43.09, %1 KG-%1 pektin %43.31 ve %1 kareganan-%1 pektin %40.66 olarak bulmuşlar ve kontrol grubuna kıyasla anlamlı düzeyde farklılık tespit ettiklerini bildirmişlerdir ($p<0.05$). Bu farklılık hidrokolloidlerin hidrofilik yapısına atfedilmiş ve özellikle pektinlerin sulu çözeltilerde güçlü polimer zincir ağı oluşturmasının etkili olabileceği belirtilmiştir.

Mohammadi ve ark (2014), CMC ve KG (%0.5, %1, %1.5 ve %2) kullanımının pirinç unu ve mısır nişastasından yapılan glutensiz ekmeğin kalite özellikleri üzerindeki etkisini araştırmışlardır. %1.5 KG ilavesinin glutensiz ekmeklerin nem içeriğini arttırdığını ($p<0.05$), %1 CMC-KG ikili kombinasyonunu içeren glutensiz ekmeklerin en yüksek nem değerine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Calle ve ark (2020), yapmış oldukları çalışmada, gölevez unu bazlı glutensiz ekmek formülasyonuna HPMC, KG ve guar gam ilave etmişlerdir. HPMC'nin tekli kullanımında örneklerin nem değeri %58.74 ve HPMC, KG ve guar gam birlikte kullanımında nem değeri %58.80 olarak belirlenmiş ve sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$).

Çizelge 4.2. Farklı hidrokolloid kombinasyonu ve konsantrasyonları kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklere ait spesifik hacim ve nem değerleri

Ürün Kodu	Spesifik Hacim (cm ³ /g)	Nem (%)
HD1.1.	3.26 ⁱ	46.21 ^{b-i}
HD1.2.	4.60 ^c	47.38 ^{a-h}
HD1.3.	5.54 ^a	50.76 ^a
HD2.1.	4.09 ^f	43.92 ^{e-j}
HD2.2.	4.27 ^e	44.87 ^{d-j}
HD2.3.	4.42 ^d	46.89 ^{a-h}
HD3.1.	2.99 ^{pqr}	46.14 ^{b-i}
HD3.2.	3.18 ^{jk}	46.99 ^{a-h}
HD3.3.	3.21 ^j	49.52 ^{abc}
HD4.1.	2.97 ^{rs}	44.35 ^{d-j}
HD4.2.	2.71 ^w	46.62 ^{b-i}
HD4.3.	2.42 ^y	46.69 ^{a-h}
HD5.1.	3.14 ^{kl}	43.92 ^{e-j}
HD5.2.	4.28 ^e	45.70 ^{b-i}
HD5.3.	4.73 ^b	47.58 ^{a-h}
HD6.1.	2.84 ^u	46.92 ^{a-h}
HD6.2.	2.98 ^{qrs}	47.23 ^{a-h}
HD6.3.	3.12 ^{lm}	49.10 ^{a-d}
HD7.1.	2.69 ^w	47.28 ^{a-h}
HD7.2.	2.57 ^y	49.13 ^{a-d}
HD7.3.	1.47 ^z	48.05 ^{a-g}
HD8.1.	3.03 ^{op}	41.02 ^j
HD8.2.	3.20 ^j	42.29 ^{ij}
HD8.3.	3.58 ^h	44.16 ^{d-j}
HD9.1.	2.94 ^t	43.64 ^{f-j}
HD9.2.	3.10 ^{lmn}	46.10 ^{b-i}
HD9.3.	3.20 ^j	45.44 ^{c-i}
HD10.1.	2.84 ^u	47.99 ^{a-g}
HD10.2.	2.98 ^{pqrs}	48.41 ^{a-e}
HD10.3.	3.12 ^{lm}	50.03 ^a
HD11.1.	3.13 ^l	43.33 ^{g-j}
HD11.2.	3.10 ^{lmn}	44.04 ^{d-j}
HD11.3.	3.02 ^{opq}	45.40 ^{c-i}
HD12.1.	3.08 ^{mn}	43.15 ^{g-j}
HD12.2.	4.06 ^f	44.93 ^{d-j}
HD12.3.	4.72 ^b	45.01 ^{d-j}
HD13.1.	2.61 ^u	47.98 ^{a-g}
HD13.2.	2.44 ^y	48.92 ^{a-d}
HD13.3.	2.35 ^z	48.94 ^{a-d}
HD14.1.	2.77 ^v	47.03 ^{a-h}
HD14.2.	2.94 st	48.28 ^{a-f}
HD14.3.	2.84 ^v	47.26 ^{a-h}
HD15.1.	2.75 ^v	47.98 ^{a-g}
HD15.2.	3.06 ^{no}	47.99 ^{a-g}
HD15.3.	3.70 ^g	48.83 ^{a-d}

^{a-z} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05), HD:Hidrokolloid formülasyonu

4.1.2.3. Glutensiz Ekmeklerin Renk Değerleri

Renk, tüketici tercihlerinde önemli bir rol oynayan ve gıda kalite algısını etkileyen bir özelliktir (Sant'Anna ve ark., 2013). Kalite algısı dışında renk, gıdaların kimyasal kompozisyonu, teknolojik işlemler, depolama koşulları ve taşıma ile ilişkilendirilmektedir (Cairone ve ark., 2020). Fırıncılık ürünlerinde ise formülasyon ve pişirme koşulları (sıcaklık, süre, bağıl nem) örneklerin rengini etkilemektedir (Ziobro ve ark., 2013). Uluslararası Aydınlatma Kurumu (CIE) tarafından geliştirilen renk modelleme sistemine göre renk 3 boyutlu değerlendirilmiştir. Bu sistemde L^* : değeri parlaklığı (0 siyah ve 100 beyaz), a^* : Kırmızılık Yeşillik (-120: Yeşil, +120: Kırmızı), b^* : Sarılık Mavilik (-120: Mavi, +120: Sarı), C^* değeri; renk (Chroma) değeri olup, silindirin merkezinden dışa doğru artan değere (0-60) sahiptir. H değeri (açı) ise renk canlılığını ifade etmektedir (Markoviç ve ark., 2013; Minz ve Saini, 2021).

Farklı hidrokolloid kombinasyonu ve konsantrasyonları kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklerin renk değerleri Çizelge 4.3.'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Farklı hidrokolloid kombinasyonu ve konsantrasyonları kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklere ait renk değerleri

Ürün Kodu	L*	a*	b*	C*	H
HD1.1.	83.75 ^{bc}	2.18 ^{uv}	18.66 ^{mno}	18.78 ^m	96.50 ^{b-e}
HD1.2.	74.61 ⁿ	3.50 ^{def}	29.68 ^{a-g}	26.92 ^{hij}	83.29 ^{e-l}
HD1.3.	58.99 ^w	8.81 ^a	25.42 ^{ghij}	29.90 ^{cdef}	49.06 ^m
HD2.1.	62.97 ^v	4.53 ^{cd}	14.90 ^o	14.98 ^o	95.73 ^{b-f}
HD2.2.	70.54 ^{rs}	2.65 ^{f-j}	22.68 ^{ijkl}	22.99 ^{kl}	85.14 ^{d-k}
HD2.3.	76.92 ^{klm}	1.41 ^{stuv}	31.21 ^{a-e}	31.33 ^{b-e}	79.06 ^{ijkl}
HD3.1.	70.58 ^{rs}	2.98 ^{e-i}	28.35 ^{b-h}	29.53 ^{d-h}	84.20 ^{d-l}
HD4.1.	81.43 ^{d-h}	0.96 ^{k-o}	27.08 ^{c-i}	27.09 ^{ghij}	87.97 ^{d-j}
HD4.2.	74.49 ^{no}	1.54 ^{stuv}	16.45 ^o	16.53 ^{mno}	95.37 ^{b-g}
HD4.3.	71.38 ^{qr}	2.12 ^{uv}	17.42 ^p	6.64 ^p	108.66 ^{ab}
HD5.1.	80.76 ^{f-j}	0.20 ^{o-s}	19.62 ^{mno}	17.69 ^{mno}	106.83 ^{abc}
HD5.2.	81.87 ^{def}	0.66 ^{l-p}	17.43 ^p	25.15 ^{jk}	88.70 ^{d-j}
HD5.3.	82.44 ^{cde}	2.25 ^{uv}	18.24 ^{mno}	26.64 ^{ij}	70.21 ^{d-j}
HD6.1.	80.06 ^{hij}	1.02 ^{r-u}	25.15 ^{ghij}	18.25 ^{mn}	92.28 ^{d-i}
HD6.2.	67.07 ^u	6.60 ^b	28.22 ^{b-h}	31.57 ^{a-e}	77.94 ^{ijkl}
HD6.3.	62.43 ^v	9.27 ^a	30.87 ^{a-f}	29.72 ^{c-g}	71.79 ^{kl}
HD7.1.	71.31 ^{qr}	1.36 ^{j-n}	26.83 ^{d-i}	26.87 ^{ij}	87.11 ^{d-j}
HD7.2.	69.36 st	5.33 ^{bc}	31.86 ^{a-d}	32.46 ^{abc}	80.64 ^{f-l}
HD7.3.	68.17 ^{tu}	6.30 ^b	31.64 ^{a-d}	32.10 ^{a-e}	78.97 ^{ijkl}
HD8.1.	76.26 ^m	0.62 ^{p-t}	25.99 ^{f-j}	18.51 ^{mn}	85.32 ^{d-k}
HD8.2.	81.19 ^{e-i}	2.09 ^{g-k}	25.64 ^{g-j}	25.08 ^{jk}	91.41 ^{d-i}
HD8.3.	85.05 ^{ab}	2.80 ^v	17.39 ^{mno}	25.32 ^{jk}	98.75 ^{a-d}
HD9.1.	81.43 ^{d-h}	0.82 ^{q-u}	21.72 ^{k-n}	21.74 ^l	92.17 ^{d-i}
HD9.2.	77.45 ^{klm}	2.44 ^{f-j}	32.04 ^{abc}	32.13 ^{a-d}	85.65 ^{d-k}
HD9.3.	73.09 ^{op}	4.34 ^{cde}	34.02 ^a	34.39 ^a	83.04 ^{e-l}
HD10.1.	76.47 ^{lm}	1.80 ^{t-n}	25.37 ^{ghij}	25.45 ^{ijk}	93.26 ^{c-i}
HD10.2.	80.11 ^{ghij}	0.59 ^{p-t}	17.75 ^{mno}	18.99 ^m	91.77 ^{d-i}
HD10.3.	85.29 ^a	0.52 ^{p-t}	17.96 ^{mno}	17.77 ^{mn}	86.04 ^{d-k}
HD11.1.	82.80 ^{cd}	1.36 ^{stu}	17.29 ^{no}	17.35 ^{mno}	94.54 ^{b-h}
HD11.2.	74.17 ^{no}	1.99 ^{h-l}	26.15 ^{e-j}	26.23 ^{ij}	85.52 ^{d-k}
HD11.3.	70.28 ^{rs}	6.30 ^b	33.50 ^a	34.09 ^a	79.34 ^{b-l}
HD12.1.	80.90 ^{f-j}	1.66 ^{stuv}	15.7 ^o	15.83 ^{no}	95.95 ^{b-f}
HD12.2.	79.79 ^{ij}	0.44 ^{m-q}	25.17 ^{g-j}	25.18 ^{jk}	92.41 ^{d-i}
HD12.3.	79.64 ^j	0.38 ^{n-r}	25.17 ^{g-j}	25.17 ^{jk}	89.14 ^{d-j}
HD13.1.	81.60 ^{d-h}	0.98 ^{q-u}	23.41 ^{h-k}	23.43 ^{kl}	88.99 ^{d-j}
HD13.2.	73.05 ^{op}	5.65 ^{bc}	32.89 ^{a-f}	33.38 ^{ab}	80.25 ^{g-l}
HD13.3.	67.52 ^u	8.69 ^a	32.87 ^{ab}	34.01 ^{ab}	75.13 ^{ijkl}
HD14.1.	73.90 ^{nop}	3.25 ^{d-h}	29.11 ^{a-g}	29.33 ^{c-h}	83.78 ^{d-l}
HD14.2.	70.18 ^{rs}	3.44 ^{d-g}	29.73 ^{a-g}	29.91 ^{c-f}	83.47 ^{d-l}
HD14.3.	70.92 ^r	3.60 ^{def}	30.14 ^{a-g}	30.35 ^{c-f}	82.95 ^{e-l}
HD15.1.	78.20 ^k	1.85 ^{uv}	17.96 ^{mno}	17.07 ^{mno}	96.22 ^{b-e}
HD15.2.	79.66 ^j	1.37 ^{j-n}	19.22 ^{l-o}	18.28 ^{mn}	91.94 ^{d-i}
HD15.3.	80.39 ^{f-j}	0.65 ^{p-t}	28.12 ^{b-h}	28.17 ^{f-i}	87.27 ^{d-j}

^{a-v} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05), HD:Hidrokolloid formülasyonu

4.1.2.3.(1). L^* Değeri

Hidrokolloidlerin çeşitlerinin ve kullanım oranlarının değişimine bağlı olarak glutensiz ekmeklerin kabuk L^* değerlerinin 58.99 (HD1.3-KG %6)- 85.29 (HD10.3-KG %6-KJG-%6) aralığında değiştiği ve bu değerler arasındaki farkın anlamlı olduğu saptanmıştır ($p<0.05$). Çizelge 4.3. incelendiğinde farklı hidrokolloidlerin artan konsantrasyonlarında (HD2-HPMC, HD3-CMC, HDD5-CMC-HPMC (%50) ve HD10-KG-KJG (%50) hariç) kabuk renginin koyulaştığı, L^* değerinin azaldığı belirlenmiştir. Kabuk renginin beyazladığı, L^* değerinin artış gösterdiği ekmek gruplarında (HD2, HD3, HD5 ve HD10) ise formülasyona ilave edilen hidrokolloid oranının hamur içerisinde su dağılımını etkilemesinden dolayı Maillard reaksiyon hızını azaltıcı etki göstermesi ile ilişkilendirilmektedir. Çalışmada kullanılan hidrokolloidlerin farklı kaynaklara sahip olması (bitkisel, hayvansal), üretim biçimleri, belirlenen proses koşullarına (fermantasyon, pişirme) farklı reaksiyon (su bağlama) göstermesinden dolayı bazı gruplar kabuk renginde koyulaşmaya neden olurken bazı gruplarda parlaklık tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Ek olarak ekmeğin pişirilmesi sırasında meydana gelen enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları (Maillard ve karamelizasyon) sonucunda arzu edilen ekmek kabuk rengi elde edilmektedir. Karamelizasyon için sadece şekerlerin varlığı yeterli olabilmekte olup Maillard reaksiyonları için basit şekerlere ilaveten primer amino grubu içeren azotlu bileşenlere de ihtiyaç duyulmaktadır. Çalışmamızda formülasyonda şeker ve süt ürünleri bazlı protein kaynaklarının varlığı kabuk rengini oluşmasında etkili olmuştur (Pico ve ark., 2019).

Sciarini ve ark (2010), tarafından yapılan çalışmada pirinç unu-mısır unu bazlı glutensiz ekmek üretimine %0.5 oranında 5 farklı türde (ksantan gam, jelatin, karagenan, aljinat ve karboksi metil selüloz) hidrokolloidlerin ekmeğin L^* değerine etkisini araştırmışlardır. KG ve CMC katkılı ekmeklerin L^* değerlerinin kontrol grubuna kıyasla artış gösterdiği ve yani kabuk renginin parlaklığının belirgin hale geldiğini bildirmişlerdir ($p<0.05$). Glutensiz ekmek üretiminde gluten ikamesi olarak kullanılan hidrokolloid katkılı ekmekleri L^* değerlerinde azalma tespit

edilmiş ve daha parlak kabuk rengine sahip örnekler üretilmiştir (Sharadanant ve Khan, 2003; Lazaridou ve ark., 2007; Mandala ve ark., 2007; Shittu ve ark., 2009). Bu durum, Maillard reaksiyonu ve karamelizasyonu etkileyen hidrokolloidlerin su dağılımı üzerindeki etkisine atfedilebilmiştir. Benzer sonuçlar Mezaize ve ark (2009), mısır nişastası bazlı üretilen glutensiz ekmeklere hidrokolloidlerin etkisinin incelenmesinde de karşılaşılmıştır.

Tunç ve Kahyaoğlu (2016), glutensiz ekmeklerin pişirme özelliklerini iyileştirmeyi amaçladığı çalışmada artan konsantrasyonlarda (%5, %10, %15) KG, guar gam ve keçiyoynuzu gamı ilave etmişlerdir. Artan hidrokolloid kullanım oranlarında kontrol grubuna kıyasla L^* değerinin artış gösterdiğini ve bu artışın anlamlı olarak farklı olduğunu belirtmişlerdir ($p<0.05$).

Belorio ve Gomez (2020), çalışmalarında, mısır nişastası (%100) bazlı glutensiz ekmek formülasyonlarına %2 oranında HPMC, KG ve pisilyum ilave edilmiş ve örneklerin kabuk a^* ve b^* değerleri HPMC katkılı gruplarında daha yüksek değere sahipken, L^* değerinin düşük olduğunu saptamışlardır. L^* değerinin azalması ile kabuk renginde koyulaşmayı ilişkilendirmişler ve ekmeklerin kabuk rengi oluşumunda, amino asitler ve indirgeyici şekerler arasında meydana gelen Maillard reaksiyonu ve şeker karamelizasyonunun etkisini vurgulamışlardır (Purlis ve Salvadori, 2009). Ayrıca su aktivitesi, hamurların hidrokolloid ve hidrasyonuna bağlı olarak değişebilmekte ve bu durum reaktanların hareketliliğini destekleyen Maillard reaksiyonlarını etkileyebilmektedir (Gonzales ve ark., 2010).

4.1.2.3.(2). a^* Değeri

Farklı hidrokolloid kombinasyonu ve konsantrasyonları kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklerin a^* değerleri Çizelge 4.3.'de verilmiştir. Kabuk a^* değerleri 0.20 (KG %6)-8.81 (HPMC-CMC %6) arasında değişkenlik göstermekte olup aralarındaki fark %97.73 olarak bulunmuştur ($p<0.05$). Hidrokolloidlerin tekli kullanımlarında artan konsantrasyonlara (%2, %4, %6) bağlı olarak HD2 (KG) ve

HD4 (KJG) a^* değerinin artış gösterdiği ($p<0.05$) yani kabuk renginin koyulaştığı, HD2 (HPMC) ve HD3 (CMC) ekmek gruplarına a^* değerinin azaldığı tespit edilmiştir. a^* değerinde gözlemlenen azalma ekmek pişirme işleminden sonra ekmekte aranan kabuk dokunun oluşamaması, ekmek üst kısmında çökmelerin meydana gelmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Hidrokolloidlerin ikili kombinasyonlar halinde kullanımında artan kullanım oranlarında HD10 (CMC-KJG) dışındaki örneklerin a^* değerinde anlamlı düzeyde artışlar tespit edilmiştir. Kringel ve ark (2017), glutensiz ekmek üretiminde pirinç unu bazlı örneklerle %2 oranında metil selüloz katkılı örneklerin a^* değerini 4.02 olarak tespit etmişlerdir. Çalışmamız ile benzer şekilde Mancebo ve ark (2017), glutensiz ekmek formülasyonuna %2 oranında HPMC ilave ettiğinde kontrol grubuna kıyasla a^* değerinde anlamlı düzeyde artış gözlemlenmiş ($p<0.05$) ve kabuk renginde kırmızıya yakın renk oluşumu meydana geldiği saptanmıştır.

4.1.2.3.(3). b^* Değeri

Farklı hidrokolloid kombinasyonu ve konsantrasyonları kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklerin b^* değerleri Çizelge 4.3.'de verilmiştir. Kabuk b^* değerleri 14.90 (HPMC-%4) ile 34.02 (HPMC-KJG %6) aralığında değişkenlik göstermekte olup aralarındaki fark %56.20 olarak saptanmıştır ($p<0.05$). Hidrokolloidlerin tekli kullanımlarında artan konsantrasyonlara (%2, %4, %6) bağlı olarak HD4 (KJG) haricinde diğer gruplarda b^* değerinde anlamlı düzeyde artış tespit edilmiştir ($p<0.05$). Ayrıca hidrokolloidlerin ikili kullanımlarında HD5 (HPMC-KG), HD8 (CMC-HPMC) ve HD10 (CMC-KJG) haricinde diğer grupların b^* değerlerinde artışlar gözlemlenmiş olup, bu durum ekmek kabuk renginde sarılığın hidrokolloid cinsine ve kullanım oranına göre artış gösterdiği şeklinde yorumlanmıştır.

Martinez ve Gomez (2017), mısır nişastası bazlı glutensiz ekmek üretiminde hidrokolloid olarak %2.2 kullanım oranında HPMC ilavesi sonucunda kabuk b^* değerini 19.32, Kringel ve ark (2017, pirinç unu bazlı glutensiz

ekmeklere %2 karboksi metil selüloz ilavesi neticesinde kabuk b^* değerini 26.08 olarak tespit etmişlerdir. Paciuli ve ark (2016), yapmış oldukları çalışmada, %2 HPMC ve %2 guar gam ilaveli mısır nişastası bazlı glutensiz ekmeklerin renk değerleri üzerine etkilerini incelemişlerdir ve kabuk b^* değeri açısından guar gam ile kontrol grubu arasında istatistiksel anlamda önemli düzeyde değişiklik bulunmadığı ($p>0.05$) ancak %2 HPMC'nin b^* değerini arttırdığını bildirmişlerdir ($p<0.05$).

4.1.2.3.(4). C^* (kroma) ve Hue Değerleri

Kroma (c^*) değeri rengin doygunluğu hakkında bilgi vermektedir (Demiray ve ark., 2015). Mat (donuk) renklerde kroma (c^*) değeri azalırken, canlı renklerde ise kroma (c^*) değeri artmaktadır (Certel ve ark., 2009). Rengin canlılığı örnekde ölçümü yapılan L^* değeri sabitken kroma (c^*) değerinin artış göstermesi ile bağlantılıdır (Costa ve ark., 2018). Çizelge 4.3.'de glutensiz ekmek örneklerine ait Kroma (c^*) değerleri verilmiştir. Kroma (c^*) değerleri 6.64 (KJG %6) ile 34.39 (HPMC-KJG %6) aralığında değişkenlik göstermektedir. Hidrokolloid kullanım oranları artmasına bağlı olarak örneklerin kroma (c^*) değerleri arasında anlamlı farklılık tespit edilmiştir ($p<0.05$). Artan konsantrasyonlarda (%2, %4, %6), HD4 (KJG) ve HD10 (CMC-KJG) dışındaki tüm örnek gruplarının c^* değerleri artış göstermiştir. Kroma değeri doygunluk ile bağlantılı olduğundan dolayı hidrokolloid ilavesi ve kullanım oranının arttırılmasıyla ekmeklerin kabuk renk doygunluğu artış göstermiştir. Kroma değerinin artış gösterdiği örnek gruplarında kabuk rengi parlaklık sergilerken, artan konsantrasyona bağlı c^* değerinde azalış tespit edilenlerin, kabuk renginde mat görünümün hakim olduğu yorumu yapılabilir.

Örneklerin renk ölçümleri sonucunda saptanan L^* , a^* ve b^* değerleri tüketici tarafından doğrudan algılanabilen renk parametreleri olmadığı için insanların rengi algılamasını sağlayan renk tonu açısı yani Hue Açısının hesaplanması gerekmektedir. "Hue Açısı" kırmızı-mor renkler 0° - 270° , sarı rengi

60°, mavi ve yeşil renkleri arasını da 240°-120° açı değerlerinde almakta olup renk dairesi olarak tanımlanmaktadır (Demiray ve ark., 2015). Çalışmamızda Çizelge 4.3.'de glutensiz ekmek örneklerine ait hue değerleri verilmiş olup 49.06 (HD1.3. KG-%6) ile 108.66 (HD 4.3. KJG %6) arasında değişkenlik göstermektedir ($p<0.05$). Hue değerleri arasında hidrokolloidlerin tekli veya kombinasyonlu (ikili, üçlü dörtlü) kullanımlarında HD3 (CMC) ve HD8 (CMC-HPMC) haricinde azalmalar gözlemlenmiştir. Çizelge 4.3.'de elde edilen veriler genel olarak incelendiğinde ekmeklerin kabuk rengi a^* ve b^* değerlerine bağlı olarak renk yoğunluğunun sarıdan kırmızıya değiştiği saptanmıştır.

Başka bir çalışmada mısır nişastası bazlı glutensiz ekmek üretiminde ksantan gam ve tere tohumu gamının tek başlarına %1 oranında kullanımının kabukta kroma değerinin kontrol grubuna kıyasla azalttığı ve kabuk renginde matlaşmaya neden olduğu bildirilmiştir. Kontrol grubu, %1 ksantan ve %1 tere tohumu gamı ilaveli örneklerin sırasıyla c^* değerleri 201.09, 189.83 ve 197.70 olarak belirlemiş ve sonuçlar arasında anlamlı farklılık tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Ayrıca çalışmada tere tohumu gamının b^* değerini anlamlı düzeyde arttırdığını ve kabuk renginde sarılığı arttırdığını, ancak KG ilavesinin b^* değerini değiştirmedikleri bildirilmiştirlerdir (Naji-Tabasi ve Mohebbi, 2015).

4.1.2.4. Tekstür Analizleri

Tekstür, taze ve işlenmiş gıda endüstrisinde ürün kalitesini ve kabul edilebilirliğini değerlendirmek için kullanılan önemli bir kalite parametresidir (Chen ve Opara, 2013). Görme, işitme, dokunma ve kinestetik duyular aracılığı ile algılanan gıdaların yapısal, mekanik ve dokusal özelliklerinin duyu ve fonksiyonel özelliği olarak ifade edilmektedir (Szczeniak, 2002). Gıdanın tekstürel özellikleri, tanımlayıcı duyu veya enstrümental analizlerle değerlendirilmektedir (Costa ve ark., 2011). Araştırmacılar gıdaların tekstürel özelliklerini objektif olarak değerlendirmek amacıyla endüstride çeşitli enstrümental testler kullanmış ve ölçüm tekniklerinin geliştirilmesine katkıda

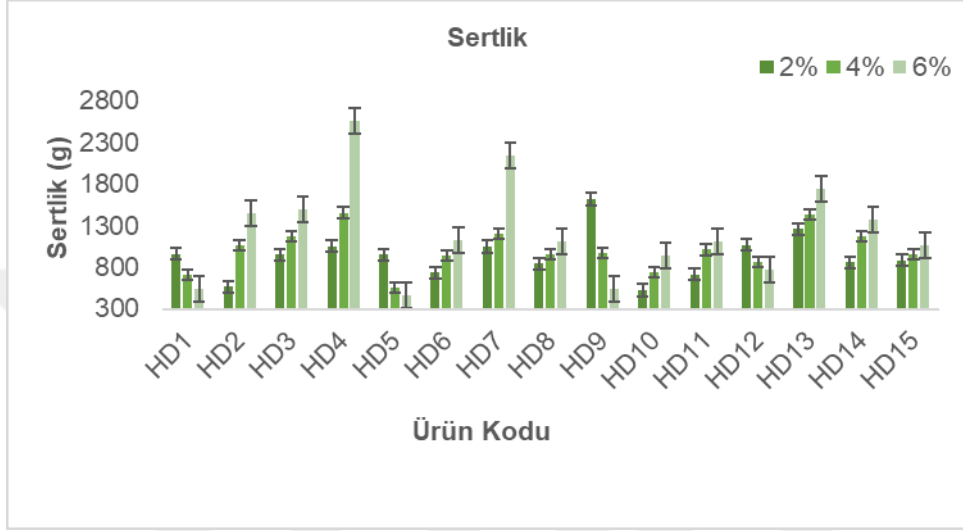
bulunmuştur (Oraguzie ve ark., 2009; Zdunek ve ark., 2010). Tekstür profil analiz (TPA) enstrümental analiz yöntemlerinden birisidir ve gıdaların tekstürel özelliklerinin objektif olarak değerlendirilmesi sağlamaktadır (Chen ve Opara, 2013). TPA yönteminde gıdaların en az iki kez sıkıştırılması ve kaydedilen kuvvet-deformasyon eğrilerinden ürünün yapısal özelliklerine göre mekanik parametreleri (sertlik, yapışkanlık, çiğnenebilirlik, elastikiyet) belirlenebilmektedir (Szczeniak, 2002; Tunick, 2011).

4.1.2.4.(1). Sertlik

Sertlik, gıdaları tüketicinin azı dişleri arasında sıkıştırmak için gerekli olan kuvvete gösterilen karşı koyma gücü ile ilgili birincil mekanik özelliklerden birisidir (Di Monaco ve ark., 2008). Fırıncılık ürünlerinin kalitesinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan bir parametredir. Özellikle ürünlerin sertlik değerindeki değişim sıklıkla raf ömrü veya dayanıklılık kaybı ile ilişkilendirilmektedir (Abd-El-Khalek ve ark., 2019).

Tekstürel analiz sonucunda sertlik değerindeki artış, ekmek iç yapısının yumuşaklığında meydana gelen azalma olarak ifade edilmektedir (Demiray ve ark., 2015). Farklı hidrokolloid kombinasyonu ve konsantrasyonları kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklere ait sertlik değerleri sırasıyla Çizelge 4.4. ve Şekil 4.3.'de verilmiştir. Buna göre, glutensiz ekmeklere ait 24. saat sonundaki sertlik değerlerinin 458.34 g (KJG %6)-2569.02 g (HPMC-KG %6), aralığında değişmekte olduğu saptanmıştır. Çizelge 4.4. incelendiğinde HD1, HD5, HD9, HD12 kodlu glutensiz ekmekler hariç, hidrokolloidlerin tek başına veya kombinasyonları halinde kullanımında, konsantrasyon artışına bağlı olarak sertlik değerinde düzenli bir artış gözlemlenmiştir ($p<0.05$). Glutensiz ekmek formülasyonuna hidrokolloid ilavesinin, hidrokolloidlerin yüksek su tutma kapasitesinden dolayı hamurdaki su miktarını ve buna bağlı olarak ekmek nem içeriğini artırarak ekmek içi sertliğini azalttığı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Zhao ve ark., 2021). Çalışmamızda glutensiz ekmeklerin nem

içerikleri ve sertlik değerleri arasında negatif yönlü korrelasyon saptanmış olup ($r = -0.95$), regresyon katsayısı ise $R^2 : 0.91$ ($y : -0.2309 + 391.88$) olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.3. Farklı hidrokolloid kombinasyonu ve konsantrasyonları kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklere ait sertlik değerlerinin kıyaslanması (g)

Renzetti ve Rosell (2016)'ya göre glutensiz ekmeklerde HPCM ve KG, farklı formülasyonlarda sıklıkla gluten ikamesi olarak kullanılmaktadır. Pişirme sırasında, yüksek yüzey aktivitesine sahip bu suda çözünür polimerler, homojenliği ve kararlılığı korumakta ve nihai üründe tekstürel parametreler üzerinde herhangi bir olumsuz etki yaratmamaktadır. Genel olarak, glutensiz ekmeklerin kalitesi iyileştirip yüksek spesifik hacme ve düşük sertliğe sahip ürün geliştirilmesine katkıda bulunurlar (Mccarthy ve ark., 2005; Djordjevic ve ark., 2018). Çalışmamızda glutensiz ekmeklerin sertlik sonuçları incelendiğinde formülasyonda bulunan diğer hidrokolloidlere kıyasla KG ve HPMC'nin tekli kullanımlarında değerin daha düşük olduğu ve önceki çalışmalar ile uyum içerisinde olduğu saptanmıştır.

Liu ve ark (2018), mısır nişastası bazlı ekmeklere %2 oranında HPMC ilavesinin, kontrol grubuna kıyasla ekmek içi sertliğinde anlamlı düzeyde artışa neden olduğu ($p<0.05$) ve bu durumun soğutma işlemi sırasında jel yapısının zayıf bir şekilde oluşması ile ilişkili olduğu belirtilmiştir. Çalışmamızda da HPMC katkılı glutensiz ekmeklerin sertlik değerinin hidrokolloid konsantrasyonuna bağlı artış gösterdiği saptanmıştır. Örneklerde meydana gelen sertlik, ekmek içi nem kaybı ve nişastanın retrogradasyonu ile ilişkilidir (Matignon ve Tecante, 2017). Retrogradasyon, ısıtma işleminin ardından soğutma ve depolama süresince nişasta jellerinde meydana gelen değişimin tamamıdır. Hidrokolloidler özellikle nişasta bazlı glutensiz ekmeklerde nişastaların yapışma özelliğini etkilemekte ve retrogradasyonu arttırmaktadır (Matia-Merino ve ark., 2019). Bu nedenle glutensiz ekmek formülasyonunda gluten ikamesi olarak kullanılan hidrokolloidlerin cinsine bağlı olmaksızın mısır nişastası esaslı ekmeklerin sertliğinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Belorio ve Gomez, 2020).

Borges ve Salas-Mellado (2016), yaptıkları çalışmada %2 metil selüloz (MC) kullanımının, glutensiz ekmeklerin farklı depolama sürelerinde ekmek kalitesi üzerine etkisi incelemiş ve sertlik değerleri arasında anlamlı farklılık tespit etmişlerdir ($p<0.05$). Glutensiz ekmeğin bayatlamasını tat ve aromanın yanı sıra tekstürel yapıdaki değişikliklerde tespit edildiğini ve ekmek içinin kuru, ufalanmış ve sert; kabuğunun ise yumuşayarak sertleştiğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde Bravo-Nunez (2019) farklı depolama günlerinde (1. ve 5.) %2 HPMC katkılı glutensiz ekmeklerin sertlik değerlerini sırasıyla 8.98 N ve 16.93 N olarak saptamıştır ve depolama günleri sertlik değerleri açısından arasında anlamlı düzeyde farklılık bulunmuştur ($p<0.05$).

Wongklom ve ark (2016), hamur gelişim özellikleri, tekstürel yapı, bayatlama oranı ve duyu kabül edilebilirlik gibi çeşitli parametreleri değerlendirerek pirinç unu bazlı glutensiz ekmek kalitesini araştırmışlardır. Araştırmada, gluten ikamesi olarak CMC ve KG kullanmış ve sırasıyla KG ve CMC 3:0 oranında kullanılan ekmeklerin en yüksek duyu kabül edilebilirlik

değerine sahip olduğu bununla birlikte, 2:1 oranında KG ve CMC kullanılan ekmeklerin en düşük sertliğe sahip olduğu bildirilmiştir.

Berta ve ark (2019), mısır nişastası (%86) ve patates nişastası (%14) kullanarak glutensiz ekmek üretimi gerçekleştirdikleri çalışmada formülasyona HPCM (%5), zein proteini (%5) ekleyerek ekmeklerin sertlik parametresine etkisini incelemişlerdir. Yapılan TPA neticesinde örneklerin sertlik değeri 5.5 N olarak belirlenmiştir. Araştırmacılar zein proteini, hamur elastikiyetini artırarak öncelikle glutensiz ekmeğin dokusunu etkilediğini ve HPMC ve zein proteininin optimize edilmiş formülasyonunun, buğday ekmeğine benzer sertlikte ve bayatlama davranışı gösterdiği sonucuna varmışlardır.

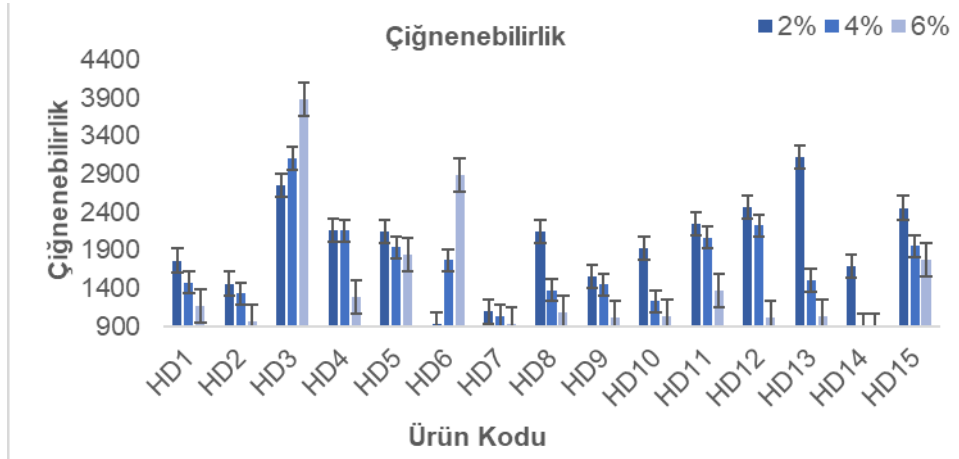
Belorio ve Gomez (2020), mısır nişastası bazlı glutensiz ekmeklere %2 oranında HPMC, KG ve pisilyum ilavesinin örneklerin sertlik değerlerine etkisini incelemişlerdir. Araştırmacılar KG (19.51 N) ve pisilyum (19.58 N) katkılı ekmekler arasında sertlik değeri açısından önemli farklılık tespit etmezken ($p>0.05$) HPMC (1.44 N) katkılı örneklerin sertlik değerinde önemli oranda düşüş, saptamışlardır ($p<0.05$). Sertlikteki bu önemli düşüş spesifik hacim ile ilişkilendirilmiş olup spesifik hacim arttıkça sertliğin azaldığını başka araştırmacıların verileri ile desteklemişlerdir (Gallagher ve ark., 2003; Mancebo ve ark., 2017; Martinez ve Gomez, 2017). Çalışmada HPMC ile yapılan ekmekler daha yumuşak olmasına rağmen daha kuru ve ufalanan bir dokuya sahip olduğu bildirilmiştir. Benzer şekilde Lazaridou ve ark (2007) ve Schober ve ark (2005), KG kullanım ile glutensiz ekmeklerin sertlik değerinde artış tespit etmiş ve bu durumu spesifik hacim ile ilişkilendirmiştir. Smith ve ark (2012), mısır nişastası (%93)-keçiboynuzu unu (%7) karışımına farklı konsantrasyonlarda %0.05-%3.75 HPMC ilave etmişler ve spesifik hacim ve sertlik parametreleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Benzer şekilde artan HPCM kullanım oranına bağlı spesifik hacim değerinin 1.66-3.28 ml/g aralığında düzenli artış, sertlik özelliğinin ise 4700.32 g-431.64 g aralığında düzenli azalış gösterdiği bildirilmiş olup sonuçlar anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Çalışmamızda glutensiz ekmeklerin spesifik hacim değerleri

Çizelge 4.4. incelendiğinde HD4 (KJG), HD7 (KZ-KJG), HD11 (CMC-HPMC), HD13 (CMC-KG-KJG) ekmek gruplarında hidrokolloid kullanım oranlarının artışına bağlı olarak spesifik hacmin azaldığı ve sertlik değerinin ise anlamlı düzeyde artış gösterdiği tespit edilmiştir ($p<0.05$).

4.1.2.4.(2). Çiğnenebilirlik

Çiğnenebilirlik, katı bir gıdayı çiğneyerek yutmaya hazır hale getirmek için gereken çiğneme enerjisi ile ilişkili ikincil mekanik özellik olup sertlik, yapışkanlık ve esneklik özelliklerinin çarpılmasıyla hesaplanabilmektedir (Hwang ve ark., 2012).

Farklı hidrokolloid kombinasyonu ve konsantrasyonları kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklere ait çiğnenebilirlik değerleri Çizelge 4.4. ve Şekil 4.4.'de verilmiştir. Buna göre, ekmeklere ait 24. saat sonundaki çiğnenebilirlik değerlerinin 855.25 (HPMC-KG-KJG %6)-3878.61 (CMC %6) aralığında değiştiği saptanmıştır.



Şekil 4.4. Farklı hidrokolloid kombinasyonu ve konsantrasyonları kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklere ait çiğnenebilirlik değerlerinin kıyaslanması

Çizelge 4.4. incelendiğinde sadece HD3 (CMC) ve HD6 (CMC-KG) kodlu glutensiz ekmek gruplarında hidrokolloid kullanım oranı arttıkça çiğnenebilirlik değeri artış göstermiş, geriye kalan örneklerde ise artan kullanım oranlarında çiğnenebilirlik değerlerinde anlamlı düzeyde düşüşler saptanmıştır ($p<0.05$).

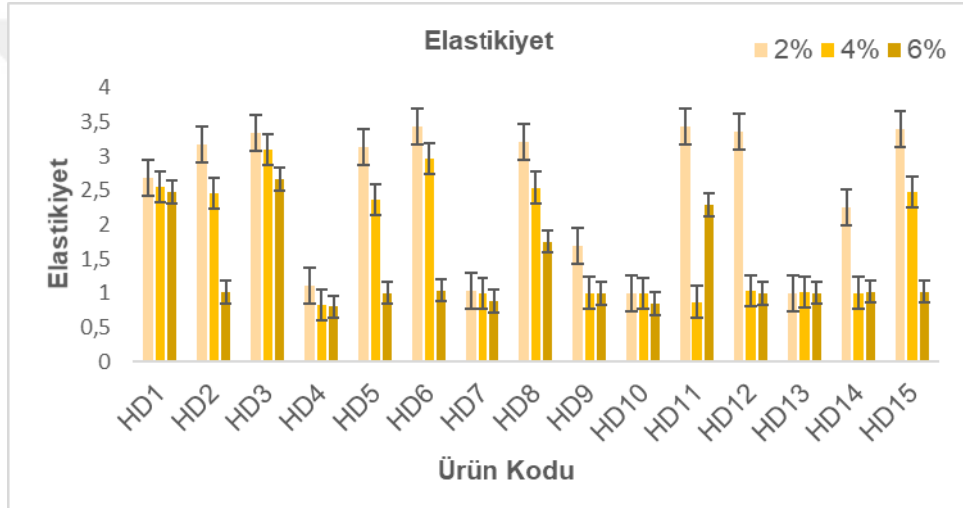
Liu ve ark (2018), CMC, KG ve HPMC'nin %0.5, %1, %2 kullanım oranlarında glutensiz ekmeklerin çiğnenebilirliği üzerine etkisini incelemişlerdir. Çalışmamız ile benzer şekilde artan kullanım miktarlarına bağlı olarak çiğnenebilirliğin anlamlı seviye azalış gösterdiğini tespit edilmiştir ($p<0.05$). Araştırmacılar HPMC anlamlı seviyede ekmeğin çiğnenebilirliğini etkilemezken, CMC kullanımı ile artan kullanım oranlarında çiğnenebilirliği arttırdığını bildirmişlerdir. Sertlik ve yapışkanlık özelliğinin yanı sıra hidrokolloidlerin türü ve konsantrasyonu da glutensiz ekmek örneklerinin çiğnenebilirliğini etkilediği araştırmacılar tarafından bildirilmiştir.

Patil ve Arya (2019), KG ve guar gamın artan konsantrasyonlarda kullanımının glutensiz ekmeklerin çiğnenebilirliğini azalttığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar ürün formülasyonuna hidrokolloid ilavesininin sertliği azalttığını ve böylelikle çiğnenebilirlik değerinin de düşüş gösterdiği bildirilmiştir. Çalışmamızda da benzer şekilde KG (H1)'nin artan kullanım oranlarda ekmeklerin sertlik ve çiğnenebilirlik değerleri anlamlı düzeyde azalış göstermiştir ($p<0.05$). Çiğnemedeki azalma, KG ve guar gam ilavesine bağlı olarak, proteinlerle hidrofilik komplekslerin oluşumunu sağlayan hidrokolloidler arasında tespit edilen iyonik etkileşimlere atfedilmiştir (Rosell ve ark., 2007).

4.1.2.4.(3). Elastikiyet

Elastikiyet, gıdalarda sıkıştırma sonrası deforme olmuş dokunun, deforme edici kuvvet etkisi ortadan kaldırıldıktan sonra tekrar eski (deforme olmamış) haline dönebilmesi ile ilişkili birincil mekanik özelliktir (Erdemir ve Karaoğlu, 2021).

Farklı hidrokolloid kombinasyonu ve konsantrasyonları kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklere ait elastikiyet değerleri Çizelge 4.4. ve Şekil 4.5.'de verilmiştir. Buna göre, ekmeklere ait 24. saat sonundaki elastikiyet değerleri 0.80 (KJG %6)-3.43 (CMC-KG %2), aralığında değişmekte olduğu saptanmıştır. Tekstürel analiz sonucunda glutensiz ekmeklerin hidrokolloidlerin cinsi farketmeksizin artan kullanım oranlarında elastikiyet değerinin azaldığı tespit edilmiştir ($p<0.05$).



Şekil 4.5. Farklı hidrokolloid kombinasyonu ve konsantrasyonları kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklere ait elastikiyet değerlerinin kıyaslanması

Mısır nişastası bazlı glutensiz ekmek üretiminde KJG ve KG kullanımına bağlı olarak kontrol grubuna kıyasla (hidrokolloid kullanılmayan) örneklerde elastikiyet özelliğinin düştüğü ve ufalanmayan tekstürel özelliklere sahip örneklerin elde edildiği bildirilmiştir (Moore ve ark., 2004).

Mohammadi (2014), CMC ve KG (%5-20) kullanımının pirinç unu ve mısır nişastasından yapılan glutensiz ekmeğin kalite özellikleri üzerindeki etkisini araştırmıştır. %10 CMC-%10 KG ikili kombinasyonunun yüksek elastikiyet, düşük sertlik özelliği ile kabul edilebilirliğinin yüksek olduğu saptanmıştır. Araştırmacı

CMC'nin daha büyük gaz hücreleri oluşturduğunu ve daha iyi ekmek içi gözenek yapısı oluşturduğunu ancak KG'nin tekstürel anlamda düşük sertlik ve yüksek elastikiyeti sağladığını belirtmiştir. Bu yorumlar ışığında, glutensiz ekmek kalitesini artıran en iyi hidrokolloidin KG olduğu bildirilmiştir. Benzer şekilde Ozturk ve Mert (2018), %5 KG katkılı glutensiz ekmeklerin tekstürel analiz sonuçlarını değerlendirildiğinde örneklerin düşük sertlik ve yüksek elastikiyet özelliğine sahip olduğunu bulmuştur.

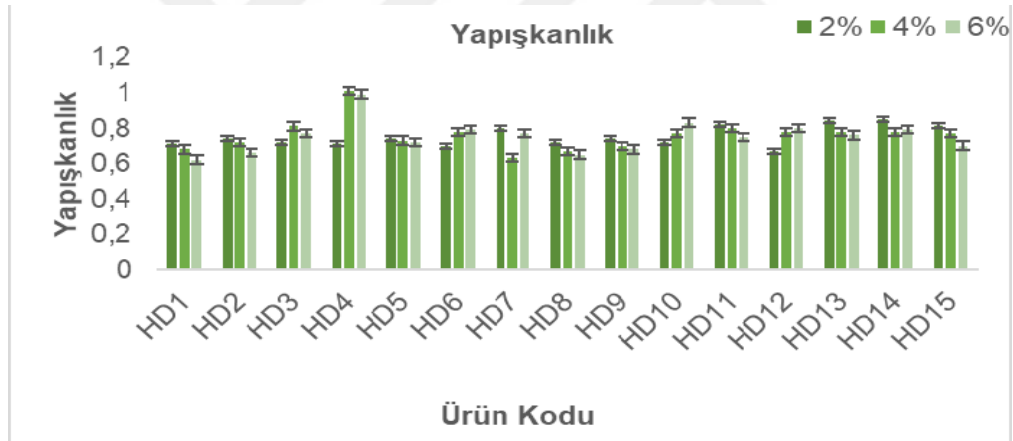
Kittisuban ve ark (2014), buğday ekmeğinin fizikokimyasal özelliklerini referans kullanarak pirinç unu bazlı glutensiz ekmeklere %4 HPMC ilave etmiştir. Ancak HPMC kullanımı tekstürel özelliklerden sertlik ve yapışkanlık değerlerini anlamlı düzeyde ($p<0.05$) etkilerken, elastikiyeti etkilemediğini bildirmişlerdir ($p>0.05$).

Encina-Zelada ve ark (2018), yapmış oldukları çalışmada pirinç (%50), mısır (%30) ve kinoa (%20) unları bazlı glutensiz ekmeklere %1.5, %2.5 ve %3.5 oranlarında KG ilavesinin örneklerin elastikiyet ve sertlik özelliklerine etkisini incelemişlerdir. Artan konsantrasyonlarda glutensiz ekmeklerin elastikiyetlerinin 0.837-0.877 aralığında, sertlik özelliğinin ise 3175-3574 aralığında anlamlı düzeyde artış gösterdiğini belirtmişlerdir ($p<0.05$). Araştırmacılar glutensiz ekmek üretimi sırasında hamur formülasyonlarına (un bazında) farklı oranlarda %90, %100 ve %110 su ilave etmişlerdir. İlave edilen su miktarı arttıkça daha vizkoz ve daha yapışkan hamur yapısı nedeniyle yüksek elastikiyette ve düşük sertlikte glutensiz ekmek üretimi gerçekleştiği çalışmada bildirilmiştir. Özellikle bildirilen tekstürel özellikler düşük konsantrasyonda (%1.5 ve %2.5) KG kullanımında saptanmıştır. Bu durum, %3.5 KG'nin yüksek su tutma kapasitesi nedeniyle daha fazla su tutma eğilimi göstererek ekmek içi sertliğini arttırması ile ilişkilendirilmiştir.

4.1.2.4.(4). Yapışkanlık

Yapışkanlık, gıda etki alanı ile gıdaların ilişkide olduğu dil, diş, damak gibi yüzeylerin arasındaki çekim kuvvetlerine karşı koymak için gerekli olan güç olup birincil mekanik özelliktir (Ertaş ve Doğruer, 2010).

Farklı hidrokolloid kombinasyonu ve konsantrasyonları kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklere ait yapışkanlık değerleri Çizelge 4.4. ve Şekil 4.6.'da verilmiştir. Buna göre, ekmeklere ait 24. saat sonundaki yapışkanlık değerlerinin 0.62 (KG %6)-1.01 (KJG %6), aralığında değişmekte olduğu saptanmıştır. Çalışmada glutensiz ekmeklere ait yapışkanlık değerleri HD4 (KJG), HD10 (CMC-KJG) ve HD12 (CMC-HPMC-KJG) ekmek grupları hariç, hidrokolloid konsantrasyonu arttıkça anlamlı düzeyde azalış göstermiştir ($p<0.05$).



Şekil 4.6. Farklı hidrokolloid kombinasyonu ve konsantrasyonları kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklere ait yapışkanlık değerlerinin kıyaslanması

Yapılan bir çalışmada, mısır nişastası bazlı glutensiz ekmeklere %2 oranında HPMC, KG ve pisilyum ilave edilerek elde edilen ürünlerdeki yapışkanlık değerlerini sırasıyla 1.011, 0.964 ve 0.974 olarak tespit etmişlerdir (Belorio ve Gomez, 2020). Yapışkanlık sonuçlarına göre, arasında KG ve pisilyum ilaveli glutensiz ekmekler arasında anlamlı bir farklılık gözlemlenmezken ($p>0.05$),

HPMC katkılı ekmeklerde farklılık önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Bu durum HPMC'nin nişastaların yapışma özelliği üzerindeki belirgin etkisi ile ilişkilendirilmiştir. Ayrıca pişirme sonrası HPMC jellerindeki değişiklik de yüksek yapışkanlığın nedeni olarak ortaya konmuştur. Bravo-Nunez (2019), farklı depolama günlerinde (1. ve 5.) %2 HPMC katkılı glutensiz ekmeklerin yapışkanlık değerlerini sırasıyla 0.47 ve 0.66 olarak saptamıştır ve veriler arasında anlamlı düzeyde farklılık bulunduğunu bildirmiştir ($p<0.05$). Literatürde tespit edilen yapışkanlık değerleri çalışmamızda tespit edilen aralıklarda yer almaktadır.

Encina-Zelada ve ark (2018), yapmış oldukları çalışmada KG, HPMC ve guar gamın tekli ve kombinasyonlu kullanımının glutensiz ekmeklerin tekstürel özelliklerine etkisini incelemişlerdir. KG-HPMC kombinasyonunun ekmeklerin yapışkanlık ve sertlik değerlerinin tekli kombinasyonlarına kıyasla anlamlı düzeyde düştüğünü ($p<0.05$), hamur yapısında ise hücre boyutu tekdüzeliğini sağladığı ve hamur içi boşluk oranını azalttığını bildirmişlerdir.

Çizelge 4.4. Farklı hidrokolloid kombinasyonu ve konsantrasyonları kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklere ait tekstürel değerleri

Ürün Kodu	Sertlik (g)	Çiğnenebilirlik	Elastikiyet	Yapışkanlık
HD1.1.	963.52 ^o	1766.37 ^{jk}	2.68 ^g	0.71 ^{s-v}
HD1.2.	709.09 ^r	1472.99 ^{lm}	2.55 ^{gh}	0.68 ^y
HD1.3.	542.42 ^s	1168.92 ^{rs}	2.48 ^{hi}	0.62 ^x
HD2.1.	570.85 ^s	1461.94 ^{lmn}	3.17 ^{cd}	0.74 ^{no}
HD2.2.	1066.94 ^{kl}	1333.19 ^o	2.46 ^{hi}	0.72 ^{prs}
HD2.3.	1447.60 ^f	958.71 ^{uvy}	1.01 ^{lmn}	0.66 ^z
HD3.1.	957.00 ^o	2758.53 ^d	3.33 ^{abc}	0.72 ^{p-t}
HD3.2.	1174.54 ⁱ	3108.29 ^b	3.09 ^{de}	0.81 ^{fg}
HD3.3.	1497.39 ^e	3878.61 ^a	2.66 ^g	0.77 ^{klm}
HD4.1.	1052.06 ^{lm}	2159.74 ^{efg}	1.10 ^l	0.71 ^{tu}
HD4.2.	1457.57 ^{ef}	2157.18 ^{efg}	0.82 ^{op}	1.01 ^a
HD4.3.	2569.02 ^a	1278.09 ^{og}	0.80 ^p	0.99 ^b
HD5.1.	951.21 ^o	2149.15 ^{efg}	3.13 ^d	0.74 ⁿ
HD5.2.	555.98 ^s	1940.69 ^h	2.36 ^{ij}	0.73 ^{op}
HD5.3.	458.34 ^t	1835.11 ^{ij}	1.00 ^{l-o}	0.72 ^{r-u}
HD6.1.	738.39 ^{qr}	932.36 ^{uvy}	3.43 ^a	0.70 ^v
HD6.2.	945.83 ^o	1769.46 ^{jk}	2.96 ^{ef}	0.78 ^{ik}
HD6.3.	1122.99 ^j	2887.98 ^c	1.04 ^{l-o}	0.79 ^{ij}
HD7.1.	1050.15 ^{lm}	1093.87 st	1.03 ^{l-o}	0.80 ^{ghi}
HD7.2.	1209.01 ⁱ	1040.60 ^{tu}	0.99 ^{l-o}	0.63 ^x
HD7.3.	2148.91 ^b	933.80 ^{uvy}	0.88 ^{m-p}	0.77 ^{lm}
HD8.1.	842.67 ^p	2143.36 ^{fg}	3.20 ^{bcd}	0.72 ^{lm}
HD8.2.	962.80 ^o	1376.01 ^{mno}	2.54 ^{gh}	0.67 ^z
HD8.3.	1115.81 ^{jk}	1077.89 st	1.75 ^k	0.65 ^w
HD9.1.	1621.87 ^d	1552.68 ^l	1.69 ^k	0.74 ⁿ
HD9.2.	971.67 ^{no}	1451.47 ^{lmn}	1.00 ^{l-o}	0.70 ^{uv}
HD9.3.	538.78 ^s	1009.49 ^{uv}	0.99 ^{l-o}	0.68 ^y
HD10.1.	526.44 ^s	1921.02 ^{hi}	0.99 ^{l-o}	0.72 ^{rst}
HD10.2.	743.72 ^{qr}	1229.04 ^{pr}	0.99 ^{l-o}	0.77 ^m
HD10.3.	940.91 ^o	1037.87 ^{tu}	0.84 ^{nop}	0.83 ^{de}
HD11.1.	713.62 ^r	2250.65 ^f	3.43 ^a	0.82 ^{ef}
HD11.2.	1012.86 ^{mn}	2063.37 ^g	0.87 ^{m-p}	0.80 ^{ghi}
HD11.3.	1113.25 ^{jk}	1368.63 ^{no}	2.29 ^j	0.75 ⁿ
HD12.1.	1072.58 ^{kl}	2461.59 ^e	3.36 ^{ab}	0.67 ^z
HD12.2.	864.44 ^p	2224.53 ^{ef}	1.03 ^{lmn}	0.78 ^{ik}
HD12.3.	768.69 ^q	1022.12 ^{tu}	0.99 ^{l-o}	0.80 ^{hi}
HD13.1.	1262.79 ^h	3123.31 ^b	1.00 ^{l-o}	0.84 ^{ed}
HD13.2.	1437.33 ^f	1505.01 ^l	1.01 ^{l-o}	0.78 ^{ik}
HD13.3.	1739.27 ^c	1037.72 ^{tu}	1.00 ^{l-o}	0.76 ^m
HD14.1.	858.66 ^p	1684.57 ^k	2.25 ^j	0.85 ^c
HD14.2.	1176.87 ⁱ	916.46 ^{vy}	1.00 ^{l-o}	0.78 ^{ik}
HD14.3.	1375.07 ^g	855.25 ^y	1.02 ^{l-o}	0.79 ^{ik}
HD15.1.	888.22 ^p	2457.51 ^e	3.40 ^a	0.81 ^{gh}
HD15.2.	961.12 ^o	1956.11 ^h	2.48 ^j	0.77 ^{lm}
HD15.3.	1061.36 ^{lm}	1773.62 ^k	1.02 ^{l-o}	0.70 ^v

^{a-z} Aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05)

HD:Hidrokolloid formülasyonu

4.2. İkinci Grup Çalışmalar

4.2.1. Baklagil Unlarının Kimyasal Bileşimi

Haşlama ve mikrodalga yöntemleriyle elde edilen baklagil unlarının kimyasal bileşimi sırasıyla Çizelge 4.5. ve Çizelge 4.6.'da verilmiştir. Ayrıca Çizelge 4.7.'de farklı pişirme yöntemlerinin baklagil unlarının kimyasal bileşim üzerine etkileri istatistiksel olarak da değerlendirilmiştir. Buna göre haşlama ve mikrodalga ile elde edilen unların nem (%), kül (%), protein (%) ve yağ (%) içerikleri sırasıyla 9.84-9.98; 2.76-3.2; 20.44-26.10; 1.09-5.47 ve 9.55-9.76; 2.76-3.20; 20.06-26.08; 1.06-5.31 aralığında değiştiği ve sonuçların kendi aralarında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklı olduğu saptanmıştır ($p<0.05$). Çizelge 4.7. incelendiğinde ise pişirme yöntemlerinin baklagil unların nem, kül, protein, yağ miktarlarından nem değeri hariç diğer özelliklerini istatistiksel olarak anlamlı düzeyde etkilemediği ve sonuçlar arasında farklılığa neden olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$).

Barampama ve Simard (1995), çiğ ve haşlama yöntemiyle üretilen fasulye ununun protein, yağ ve toplam lif değerlerini sırasıyla %20.09, %1.42, %3.86 ve %20.18, %1.50 ve %3.91 olarak saptamıştır ve sonuçların ısıl işleme bağlı olarak önemli düzeyde etkilenmediğini vurgulamıştır ($p>0.05$). Hefnawy (2011), mercimeklere uygulanan haşlama ve mikrodalga pişirme yöntemlerinin örneklerin kimyasal kompozisyonu üzerine etkisini incelediği çalışmalarında, haşlama yöntemiyle üretilen mercimek unlarının nem, kül, protein, yağ ve ham lif miktarlarının sırasıyla %8.51, %3.3, %26.2, %0.9 ve %6.2; mikrodalgada pişirme ile üretilenlerin ise %8.40, %3.2, %26.1, %0.9 ve %6.4 olarak tespit edilmiştir. Araştırmacı pişirme yöntemlerinin örneklerin kimyasal kompozisyonunu önemli düzeyde etkilemediğini bildirmiştir ($p>0.05$). Khatoon ve Prakash (2004), mikrodalga fırında ve yüksek basınçlı sistemde (düdüklü tencere) haşlama yöntemlerinin 8 farklı baklagil türünün besin nitelikleri üzerine etkisini incelemişlerdir. Farklı pişirme yöntemlerinin örneklerin yağ ve protein içeriklerini etkilemediği ancak mikrodalgada pişirilen örneklerin nem içeriklerinin önemli

düzeyde yüksek olduğu saptanmıştır ($p<0.05$). Araştırmacılar artan nem içeriğinin proses süresince artış gösteren sıcaklığa bağlı olarak gerçekleşen dehidrasyon ile ilişkili olabileceği bildirmiştir. Levent ve Yeşil (2019), haşlama yöntemi uygulanarak elde edilen nohut ve mercimek ununun kül (%), protein (%), yağ (%) içeriklerinin sırasıyla 2.43, 21.45, 4.80 ve 3.06, 23.15, 3.02 olduğunu saptamışlardır. Literatür çalışmaları incelendiğinde her iki yöntem ile elde edilen baklagil unlarının kimyasal bileşimi verilerinin çalışmamız ile uyum içerisinde olduğu tespit edilmiştir (Patterson ve ark., 2009; Demi ve ark., 2010; Mlynekova ve ark., 2014).

Çizelge 4.5. Haşlama yöntemiyle üretilen baklagil unlarının kimyasal bileşimi

Baklagil Unu	Nem (%)	Kül (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Toplam* Lif(g/100g)	Diyet Çözünmez* Diyet Lif (g/100g)	Çözünür* Diyet Lif (g/100g)
Nohut	9.87±0.06 ^{a,b}	3.15±0.00 ^b	24.11±0.02 ^b	5.47±0.02 ^a	14.61±0.02 ^c	13.49±0.15 ^b	1.13±0.02 ^b
Mercimek	9.84±0.01 ^b	3.20±0.01 ^a	26.10±0.03 ^a	1.28±0.01 ^b	15.54±0.03 ^b	15.44±0.14 ^a	0.12±0.15 ^c
Bezelye	9.98±0.01 ^a	2.76±0.01 ^c	20.44±0.02 ^c	1.09±0.01 ^c	15.86±0.04 ^a	11.04±0.14 ^c	4.84±0.01 ^a

^{a-c} Çizelgede aynı sütundaki farklı harfler örnekler arası önemli bir farkın olduğunu belirtmektedir (p< 0.05).

Çizelge 4.6. Mikrodalgada pişirme yöntemiyle üretilen baklagil unlarının kimyasal bileşimi

Baklagil Unu	Nem (%)	Kül (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Toplam* Lif(g/100g)	Diyet Çözünmez* Diyet Lif(g/100g)	Çözünür* Diyet Lif(g/100g)
Nohut	9.72±0.01 ^b	3.04±0.02 ^b	23.84±0.03 ^a	5.31±0.01 ^a	14.95±0.03 ^c	13.67±0.08 ^b	1.30±0.04 ^b
Mercimek	9.55±0.02 ^c	3.20±0.01 ^a	26.08±0.02 ^b	1.15±0.02 ^b	15.71±0.01 ^b	15.59±0.05 ^a	0.13±0.02 ^c
Bezelye	9.76±0.01 ^a	2.76±0.02 ^c	20.06±0.02 ^c	1.06±0.02 ^c	15.91±0.04 ^a	11.19±0.02 ^c	4.72±0.04 ^a

^{a-c} Çizelgede aynı sütundaki farklı harfler örnekler arası önemli bir farkın olduğunu belirtmektedir (p< 0.05).

Çizelge 4.7. Farklı pişirme yöntemlerinin baklagil unları kimyasal bileşimi üzerine etkisi

Kimyasal Özellik	Nohut			Mercimek			Bezelye		
	H	MD	p değeri	H	MD	P değeri	H	MD	P değeri
Nem (%)	9.87±0.06	9.71±0.01	0.12**	9.84±0.01	9.55±0.02	0.00	9.98±0.01	9.75±0.01	0.02
Kül (%)	3.15±0.04	3.05±0.02	0.02	3.2±0.01	3.1±0.01	0.85**	2.76±0.01	2.61±0.02	0.82**
Protein (%)	24.11±0.02	23.82±0.03	0.02	26.1±0.03	26.09±0.02	0.34**	20.44±0.02	20.05±0.02	0.03
Yağ (%)	5.47±0.02	5.33±0.01	0.01	1.28±0.01	1.17±0.02	0.03	1.09±0.01	1.04±0.02	0.49**
Toplam DL	14.61±0.02	14.95±0.04	0.01	15.53±0.02	15.72±0.01	0.03	15.85±0.03	15.91±0.05	0.21**
Çözünmez DL	13.49±0.01	13.62±0.03	0.09**	15.44±0.02	15.56±0.04	0.01	11.05±0.01	11.19±0.01	0.01
Çözünür DL	1.11±0.02	1.32±0.03	0.03	0.13±0.02	0.14±0.02	0.40**	4.84±0.02	4.7±0.03	0.04

H:Haşlama, MD:Mikrodalga DL: Diyet lif (p< 0.05) ise anlamlı bir farklılık vardır. (t testi)

**anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır.

Haşlama ve mikrodalga yöntemiyle pişirmeye tabi tutulan baklagil unlarının toplam diyet lif içeriği sırasıyla Çizelge 4.5. Çizelge 4.6. ve Çizelge 4.7.'de verilmiştir. Haşlama yöntemiyle üretilen baklagil unlarının toplam lif içerikleri 14.61 g/100g-15.86 g/100g değişirken, mikrodalgada pişirme yöntemiyle üretilen baklagil unlarının toplam lif içerikleri 14.95 g/100g-15.91 g/100g aralığındadır. İnsan ince bağırsağında sindirilemeyen lifler, çözünür ve çözünmez lifler olarak sınıflandırılmaktadır. Çözünür lifler kolonda yavaş yavaş sindirilir iken metabolik olarak reaksiyon göstermeyen çözünmeyen lifler, bağırsakta bakteri üremesini sağlayan kolonda fermentasyon işlemine tabi tutulur (Tosh ve Yada, 2010). Lif, genetik, hormonal ve bağırsak fonksiyonlarını etkilemesi nedeniyle kilo alımını ve düzenlenmesini etkilemektedir. Özellikle uzun süreli tokluk sağlamakta ve metabolik olarak meydana gelen yağ oksidasyonu ve depolanmasını etkilemektedir. Bu nedenle lif açısından zengin gıdaların (meyve-sebzeler, tam tahıllar ve baklagiller) beslenmenin bir parçası haline gelmesi önem arz etmektedir (Pittaway ve ark., 2008).

Çizelge 4.7.'de baklagil unlarının toplam diyet lif içeriklerinin farklı pişirme işlemlerine bağlı farklılık gösterdiği ve belirlenen farklılık istatistiki olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Ayrıca her iki yöntemde bezelye unu örneklerinin en yüksek lif içeriğine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu farklılık baklagillerin lif içeriğinin büyük bir kısmı dış tohum testasında bulunduğundan tohum kabuğunun kalınlığına ve yapısına bağlı olarak lif miktarı değişkenlik göstermesi ile ilgili olduğu düşünülmektedir (Grela ve Günter, 1995). Xu ve ark (2014), yaptıkları çalışmada, çiğ, haşlanmış ve mikrodalgada pişirilerek, öğütülmüş nohut unu örneklerin toplam diyet lif miktarının pişirme işlemleriyle beraber önemli düzeyde artış gösterdiğini ve bu artışın baklagil tohumlarının suda bekletilmesi ve pişirilmesine bağlı olarak meydana gelen kimyasal reaksiyondan sonra tanede bulunan protein-lif kompleksi oluşumundan kaynaklandığını bildirmiştir.

Khatoon ve Prakash (2009), çiğ, basınçlı ve mikrodalgada pişirme işlemleri kullanarak ürettikleri mercimek unu örneklerinde toplam diyet lif ve çözünmez diyet lif miktarının sırasıyla 16.69 g/100g, 15.95 g/100g, 16.46 g/100g ve 15.30 g/100g, 15.73 g/100g, 15.79 g/100g olduğunu ve ısıt işlemlerin lifin çözünürlüğünü arttırdığını ve lifin çözünür bileşenlerinin termal işlem sırasında bozunmaya uğrayarak toplam diyet lif miktarını azalttığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar çalışmamız ile benzer şekilde farklı pişirme yöntemlerinin diyet lif miktarını anlamlı düzeyde etkilemediğini bildirmişlerdir. ($p>0.05$).

Literatür çalışmaları incelendiğinde Martin-Cabrejad ve ark (2006) ve Aguilera ve ark (2009), haşlama işleminin nohutunun toplam diyet lif miktarını %17.67 ve %16.60 oranlarında arttırdığı, Mahadevamma ve Tharanathan (2004), farklı cinsde nohutların basınçlı ortamda pişirilmesi sonucunda çözünür diyet lifi miktarında işlenmemiş örneklerle kıyasla önemli düzeyde artış olduğunu saptamışlardır. Wang ve ark (2009), yapmış oldukları çalışmada sekiz farklı mercimek türünün çözünür diyet lif (133.9 g/100g -161.1 g/100g) miktarının pişirme işlemine bağlı olarak (114.1 g/100g-128.3 g/100 g) azalış gösterdiğini bildirmişlerdir. Tespit edilen azalış (haşlama ve mikrodalga) ısıt işlemin özellikle bozunmaya duyarlı çözünür diyet lifin fizikokimyasal özellikleri üzerine olan etkisi ile ilişkilendirilmiştir.

Vidal-Valverde ve Frias (1991), yapmış oldukları çalışmada uzun süreli suda bekletme ve pişirme süreleri gerektiren baklagillerde (nohut ve barbunya) lignin ve selüloz içeriğinin (çözünmez diyet lif) genellikle arttığına işaret etmişlerdir. Çalışmada baklagillerin haşlama yöntemiyle pişirilmesi sonucunda protein ve tanenlerin yoğunlaşmasına bağlı olarak liflerin meydana geldiği vurgulanmıştır. Lif oluşumunda dirençli nişasta gibi bileşenlerin ve Maillard reaksiyonunun etkili olduğu bildirilmiştir. Bu bağlamda çalışmamızda Çizelge 4.7. de tespit edilen farklılığın sebebi mikrodalgada pişirilmiş baklagillerde yüksek sıcaklıkta pişirme nedeniyle lif fraksiyonlarının artış göstermesi olabilir. Ek olarak

diyet lifi bileşenlerinin içeriğindeki değişimi etkileyen diğer parametrenin baklagil türü ve kimyasal bileşimi olduğu düşünülmektedir.

4.2.1.1. Baklagil Unları Mineral Madde İçerikleri

Haşlama ve mikrodalga yöntemiyle pişirmeye tabi tutulan baklagil unlarına ait mineral madde kompozisyonu sırasıyla Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.9’da verilmiş olup, ayrıca Çizelge 4.10’da farklı pişirme yöntemlerinin baklagil unlarının (nohut, mercimek, bezelye) mineral madde bileşimine etkisi istatistiksel anlamda incelenmiştir. Çalışmada haşlama yöntemiyle üretilen baklagil unlarına ait potasyum miktarları 903.66 mg/100g (bezelye unu) ile 979.33 mg/100g (nohut unu) arasında, demir miktarları 5.45 mg/100g (bezelye unu) ile 7.6 (nohut unu) mg/100g arasında, magnezyum miktarları 103.00 mg/100g (bezelye unu) ile 187.67 mg/100g (nohut unu), kalsiyum miktarları 55.00 mg/100g (mercimek unu) ile 118.33 mg/100g (nohut unu) aralığında değişim gösterdiği saptanmıştır. Sadece nohut ve bezelye ununun kalsiyum miktarı arasında istatistiksel anlamda bir fark bulunmazken ($p>0.05$) diğer baklagillerin mineral maddelerin miktarı arasında farklılık anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$).

Çizelge 4.8. Haşlama yöntemiyle üretilen baklagil unlarının mineral madde içerikleri (mg/100g)

Baklagil Unu	K	Fe	Mg	Ca
Nohut	979.33±4.04 ^a	7.60±0.02 ^a	187.67±2.52 ^a	118.33±7.63 ^a
Mercimek	913.00±2.00 ^b	6.13±0.04 ^b	112±2.50 ^b	55.00±2.00 ^b
Bezelye	903.66±2.51 ^c	5.45±0.05 ^c	103.00±2.00 ^c	114.00±2.64 ^a

K: Potasyum, Fe: Demir, Mg: Magnezyum, Ca: Kalsiyum

^{a-c} Aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$)

Diğer bir pişirme yöntemi olan mikrodalga ile üretilen baklagil unlarına ait potasyum miktarları 881.00 mg/100g (bezelye unu) ile 888.03 mg/100g (nohut unu) arasında, demir miktarları 5.41 mg/100g (bezelye unu) ile 7.13 (mercimek unu) mg/100g arasında, magnezyum miktarları 99.01 mg/100g (bezelye unu) ile 177.67 mg/100g (nohut unu), kalsiyum miktarları 60.01 mg/100g (mercimek unu) ile 112.33 mg/100g (nohut unu) aralığında değişim gösterdiği saptanmıştır. Mikrodalgada pişirme yöntemiyle elde edilen baklagil unlarının mineral madde içerikleri arasındaki farklılık anlamlı bulunmuş ($p<0.05$) ve nohutunun mineral madde bakımından en zengin örnek olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.9 incelendiğinde farklı baklagil türlerinde her iki pişirme yönteminde de potasyumun en yüksek miktara sahip olduğu ve bunu magnezyum, kalsiyum ve demirin takip ettiği gözlemlenmiştir. Baklagiller potasyum, magnezyum, kalsiyum, fosfor yönünden oldukça zengindirler ve glutensiz beslenen bireyler için önemli bir kaynaktırlar. Baklagillere tüketim öncesi uygulanan suda bekletme ve pişirme işlemleri sırasında suya mineral madde geçişi gerçekleşmekte ve bileşiminde kayıplar meydana gelmektedir (Hall ve ark., 2017). Alajaji ve El-Adawy (2006), Wang ve ark (2008) ve Xu ve ark (2014), yapmış oldukları çalışmada suda bekletme, haşlama ve mikrodalgada pişirme işlemleri sonucunda toplam mineral madde miktarında kayıpların meydana geldiğini ancak azalmaların istatistiksel anlamda önemsiz olduğu bildirilmiştir ($p>0.05$).

Çizelge 4.9. Mikrodalgada pişirme yöntemiyle üretilen baklagil unlarının mineral madde içerikleri (mg/100g)

Baklagil Unu	K	Fe	Mg	Ca
Nohut	888.03±2.03 ^a	7.04±0.02 ^b	177.67±2.51 ^a	112.33±2.51 ^a
Mercimek	887.01±2.64 ^a	7.13±0.03 ^a	124.33±4.04 ^b	60.01±2.00 ^c
Bezelye	881.00±3.60 ^b	5.41±0.01 ^c	99.01±2.01 ^c	104.67±5.03 ^b

K:Potasyum, Fe:Demir, Mg: Magnezyum, Ca: Kalsiyum

^{a-c} Aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

Çizelge 4.10 incelendiğinde pişirme yöntemlerinin nohutunun Mg ve Ca miktarlarını, bezelye ununun ise K, Fe, Mg ve Ca miktarlarını anlamlı düzeyde etkilemediği saptanırken, nohutunu K ve Fe ile mercimek ununun mineral madde miktarları anlamlı düzeyde farklılık göstermiştir ($p<0.05$).

Çizelge 4.10. Farklı pişirme teknikleriyle üretilen baklagil unlarının mineral madde içerikleri (mg/100g)

Mineral Madde	Nohut			Mercimek			Bezelye		
	H	MD	P	H	MD	P	H	MD	P
K	980	888	0.01	913	887	0.01	901	881	0.06**
Fe	7.59	7.04	0.02	6.2	7.11	0.01	5.45	5.39	0.13**
Mg	185	177	0.06**	112	124	0.02	103	98	0.07**
Ca	118	112.09	0.12**	55.23	58	0.04	114.1	105	0.47**

K:Potasyum, Fe:Demir, Mg: Magnezyum, Ca: Kalsiyum

($p<0.05$) ise anlamlı bir farklılık vardır. (t testi) **anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır.

H:Haşlama, MD:Mikrodalga

Bains ve ark (2014),nohut, börülce ve maş fasulyesi çimlendirme işleminin ardından, optimize edilmiş koşullar altında mikrodalgada pişirme ve basınçta pişirmenin Ca, Fe ve Z konsantrasyonu üzerine etkisini incelemişlerdir ve çimlenme işleminin etkisiyle her iki pişirme yönteminde mineral madde kaybının önemli düzeyde önlediğini bildirmişlerdir. Çalışma maş fasulyesi için 20 saat, nohut için 60 saat ve börülce için 24 saat çimlenme sürelerinin ardından optimize edilmiş süre için basınçlı pişirmenin özellikle demir biyoyararlanımı için uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Alajaji ve El-Adawy (2006), yapmış oldukları çalışmada, nohutunu üretiminde haşlama (100 °C, 90 dk), mikrodalgada (121 °C, 35 dk) ve otoklavda pişirme (15 dk) yöntemlerinin ürünün mineral madde bileşimi üzerine etkisini araştırmışlardır. Pişirme işlemi esnasında proses koşulları nedeniyle suya farklı

oranlarda mineral madde geçişi olduğundan dolayı unların mineral madde bileşiminin farklılık gösterdiği bildirilmiştir. Araştırmacılar mikrodalgada pişirme işlemiyle üretilen baklagil unlarının makro (K, Ca, Mg, P) ve mikro (Mn, Zn, Cu) mineral madde konsantrasyonlarının en yüksek olduğunu bunu otoklav ve haşlama yöntemiyle üretilen unların takip ettiği belirtilmiştir.

Zia-Ul-Haq ve ark (2007) yapmış oldukları çalışmada, baklagil unlarında termal işlemlere bağlı mineral madde bileşiminde meydana gelen farklılıkları proses koşullarına ek olarak hammaddenin çeşidine, yetiştirme koşullarına ve toprak yapısına bağlı olarak değişkenlik gösterdiğini bildirmiştir. Çalışmamızda mineral madde içeriğinde tespit edilen farklılık araştırmacılarında belirttiği üzere proses ve hammadde özelliklerinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Hefnawy (2011), mercimek unu üretiminde işlenmemiş ve haşlama (100 °C, 90 dk), otoklavda (121 °C, 35 dk) ve mikrodalgada (15 dk) pişirme yöntemlerini kullanarak mineral madde içeriklerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmada mikrodalgada pişirme yöntemi kullanılarak üretilen unlarında mineral kayıpların en düşük seviye olduğunu bunu otoklavlama ve haşlamanın takip ettiğini bildirmişlerdir. Sonuçlar incelendiğinde ise sırasıyla K, Fe, Mg, Ca değerlerinin haşlama ve mikrodalga yöntemiyle %420-520, %6.1-7.0, %118-124, %50.21-56.7 olduğu ve çalışmamız ile benzerlik gösterdiği saptanmıştır. Ayrıca çalışmada termal işlemlerin mercimeklerin besinsel kompozisyonu ve antibesinsel bileşenler üzerine etkileride incelenmiştir. Özellikle mikrodalgada pişirme yöntemiyle üretilen unların antibesinsel bileşenlerden tripsin inhibitörü, tanenler ve fitik asit miktarlarında önemli düzeyde azalmalar tespit edilmiş ve bu sonuçlara dayanarak un üretiminde hem besinsel kaliteyi iyileştirmede hemde pişirme süresini azaltmada mikrodalgada pişirme önerilmiştir.

Dandachy ve ark (2019), işlenmemiş ve haşlama yöntemiyle üretilen nohutunun potasyum (K), magnezyum (Mg) ve fosfor (P) miktarlarındaki değişimi incelemişlerdir. Araştırmacılar ısıtma işlemine bağlı olarak Mg (%17) ve K (%55) içeriğinin önemli düzeyde azaldığını ($p<0.001$), P'nin ise %9.26 oranında

azaldığını bildirmişlerdir. Mineral madde kayıpları, pişirme öncesinde bileşenlerin ıslatma suyuna geçmesi ve geleneksel üretim süreci aşamalarıyla ilişkilendirilmiştir. Geleneksel üretim esnasında ıslatma, haşlama, pişirme ve öğütme kritik süreçlerdir. Bununla birlikte, bu adımların baklagillerdeki mineral maddelerin konsantrasyonlarını etkilediği bildirilmektedir (Oghbaei ve Praskash, 2016).

Dhull ve ark (2022), mercimeklerin pişirme işleminden sonra Ca, Cu ve Mn miktarları artarken, Fe, K, Mg, P ve Zn miktarlarının azalış gösterdiğini belirtmişlerdir. Haşlama (geleneksel) ve endüstriyel destekli (mikrodalga, kızılötesi) pişirme yöntemlerinden sonra inorganik elementler değişken oranlarda pişirme suyunda çözünmesi ve pişirme suyna geçişine bağlı olarak toplam mineral madde miktarında azalmalar meydana geldiği çalışmada vurgulanmıştır (Ramirez-Ojeda ve ark., 2018).

4.2.2. Fonksiyonel Glutensiz Ekmek Nitelikleri

Çalışmamızın birinci aşamasında farklı hidrokolloid kombinasyonu ve konsantrasyonların glutensiz ekmek kalitesi üzerine etkileri spesifik hacim, nem, renk ve tekstürel (sertlik, çiğnenebilirlik, elastikiyet ve yapışkanlık) analizler ile değerlendirilmiş olup %4 HPMC-KG en iyi glutensiz ekmek grubu olduğu sonucuna varılmıştır. Bu bağlamda çalışmamızın ikinci aşaması olan dirençli nişasta ve farklı pişirme yöntemleriyle elde edilen baklagil unları kullanarak fonksiyonel glutensiz ekmek üretimi için kontrol grubu olarak %4 HPMC-KG seçilip, ekmek üretimleri gerçekleştirilmiştir. Üretimi gerçekleştirilen ekmeklerin fizikokimyasal, biyoaktif bileşim, aroma maddeleri ve duyu analizi sonuçları bu bölümde verilmiştir.

4.2.2.1. Spesifik Hacim

Farklı pişirme yöntemleriyle üretilen baklagil unlarının kullanımıyla üretilen glutensiz ekmeklere ait spesifik hacim değerleri Çizelge 4.11.'de

verilmiştir. Haşlama yöntemiyle üretilen baklagil unlarının kullanımı sonucu üretilen glutensiz ekmeklerin spesifik hacim değerleri 2.59 cm³/g (F7-%30 nohut unu)-4.39 cm³/g (F1-Kontrol) aralığında ve mikrodalga pişirme yöntemiyle üretilen baklagil unlarının kullanımı ile üretilen ekmeklerin ise 2.52 cm³/g (F7-%30 nohut unu)-4.32 cm³/g (F1-Kontrol) aralığında olduğu tespit edilmiştir. Her iki yöntemle üretilen örneklerin kendi aralarında spesifik hacim değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu saptanmıştır (p<0.05).

Dirençli nişasta (DN), sağlıklı bireylerin ince bağırsağında emilmeyen nişasta ve nişasta bozunma ürünlerinin toplamı olarak tanımlanmakta olup prebiyotik özellik gösterdiği ve aynı zamanda sindirim sisteminin işleyişini olumlu yönde etkilediği, kan kolesterol seviyesini düşürdüğü ve diyabet kontrolüne yardımcı olduğu bildirilmiştir (Nugent, 2005; Sanz-Penella ve ark., 2010). DN'nin fizyolojik etkileri dışında, geleneksel lif türlerinde bulunmayan fonksiyonel özelliklere de sahiptir. Ayrıca glutensiz ekmek yapısı büyük ölçüde nişasta jelatinizasyonuna bağlı olduğundan, elde edilen ürünleri kalitesini de etkilemektedir (Miyazaki ve ark., 2006). Çizelge 4.11. incelendiğinde haşlama ve mikrodalgada pişirme yöntemiyle elde edilen baklagil unlarının kullanımıyla üretilen glutensiz ekmeklere artan kullanım oranlarında DN (%10, %20, %30) ilave edilmiştir. Glutensiz ekmeklere ait spesifik hacim değerlerinin sırasıyla 3.46 cm³/g-3.61 cm³/g ve 3.46 cm³/g-3.60 cm³/g aralığında değiştiği belirlenmiştir. Çalışmamızda, kontrol grubuna kıyasla artan dirençli nişasta kullanım oranlarında glutensiz ekmeklerin spesifik hacim değerlerinde anlamlı düzeyde azalma saptanmıştır (p<0.05). Korus ve ark (2009), yapmış oldukları çalışmada mısır nişastasız bazı glutensiz ekmek formülasyonlarına artan konsantrasyonlarda DN (%10, %15, %20) DN ilave etmişlerdir. Kontrol grubuna kıyasla DN arttıkça glutensiz ekmeklerin hacim değerlerinin yaklaşık %29.08 azaldığını saptamışlardır. Çalışmamız ise bu oran %21.20 olarak belirlenmiş olup sonuçlar arasında benzerlik tespit edilmiştir. Glutensiz ekmeklerde dirençli nişasta ilavesine bağlı hacimde meydana gelen azalma araştırmacılar tarafından yapmış oldukları çalışmalarda

yorumlanmıştır. Nişasta glutensiz ekmek formülasyonunda ana bileşen olarak kullanılmaktadır (Korus ve ark., 2009). Ekmeğin pişirilmesi esnasında nişasta molekülleri arasında jelatinizasyon başlar ve ekmek iç yapının oluşumuna katkıda bulunurlar (Miyazaki ve ark., 2006). Dirençli nişasta ise sadece bir ara bileşen görevi görür ve jelatinizasyonu sağlamaz, maya tarafından kullanılmaz ve bu da hamur fermantasyonunu yavaşlatır. Ek olarak, jelatinize olmamış nişasta moleküllerinin varlığı hücre duvarlarında kararsızlığa neden olabilmektedir (Liu ve Scanlon, 2003). Bu etmenlerin herbiri ekmek hacmini olumsuz yönde etkileyebilmekte ve gaz hücrelerinin yapı içerisinde düzensiz dağılımına sebep olabilmektedir.

Çizelge 4.11.'de dirençli nişasta-baklagil unlarının (nohut, mercimek, bezelye) artan kullanım oranlarında (%10, %20, %30) tekli ve kombinasyonu kullanımlarının spesifik hacim değerleri üzerine etkileri incelendiğinde her iki pişirme tekniğinde nohut unu katkılı ekmekler (F5, F6, F7) hariç, spesifik hacim değerinin düzenli bir artış sergilendiği tespit edilmiştir ($p<0.05$). Yıldırım ve Şahin-Nadeem (2019), yapmış oldukları çalışmalarında, pirinç unu bazlı glutensiz ekmeklere %25 ve %50 oranlarında nohut unu ilave edilmiş ve artan konsantrasyonlarda ekmeklerin spesifik hacim değerlerinin azaldığını ancak bu azalışın anlamlı bulunmadığını bildirmiştir ($p>0.05$). Ouazib ve ark (2016), işlenmemiş, haşlama, kavurma ve çimlendirme yöntemlerini kullanarak ürettikleri nohut unları ile zenginleştirdikleri ekmeklerin spesifik hacim değerlerinin birbirleri arasında anlamlı seviyede farklılık gösterdiğini bildirmişlerdir ($p<0.05$). Araştırmacılar en yüksek spesifik hacmin kavrulmuş nohut unu katkılı ekmeklere ait olduğunu (1.79 mL/g), en düşük hacmin ise haşlanmış nohut unu katkılı ekmeklere ait olduğunu (0.58 mL/g) bildirmişlerdir. Haşlama yöntemiyle üretilen nohut unu üretilen glutensiz ekmeklerde spesifik hacminin düşük çıkması haşlama esnasında denatürasyona bağlı olarak protein çözünürlüğünün azalmasına ve suda çözünür bileşenlerin haşlama suyuna geçmesi ile ilişkilendirilmiştir. Benzer şekilde Shin ve ark (2013), haşlanmış soya unlarıyla üretilen glutensiz ekmeklerin işlem

görmemiş ve çimlendirilmiş soya unlarıyla üretilen ekmeklerden daha düşük spesifik hacme sahip olduğunu saptamışlardır. Ahmed ve ark (2016), sorgum unu katkılı glutensiz ekmeklere %10, %20 ve %30 oranlarında nohut unu ilavesinin spesifik hacmi istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalttığı ($p<0.05$), Sciarini ve ark (2010), nohut unu katkılı glutensiz ekmeklerin kontrol grubuna (mısır nişastası bazlı) kıyasla daha düşük spesifik hacme sahip olduğunu bu durumun da tüketici tercihinde önemli rol oynadığını bildirmişlerdir. Çalışmamızda her iki pişirme yöntemiyle üretilen nohut unlarının spesifik hacim değerlerinde azalma göstermesi literatürle uyum içerisindedir. Bu durum nohuta uygulanan termal işlemlerin hamur formülasyonunda yer alan nişasta ile zayıf protein-nişasta ağı oluşturmaya ve nihai üründe düşük hacim oluşumunun meydana gelmesiyle ilişkilidir (Ouazib ve ark., 2016) Ayrıca hem mikrodalga hem de haşlama işlemi sırasında nohutların dış zarında bulunan kabuklarında unu dahil olmuş ve fermantasyon sırasında nohut unundaki kabuklar gaz hücrelerinin yapısını bozarak, hücrelerin içerisindeki gazı dışarı çıkarmaya zorlamıştır. Bu durum da hamur hacminde azalmaya neden olmuştur (Onyango ve ark., 2011).

Çizelge 4.11.'de görüldüğü üzere her iki pişirme yöntemiyle elde edilen baklagil (mercimek ve bezelye) unlarıyla üretilen glutensiz ekmeklerin spesifik hacim değerleri artan kullanım oranına bağlı olarak anlamlı düzeyde artış göstermiştir ($p<0.05$). Mercimek unu ile üretilen glutensiz ekmeklerin spesifik hacimleri sırasıyla (haşlama ve mikrodalga) $3.08 \text{ cm}^3/\text{g}$ - $3.12 \text{ cm}^3/\text{g}$ ve $3.05 \text{ cm}^3/\text{g}$ - $3.13 \text{ cm}^3/\text{g}$ aralığında değişirken, bezelye unu ile üretilen glutensiz ekmeklerin ise sırasıyla (haşlama ve mikrodalga) $3.26 \text{ cm}^3/\text{g}$ - $3.43 \text{ cm}^3/\text{g}$ ve $3.23 \text{ cm}^3/\text{g}$ - $3.43 \text{ cm}^3/\text{g}$ aralığında değiştiği belirlenmiştir. Ek olarak baklagil unu ve dirençli nişastanın eşit oranlarda ve bunların artan konsantrasyonları (%2.5, %5, %7.5) kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklerin spesifik hacim değerlerinin sırasıyla (haşlama ve mikrodalga) $3.51 \text{ cm}^3/\text{g}$ - $3.66 \text{ cm}^3/\text{g}$ ve $3.49 \text{ cm}^3/\text{g}$ - $3.64 \text{ cm}^3/\text{g}$ aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Da Rosa Machado ve Thys (2019), mısır nişastası bazlı glutensiz ekmeklere %10 ve %20 oranlarında haşlama yöntemiyle üretilen mercimek unu

katkılı ekmeklerin spesifik hacim değerlerini sırasıyla 2.67 mL/g ve 2.77 mL/g olarak saptamışlar ve sonuçlar arasında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklılık olduğunu belirtmişlerdir ($p<0.05$). Çalışmada araştırmacılar glutensiz ekmek formülasyonuna mercimek unu dışında karabuğday unu da kullandıklarını fakat mercimek unuyla yapılan glutensiz ekmeklerin spesifik hacim değerlerinin her iki kullanım oranında daha yüksek olduğunu belirterek bu durumu unların yapısındaki protein içeriği ile ilişkilendirerek protein-nişasta etkileşiminin spesifik hacim değerini arttırdığını belirtmişlerdir. Ziobro ve ark (2016), glutensiz ekmek formülasyonlarına lüpen, bezelye ve soya unu ilavesi sonucunda örneklerin spesifik hacmini arttığını ve durumu baklagil unlarında bulunan proteinin yapı, çözünürlük ve hidrasyon gibi fizikokimyasal özelliklerindeki değişiklikler ile ilişkili olduğunu bildirmişlerdir. Zorzi ve ark (2020), mısır nişastası (%30)-pirinç unu (%70) bazlı glutensiz ekmeklere %5, %10, %20 oranlarında bezelye unu ilave ederek zenginleştirdikleri çalışmada örneklerin spesifik hacim değerlerinin anlamlı seviyede artış gösterdiğini ($p<0.05$) ve %20 bezelye unu katkı ekmeklerin 2.61 cm³/g hacme sahip olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda her iki pişirme yöntemiyle elde edilen mercimek ve bezelye unlarından üretilen ekmeklerin spesifik hacim değerleri düzenli olarak artış göstermiştir. Tespit edilen artışın hamurun gaz tutma kapasitesini doğrudan etkileyen proteinlerin fizikokimyasal özellikleri ile bağlantılı olduğu düşünülmektedir. Mezaize ve ark (2009), baklagillerin çeşitlerine göre protein türü, su bağlama kabiliyetleri ve emülsifikasyon özellikleri, ekmeklerin spesifik hacmini belirlemede temel faktörler olarak adlandırmışlardır. Ayrıca araştırmacılar, protein yapısının, yüksek sıcaklıklara maruz kaldığında denatüre olduğunu ve böylece nişasta ve hidrokolloidlere yapısal destek sağladığını vurgulamışlardır. Çalışmamızda spesifik hacmin artış göstermesi araştırmacıların belirtmiş olduğu nedenlerle ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4.11.'de görüldüğü üzere spesifik hacim değerinin her iki pişirme yönteminde de baklagil unları (nohut, mercimek, bezelye) ve dirençli nişastanın

%7.5 kullanım oranında ilavesiyle üretilen glutensiz ekmeklerde saptanmıştır. Bu durum özellikle baklagillerin sahip olduğu zengin aminoasit içeriği ve yüksek köpük stabilitesi ile ilişkilendirilmiş olup hacim artışında protein-niştasta reaksiyonunun da etkili olduğu vurgulanmıştır (Boye ve ark., 2010). Minarro ve ark (2013), yapmış oldukları çalışmada baklagil unu ilaveli mısır niştası bazlı glutensiz ekmeklerin, baklagil proteinlerinin (nohut, bezelye) yüksek köpük stabilize edici özellikleri sayesinde gelişmiş spesifik hacim değerleri gösterdiğini vurgulamışlar ve glutensiz ekmek üretiminde baklagil unlarının alternatif bir bileşen olduğunu belirtmişlerdir. Glutensiz ekmeklerin kabul edilebilirliğin artırılmasında ekmeğin protein içeriğini, fermantasyon kapasitesini ve yapısal özelliklerini iyileştirmek amacıyla protein bakımından zengin unların kullanımı önem arz etmekte olup bu unların başında mercimek, bezelye, nohut, lüpen unu karışımları gelmektedir (Moroni ve ark., 2009). Belirtilen baklagil unları yapılandırıcı unlar olarak adlandırılmaktadır (Montemurro ve ark., 2021). Çalışmamızda da baklagil unları karışımlarının en yüksek kullanım oranında tüketici kabulünde önemli rol oynayan spesifik hacim değerinin en yüksek olduğu saptanmış ve literatür ile uyum içerisinde olduğu belirlenmiştir. Literatürde mikrodalgada pişirme yöntemiyle elde edilen baklagil unlarından üretilen glutensiz ekmekler ile ilgili çalışmalar oldukça kısıtlı olduğu için çalışmamızın literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Çizelge 4.11. Farklı pişirme yöntemleriyle elde edilen baklagil unlarından üretilen glutensiz ekmeklerin spesifik hacim (cm³/g) ve nem değerleri (%)

Ürün Kodu	Spesifik Hacim (cm ³ /g)		Nem (%)	
	Haşlama	Mikrodalga	Haşlama	Mikrodalga
H1-K	4.39 ^a	4.32 ^a	47.56 ^b	47.48 ^b
H2 %10 DN	3.61 ^c	3.60 ^c	43.45 ^e	43.62 ^{f,g}
H3 %20 DN	3.55 ^e	3.53 ^e	46.06 ^c	46.09 ^{c,d}
H4 %30 DN	3.46 ^g	3.46 ^g	48.82 ^a	48.22 ^a
H5% 10 Nohut	3.44 ^h	3.47 ^g	43.01 ^e	43.61 ^{f,g}
H6% 20 Nohut	2.89 ^m	2.87 ^m	45.98 ^c	45.57 ^d
H7% 30 Nohut	2.59 ⁿ	2.52 ⁿ	46.61 ^{b,c}	46.74 ^{b,c}
H8 % 10 Mercimek	3.08 ^l	3.05 ^l	40.75 ^f	38.74 ⁱ
H9 % 20 Mercimek	3.11 ^k	3.12 ^k	44.12 ^d	43.14 ^{f,g}
H10 %30 Mercimek	3.12 ^k	3.13 ^k	48.37 ^a	47.12 ^{b,c}
H11% 10 Bezelye	3.26 ^j	3.23 ^j	39.21 ^g	40.74 ^h
H12% 20 Bezelye	3.29 ⁱ	3.26 ⁱ	42.56 ^e	42.63 ^g
H13% 30 Bezelye	3.43 ^h	3.43 ^h	43.87 ^{d,e}	45.14 ^{d,e}
H14 % 2.5 Karışım	3.51 ^f	3.49 ^f	42.37 ^e	43.14 ^{f,g}
H15 % 5 Karışım	3.59 ^d	3.58 ^d	43.12 ^e	44.22 ^{e,f}
H16 % 7.5 Karışım	3.66 ^b	3.64 ^b	43.87 ^e	45.50 ^d

Kontrol: %4 HPMC-KG, ^{a-n} Çizelgede aynı sütundaki farklı harfler örnekler arası önemli bir farkın olduğunu belirtmektedir (p< 0.05)

Çizelge 4.12. Farklı pişirme yöntemlerinin glutensiz ekmeklerin spesifik hacim ve nem değerleri üzerine etkileri

Ürün Kodu	Spesifik Hacim (cm ³ /g)		p	Nem (%)		p
	Haşlama	Mikrodalga		Haşlama	Mikrodalga	
H1-K	4.39	4.32	0.02*	47.56	47.48	0.01*
H2 %10 DN	3.61	3.60	0.11	43.45	43.62	0.24
H3 %20 DN	3.55	3.53	0.43	46.06	46.09	0.49
H4 %30 DN	3.46	3.46	0.18	48.82	48.22	0.03*
H5% 10 Nohut	3.44	3.47	0.01*	43.01	43.61	0.51
H6% 20 Nohut	2.89	2.87	0.06	45.98	45.57	0.04*
H7% 30 Nohut	2.59	2.52	0.02*	46.61	46.74	0.07
H8 % 10 Mercimek	3.08	3.05	0.06	40.75	38.74	0.02*
H9 % 20 Mercimek	3.11	3.12	0.32	44.12	43.14	0.01*
H10 %30 Mercimek	3.12	3.13	0.76	48.37	47.12	0.37
H11% 10 Bezelye	3.26	3.2	0.21	39.21	40.74	0.14
H12% 20 Bezelye	3.29	3.26	0.17	42.56	42.6	0.03*
H13% 30 Bezelye	3.43	3.43	0.51	43.87	45.14	0.01*
H14 % 2.5 Karışım	3.51	3.49	0.27	42.37	43.14	0.1
H15 % 5 Karışım	3.59	3.58	0.29	43.12	44.22	0.24
H16 % 7.5 Karışım	3.66	3.64	0.41	43.87	45.50	0.53

Kontrol: %4 HPMC-KG, DN: Dirençli Nişasta, (p< 0.05) ise anlamlı bir farklılık vardır. (t testi) *:anlamlı farklılık vardır.

4.2.2.2. Nem Miktarı

Farklı pişirme yöntemleriyle üretilen baklagil unlarının kullanımıyla üretilen glutensiz ekmeklere ait nem içerikleri Çizelge 4.11.'de verilmiştir. Haşlama yöntemiyle üretilen baklagil unlarının kullanımı sonucu üretilen glutensiz ekmeklerin nem içerikleri %39.21 (F11-%10 mercimek unu)-%48.82 (F4-%30 DN) aralığında ve mikrodalga pişirme yöntemiyle üretilen baklagil unlarının kullanımı ile üretilen örneklerin ise %38.74 (F8- %30 mercimek unu)-%48.22 (F4-DN) aralığında tespit edilmiştir. Haşlama yöntemiyle elde edilen baklagil unları ve

dirençli nişastanın artan konsantrasyonlarda ve eşit kullanımlarında (F14, F15, F16) hariç olmak üzere her iki yöntemle üretilen örneklerin kendi aralarında nem içerikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu saptanmıştır ($p<0.05$). Kahraman ve ark (2022), işlenmemiş ve kavrulmuş nohut ununun glutensiz ekmek formülasyonlarında kullanarak ekmeklerin teknolojik özelliklerine etkisini incelemiştir. Araştırmada çalışmamız ile benzer şekilde %25 kullanım oranında nohut unları kullanılmış olup kontrol grubuna kıyasla nem içeriklerinin artış gösterdiği fakat bu artışın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bildirilmiştir ($p>0.05$). Çiğ ve kavrulmuş nohut unu katkılı ekmeklerin nem içerikleri sırasıyla %43.01 ve %40.15 olarak tespit edilmiş olup bu sonuçlar çalışmamız ile benzerlik göstermektedir. Da Rosa Machado ve Thys (2019), mısır nişastası bazlı glutensiz ekmeklere %10 ve %20 oranlarında haşlama yöntemiyle üretilen mercimek unu katkılı ekmeklerin nem içeriklerinin sırasıyla %61.97 ve %59.93 olarak saptamışlar ve sonuçlar arasında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklılık olmadığını belirtmişlerdir ($p>0.05$). Glutensiz ekmeklerde karşılaşılan en önemli kalite sorunlarından birisi erken bayatlamadır ve ekmeklerin tazelik (bayatlama) derecesi değerlendirilirken nem içeriği dikkate alınmaktadır (Biletska ve ark., 2020). Cihan (2016) Türkiye’de çölyak hastalarının tüketimine yönelik hazırlanan glutensiz ekmeklerin nem içeriklerinin %40’dan fazla olduğunu belirtmiş ve çalışmamızın belirtilen veriler ile uyumlu olduğu saptanmıştır.

4.2.2.3. Renk Değerleri

Renk, fırıncılık ürünlerinde önemli bir kalite özelliğidir ve tüketici tercihi katkıda bulunarak ürünün tercih edilebilirliğine katkıda bulunur. Ürünlerin renk değerleri formülasyona ve proses koşullarına göre değişkenlik gösterebilmektedir (Minarro ve ark., 2010). Glutensiz ürünlerde yapıda gluten yoksunluğundan dolayı sıvı bir hamur oluşumuna, pişirme sonrasında ufalanan bir yapıya ve buğday ekmeğine kıyasla arzu edilmeyen bir renk oluşumu meydana gelmektedir (Niewinski, 2008). Bu nedenle çalışmamızda glutensiz ekmek

formülasyonlarına renk, tekstürel ve fonksiyonel özelliklerini iyileştirmek amacıyla baklagil unu kullanımı tercih edilmiştir.

Çalışmamızda farklı kullanım oranlarında (%10, %20, %30) dirençli nişasta ve farklı pişirme (haşlama ve mikrodalga) yöntemleriyle elde edilen baklagil (nohut, mercimek, bezelye) unları ile üretilen glutensiz ekmeklerin kabuk yapılarında saptanan L^* değerleri sırasıyla 58.51 (H4, %30 DN) -75.61 (H14, %2.5 Karışım) ve 56.36 (H4, %30 DN)-74.22 (H14, %2.5 Karışım) aralığında tespit edilmiştir. Çizege 4.12. incelediğinde baklagil kullanım oranları arttıkça dirençli nişastada dahil olmak üzere L^* değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir azalış saptanmış ($p<0.05$) olup ekmeklerin kabuk renklerinin koyulaştığı gözlemlenmiştir. Gallagher ve ark (2003), glutensiz ekmeklerin buğday ekmeklerinden daha açık kabuk rengine sahip olma eğiliminde olmasının kabul edilebilirlik açısından önem arz ettiğini belirtmiştir. Kabuk renginin koyulaşmasının sağlanması amacıyla ürün formülasyonuna farklı bileşenlerin ilave edilmesiyle bu kalite kusurunun giderilebileceğini belirtmişlerdir. Bu bileşenlere baklagil unları (nohut, mercimek, bezelye, fasulye, börülce), yalancı tahıllar (amarant, kinoa, chia) örnek olarak verilebilir (Melini ve ark., 2017; Gao ve ark., 2018). Ekmeklerin pişirilmesi sırasında ekmek yüzeyindeki yüksek sıcaklık ve su kaybı, Maillard reaksiyonunun yoğun olduğu kabuk oluşumuna neden olur. Maillard reaksiyonunun son aşamasında kahverengi renk pigmentlerinin oluşumundan sorumlu olan melanoidinler oluşmakta ve ürünlerde kabukta koyulaşmaya neden olmaktadır.

Çizelge 4.13. Farklı pişirme yöntemleriyle elde edilen baklagil unlarından üretilen glutensiz ekmeklerin kabuk renk değerleri

Ürün Kodu	L*		a*		b*	
	Haşlama	Mikrodalga	Haşlama	Mikrodalga	Haşlama	Mikrodalga
H1-K	68.17 ^d	68.17 ^e	6.27 ^d	6.29 ^h	31.12 ^a	31.28 ^a
H2 %10 DN	68.16 ^d	63.78 ^g	4.21 ^f	5.23 ⁱ	28.32 ^{b,c}	28.29 ^{c,d,e}
H3 %20 DN	68.23 ^d	62.59 ^{h,i}	4.53 ^f	3.98 ^j	28.89 ^b	29.19 ^{b,c}
H4 %30 DN	58.51 ^h	56.36 ^l	5.35 ^e	7.11 ^f	23.05 ⁱ	21.54 ⁱ
H5%10	70.21 ^c	73.12 ^b	6.22 ^d	5.29 ⁱ	23.29 ⁱ	26.04 ^{f,g}
Nohut						
H6%20	68.51 ^d	68.50 ^e	7.01 ^c	7.00 ^{f,g}	24.95 ^{g,h}	26.88 ^{e,f}
Nohut						
H7%30	63.61 ^g	61.96 ⁱ	7.53 ^{b,c}	8.61 ^{d,e}	31.05 ^a	28.60 ^{c,d}
Nohut						
H8 %10	71.23 ^b	69.26 ^d	5.94 ^{d,e}	6.54 ^{g,h}	26.18 ^{d-g}	25.22 ^{g,h}
Mercimek						
H9 %20	68.56 ^d	63.49 ^g	8.05 ^{a,b}	8.14 ^e	27.59 ^{b-e}	26.92 ^{e,f}
Mercimek						
H10 %30	66.66 ^e	59.81 ^j	8.44 ^b	9.40 ^{b,c}	28.64 ^{b,c}	27.06 ^{e,f}
Mercimek						
H11%10	71.52 ^b	65.69 ^f	5.22 ^e	6.88 ^{f,g}	24.06 ^{h,i}	25.34 ^{g,h}
Bezelye						
H12%20	68.79 ^d	63.09 ^{g,h}	5.66 ^{d,e}	8.45 ^e	26.21 ^{d-g}	27.41 ^{d,e,f}
Bezelye						
H13%30	65.49 ^f	59.42 ^j	5.72 ^{d,e}	9.02 ^{c,d}	27.01 ^{c-f}	28.07 ^{c,d,e}
Bezelye						
H14 % 2.5	75.61 ^a	74.22 ^a	7.16 ^c	9.72 ^b	25.83 ^{f,g}	21.73 ⁱ
Karışım						
H15 % 5	70.49 ^c	70.01 ^c	7.40 ^{b,c}	9.83 ^b	25.97 ^{e,f,g}	24.55 ^h
Karışım						
H16 % 7.5	66.54 ^e	57.13 ^k	8.63 ^a	9.93 ^a	27.82 ^{b,c,d}	30.09 ^{a,b}
Karışım						

K:Kontrol- %4 HPMC-KG, DN:Dirençli Nişasta ^{a-i} Çizelgede aynı sütundaki farklı harfler örnekler arası önemli bir farkın olduğunu belirtmektedir (p<0.05).

Baklagillerin tohum kabuğunda bulunan polifenolik bileşikler renklidir ve tohumun renginden sorumludur. Mercimek (329.24 mg /100g) ve bezelye (33.6 mg/100g) nohuta (220 mg/100g) kıyasla daha yüksek polifenol içeriğine sahiptir (Pekşen ve Artık, 2005; Jin ve ark., 2012; Singh ve ark., 2017). Baklagillerin un haline getirilmesinde kullanılan haşlama işleminden sonra pişirme suyunun dökülmesi polifenolik bileşenlerin yaklaşık %60 oranında azalmasına sebep olmaktadır (Rao ve Deosthale, 1982). Literatürde belirtilen, pişirme işlemine bağlı polifenolik bileşiklerde meydana gelen azalmanın çalışmamızda elde edilen baklagil unlarından üretilen glutensiz ekmeklerin renk parametrelerini etkilediği gözlemlenmiştir. Borsuk ve ark (2012), mercimek unu (%25, %50, %75) ile zenginleştirilmiş glutensiz ekmeklerde mercimek unu eldesinde kabukların soyulup öğütüldüğünü ve birçok renk pigmentinin bu esnasında yok olduğunu bildirmişlerdir. Ancak sonuçlar incelendiğinde artan mercimek unu konsantrasyonlarında nihai ürünün L^* değerinin anlamlı düzeyde azaldığı ($p<0.05$) ve koyulaşmanın arttığı bildirilmiştir. Mohammed ve ark (2012), %10, %20, %30 oranlarında nohut unu ilavesinin ekmeklerin L^* değerinde anlamlı seviyede azalmaya ($p<0.05$) ve nihai ürünün kabuk renginin koyulaşmasına neden olduğunu bildirmişlerdir. Literatürde bezelye unu katkılı glutensiz ekmeklere dair çalışmalar kısıtlıdır ancak bazı araştırmacılar glutensiz ekmek üretiminde bezelye protein izolatu kullanımının kabuk renginde koyulaşmaya neden olduğunu bildirmişlerdir (Krupa-Kozak ve ark., 2013; Pico ve ark., 2019). Çalışmamızda glutensiz ekmek formülasyonunda kullanılan baklagil unlarından nohut unu katkılı ekmeklerde koyuluğun daha fazla olduğu saptanmış olup bu durumun nedeni nohut unun yüksek lizin içeriği nedeniyle pişirme sırasında Maillard reaksiyonunun artması ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Glutensiz ekmek örneklerine ait a^* ve b^* değerleri Çizelge 4.13.'de verilmiştir. Haşlama yöntemiyle elde edilen baklagil unlarından üretilen ekmeklerin a^* ve b^* değerleri sırasıyla 4.21 (H2-%10 DN)- 8.63 (H16-%7.5 Karışım) ve 23.05 (H4-%30 DN)-31.12 (H1-K) aralığında ve mikrodalga

yöntemiyle elde edilen baklagil unlarından üretilen ekmeklerin a^* ve b^* değerlerinin sırasıyla 3.98 (H3-%20 DN)-9.93 (H16-%7.5 Karışım) ve 21.54 (H4-%30 DN)-31.28 (H16-%7.5 Karışım) aralığında değiştiği tespit edilmiş olup çoklu karşılaştırma testi sonucunda veriler arasında anlamlı farklılık olduğu saptanmıştır ($p<0.05$). Her iki pişirme tekniğiyle elde edilen unlardan üretilen ekmeklerde a^* ve b^* değerlerinin dirençli nişasta ve baklagil unları karışımından elde edildiği saptanmıştır. Tekli kullanımlarda ise bezelye unu katkılı ekmeklerin en yüksek a^* ve b^* değerlerine sahip olduğu ve durumun baklagil çeşidinden ve yapısında barındırdığı renk pigmentlerinin termal proses koşullarında uğradığı değişimden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Büyükzeren (2019), glutensiz ekmek üretiminde %10, %20, %30 oranlarında nohut, fasulye ve soya unu kullanımının renk parametreleri (L^* , a^* , b^*) üzerine etkilerini incelemişlerdir. Araştırmacılar baklagil unu kullanım oranı arttıkça L^* değerinin her bir ekmek grubunda azaldığını ($p<0.05$) ve en düşük L^* değerinin ise soya unu katkılı örneklerde saptandığını bildirmiştir. Bu durumun soyanın kendine özgü rengi ile ilişkili olduğu vurgulanmıştır. a^* ve b^* değerleri ise baklagil kullanım miktarı arttıkça anlamlı düzeyde artış göstermiş ($p<0.05$) olup nohut ve fasulye ununa kıyasla soya ununun daha yüksek değere sahip olduğu araştırmada belirlenmiştir. Çalışmamız ile benzer şekilde nohut unu katkılı ekmeklerde a^* ve b^* değerleri baklagil unu kullanımına bağlı olarak artış göstermiş ve istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Glutensiz makarna üretiminde %10, %20, %30 konsantrasyonlarında bezelye, nohut ve mercimek unları kullanılarak zenginleştirilen çalışmada L^* değerinin azaldığı, a^* ve b^* değerlerinin ise artış gösterdiği saptanmıştır. a^* değerinin en yüksek %20 nohut unu, b^* değerinin ise %30 bezelye unu katkılı örneklerde tespit edilmiştir. Araştırmacılar özellikle bezelye unu katkılı örneklerde sarılık rengindeki artışın kullanılan bezelyenin cinsi ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir (Bouasla ve ark., 2017).

Çalışmamızda renk analizde örneklerde kabuk renginin yanı sıra ekmek iç rengi de değerlendirilmiştir. Farklı kullanım oranlarında (%10, %20, %30) dirençli nişasta ve farklı pişirme (haşlama ve mikrodalga) yöntemleriyle elde edilen baklagil (nohut, mercimek, bezelye) unları ile üretilen glutensiz ekmeklerin iç yapılarında saptanan L^* değerlerinin sırasıyla 65.06 (H13, %30 Bezelye)-79.07 (H2, %10 DN) ve 64.99 (H13, %30 Bezelye)-79.15 (H3, %20 DN) aralığında değiştiğini tespit edilmiştir. Çizelge 4.14. incelendiğinde her iki üretim yöntemiyle elde edilen baklagil unu ve dirençli nişastanın tekli ve baklagil unu-dirençli nişastanın eşit kullanım oranlarında ilavesiyle üretilen ekmeklerde L^* değerleri konsantrasyon artışına bağlı olarak azalış göstermiş ve bu azalış istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Minarro ve ark (2013) mısır nişastası bazlı glutensiz ekmeklere nohut unu, soya unu, bezelye protein izolatu ve keçiyoynuzu unu ilavesinin renk parametreleri üzerine etkilerini inceledikleri çalışmalarında, nihai ürünün iç renginde meydana gelen değişikliğin kabuk renginden fazla olduğunu bildirmişlerdir. Ekmek iç yapısı, pişirme esnasında kabuk kadar yüksek sıcaklıklara ulaşmadığından dolayı Maillard reaksiyonu ve karamelizasyon meydana gelmemektedir. Bu bağlamda glutensiz ekmek iç renginin, ürün formülasyonuna eklenen protein kaynağının renginden daha fazla etkilendiği vurgulanmış ve en koyu ekmek iç rengi bezelye unu (L^* : 73.52), keçiyoynuzu unu (L^* : 77.40) katkılı ürünlerde tespit edilmiştir. Aguilar ve ark (2015), %7 oranında haşlanmış nohut unu katkılı glutensiz ekmeklerin L^* değerinin kontrol grubuna (%100 mısır nişastası) kıyasla azaldığını ve L^* değerlerinin sırasıyla 97.10, 86.84 aralığında olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmamızda dirençli nişasta ve her iki pişirme yöntemiyle elde edilen baklagil unu (nohut, mercimek, bezelye) kullanım oranı arttıkça L^* değerinin azaldığı ve ekmek iç renginin koyulaştığı tespit edilmiştir. Özellikle baklagil unlarının %30 kullanım oranlarında koyulaşmanın en yüksek olduğu saptanmış olup, bu durumunun nedeni olarak kullanılan hammaddenin çeşidi ve sahip olduğu renk yoğunluğu ile ilişkili olduğu düşünülmektedir (Melini ve ark., 2017). Benzer şekilde Garske ve ark (2022),

mikrodalga yöntemiyle elde ettikleri nohut unu katkılı glutensiz ekmeklerin L^* değerlerinin kontrole (kasava nişastası) göre azaldığını ve bu azalışın anlamlı olduğunu bildirmişlerdir ($p<0.05$). Araştırmacılar gözlemlenen ekmek içi koyuluğunun, tam tahıllı ekmeklerle eşdeğer olduğunu ve tüketiciler tarafından kabul edilebilirliğine katkıda bulunabileceği yorumunu yapmışlardır (Koletta ve ark., 2014).



Çizelge 4.14. Farklı pişirme yöntemleriyle elde edilen baklagil unlarından üretilen glutensiz ekmeklerin iç renk değerleri

Ürün Kodu	<i>L*</i>		<i>a*</i>		<i>b*</i>	
	Haşlama	Mikrodalga	Haşlama	Mikrodalga	Haşlama	Mikrodalga
H1-K	70.70 ^{e,f}	71.93 ^{d,e}	-1.58 ^c	-1.53 ^b	1.55 ^k	2.48 ^m
H2 %10 DN	79.07 ^a	79.15 ^a	-1.68 ^d	-1.73 ^{c,d}	4.16 ^j	3.35 ^l
H3 %20 DN	78.59 ^a	79.08 ^a	-1.46 ^b	-1.64 ^c	5.18 ⁱ	4.11 ^k
H4 %30 DN	76.33 ^b	76.03 ^b	-1.38 ^a	-1.44 ^a	5.21 ⁱ	4.91 ^j
H5 %10 Nohut	76.10 ^b	74.42 ^c	-1.81 ^f	-1.76 ^{d,e}	11.34 ^f	11.58 ^e
H6 %20 Nohut	71.59 ^e	71.99 ^{d,e}	-1.81 ^f	-1.76 ^{d,e}	14.05 ^{c,d}	14.54 ^{b,c}
H7 %30 Nohut	67.04 ^h	67.07 ^h	-1.82 ^f	-1.76 ^{d,e}	16.17 ^a	15.99 ^a
H8 %10 Mercimek	74.26 ^c	74.21 ^c	-1.76 ^{e,f}	-1.75 ^{d,e}	7.48 ^h	7.40 ⁱ
H9 %20 Mercimek	72.83 ^d	72.25 ^{d,e}	-1.77 ^{e,f}	-1.76 ^{d,e}	12.18 ^e	11.80 ^e
H10 %30 Mercimek	70.98 ^{e,f}	69.79 ^{f,g}	-1.78 ^{e,f}	-1.76 ^{d,e}	13.69 ^d	13.84 ^{c,d}
H11 %10 Bezelye	71.59 ^e	70.97 ^{e,f}	-2.03 ^{g,h}	-1.98 ^f	8.94 ^g	8.28 ^g
H12 %20 Bezelye	68.61 ^g	69.10 ^g	-2.03 ^{g,h}	-2.01 ^f	13.39 ^d	13.50 ^d
H13 %30 Bezelye	65.06 ⁱ	64.99 ⁱ	-2.05 ^{g,h}	-2.01 ^f	14.74 ^{b,c}	14.94 ^b
H14 % 2.5 Karışım	71.11 ^{e,f}	72.60 ^d	-1.73 ^{d,e}	-1.72 ^{c,d}	7.45 ^h	7.63 ^{h,i}
H15 % 5 Karışım	70.08 ^f	69.96 ^{f,g}	-1.81 ^f	-1.84 ^e	11.79 ^{e,f}	10.08 ^f
H16 % 7.5 Karışım	67.48 ^h	66.85 ^h	-1.97 ^g	-1.96 ^f	15.36 ^b	14.09 ^{c,d}

Kontrol: %4 HPMC-KG, DN:Dirençli Nişasta ^{a-m} Çizelgede aynı sütundaki farklı harfler örnekler arası önemli bir farkın olduğunu belirtmektedir (p< 0.05)

Çizelge 4.14.'de haşlama ve mikrodalga yöntemiyle üretilen baklagil unu ve dirençli nişastanın tekli ve baklagil unu-dirençli nişastanın eşit kullanım oranlarında ilavesiyle üretilen glutensiz ekmeklerde ekmek içi a^* değerlerinin sırasıyla -1.37 (H4-%30 DN) ile -2.05 (H13-%30 Bezelye); -1.44 (H2-%20 DN) ile -2.01 (H13-%30 Bezelye, H2-%20 Bezelye) aralığında değiştiği saptanmıştır. Hem kontrol hem de baklagil unu ve dirençli nişasta içeren ekmek içi a^* değerlerinin negatif saptanması örneklerin yapısında yeşil renk pigmentlerinin olduğunu kanıtlamaktadır. Her iki pişirme yöntemiyle elde edilen unlarla üretilen örneklerde saptanan yeşillik nohut (H5, H6, H7) mercimek (H8, H9, H10) ve bezelye (H11, H12, H13) unu katkılı örneklerinde artan kullanım oranına bağlı olarak artmış ancak belirlenen artış anlamlı bulunmamıştır ($p>0.05$).

Benzer şekilde Kahraman (2016), pirinç unu bazlı glutensiz ekmeklere ön işlem görmüş nohut unu ilavesinin ekmek içi a^* değerlerinin kontrol grubuna kıyasla arttığını ve bu artışın anlamlı bulunmadığını bildirmiştir ($p>0.05$). Da Rosa Machado ve Thys (2019) mısır nişastası bazlı glutensiz ekmeklere %10 ve %20 oranlarında mercimek unu ilavesinin a^* değerinde yeşilliği arttırdığını ancak bu artışın anlamlı olmadığını bildirmişlerdir ($p>0.05$). Horstmann ve ark (2019) ön işlem görmüş bezelye (%5) ve mercimek (%5) unu katkılı glutensiz ekmeklerde iç renginin a^* değerlerini sırasıyla -1.0 ve -0.6 olarak tespit etmişler ve örneklerde saptanan yeşil renk oluşumunun hammaddeden kaynaklı olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 4.14.'de haşlama ve mikrodalga yöntemiyle üretilen baklagil unu ve dirençli nişastanın tekli ve baklagil unu-dirençli nişastanın eşit kullanım oranlarında ilavesiyle üretilen ekmeklerde ekmek içi b^* değerlerinin sırasıyla 1.55 (H1-K) ile 16.17 (H7-%30 Nohut); 2.48 (H1-K) ile 15.99 (H7-%30 Nohut) aralığında değiştiği saptanmıştır. Hem kontrol hem de baklagil unu ve dirençli nişasta içeren ekmek içi b^* değerlerinin pozitif saptanması örneklerin yapısında sarı renk pigmentlerinin mevcut olduğu hakkında bilgi vermektedir. Ürün formülasyonları içerisinde nohut ununun tekli kullanımlarında (H5, H6 ve H7) iç yapıda en yüksek sarılık değerleri tespit edilmiştir. Bu durum, ısıtma işlem sonucunda

renk pigmentlerinde meydana gelen kayıplara rağmen nohut ununun sarı renk oranının yüksek olması ilişkilidir (Ravi ve Harte 2009; Aguilar ve ark., 2015; Barışık ve Tavman, 2018).

Horstmann ve ark (2019), glutensiz ekmek formülasyonuna ön işlem görmüş %5 oranında mercimek ve bezelye unu ilavesinin b^* değerini kontrol (patates nişastası) grubuna kıyasla arttırdığını bildirmiş ve b^* değeri sırasıyla 5.70, 8.85, 10.17 olarak saptanmıştır ($p<0.05$). Ouazib ve ark (2016), ön işlem görmemiş ve haşlama yöntemiyle elde edilen nohut unu katkılı ekmeklerde b^* değerini sırasıyla 29.62 ve 27.64 olarak saptamışlardır ($p<0.05$). Tespit edilen azalma, baklagile uygulanan haşlama işlemi sırasında hammaddede bulunan renk pigmentlerinin ısıl işleme bağlı parçalanma sonucunda renk yoğunluğunda azalma göstermesi ile ilişkilendirilmiştir. Barışık ve Tavman (2018), %20, %40, %60 nohut unu katkılı glutensiz ekmeklerde b^* değerini sırasıyla 19.52, 22.20, 23.73 olarak belirlemişler ve kullanım oranına bağlı olarak anlamlı düzeyde artış gösterdiğini vurgulamışlardır ($p<0.05$). Da Rosa Machado ve Thys (2019), mısır nişastası (%70)-pirinç unu (%30) bazlı glutensiz ekmeklerde %10 ve %20 mercimek unu kullanımında b^* değerini sırasıyla 5.79, 8.97 ve 10.39 olarak saptamıştır ve nihai üründe mercimek unu oranına bağlı olarak sarılık rengi iç yapıda artış göstermiştir. Diprat ve ark (2020), yapmış oldukları çalışmada mısır nişastası bazlı glutensiz ekmekleri %20 oranında bezelye unu ile zenginleştirmişler ve b^* değerini 16.10 olarak saptamışlardır. Literatür çalışmaları incelendiğinde haşlama ve mikrodalga yöntemi ile elde edilen baklagil unlarından üretilen glutensiz ekmekler ile ilgili çalışmalar oldukça kısıtlıdır. Çalışmamızda ön pişirme işlemi uygulanarak üretilen ekmeklerin L^* , a^* ve b^* değerlerinin mevcut çalışmalar ile uyumlu olduğu saptanmıştır.

4.2.2.4. Tekstür Analizi**4.2.2.4.(1). Sertlik**

Çalışmamızda farklı kullanım oranlarında (%10, %20, %30) dirençli nişasta ve farklı pişirme (haşlama ve mikrodalga) yöntemleriyle elde edilen baklagil (nohut, mercimek, bezelye) unları ile üretilen glutensiz ekmeklerin tekstürel özelliklerinden sertlik değerlerinin sırasıyla 507.27 (H1-K)-1018.52 (H5-%10 Nohut) ve 511.21 (H1-K)-1043.23 (H1-%10 Nohut) aralığında olduğu saptanmış ve sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Artan kullanım oranlarında baklagil unları ve dirençli nişasta-baklagil unu karışımları ile üretilen glutensiz ekmeklerde sertlik değeri anlamlı seviyede azalış göstermiştir ($p<0.05$). Çizelge 4.15. incelendiğinde haşlama yöntemi için en yüksek sertlik değerinin H5-%10 nohut unu (1018.52 g) ve H8 %10 mercimek unu (1007.58 g) katkılı glutensiz ekmeklerde ve mikrodalga yöntemi için ise en yüksek sertlik değerinin H5-%10 nohut unu (1043.23 g) katkılı ekmeklerde olduğu saptanmıştır. Rostamian ve ark (2014), yapmış oldukları çalışmada %20 mısır unu-%80 nohut unu, %40 mısır unu-%60 nohut unu, %60 mısır unu-%40 nohut unu, %80 mısır unu-%20 nohut unu formülasyonlarında glutensiz ekmek üretimi gerçekleştirmişlerdir. Araştırmacılar artan nohut unu konsantrasyonlarında ekmek içi sertliğinin anlamlı düzeyde azalış gösterdiğini bildirmişlerdir ($p<0.05$). Tespit edilen azalış, nohut unundaki yüksek protein içeriğinin daha gözenekli ve dolayısıyla daha yumuşak ekmek iç tekstürel yapısının oluşumu ile ilişkilendirilmiştir. Benzer şekilde Pateras (2007) ve Crockett ve ark (2011), undaki protein içeriğinin başlangıç jelatinleşme sıcaklığını düşürdüğünü, nişastanın pişirme sırasında tamamen jelatinleşmesini engelleyerek retrogradasyon oranını azalttığını bildirmişlerdir. Bu bilgilerden yola çıkarak, protein miktarının sertleşme ve bayatlama hızını etkileyen temel faktör olduğunu vurgulamışlardır. Çalışmamızda kullanılan her üç baklagil unu da yüksek protein içeriğine sahip olması nedeniyle nihai ürünlerde kullanım oranı artışına bağlı olarak sertlik değerinde azalma saptanmıştır. Ouazib ve ark (2016), ön işlem uygulanmamış

(çiğ), haşlama ve çimlendirme yöntemiyle elde edilen baklagil unlarından glutensiz ekmek üretimi gerçekleştirilmiştir. Araştırmacılar çimlendirilmiş nohut ekmeğinin sertliğinin (2460 g), çiğ nohut ekmeğine (2837 g) haşlamış nohut unu ekmeğine (794 g) kıyasla daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. De la Hera ve ark (2014), hamur karıştırma sırasında baklagil unları tarafından absorblanan yüksek miktarda absorblanan su, nihai ürünün sertlik değerini etkilediğini belirtmişlerdir. Da Rosa Machado ve Thys (2019), %10 ve %20 mercimek unu ile zenginleştirilen glutensiz ekmeklerde, mercimek un konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak sertlik değerinin arttığını tespit etmişlerdir. Araştırmacılar glutensiz ekmeğin zenginleştirilmesi için protein kaynaklarının kullanımının, kontrole (mısır nişastası) kıyasla sertlik ve çiğnenebilirlik özelliğini arttırdığını belirtmişlerdir. Torbica ve ark (2010) ve Ziobro ve ark (2016) da benzer şekilde önemli bir protein kaynağı olan karabuğday ununun glutensiz ekmeklerin sertliğini arttırdığını bildirmişlerdir. Çizelge 4.15. incelendiğinde dirençli nişasta katkılı glutensiz ekmeklerin artan kullanım oranlarında sertlik özelliğinde düzenli artış gösterdiği saptanmıştır. Korus ve ark (2009), yapmış oldukları çalışmada farklı türlerde (mısır, patates ve tapyoka) dirençli nişasta kullanımının kontrol grubu ekmeklere kıyasla sertlik değerinde artışa neden olduğunu saptamışlardır ($p<0.05$). Dirençli nişastanın yüksek su tutma kapasitesinin ekmek içi sertliğini arttırdığını ve farklı dirençli nişasta türlerinin su absorpsiyonu üzerindeki etkisinin doğrudan her bir dirençli nişastanın su bağlama kapasitesi ile ilişkili olduğunu belirtilmiştir (Arp ve ark., 2021).

4.2.2.4.(2).Çiğnenebilirlik

Çalışmamızda farklı kullanım oranlarında (%10, %20, %30) dirençli nişasta ve farklı pişirme (haşlama ve mikrodalga) yöntemleriyle elde edilen baklagil (nohut, mercimek, bezelye) unları ile üretilen glutensiz ekmeklerin tekstürel özelliklerinden çiğnenebilirlik değerlerinin sırasıyla 367.06 (H16-%7.5 Karışım)-592.21 (H4-%30 DN) ve 364.29 (H16-%7.5 Karışım)-585.98 (H4-%30 DN) aralığında olduğu saptanmış ve sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı

bulunmuştur ($p<0.05$). Artan kullanım oranlarında baklagil unları ve dirençli nişasta-baklagil unu karışımları ile üretilen glutensiz ekmeklerde çiğnenebilirlik değeri anlamlı seviyede azalış göstermiştir ($p<0.05$). Çizelge 4.15. incelendiğinde baklagil unlarının tekli kullanımlarında (üretim yöntemleri farketmeksizin) ve dirençli-nişasta-baklagil unu dörtlü kombinasyonlarında kullanım oranı arttıkça çiğnenebilirlik değerinin azalış, dirençli nişastanın tekli kullanımında ise artış gösterdiği belirlenmiş ve bu değişiklik istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Çiğnenebilirlik, katı bir gıdayı çiğneyerek yutmaya hazır hale getirmek için gereken çiğneme enerjisi ile ilişkili olup bu özellik ile sertlik arasında pozitif yönde bir ilişki olduğu vurgulanmıştır (Minarro ve ark., 2013; Buresova ve ark., 2017). Buna göre, örneklerde sertlik değeri azalış gösterdikçe yani yumuşama gerçekleştikçe çiğnenebilirlik de azalış göstermektedir. Çalışmamızda baklagil kullanım (tekli ve kombinasyonlu) oranı arttıkça ekmek içi sertlik ve çiğnenebilirliğin azaldığı saptanmıştır. Bruseva ve ark (2017), glutensiz ekmek üretiminde pirinç unu bazlı %30, %50, %70 oranlarında nohut unu ilavesinin örneklerde sertlik ve çiğnenebilirlik değerinin azaldığını bildirmiştir. Ancak, sertlik özelliğindeki azalma istatistiksel olarak anlamlı bulunmazken ($p>0.05$) çiğnenebilirlikteki azalma anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$).

4.2.2.4.(3). Elastikiyet

Çalışmamızda farklı kullanım oranlarında (%10, %20, %30) dirençli nişasta ve farklı pişirme (haşlama ve mikrodalga) yöntemleriyle elde edilen baklagil (nohut, mercimek, bezelye) unları ile üretilen glutensiz ekmeklerin tekstürel özelliklerinden elastikiyet değerlerinin sırasıyla 0.93 (H1-K)-1.53 (H2-%10 DN) ve 0.94 (H1-K)-1.45 (H2-%10 DN) aralığında olduğu saptanmış ve sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Çizelge 4.15. incelendiğinde baklagil unlarının tekli kullanımlarında (üretim yöntemleri farketmeksizin) ve dirençli nişasta-baklagil unu dörtlü kombinasyonlarında kullanım oranı arttıkça elastikiyet değerinin artış, dirençli nişastanın tekli

kullanımında ise azalış gösterdiği belirlenmiş ve bu değişiklik istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Liu ve ark (2018), soya, fasulye ve lüpen unu kullanarak glutensiz ekmek formülasyonunu zenginleştirdikleri çalışmada artan un konsantrasyonuna bağlı (%0, %15, %30) ekmek için elastikiyetin arttığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar elastikiyetteki artışı, hamurda bulunan proteinlerin, liflerin ve karbohidratların pişirme sonrasındaki etkileşimlerden kaynaklandığını bildirmişlerdir. Çalışmamız ile sonuçlar benzerlik göstermiş olup kullanılan baklagil unlarının kimyasal kompozisyonu araştırmacıların hammaddeleri ile benzerlik göstermektedir (De Almeida Costa ve ark., 2006; Venkidasamy ve ark., 2019). Da Rosa Machado ve Thys (2019), mısır nişastası bazlı glutensiz ekmeklere farklı oranlarda (%0, %10 ve %20) mercimek unu ilave edilmiş ve elastikiyet değerlerinin mercimek unu kullanımı arttıkça azaldığını ancak bu azalış anlamlı düzeyde olmadığı bildirilmiştir ($p>0.05$).

4.2.2.4.(4). Yapışkanlık

Yapışkanlık, ekmeğin iç direncinin bir göstergesidir. Daha az ufalanan ekmek yapısı elde etmek için yüksek düzeyde yapışkanlık arzu edilir (Kahraman, 2016). Çalışmamızda farklı kullanım oranlarında (%10, %20, %30) dirençli nişasta ve farklı pişirme (haşlama ve mikrodalga) yöntemleriyle elde edilen baklagil (nohut, mercimek, bezelye) unları ile üretilen glutensiz ekmeklerin tekstürel özelliklerinden yapışkanlık değerlerinin sırasıyla 0.44 (H1-K)-0.98 (H2-%10 DN) ve 0.45 (H1-K)-0.93 (H1-%10 DN) aralığında olduğu saptanmış ve sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Çizelge 4.15. incelendiğinde yapışkanlık değerinin dirençli nişasta ve nohut, mercimek, bezelye unları ile üretilen ekmeklerde kontrol grubuna göre yüksek olduğu belirlenmiştir. Dirençli nişasta grubu ekmekler hariç (H2, H3, H4), baklagil unlarının tekli ve birlikte kullanımlarında yapışkanlık değerlerinin kullanım miktarına bağlı olarak artış gösterdiği tespit edilmiştir. Ouazib ve ark (2016), çığ ve farklı yöntemlerle elde ettikleri nohut unu katkılı glutensiz ekmeklerin yapışkanlık değerlerinin 0.3 ile 0.54

aralığında değiştiğini ve sonuçların anlamlı düzeyde farklı olduğunu saptamışlardır ($p<0.05$). Araştırmacılar ürün bileşiminde haşlanmış nohut unları kullanımına kıyasla çiğ ve çimlendirilmiş nohut unu ile yapılan ekmeklerde önemli ölçüde yapışkanlığın arttığını bildirmişlerdir. Yapışkanlığı yüksek ekmeklerin tercih edilebilirliği yüksektir çünkü çiğneme sırasında parçalanmak yerine kitle halinde formlarını koruyabilirler (Onyango ve ark., 2011). Düşük yapışkanlık değerine sahip glutensiz ekmekler ise kolay ufalanan bir yapı alırlar. Çalışmamızda belirtilen bilgiler ışığında, özellikle dirençli nişasta katkılı ekmeklerde kullanım oranı arttıkça yapışkanlık azalmış ve kolayca ufalanan bir yapı ile karşılaşmıştır. Benzer şekilde, Korus ve ark (2009), farklı dirençli nişasta kaynaklarıyla üretilen glutensiz ekmeklerin yapışkanlık değerinin azalış gösterdiğini ve depolama süresince kolay ufalanan yapıda örnekler elde edildiği ifade edilmiştir. Da Rosa Machado ve ark (2019), glutensiz ekmek üretiminde %10 ve %20 oranlarında mercimek unu kullanmışlar ve ekmek içi yapışkanlığın mercimek unu konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak azaldığını ve örneklerin kolay parçalanmış bir yapıya sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 4.15. Farklı pişirme yöntemleriyle elde edilen baklagil unlarından üretilen glutensiz ekmeklerin tekstürel analiz verileri

Ürün Kodu	Sertlik		Çiğnenenebilirlik		Elastikiyet		Yapışkanlık	
	Haşlama	Mikrodalga	Haşlama	Mikrodalga	Haşlama	Mikrodalga	Haşlama	Mikrodalga
H1-K	507.27 ^j	511.21 ^k	526.81 ^d	526.21 ^d	0.93 ^e	0.94 ^g	0.44 ⁱ	0.45 ⁱ
H2 %10 DN	535.63 ⁱ	538.48 ^j	502.77 ^f	500.51 ^g	1.53 ^a	1.45 ^a	0.98 ^a	0.93 ^a
H3 %20 DN	782.01 ^f	785.67 ^g	517.54 ^e	517.50 ^e	1.00 ^{b,c}	1.01 ^b	0.48 ^h	0.50 ^g
H4 %30 DN	885.31 ^d	884.05 ^e	592.21 ^a	585.98 ^a	0.97 ^{c,d}	0.94 ^g	0.54 ^f	0.52 ^{c,f}
H5%10 Nohut	1018.52 ^a	1043.23 ^a	433.06 ⁱ	431.66 ^j	0.95 ^d	0.94 ^g	0.47 ^h	0.48 ^h
H6%20 Nohut	912.07 ^c	917.68 ^d	423.78 ^j	423.32 ^k	0.99 ^{b,c}	0.99 ^{c,d}	0.53 ^g	0.52 ^{c,f}
H7%30 Nohut	823.05 ^e	823.05 ^f	413.80 ^k	418.58 ^l	1.00 ^{b,c}	1.0 ^{b,c}	0.57 ^e	0.55 ^d
H8 %10 Mercimek	1007.58 ^a	966.20 ^b	562.53 ^b	561.45 ^b	0.92 ^e	0.94 ^g	0.52 ^g	0.52 ^{c,f}
H9 %20 Mercimek	940.57 ^b	833.18 ^f	524.15 ^d	523.73 ^d	0.99 ^{b,c}	0.98 ^e	0.52 ^g	0.52 ^{c,f}
H10 %30 Mercimek	810.60 ^e	789.37 ^g	378.18 ^l	377.08 ^m	1.00 ^d	1.00 ^c	0.54 ^f	0.53 ^e
H11%10 Bezelye	938.51 ^b	941.39 ^c	553.89 ^e	552.10 ^c	0.99 ^{b,c}	0.99 ^{d,e}	0.52 ^g	0.51 ^{f,g}
H12%20 Bezelye	820.56 ^e	825.58 ^f	453.91 ^h	454.49 ⁱ	1.00 ^{b,c}	1.00 ^c	0.56 ^e	0.57 ^d
H13%30 Bezelye	671.20 ^g	642.56 ^h	412.91 ^k	415.57 ^l	1.00 ^b	1.00 ^c	0.58 ^c	0.59 ^e
H14 % 2.5	819.42 ^e	888.28 ^e	506.20 ^f	510.54 ^f	0.96 ^d	0.95 ^f	0.60 ^c	0.61 ^b
H15 % 5	625.44 ^h	619.25 ⁱ	463.64 ^g	463.75 ^h	0.99 ^{b,c}	0.99 ^{c,d}	0.61 ^c	0.62 ^b
H16 % 7.5	513.46 ^j	546.32 ^j	367.06 ^m	364.29 ⁿ	1.00 ^b	1.00 ^{b,c}	0.63 ^b	0.63 ^b

Kontrol: %4 HPMC-KG, DN:Dirençli Nişasta ^{a-m} Çizelgede aynı sütundaki farklı harfler örnekler arası önemli bir farkın olduğunu belirtmektedir (p< 0.05)

4.2.3. Duyusal Analiz

Çalışmamızın ikinci aşaması olan farklı oranlarda (%10, %20, %30) dirençli nişasta ve baklagil unu ile zenginleştirilen ekmeklerin üretimi gerçekleştirildikten sonra 16 farklı kombinasyondan oluşan toplam 48 farklı formülasyon içerisinde duyusal analize tabi tutulacak ekmek grupları alanında uzman ekip tarafından belirlenmiştir. Glutensiz ekmeklerde gerçekleştirilen spesifik hacim, nem, renk (kabuk-iç) ve tekstürel analizler sonucunda ekmek kalite kriterlerine uyan ve kabul edilebilirliği yüksek olan örnek grupları seçimi gerçekleştirilmiştir. Farklı pişirme teknikleri (haşlama ve mikrodalga) uygulanarak elde edilen baklagil unları ile üretilen ekmek gruplarından her iki teknikten de aynı bileşenlerin tekli ve dörtlü kombinasyonlarının yer aldığı örneklerin eğitimli panelistler tarafından değerlendirilmesi yönünde karar kılınmıştır. Buna göre H1(K) (Kontrol) HF2 (%10 Nohut), HF3 (%30 Mercimek), HF4 (%30 Bezelye), HF5 (%5 Karışım) HF6 (%7.5 Karışım) ve H1(K) (Kontrol) MDF2 (%10 Nohut), MDF3 (%30 Mercimek), MDF4 (%30 Bezelye), MDF5 (%5 Karışım) MDF6 (%7.5 Karışım) kodlu olmak üzere toplamda 12 adet (haşlama-mikrodalga) ekmek duyusal analize tabi tutulmuştur. Dirençli nişasta ve farklı baklagil unları ile zenginleştirilen fonksiyonel glutensiz ekmeklere ait duyusal analiz sonucu Çizelge 4.16. ve bu sonuçlardan yola çıkılarak oluşturulan örümcek ağ diagramı sırasıyla Şekil 4.7. ve Şekil 4.8. de verilmiştir.

Çizelge 4.16. Haşlama ve mikrodalgada pişirme yöntemiyle elde edilen baklagil unları kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklere ait duyuusal analiz değerleri

Örnek Kodu	Kabuk Rengi	Ekmek İç Rengi	Tat ve Aroma	Koku	Tekstür	Çiğnenebilirlik	Gözenek Yapısı	Genel Kabul Edilebilirlik
H1(K)	3.36±0.50 ^b	3.27±0.46 ^c	3.72±0.78 ^{a,b}	3.45±0.68 ^{a,b}	3.27±0.46 ^c	3.27±0.47 ^c	3.88±0.75 ^a	3.36±0.51 ^b
HF2	4.09±0.53 ^a	4.00±0.44 ^a	4.27±0.77 ^a	3.90±0.30 ^a	4.45±0.83 ^a	4.81±0.40 ^a	3.93±0.67 ^a	4.36±0.51 ^a
HF3	3.90±0.54 ^a	4.00±0.63 ^a	3.72±0.65 ^{a,b}	3.54±0.52 ^{a,b}	4.00±0.63 ^{a,b}	4.18±0.60 ^b	3.90±0.54 ^a	3.81±0.40 ^b
HF4	2.36±0.80 ^c	2.36±0.80 ^d	2.63±0.50 ^d	2.27±0.47 ^c	3.27±0.64 ^c	3.54±0.52 ^{c,d}	3.81±0.88 ^a	2.54±0.52 ^c
HF5	3.09±0.30 ^b	3.63±0.50 ^{a,b}	3.28±0.40 ^c	3.18±0.40 ^b	3.36±0.80 ^c	3.90±0.83 ^{b,c}	3.83±0.78 ^a	2.90±0.54 ^c
HF6	4.00±0.70 ^a	3.91±0.54 ^a	3.72±0.90 ^{a,b}	3.90±0.70 ^a	3.63±0.50 ^{b,c}	4.09±0.54 ^b	3.90±0.30 ^a	3.72±0.65 ^b
H1(K)	3.00±0.63 ^b	3.18±0.60 ^b	3.73±0.65 ^{a,b}	3.55±0.93 ^{b,c}	3.36±0.81 ^b	3.27±0.47 ^b	3.85±0.68 ^a	3.27±0.48 ^b
MDF2	4.00±0.77 ^a	4.27±0.65 ^a	4.09±0.83 ^a	4.00±0.63 ^{a,b}	4.28±0.90 ^a	4.19±0.60 ^a	3.94±0.70 ^a	4.28±0.79 ^a
MDF3	4.09±0.70 ^a	4.18±0.75 ^a	3.82±0.75 ^{a,b}	3.45±0.52 ^{b,c}	3.91±0.70 ^{a,b}	4.27±0.79 ^a	3.91±0.70 ^a	3.73±0.47 ^b
MDF5	2.90±0.54 ^b	2.18±0.75 ^c	2.55±0.52 ^c	2.45±0.52 ^d	3.27±0.47 ^b	3.36±0.92 ^b	3.86±0.92 ^a	2.28±0.47 ^c
MDF5	3.18±0.60 ^b	3.63±0.50 ^{a,b}	3.28±0.79 ^b	3.10±0.70 ^c	3.45±0.52 ^b	4.00±0.77 ^a	3.94±0.67 ^a	2.64±0.81 ^c
MDF6	4.00±0.63 ^a	3.90±0.83 ^a	3.91±0.70 ^{a,b}	4.28±0.47 ^a	3.91±0.73 ^{a,b}	4.19±0.75 ^a	3.82±0.75 ^a	3.73±0.47 ^b

^{a-d} Aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05). H1(K): Kontrol(%4 HPMC-KG), HF2:%10 nohut, HF3:%30 mercimek, HF4: %30 Bezelye, HF5: %5 Karışım HF6: %7.5 Karışım, MDF2:%10 nohut, MDF3: %30 mercimek, MDF4: %30 Bezelye, MDF5: %5 Karışım MDF6: %7.5 Karışım

Duyusal analiz sonuçları incelendiğinde her iki termal yöntem sonucunda elde edilen unlarla üretilen glutensiz ekmekler kabuk rengi, ekmek içi rengi, tat ve aroma, koku, tekstür, çiğnenebilirlik, gözenek yapısı ve genel kabul edilebilirlik parametreleri açısından değerlendirilmiş olup her biri arasında fark bulunduğu ve bu farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu saptanmıştır ($p<0.05$). Her iki pişirme yönteminde kabuk rengi ve ekmek iç renginde HF2 (%10 Nohut), HF3 (%30 Mercimek), HF6 (%7.5 Karışım) örneklerinin panelistler tarafından en yüksek puanı aldığı tespit edilmiştir. Ekmeklerde kabuk ve iç rengi panelistin görme duyusu ile algılanan nitelikleri içermektedir (Salmenkallio-Marttila ve ark., 2004). Kabuk rengi, pişirme sırasında fırında meydana gelen Maillard reaksiyonları ile oldukça ilişkili iken ekmek iç rengi çoğunlukla ürün formülasyonuna ilave edilen bileşenin kendisine has rengi ile ilişkili olduğunu bildirilmektedir (Miranda-Ramos ve ark., 2019).

Glutensiz ekmek örnekleri tat ve aroma parametreleri bakımından değerlendirildiğinde, haşlama unları katkılı örnekler 2.63-4.27 (HF5-%5 Karışım-HF2-%10 Nohut) ve mikrodalga unları katkılı 2.55-4.09 (MDF5-%5 Karışım-MDF2-%10 Nohut) aralığında puan aldığı ve ürün formülasyonları arasında farklılığın anlamlı olduğu saptanmıştır ($p<0.05$).

Glutensiz ekmek örnekleri koku parametresi açısından değerlendirildiğinde, haşlama unları katkılı örnekler 2.27-3.92 (HF4-%30 Bezelye-H2-%10 Nohut ve HF4-%7.5 Karışım) ve mikrodalga unları katkılı 2.45-4.28 (MDF4-30 Bezelye-MDF6-%7.5 Karışım) aralığında değerler elde edilmiş ve örnekler arasındaki farklılık anlamlı bulunmuştur ($p>0.05$).

Glutensiz ekmek örnekleri tekstür parametresi açısından değerlendirildiğinde, hem haşlama hemde mikrodalga yöntemleriyle elde edilen unlarla üretilen ekmeklerde en yüksek değer sırasıyla 4.45 ve 4.28 (%10 nohut) panelistler tarafından verilmiş olup, sonuçlar kendi aralarında anlamlı bulunmuştur ($p>0.05$).

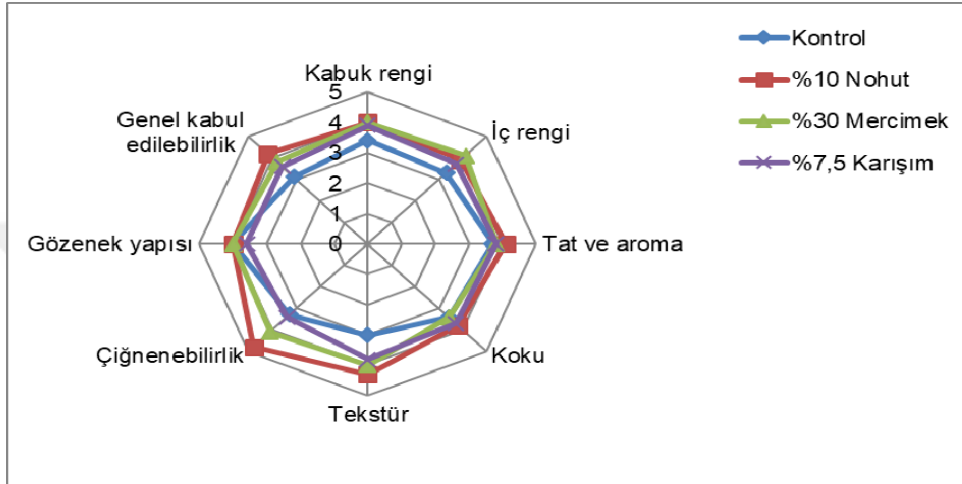
Glutensiz ekmek örnekleri çiğnenebilirlik parametresi açısından değerlendirildiğinde, haşlama unu ile yapılan ekmeklerde en yüksek HF2 (%10 Nohut) katkılı ekmeklerde elde edilmiş olup sonuç enstrümental analiz sonuçları ile birbirlerini destekler niteliktedir. Çizelge 4.16. incelendiğinde artan nohut unu kullanımına bağlı olarak çiğnenebilirlik azalmakta ve nohut unu grubu içerisinde en yüksek çiğnenebilirlik %10 katkılı glutensiz ekmeklerde saptanmıştır. Mikrodalga unları katkılı glutensiz ekmeklerde ise en yüksek çiğnenebilirlik değerleri 4.19-4.27 (MDF2-%10 Nohut-MDF3-%30 Mercimek), 4.00-4.19 (MDF5-%5 Karışım-MDF6-%7.5 Karışım) olduğu saptanmış ve bu değerler arasında anlamlı farklılık tespit edilmemiştir ($p>0.05$).

Gözenek yapısı sonuçları incelendiğinde, her iki pişirme (haşlama ve mikrodalga) yöntemiyle elde edilen baklagil unları ile üretilen ekmeklerde sonuçlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık belirlenmemiş ($p>0.05$) olup, sırasıyla panelistler tarafından 3.81-3.93 ve 3.82-3.94 aralığında puanlar ile değerlendirilmiştir.

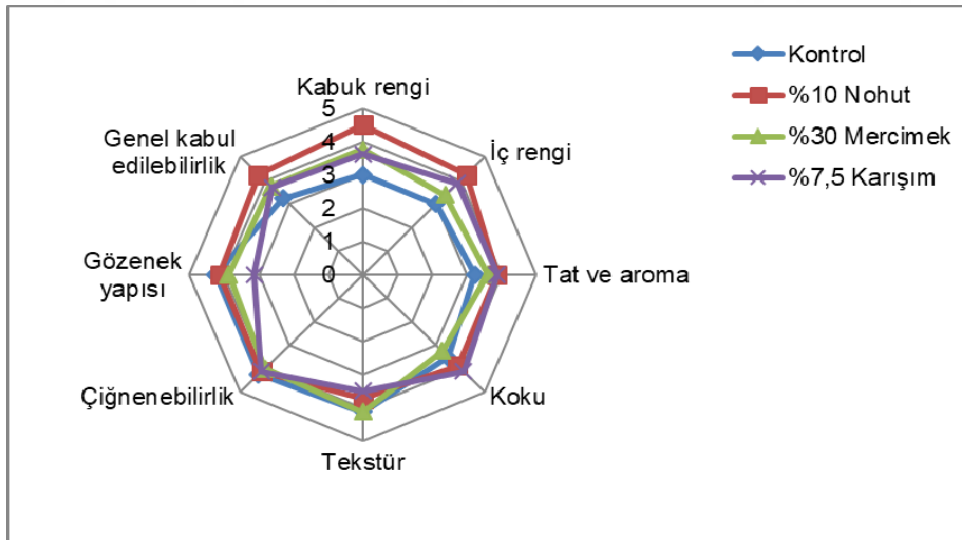
Glutensiz ekmek örnekleri genel kabul edilebilirlik bakımından değerlendirildiğinde, her iki termal (haşlama-mikrodalga) yöntemle elde edilen unlarla yapılan ekmeklerde en çok beğenilen 4.36 ve 4.28 puanla %10 nohut unu katkılı ekmekler olduğu saptanırken en düşük değerlendirme puanlarını %30 bezelye unu ve %5 dirençli nişasta-baklagil unu karışımı almıştır.

Duyusal analiz sonuçlarından her iki pişirme ile üretilen baklagil unları ile yapılan glutensiz ekmeklerden %30 bezelye unu ve %5 dirençli nişasta-baklagil unu karışımı örnekler panelistler tarafından en düşük puanı almış ve tüketilebilirlik bakımından zayıf kalite niteliklerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Gerçekleştirilen analitik ve duyusal analizler neticesinde çalışmamızın 3. Aşaması olan zenginleştirilmiş fonksiyonel glutensiz ekmeklerin besinsel, biyoaktif ve aroma özelliklerini belirlemek amacıyla her iki yöntemle de olmak üzere toplamda kontrol (H1), %10 Nohut (HF2), %30 mercimek (HF3), %7.5 Karışım (HF6) ve %10 nohut (MDF2), %30 mercimek (MDF3), %7.5 karışım (MDF6) olmak üzere 7 adet

ekmek seçilmiş ve mineral madde, toplam fenolik madde, antioksidan kapasite, toplam diyet lif ve aroma maddeleri analizleri gerçekleştirilip, sonuçları literatür verileri ile karşılaştırılmalı olarak yorumlanmıştır.



Şekil 4.7. Haşlama ile elde edilen baklagil unlarından üretilen glutensiz ekmeklerin duyusal analiz örümcek ağ diagramı



Şekil 4.8. Mikrodalga ile elde edilen baklagil unlarından üretilen glutensiz ekmeklerin duyusal analiz örümcek ağ diagramı

Minarro ve ark (2010), tarafından yapılan çalışmada glutensiz ekmekleri zenginleştirmek amacıyla farklı baklagil unları (nohut unu, soya unu ve bezelye izolatu) katkılı örneklerin tüketici tarafından tercih edilebilirliğini duyuşal analiz ile incelemişlerdir. Analiz sonucunda, ekmek iç reŒi, tat ve aroma özellikleri bakımından en yüksek puanı nohut unu katkılı ekmeklerin aldığı ve sonuçların kendi aralarında anlamlı olduğunu belirtmişlerdir ($p<0.05$). Sonuçlar çalışmamız ile uyum içerisindedir. Ek olarak örnekler genel kabul edilebilirlik açısından değerlendirildiğinde ekmeklerin 6.34-6.52 arasında değerlendirme puanı aldığı ve sonuçlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı saptanmıştır ($p>0.05$). Ayrıca çalışmamız ile benzer şekilde gözenek yapısı özellikleri bakımından örnekler arasında anlamlı farklılık tespit edilmemiştir ($p>0.05$).

Ouazib ve ark (2016), yapmış oldukları çalışmada, haşlama, kavurma ve çimlendirme yöntemleriyle elde edilen nohut unu kullanarak üretilen glutensiz ekmekler panelistler tarafından görünüş, tat, aroma, tekstür, ağızda bıraktığı his ve genel kabul edilebilirlik özellikleri bakımından değerlendirilmiştir. Çalışmada tat ve ağızda bıraktığı his özellikleri bakımından haşlama yöntemiyle üretilen unlarla yapılan ekmeklerin istatistiki anlamda en fazla beğenilen grup olduğunu bildirmişlerdir ($p<0.05$).

Ahmed ve ark (2021), yapmış oldukları çalışmada pirinç unu bazlı glutensiz ekmekleri ticari mercimek unu ile zenginleştirmişlerdir. Araştırmacılar ürettikleri ekmekleri hacim, kabuk yapısı, renk (kabuk ve iç), gözenek yapısı, koku, tat ve genel beğeni bakımından pirinç unu-mısır nişastası bazlı ticari glutensiz ekmekler ile kıyasladıkları çalışmalarında, mercimek unu katkılı ekmeklerin panelistlerden genel kabul edilebilirlik, gözenek yapısı, tat ve ekmek içi reŒi bakımından daha yüksek puan aldığını ve buğday unu ile üretilen ekmeklere eşdeğer ekmek içi kalite özelliklerine sahip olduğunu vurgulamışlardır.

M El Sayed ve ark (2021), kontrol grubu olarak pirinç unu kullandıkları çalışmada %10, %15, %20 oranlarında nohut unu ilavesinin glutensiz ekmeklerin organoleptik özelliklerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar %15 nohut unu

ilaveli ekmeklerin tat, koku, ekmek iç rengi, tekstür ve genel beğeni parametreleri bakımından diğer örneklerle kıyasla anlamlı düzeyde yüksek puan aldığını bildirmişlerdir. Çalışmada %100 pirinç unu bazlı ekmeklerin duyuşal özellikler bakımından oldukça düşük puan aldığını ve baklagil unu kullanımı ile ürünün algılanan duyuşal özelliklerinin iyileştirdiğini ifade etmişlerdir.

4.3. Üçüncü Grup Çalışmalar

4.3.1. Glutensiz Ekmeklerin Mineral Madde Miktarları

Glutensiz fırıncılık ürünleri, genellikle daha düşük besin profili ile karakterize edilmekte ve ürünlerin besin bileşimini zenginleştirmek ve tüketici tarafından kabul edilebilirliğini arttırmak amacıyla farklı bileşenler ürün formülasyonlarına dahil edilmektedir. Bu ürünlerin başında zengin besinsel bileşimi ile baklagil unları gelmekte olup, literatür çalışmaları incelendiğinde mikrodalga ve haşlama yöntemiyle elde edilen unlarla üretilen ekmeklere ilişkin verilerin oldukça kısıtlı olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmamızda glutensiz ekmek örneklerine ait mineral madde miktarları Çizelge 4.17.'de verilmiştir. Haşlama yöntemiyle elde edilen unlarla yapılan glutensiz ekmeklerde potasyum miktarının 520.68 mg/kg (H1-kontrol) ile 1576.34 mg/kg (HF2-%30 mercimek) aralığında, demir miktarının 3.34 mg/kg (H1-kontrol) ile 18.73 mg/kg (HF3-%30 mercimek), magnezyum 74.74 mg/kg (H1-kontrol) ile 167.55 mg/kg (HF3-%30 karışım), kalsiyum miktarının 556.70 mg/kg (H1-kontrol) ile 803.69 mg/kg (HF6-%7.5 karışım) aralığında değiştiği saptanmıştır. Mikrodalga yöntemiyle elde edilen unlarla yapılan ekmeklerde potasyum miktarı 520.68 mg/kg (H1-kontrol) ile 1658.06 mg/kg (MDF3-%30 mercimek) aralığında, demir miktarı 3.34 mg/kg (H1-kontrol) ile 17.03 mg/kg (MDF3-%30 mercimek), magnezyum 74.74 mg/kg (H1-kontrol) ile 164.85 mg/kg (MDF3-%30 karışım), kalsiyum miktarı 556.70 mg/kg (H1-kontrol) ile 804.79 mg/kg (MDF6-%7.5 karışım) aralığında değiştiği saptanmıştır. Her iki yöntemde elde edilen veriler incelendiğinde, mineral madde miktarları arasında istatistiki

olarak anlamlı fark olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Kontrol grubuna kıyasla tekli baklagil unu ve dirençli nişasta-baklagil unu karışımının daha yüksek mineral madde içeriğine sahip olması ürün formülasyonunda kullanılan hammaddelerin zengin mineral madde içeriği ile ilişkilendirilmektedir. Genel olarak örneklerde kalsiyum miktarı hariç diğer mineral maddelerin %30 mercimek unu katkı gruplarında yüksek olduğu saptanmıştır. Çalışmamızda, glutensiz ekmeklerde saptanan kalsiyum miktarındaki azalış sebebini Mittal ve ark (2012), yapmış oldukları çalışmada açıklamışlardır. Araştırmacılar nohuta uygulanan termal işlemler esnasında nohuttan haşlama suyuna mineral madde geçişi olduğunu ve undaki mineral madde içeriğine bağlı olarak glutensiz ekmeklerde özellikle potasyum ve demir miktarında azalmalar meydana geldiğini bildirmiştir.

Çizelge 4.17. Glutensiz ekmeklerin mineral madde miktarları

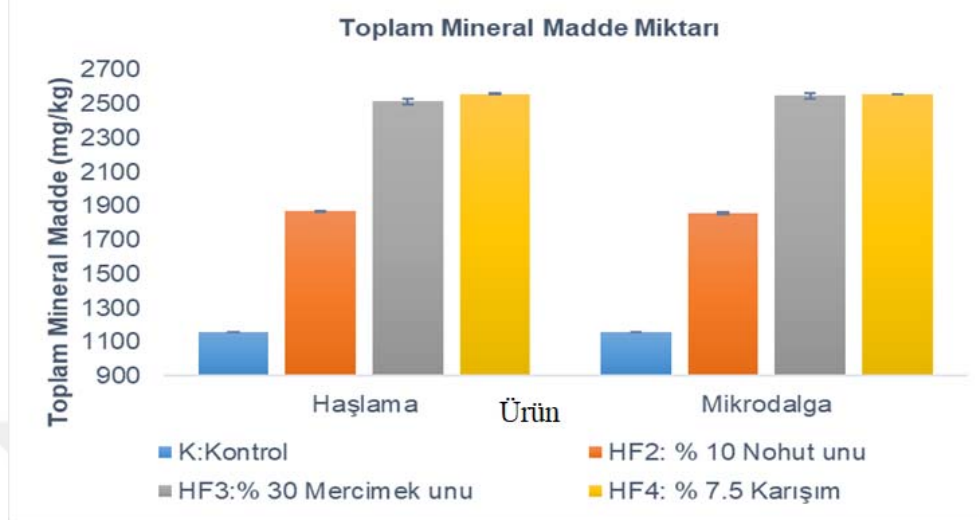
Örnek Kodu	K (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mg(mg/kg)	Ca (mg/kg)
H1(K)	520.68±1.83 ^d	3.34±0.22 ^d	74.74±0.94 ^d	556.70±1.64 ^d
HF2	998.35±3.70 ^c	7.36±0.07 ^c	134.54±3.25 ^c	727.07±1.87 ^b
HF3	1622.54±9.56 ^a	18.73±0.84 ^a	167.55±5.26 ^a	705.23±1.37 ^c
HF6	1576.34±11.22 ^b	11.61±0.29 ^b	155.67±4.97 ^b	803.69±3.92 ^a
H1(K)	520.68±1.83 ^d	3.34±0.22 ^d	74.74±0.94 ^d	556.70±1.64 ^d
MDF2	992.70±6.87 ^c	5.64±0.15 ^c	125.66±2.97 ^c	732.29±4.58 ^b
MDF3	1658.06±13.88 ^a	17.03±0.60 ^a	164.85±0.64 ^a	707.97±2.39 ^c
MDF6	1598.81±10.24 ^b	11.69±0.46 ^b	139.01±1.78 ^b	804.79±3.17 ^a

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$). H1(K): Kontrol, HF2: %10 nohut, HF3: %30 mercimek, HF6: %7.5 Karışım, MDF2: %10 nohut, MDF3: %30 mercimek, MDF6: %7.5 Karışım

Ahmed ve ark (2016), mısır unu bazlı glutensiz ekmeklere farklı kullanım oranlarında (kontrol, %10 ve %20) nohut unu ilave ederek zenginleştirmeyi amaçladıkları çalışmada nohut unu kullanımında kalsiyum miktarının 1.44 mg/100g-1.57 mg/100g, magnezyum miktarının 3.48 mg/100g-3.68 mg/100g ve potasyum miktarının ise 14.00 mg/100g-15.20 mg/100g aralığında değiştiğini bildirmiştir.

Ahmed ve ark (2021), yapmış oldukları çalışmada %15, %35, %55 oranlarında mercimek unu kullanarak glutensiz ekmeklerin mineral madde miktarını (potasyum, magnezyum, demir ve kalsiyum) araştırmışlardır. Sırasıyla potasyum miktarının 141 mg/100g-256 mg/100g, magnezyum miktarının 35 mg/100g-74.6 mg/100g, demir miktarının 2.7 mg/100g-3 mg/100g ve kalsiyum miktarının ise 7 mg/100g-12 mg/100g arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar glutensiz ekmeklerdeki mineral madde artışı, mercimek unun kimyasal kompozisyonu ile ilişkilendirmiş ve mercimek unun mineral madde miktarını potasyum (955 mg/100g)>magnezyum (122 mg/100g)>kalsiyum (56 mg/100g)>demir (7.5 mg/100g) olarak sıralamıştır.

Baklagiller özellikle potasyum, magnezyum ve demir bakımından oldukça zengindirler ve potasyum, magnezyum ve demirin ortalama miktarı 10.4 mg/100g, 1.17 mg/100g ve 54 mg/100g değerlerindedir. Wang ve ark (2010), bezelyede pişirme işlemi sonrasında özellikle potasyum ve magnezyum bileşenlerinin pişirme suyuna geçtiğini ve uygulanan termal işlem neticesinde nihai ürünün mineral madde miktarının değiştiği gözlemlemiştir.



Şekil 4.9. Haşlama ve mikrodalga yöntemlerinin glutensiz ekmeklerin toplam mineral madde içeriklerine etkisi

Matos ve Rosell (2015), glutensiz ekmeklerin ürün formülasyonlarında besin bileşimi düşük olan un ve /veya nişasta kullanımının oldukça yaygın olduğunu bildirmişlerdir. Çölyak hastalarına yönelik geliştirilen ürünlerin mineral madde içeriği ve biyoyararlılığını arttırmak amacıyla özellikle un ve/veya nişasta kullanım oranı azaltılarak baklagil unu kullanımı tercih edilmelidir (Suliburska ve ark., 2013; Stantiall ve Serventi, 2018). Awada ve ark (2005), glutensiz ürünlerde sıklıkla kullanılan mısır nişastasının mineral madde kompozisyonunun K (37.72 mg/100g), Ca (0.83 mg/100g), Na (3.13 -4.11 mg/100g) olduğunu bildirmişlerdir. Wang ve Daun (2006), ön pişirilmiş mercimek ununun Ca (48.4–107.7 mg/100 g) K (550.8–1286,5 mg/100 g), Mg (121.5–167.1 mg/100 g); Arab ve ark (2010), ön pişirilmiş nohut ununun K (771.77 mg/100 g),Ca (156.13 mg/100 g), Na (107.34 mg/100 g), Mg (152.58 mg/100 g) mineral madde kompozisyonuna ait sonuçları çalışmalarında saptamışlardır. Baklagil çeşidi, besinsel bileşimi ve una işleme yöntemleri (haşlama, mikrodalga, kavurma) baklagil unlarının mineral madde içeriklerini çiğ örneklerle kıyasla azalttığını, mısır nişastasına oranla ise önemli

ölçüde yüksek olduğu çalışmalarda vurgulanmıştır (Arab ve ark., 2010; Çalışkan Koç ve ark., 2021).

4.3.2. Glutensiz Ekmeklerin Toplam, Çözünür ve Çözünmez Diyet Lif İçerikleri

Diyet lifi, kalın bağırsakta tamamen veya kısmen fermente olan ancak ince bağırsakta sindirilemeyen, bitkilerin yenilebilir kısmı olarak tanımlanmaktadır (Dülger ve Gahan, 2011). Diyet lifinin sağlık üzerine birçok faydası bulunmakta olup bunlar; kabızlığın önlenmesi, kolorektal kanser (Faivre ve Bonithon-Kopp, 1999) ve kardiyovasküler hastalıkların riskinin azalması (Bazzano ve ark., 2003) olarak sıralanmaktadır. Sağlık üzerine etkilerine ek olarak diyet lifi, glutensiz fırıncılık ürünlerinde; su bağlama kapasitesi, jel oluşturma ve kıvam arttırma gibi teknolojik özelliklerinden dolayı gıdaların tekstürünün, duyuşal özelliklerinin ve raf ömrünün geliştirilmesine katkıda bulunmaktadır (Belton ve Taylor, 2002; Kiskini ve ark., 2007; Marco ve Rosell, 2008; Aguiar ve ark., 2021).

Glutensiz ürün formülasyonlarında kullanılan baklagil unları önemli bir diyet lif kaynağıdır (Arslan ve ark., 2019). Baklagillerin besleyici değerini arttırmak ve besleyici olmayan faktörleri azaltmak için tüketilmeden önce işlenmesi gerekir (Martin-Cabrejas ve ark., 2009). Pişirme gibi ısı işlemi, temel olarak fitik asit, oligosakkaritler, mineraller, tanenler ve fenolik bileşik içeriğinde önemli azalmalara neden olan baklagillerin işlenmesinde en yaygın yöntemdir (Wang ve ark., 2009; Wang ve ark., 2010). Birçok çalışma, ısı işlemin protein kalitesini ve çözünür diyet lifi içeriğini önemli ölçüde iyileştirdiğini ve çözünmeyen diyet lifi fraksiyonunu ise azalttığını doğrulamaktadır (Martin-Cabrejas ve ark., 2008; Wang ve ark., 2010; Wainaina ve ark., 2021).

Çalışmamızda glutensiz ekmek örneklerine ait toplam, çözünür ve çözünmez diyet lifi miktarları Çizelge 4.18.'de verilmiştir. Haşlama yöntemiyle elde edilen unlarla yapılan glutensiz ekmek örneklerine ait toplam diyet lif miktarları sırasıyla H1 (Kontrol), HF2 (%10 nohut), HF3 (%30 mercimek) ve HF6

(%7.5 karışım) 1.33 g/100g; 2.53 g/100g; 3.43 g/100g; 2.97 g/100g; çözüner diyet lif miktarları sırasıyla 0.46 g/100g; 0.90 g/100g; 0.47 g/100g; 0.41 g/100g; çözüner diyet lif miktarları sırasıyla 0.84 g/100g; 1.63 g/100g; 2.97 g/100g; 2.50 g/100g olarak tespit edilmiştir.

Mikrodalga yöntemiyle elde edilen unlarla yapılan glutensiz ekmek örneklerine ait toplam diyet lif miktarları sırasıyla H1 (Kontrol), MDF2 (%10 nohut), MDF3 (%30 mercimek) ve MDF6 (%7.5 karışım) 1.33 g/100g; 2.49 g/100g; 3.09 g/100g; 2.56 g/100g; çözüner diyet lif miktarları sırasıyla 0.46 g/100g, 0.88 g/100g, 0.49 g/100g, 0.53 g/100g; çözüner diyet lif miktarları sırasıyla 0.84 g/100g; 1.61 g/100g, 2.62 g/100g, 2.03 g/100g olarak tespit edilmiştir. Her iki yöntemde elde edilen veriler incelendiğinde sonuçlar arasında istatistiki olarak anlamlı fark olduğu gözlemlenmiştir ($p<0.05$). Kontrol grubuna kıyasla tekli baklagil unu ve dirençli nişasta-baklagil unu karışımının daha yüksek lif içeriğine sahip olması ürün formülasyonunda kullanılan hammaddelerin kimyasal kompozisyonu ile ilişkili olduğu yorumu yapılabilir. Çalışmamızın 4.2.1. bölümünde baklagil unlarında (nohut, mercimek, bezelye) saptanan toplam, çözüner ve çözüner diyet lif miktarları literatür çalışmaları ile yorumlanmıştır. Özellikle her iki üretim yöntemiyle üretilen unlarla yapılan glutensiz ekmeklerde %30 mercimek unu katkılı ekmeklerin toplam diyet lif miktarının en yüksek değere sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum zengin diyet lif kaynağı olan mercimek ununun ürün formülasyondaki varlığı ile açıklanabilmektedir. Ayrıca mercimek unu katkılı ekmekler, üretim sırasında hamur içerisinde CO₂ gazını stabilize edebilen yüksek seviyelerde polar lipidler içermesi ve hamur viskozitesini arttıran yüksek oranda çözüner diyet lifi içermesi nedeniyle (Alvarez-Jubete ve ark., 2010) buğday ekmeğine benzer özellik sergilemektedir. Hammadde bileşiminde bulunan diyet lifi çölyak hastalarına yönelik üretilen ekmekleri hem sağlık hemde teknolojik açıdan iyileştirici etkiye sahip olmuştur.

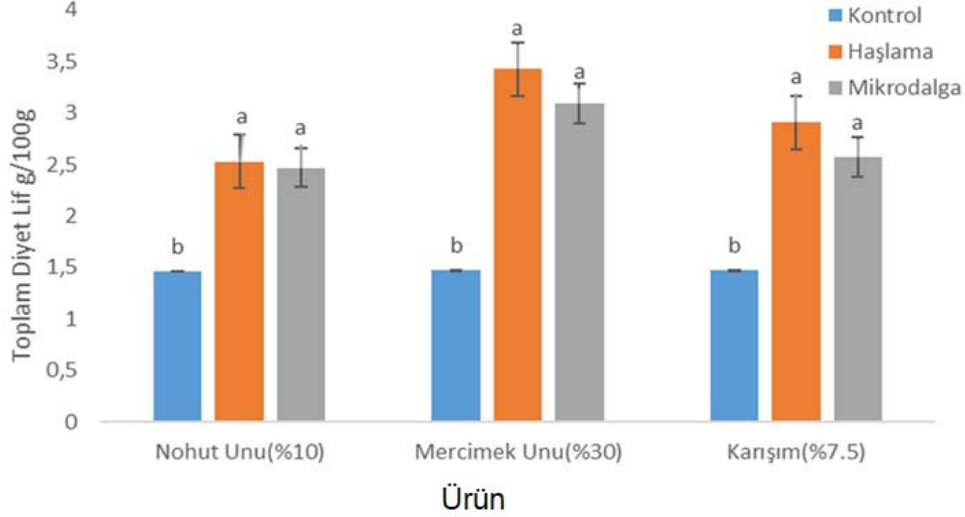
Amerikan Diyetisyenler Derneği'ne göre, yetişkinler için önerilen mevcut diyet lif alımının 25 ila 30 g/gün arasında değiştiği ve çözünmez/çözünür diyet lif oranının 3/1 olması gerektiği bildirilmiştir (Borderias ve ark., 2005). Çalışmamızda baklagil unu kullanımın glutensiz ekmeklerde kontrol grubuna kıyasla çözünmez/çözünür diyet lif oranını iyileştirdiği saptanmıştır. Örneklerde belirlenen bu oranlar H1(K), HF2, HF3, HF6, MDF2, MDF3, MDF6 için sırasıyla 1.78, 1.81, 6.32, 6.09, 1.82, 5.34 ve 3.83 değerlerini aldığı ve özellikle her iki pişirme yöntemiyle elde edilen unlar ile üretilen ekmeklerde mercimek unu katkılı ekmeklerin daha yüksek değere sahip olduğu belirlenmiştir.

Ekmek örnekleri incelendiğinde ise kontrol grubu için Melini ve ark (2017), yapmış oldukları çalışmada glutensiz ekmek formülasyonlarına kullanılan hidrokolloidlerin (CMC, HPMC, ksantan gam) tekli ve kombinasyonları halinde kullanımının toplam ve çözünür diyet lif miktarını arttırdığını, genellikle kıvam arttırıcı, stabilizatör olarak kullanılan bu bileşenlerin ürünlerin besinsel profiline de katkıda bulunduğu bildirilmiştir.

Çizelge 4.18. Glutensiz ekmeklerin toplam, çözünmez ve çözünür diyet lif içerikleri (g/100g)

Örnek Kodu	Toplam Diyet Lif (g/100g)	Çözünmez Diyet Lif (g/100g)	Çözünür Diyet Lif (g/100g)
H1	1.31±0.15 ^c	0.84±0.20 ^d	0.46±0.06 ^b
HF2	2.53±0.21 ^b	1.63±0.15 ^c	0.90±0.20 ^a
HF3	3.43±0.25 ^a	2.97±0.21 ^a	0.47±0.21 ^b
HF6	2.97±0.21 ^b	2.50±0.30 ^b	0.41±0.13 ^b
H1	1.31±0.15 ^c	0.84±0.20 ^d	0.46±0.06 ^b
MDF2	2.49±0.25 ^b	1.61±0.30 ^c	0.88±0.51 ^a
MDF3	3.09±0.18 ^a	2.62±0.11 ^a	0.49±0.11 ^b
MDF6	2.56±0.22 ^b	2.03±0.06 ^b	0.53±0.16 ^b

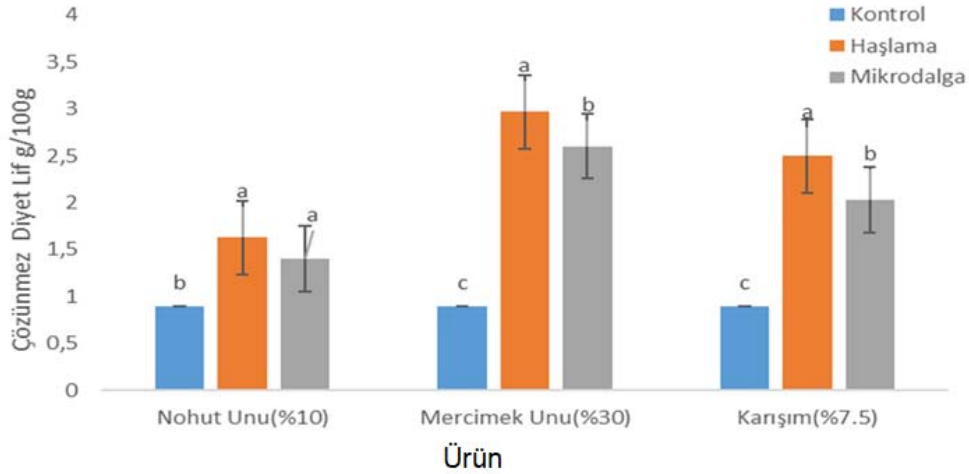
^{a-d} Aynı sütunda farklı küçük harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05). H1(K): %4 HPMC-KG, HF2:%10 nohut, HF3:%30 mercimek, HF6: %7.5 Karışım, MDF2:%10 nohut, MDF3: %30 mercimek, MDF6: %7.5 Karışım, KM: Kuru madde



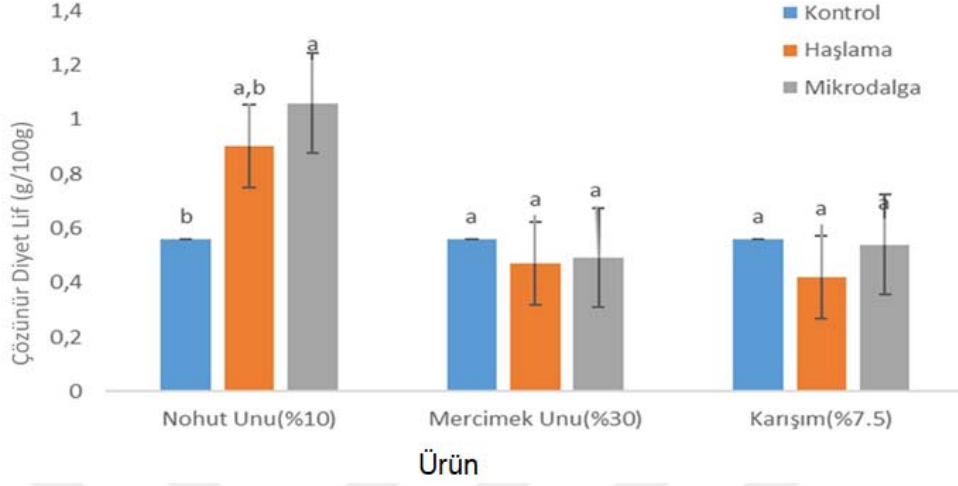
Şekil 4.10. Farklı pişirme yöntemlerinin glutensiz ekmeklerin toplam diyet lif içeriklerine etkisi

Literatür çalışmaları incelediğinde, Gularte ve ark (2012), pirinç unu bazlı glutensiz keklerin fonksiyonel özelliklerini arttırmak amacıyla ürün bileşimine nohut, mercimek ve bezelye unları ilave etmişlerdir. Kontrol grubuna kıyasla mercimek unu katkılı örneklerde çözünmez diyet lif içeriğinde anlamlı bir artış tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Araştırmacılar çözünmez diyet lif içeriğinin hamur vizkozitesi ile pozitif bir korrelasyon içerisinde olduğunu bildirmişlerdir. Martinez-Castano ve ark (2020), mercimek unu ve bezelye unu katkılı glutensiz ekmeklerin toplam diyet lif miktarlarının sırasıyla 10.54 g/100g ve 10.74 g/100g olduğunu saptamışlardır. Buğday unu ekmeklerinin toplam diyet lif içeriğinin 3.75 g/100g olduğunu bildiren araştırmacılar, yüksek lif içeriğine sahip örneklerin sindirimi kolaylaştırdığını ve kabızlığı azalttığını bildirmişlerdir. Böylelikle mercimek ve bezelye unu glutensiz ürün formülasyonlarında alternatif bileşen olarak adlandırılmıştır. Ahmed ve ark (2016), sorgum ve mısır unu bazlı ve %10, %20 ve %30 kullanım oranlarında haşlanmış nohut unu ile zenginleştirilen glutensiz ekmeklerin çözünmez diyet lif içeriklerinin %0.85 ile %1.77 aralığında değiştiğini ve nohut unu ilavesinin artmasıyla örneklerdeki çözünmez lif oranının anlamlı

düzeyde artış gösterdiğini bildirilmiştir ($p<0.05$). Santos ve ark (2020), pirinç unu bazlı glutensiz ekmeklere %25 oranında nohut unu ilavesinin toplam diyet lif içeriğini nohut unu içermeyen örnek grubuna kıyasla %2.5 oranında arttırdığını ve bu artışın anlamlı düzeyde olduğunu bildirmişlerdir ($p<0.05$). Araştırmacılar sırasıyla çözünür, çözünmez ve toplam diyet lif miktarının nohut unu katkılı ekmeklerde 1.06g/100g, 6.15 g/100g ve 7.21 g/100g olarak tespit etmişlerdir. Mevcut artışın, çalışmamız ile benzer şekilde kullanılan hammaddenin zengin diyet lif konsantrasyonu ve ürün formülasyonunda kullanım oranı ile ilişkili olması ile bağlantılı olduğu yorumu yapılmıştır.



Şekil 4.11. Farklı pişirme yöntemlerinin glutensiz ekmeklerin çözünmez diyet lif içeriklerine etkisi



Şekil 4.12. Farklı pişirme yöntemlerinin glutensiz ekmeklerin çözünür diyet lif içeriklerine etkisi

Alajaji ve El-Adawy (2006), çiğ ve ısıtılmış işlem görmüş (haşlama ve mikrodalga) nohut unu örneklerinin çözünmez diyet lif miktarının sırasıyla 3.82 g/100g, 4.62 g/100g ve 4.82 g/100g olarak saptamış ve sonuçlar arasında önemli düzeyde farklılık olduğunu vurgulamıştır ($p < 0.05$). İşlem görmemiş nohut unu çözünmez diyet lif içeriğine kıyasla pişirme yöntemleri uygulanan nohut unundaki diyet lif içeriğindeki artışın, suda bekletme ve ardından pişirme işlemi sırasında meydana gelen kimyasal reaksiyona bağlı oluşan protein-lif komplekslerinden kaynaklanmış olabileceği çalışmada bildirilmiştir (Bressani, 1993).

4.3.3. Glutensiz Ekmeklerin Toplam Fenolik Madde ve DPPH–ABTS Antioksidan Kapasite Değerleri

Glutensiz ekmek buğday ekmeğine kıyasla düşük kalite ile karakterize edilmekte ve bu durum, genellikle düşük besinsel bileşimi ile ilişkilendirilmektedir (Gallagher ve ark., 2004; Houben ve ark., 2012; Wang ve ark., 2017). Glutensiz ekmeğin besin değerini zenginleştirmek amacıyla birçok çalışma yapılmasına rağmen biyoaktif profiline ilişkin oldukça sınırlı çalışma bulunmaktadır. Son

yıllarda antioksidan, antimikrobiyal, antiinflamatuvar ve antikanser etkileri nedeniyle fenolik bileşikler üzerine yapılan çalışmalar artış göstermektedir (Cosme ve ark., 2020). Baklagil unları protein, karbonhidrat, diyet lifi, mineraller ve vitaminlerin yanı sıra aynı zamanda iyi bir fenolik bileşik kaynağıdır (Singh ve ark., 2017).

Çalışmamızda glutensiz ekmek örneklerine ait toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite değerleri Çizelge 4.29.'da verilmiştir. Haşlama yöntemiyle elde edilen unlar ile üretilen glutensiz ekmeklerde, toplam fenolik madde miktarının 0.33 mg GAE/100g (H1-Kontrol) ile 0.68 mg GAE/100g (HF2-%30 Mercimek) aralığında, mikrodalga yöntemiyle elde edilen unlar ile üretilen ekmeklerde ise 0.33 mg GAE/100g (H1-Kontrol) ile 0.70 mg GAE/100g (HF2-%30 Mercimek) aralığında değiştiği saptanmıştır. Her iki termal yöntemle elde edilen unlar ile üretilen ekmekler arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde farklılıklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). En yüksek fenolik madde içeriğine sahip glutensiz ekmeklerin ise %30 kullanım oranına sahip mercimek unu katkılı ekmekler olduğu çalışmamızda belirlenmiştir.

Örnekler arasında tespit edilen farklılığın en önemli nedeni kullanılan baklagil unlarının kaynağının farklılığıdır (Amarowicz ve Pegg, 2008). Fenolik bileşikler baklagillerde çoğunlukla tohum kabuğunda ve kotiledonda bulunmaktadır. Baklagillerin çeşidi değişkenlik gösterdikçe fenolik madde içeriğinde değişmektedir (Shahidi ve Ambigaipalan, 2015). Han ve Baik (2008), yapmış oldukları çalışmada nohut unu toplam fenolik madde miktarının 0.98-2.2 mg GAE/g mercimek ununun 1.57-5.57 mg GAE/g, bezelye ununun 0.85-1.14 mg GAE/g olarak belirlemişlerdir. Ayrıca araştırmacılar baklagillerin tohum kabuğunun toplam ağırlığının yaklaşık %10'unu temsil etmesine rağmen fenolik bileşikler açısından zengin olduğunu ve fonksiyonel bileşik olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Çizelge 4.19. incelendiğinde mikrodalga ve haşlama yöntemiyle üretilen unlarda elde edilen ekmeklerin toplam fenolik madde miktarı arasında farklılıklar

tespit edilmiştir. Bu değişkenliğin sebebi, baklagil unu eldesinde kullanılan suda bekletme ve termal işlemler (haşlama ve mikrodalga) sırasında suda çözünür fenolik bileşiklerin pişirme suyuna geçmesi ve ekmeğin pişirilmesi sırasında ısı ve oksidasyona bağlı fenolik bileşiklerin bozunması ile ilişkilendirilebilmektedir (Holtekjolen ve ark., 2008). Literatürde mikrodalga ve haşlama unları ile üretilen glutensiz ekmeklere ait toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite değerlerine ilişkin çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu bağlamda, literatürde yer alan diğer glutensiz ürün formülasyonlarına baklagil unlarının fonksiyonel etkileri incelenmiştir.

Rocchetti ve ark (2017), çiğ ve haşlanmış nohut ve mercimek unu ile zenginleştirilen glutensiz makarna örneklerinde toplam fenolik madde miktarını nohut unu katkılılarda 34.13 mg GA/100g -21.79 mg GA/100g, mercimek unu katkılılarda ise 36.88 mg GA/100 g-21.55 mg GA/100g olarak saptamışlardır. Sonuçlar incelendiğinde, uygulanan haşlama işlemine bağlı olarak fenolik madde miktarının nihai üründe farklılığa neden olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, haşlama işlemi sırasında baklagillerde bulunan bazı fenolik bileşiklerin pişme suyunda çözünmesi ile açıklanmıştır.

Atasoy ve Ertop (2021), mercimek, mısır nohut ununu glutensiz tarhana formülasyonuna eklemiş ve hammaddelerin nihai ürünün antioksidan kapasitesi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Zenginleştirilmiş ürünlerin sırasıyla DPPH inhibisyon yüzdeleri %33.97, %41.03, %42.66 olarak bulunmuş ve nohut unu içeren glutensiz tarhananın antioksidan kapasitesini önemli oranda arttırdığı bildirilmiştir. Ayrıca çalışmada fermentasyon sırasında asitlik artışı ile birlikte tarhanada fenolik bileşiklerin açığa çıktığını ve aynı zamanda aktif hale gelen proteaz enziminin oluşturduğu biyoaktif peptitlerin de antioksidan aktiviteyi arttırdığı bildirilmiştir.

Kahraman ve ark (2022), pirinç unu bazlı glutensiz ekmek bileşimine işlenmemiş ve ısıl işlem uygulanmış nohut unu ilavesinin, ekmeklerin toplam fenolik madde içeriğindeki değişimini inceledikleri çalışmada, toplam fenolik

madde miktarını sırasıyla 49.36 mg GA/100g (kontrol), 65.29 mg GA/100g ve 80.52 mg GA/100g olarak saptamışlardır. Araştırmacılar nihai ürünlerdeki toplam fenolik madde miktarındaki artışın, nohut unu bileşiminden kaynakladığını bildirmişlerdir (Xu ve ark., 2007; Padhi ve ark., 2016).

Pasqualone ve ark (2022), glutensiz pizza üretiminde haşlama yöntemiyle üretilen mercimek ununun formülasyona dahil edildiği örneklerde toplam fenolik madde bileşimi kontrol grubunda (mısır nişastası) 0.67 mg FE/g ve mercimek unu katkılı örneklerde 0.90 mg FE/g olarak belirlerken, antioksidan kapasite değerlerini ise sırasıyla 1.07 μ mol TE/g ve 1.42 μ mol TE/g olarak belirlemişlerdir. Kontrol grubuna kıyasla artan toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite değerlerinin mercimek ununun zengin biyoaktif içeriği ile ilgili olduğu vurgulanmıştır.

Çizelge 4.19. Glutensiz ekmeklerin toplam fenolik madde ve antioksidan kapasite değerleri

Örnek Kodu	Toplam Fenolik Madde (mgGAE /100g)	Antioksidan Kapasite DPPH(μ mol TE/100g)	Antioksidan Kapasite ABTS(μ mol TE/100g)
H1(K)	0.33 $\pm$ 0.02 ^d	0.05 $\pm$ 0.01 ^d	0.06 $\pm$ 0.02 ^d
HF2	0.55 $\pm$ 0.01 ^b	0.85 $\pm$ 0.13 ^b	0.91 $\pm$ 0.11 ^b
HF3	0.68$\pm$0.12^a	1.34$\pm$0.08^a	1.89$\pm$0.03^a
HF6	0.45 $\pm$ 0.19 ^c	0.74 $\pm$ 0.21 ^c	0.81 $\pm$ 0.15 ^c
H1(K)	0.33 $\pm$ 0.02 ^d	0.05 $\pm$ 0.01 ^d	0.06 $\pm$ 0.02 ^d
MDF2	0.59 $\pm$ 0.11 ^b	0.88 $\pm$ 0.13 ^b	0.94 $\pm$ 0.07 ^b
MDF3	0.70$\pm$0.01^a	1.29$\pm$0.01^a	2.02$\pm$0.01^a
MDF6	0.39 $\pm$ 0.22 ^c	0.80 $\pm$ 0.05 ^c	0.84 $\pm$ 0.06 ^c

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05). H1(K): %4 HPMC-KG, HF2:%10 nohut, HF3:%30 mercimek, HF6: %7.5 Karışım, MDF2:%10 nohut, MDF3: %30 mercimek, MDF6: %7.5 Karışım
KM: Kuru madde

Örnekler antioksidan kapasite özellikleri bakımından değerlendirildiğinde Çizelge 4.19.'da görüldüğü üzere haşlama ile elde edilen unlar ile üretilen glutensiz ekmeklerde, DPPH yöntemiyle 0.05(H1-K) -1.34 $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$ (HF3-%30 Mercimek) ve ABTS yönteminde 0.05 (H1-K)-1.29 $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$ (HF3-%30 Mercimek) olarak belirlenmiştir ($p<0.05$).

Mikrodalga ile elde edilen unlar ile üretilen glutensiz ekmeklerde antioksidan kapasite, DPPH yöntemiyle 0.06(H1-K)-1.89 $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$ (HMF3-%30 Mercimek) belirlenirken ABTS yöntemiyle 0.05 (H1-K)-2.02 $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$ (HMF3-%30 Mercimek) olarak belirlenmiş ve sonuçlar arasında önemli düzeyde farklılıklar tespit edilmiştir ($p<0.05$). Hem DPPH hemde ABTS yönteminde de örneklerde tespit edilen antioksidan kapasite değeri en yüksek %30 mercimek unu katkılı ekmeklerde tespit edilmiştir. Bu durum, hammadde bileşimi ve formülasyonda yüksek kullanım oranı ile ilişkilidir.

Fırıncılık ürünlerinin antioksidan kapasite değerleri, hammaddeler, Maillard reaksiyonu ve karamelizasyon yan ürünleri başta olmak üzere birçok faktörden etkilenebilir (Hajas ve ark., 2022). Xu ve Chang (2008), haşlama yöntemiyle üretilen bezelye unun antioksidan kapasite değerini DPPH ve ORAC yöntemleriyle hesapladıkları çalışmada sırasıyla 1.05 $\mu\text{mol TE/g}$ ve 5.10 $\mu\text{mol TE/g}$; nohut unu antioksidan kapasite değerlerini ise 0.15 $\mu\text{mol TE/g}$ ve 8.24 $\mu\text{mol TE/g}$ olarak saptamıştır. Alkaltham ve ark (2022), mercimek unu eldesinde işlenmemiş ve haşlanmış un örneklerinde toplam antioksidan kapasite değerlerini sırasıyla 3.02 mg TE/kg ve 3.35 mg TE/kg olarak saptamışlardır. Chutipanyaporn ve ark (2014), baklagillerde haşlama işleminden sonra toplam fenolik madde içeriğinde önemli bir artış tespit etmişlerdir. Toplam fenolik madde içeriğindeki bu artışı, baklagillerin hücre duvarlarının termal bozulmasına ve dolayısıyla ekstrakte edilebilir fenolik bileşiklerin açığa çıkması ile ilişkili olduğunu bildirmişlerdir. Liu ve ark (2020), baklagillere uygulanan haşlama, otoklavda ve basınçta pişirme yöntemlerinin örneklerin antioksidan kapasitelerini önemli ölçüde azalttığını bu durumun pişirme süreleri boyunca tohum kabuklarında bulunan bileşenlerin

pişirme suyuna geçmesiyle ilgili olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmada baklagillere uygulanan mikrodalgada pişirme yönteminin fenolik bileşikler ve antioksidan kapasite üzerine etkisinin araştırması gereken bir konu olduğu vurgusu yapılmıştır. Arribas ve ark (2019), pirinç unu bazlı glutensiz atıştırma üretiminde %20 ve %40 oranında ön işlem uygulanmış bezelye unu kullanımı sonucunda, örneklerin antioksidan kapasite değerleri ORAC yöntemiyle sırasıyla 8.35 $\mu\text{mol TE/g}$ ve 10.45 $\mu\text{mol TE/g}$ olarak tespit etmişlerdir. Antioksidan kapasite değerindeki artış, örneklerde bulunan bileşiklerin miktarına ve çeşidine bağlı olduğu belirtilmiştir (Oomah ve ark., 2005).

Glutensiz ekmeklerde düşük besinsel bileşim profili dışında karşılaşılan en önemli kalite sorunlarından birisi erken bayatlamadır. Baklagiller yapılarında barındırdığı doğal antioksidanlar sayesinde lipit oksidasyonunu azaltarak ürünlerin raf ömrünü artırırlar ve aynı zamanda fenolik bileşikler yönünden zengin glutensiz ürün üretimine katkıda bulunurlar (Arribas ve ark., 2019). Çizelge 4.19.'da görüldüğü üzere kontrol grubuna kıyasla ürün formülasyonuna baklagil unu ilavesiyle antioksidan kapasite değerlerinde anlamlı bir artış saptanmış ($p<0.05$). Tespit edilen bu artış, hem baklagil unu bileşiminden hem de pişirme işlemi sırasında sıcaklık ve süre artışına bağlı olarak ekmek kabuğunda Maillard reaksiyonu sonucu oluşan yeni bileşenlerin varlığı ile ilişkilendirilebilir (Alvarez-Jubete ve ark., 2010).

4.3.4. Glutensiz Ekmeklerin Aroma Maddeleri

Ekmeğin kendine has aroması, insan duyuları tarafından algılanan ilk özelliklerden birisi olup ürünlerin tüketici tarafından kabul edilmesinde etkili bir özelliktir (Pico ve ark., 2015). Günümüzde özellikle buğday ve çavdar unu içeren ekmekler en fazla tüketilen grupta yer almakta ve tüketici tercihinde fermantasyon, lipit oksidasyonu ve Maillard reaksiyonu sonucu oluşan uçucu bileşikler önemli rol oynamaktadır (Moskowitz ve ark., 2012; Pacynski ve ark., 2015). Ancak buğday ekmeğine kıyasla glutensiz ekmeklerin zayıf aroma ve tekstürel

özelliklerinden dolayı tercih edilebilirlikleri düşüktür ve belirtilen özellikleri iyileştirmek amacıyla ürün bileşiminde protein, şeker, yağ ve antioksidan yönünden zengin bileşenler kullanılmaktadır (Masure ve ark., 2016). Nohut, mercimek, fasulye gibi baklagillerden üretilen unlar bu açıdan iyi birer alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır.

Baklagil unlarının kullanımının yaygınlaştırılması amacıyla ısıtma işlemi, çimlendirme, oksidasyon kontrolü, enzimatik işlemler gibi teknolojik uygulamalar gerçekleştirilmektedir. Belirtilen uygulamalar ile baklagil unlarının ürün formülasyonlarına ilave edildiklerinde kötü koku oluşumunun önüne geçilebildiği ve aromatik özelliklerine katkı sağlanabileceği araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Roland ve ark., 2017). Rajhi ve ark (2021), baklagillerin aroma verici bileşenlerini aldehytler, alkoller, ketonlar ve pirazinler olarak kategorize etmişlerdir.

Çalışmamızda glutensiz ekmeklere ait aroma maddeleri ve bu maddelerin alıkonma indisleri ve standart sapmaları Çizelge 4.20.'de verilmiştir.

Elde edilen bulgulara göre kontrol grubunda (%4 HPMC-KG) toplamda 30 adet aroma maddesi (4 adet alkol, 9 adet aldehit, 3 adet pirazin, 7 adet karboksilik asit, 4 adet keton ve 3 adet furan) tespit edilmiştir. Örneklere ait aroma maddeleri toplam miktarı 311.34 µg/kg olarak belirlenmiştir. Aroma bileşikleri içerisinde alkollerin baskın grup olduğu saptanmıştır.

Haşlama yöntemiyle üretilen baklagil unlarının tekli (%10 nohut, %30 mercimek) ve dirençli nişasta (%7.5 nohut, %7.5 mercimek, %7.5 bezelye) ile eşit oranlarda kullanımı ile üretilen glutensiz ekmeklerde toplamda tespit edilen aroma maddesi 1461.50 µg/kg'dır. Çizelge 4.20. incelendiğinde %10 nohut unu katkılı ekmeklere ait aroma maddeleri toplam miktarı 562.38 µg/kg, %30 mercimek unu katkılı ekmeklere ait aroma maddeleri toplam miktarı 430.66 µg/kg ve %7.5 baklagil unu-dirençli nişasta katkılı ekmeklere ait aroma maddeleri toplam miktarı ise 468.46 µg/kg olarak saptanmıştır. Her üç örnek grubunda da 32 adet aroma maddesi (4 adet alkol, 10 adet aldehit, 3 adet pirazin, 8 adet karboksilik asit, 4 adet

keton ve 3 adet furan) tespit edilmiştir. Nohut unu katkılı ekmeklerde baskın olan grup alkoller, mercimek unu katkılı ekmeklerde aldehitler ve eşit kullanım oranına sahip ekmeklerde alkollerin baskın bileşen grubu olduğu belirlenmiştir.

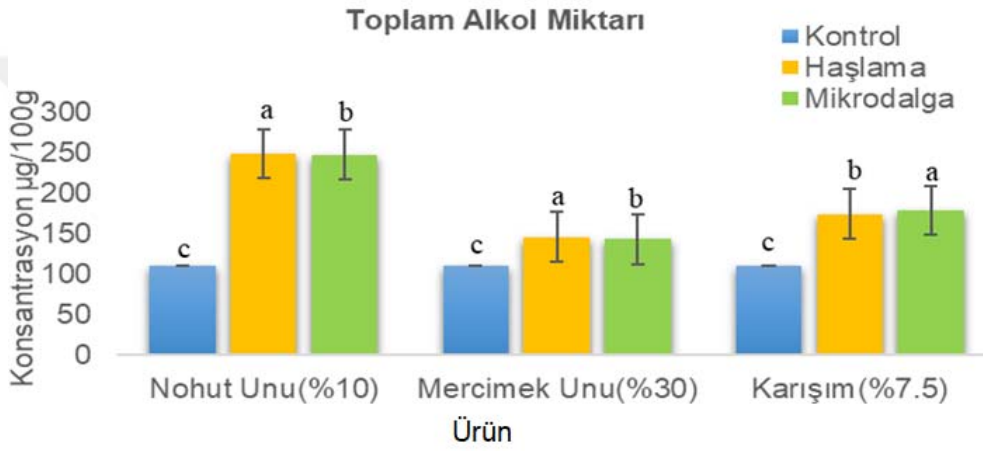
Mikrodalga yöntemiyle üretilen baklagil unlarının tekli (%10 nohut, %30 mercimek) ve dirençli nişasta (%7.5 nohut, %7.5 mercimek, %7.5 bezelye) ile eşit oranlarda kullanımı ile üretilen glutensiz ekmeklerde toplam aroma maddesi miktarı 1527.08 µg/kg olarak tespit edilmiştir. Çizelge 4.20. incelendiğinde %10 nohut unu katkılı ekmeklere ait aroma maddeleri toplam miktarı 590.04 µg/kg, %30 mercimek unu katkılı ekmeklere ait aroma maddeleri toplam miktarı 424.49 µg/kg ve %7.5 baklagil unu-dirençli nişasta katkılı ekmeklere ait aroma maddeleri toplam miktarı ise 512.55 µg/kg olarak saptanmıştır. Her üç örnek grubunda da 32 adet aroma maddesi (4 adet alkol, 10 adet aldehit, 3 adet pirazin, 8 adet karboksilik asit, 4 adet keton ve 3 adet furan) tespit edilmiştir. Nohut unu katkılı ekmeklerde baskın olan grup alkoller, mercimek unu katkılı ekmeklerde aldehitler ve eşit kullanım oranına sahip ekmeklerde aldehitlerin baskın uçucu bileşen grubu olduğu belirlenmiştir.

Sonuçlar incelendiğinde kontrol grubuna (%4 HPMC-KG) kıyasla her iki üretim (haşlama ve mikrodalga) yöntemiyle elde edilen baklagil unları kullanarak üretilen glutensiz ekmeklerin toplam aroma madde miktarında anlamlı düzeyde artış olduğu gözlemlenmiştir ($p<0.05$).

Literatürde haşlama ve mikodalga yöntemi kullanılarak elde edilen baklagil unları kullanımının glutensiz ekmek formülasyonuna dahil edildiği çalışma oldukça kısıtlıdır. Bu bağlamda sonuçlar glutensiz un/nişasta karışımı bazlı örnekler ile kıyaslanarak yorumlanmıştır

Alkoller: Haşlama unu katkılı glutensiz ekmeklerin toplam alkol miktarı 110.39 µg/kg 248.35 µg/kg (HF2-%20 nohut unu), 145.53 µg/kg (HF3-%30 mercimek unu) ve 174.15 µg/kg (HF6-%7.5 karışım)'dır. Alkol bileşikleri içinde her 4 grupta da feniletil alkol en fazla bulunan bileşik olup onu sırasıyla furfural alkol, 2-etil-hekzanol, pentanol takip etmiştir. Benzer sonuçlar mikrodalga unu

katkılı glutensiz ekmeklerde tespit edilmiştir. Örneklere ait toplam alkol miktarı 110.39 $\mu\text{g/kg}$ (H1-Kontrol), 247.27 $\mu\text{g/kg}$ (MDF2-%20 nohut unu), 143.15 $\mu\text{g/kg}$ (MDF3-%30 mercimek unu) ve 178.44 $\mu\text{g/kg}$ (MDF6-%7.5 Karışım) olarak saptanmıştır. Alkol bileşikleri içerisinde her 4 grupta da feniletil alkol en fazla bulunan bileşik olup bunu sırasıyla furfuril alkol, 2-etil-hekzanol ve pentanol takip etmiştir.



Şekil 4.13. Glutensiz ekmeklerin toplam alkol miktarının kıyaslanması

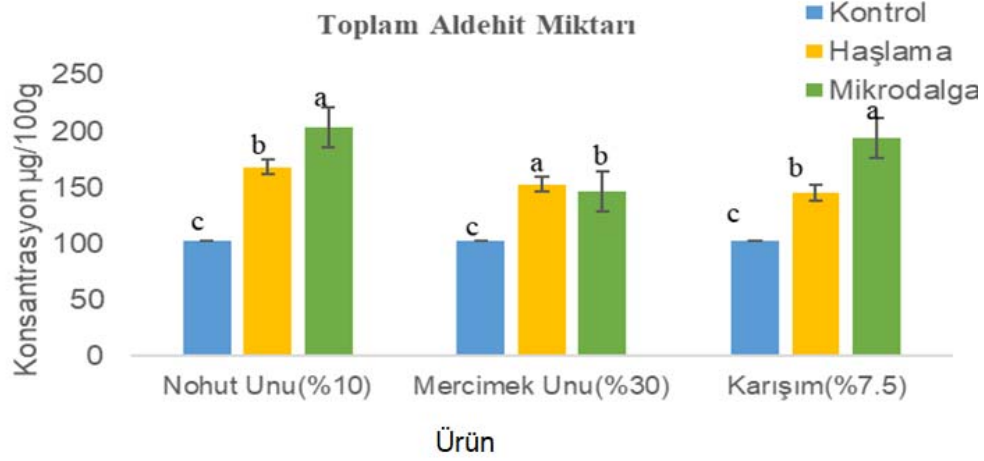
Karakteristik ekmek aroması ile ilişkili aroma bileşiklerinin büyük bir kısmı fermantasyon sırasında maya tarafından üretilmekte olup bu bileşiklerin başında alkoller gelmektedir (Cho ve Peterson, 2010; Prost ve ark., 2012). Fermantasyon sırasında meydana gelen aroma bileşikleri fermantasyon süresinden, sıcaklıktan, şeker-tuz konsantrasyonundan, kullanılan unun kimyasal bileşiminden etkilenmekte ve nihai ürünün aroma gelişimini ve duyuşal özelliklerini değiştirmektedir (Pozo-Bayon ve ark., 2006; Prost ve ark., 2012). Fermantasyon sırasında karbondioksit ile beraber meydana gelen birincil ürün etanoldür ve hamur fermantasyonu sırasında yüksek konsantrasyonlarda oluşur. Ancak etanol yapısında barındırdığı düşük molekül ağırlıklı polar moleküllerden dolayı pişirme işlemi sırasında buharlaşarak ortamdan uzaklaşır ve nihai üründe düşük

konsantrasyonlarda saptanır. Literatürde farklı glutensiz un/nişasta karışımları kullanılarak üretilen glutensiz ekmeklerde önemli aroma bileşenleri pentanol, 2-feniletanol, heptanol, 3-metil-1-bütanol, 2-metil-bütanol, hekzanol'dür. Çalışmamızda alkol bileşikleri içerisinde en baskın olan fenil etanol miktarı H1(Kontrol), HF2, HF3 ve HF6 örneklerinde sırasıyla 70.79 µg/kg, 211.85 µg/kg, 99.83 µg/kg ve 174.15 µg/kg olarak belirlenmiştir. Yüksek alkol olarak değerlendirilen feniletanol fermantasyon sırasında maya hücresi içerisinde Ehrlich yolundaki fenilalanin aminoasitinin bozunması ile oluşmakta ve literatürde ekmeklerde fermantasyon ile oluşan önemli aroma bileşiği olarak karakterize edilmektedir (Hansen ve Schierberle, 2005; Dall'Asta ve ark., 2013; Pico ve ark., 2015; Pico ve ark., 2017). Pico ve ark (2017), yapmış oldukları çalışmada mısır nişastasız bazlı glutensiz ekmeklerin aroma bileşimini incelemiş ve alkol bileşikleri içerisinde en baskın olanın 2-feniletanol olduğunu ardından pentanol, hekzanol, 2,3 bütandiol ve benzil alkolün geldiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar belirtilen alkol bileşiklerinin oluşum mekanizmasını, 2-feniletanolün fermantasyon (Ehrlich yolu ve glikoliz) ve Maillard reaksiyonu (Strecker bileşikleri), benzil alkol ve 2,3 bütandiol'ün fermantasyon ve lipit oksidasyonu ile meydana geldiğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda ayrıca ikinci önemli alkol bileşiği olan furfural alkolün pişirme sırasında uygulanan yüksek sıcaklıklarla gerçekleşen ve bileşiğin konsantrasyonunun artmasına neden olan Maillard reaksiyonları ile ortaya çıktığı bildirilmiştir (Pico ve ark., 2017). Baklagil unu ve dirençli nişasta-baklagil unu katkılı ekmeklerin alkol bileşikleri toplam miktarına bakıldığında %10 (HF2-MDF2) nohut unu katkılı örneklerin 248.35 µg/kg -247.22 µg/kg olduğu bunları sırasıyla ve %7.5 karışım (HF6-MDF6) ve %30 mercimek unu (HF3-MDF3) takip ettiği saptanmıştır. Kontrol gruna kıyasla aroma bileşikleri miktarındaki önemli düzeydeki artışın baklagil unun kimyasal kompozisyonunda yüksek oranda bulunan protein varlığı ile ilişkilendirilmiştir. Çoğunlukla fermantasyondan kaynaklanan uçucu bileşiklerin miktarının bitkisel protein eklenmesiyle daha da arttığı belirlenmiştir (Le Thanh ve ark., 1992). Belirlenen bu artış glutensiz ekmek

formülasyonuna eklenen şekerler ile polar özellik gösteren proteinler arası etkileşim ile ilişkilidir (Pico ve ark., 2017).

Önceki çalışmalar incelendiğinde, Drakula ve ark (2021), termal işlem görmüş bezelye unu (%12.8) katkılı glutensiz ekmeklerde 10 adet (3-metil-1-butanol, 1-pentanol, 1-hekzanol, 2-etil-1-hekzanol, 1-heptanol, 1-oktanol, 1-okten-3-ol, (Z)-3-nonen-1-ol, fenilmetanol ve feniletanol) alkol bileşiği tespit etmiş ve en baskın olanın feniletanol olduğunu bildirmiştir. Aguilar ve ark (2015), mısır nişastası-nohut unu (haşlanmış) katkılı glutensiz ekmek örneklerinde toplamda 65 adet aroma bileşeni tespit ettiklerini ve bu bileşenler içerisinde baskın olan grubun alkoller olduğunu bildirmişlerdir. Örneklerde belirlenen alkol bileşenleri fermantasyon (etanol, 3-metil-1-butanol), lipid oksidasyonu (1-pentanol, 2-penten-1-ol, 1-hekzanol, 1-okten-3-) ve fermentasyon-lipid oksidasyonu (1-propanol, 1-oktanol) kaynaklı olmak üzere kategorize edilmiştir. (Grosch 1987; Galey ve ark., 1994; Genot ve ark., 2003; Hansen ve Schieberle, 2005; Marie ve ark., 2013)

Aldehitler: Haşlama unu katkılı glutensiz ekmeklerin toplam aldehit miktarı 102.13 µg/kg (H1-Kontrol), 167.99 µg/kg (HF2-%10 nohut unu), 152.60 µg/kg (HF3-%30 mercimek unu) ve 145.35 µg/kg (HF6-%7.5 karışım)'dır. Aldehit bileşikleri içerisinde her 4 grupta da nonanal'in en fazla bulunan bileşik olduğunu bunu sırasıyla benzaldehit ve hekzanal'in takip ettiği belirlenmiştir. Benzer sonuçlar mikrodalga unu katkılı glutensiz ekmeklerde de tespit edilmiştir. Örneklere ait toplam alkol miktarı 203.33 µg/kg (MDF2-%10 nohut unu), 146.56 µg/kg (MDF3-%30 mercimek unu) ve 193.92 µg/kg (MDF6-%7.5 Karışım) olarak saptanmıştır. Toplamda 10 adet aldehit bileşiği belirlenmiş olup içerisinde her 4 grupta da nonanal'in baskın bileşik olduğu bunu sırasıyla benzaldehit ve hekzanal'in takip ettiği belirlenmiştir. Şekil 4.14.'de haşlama ve mikrodalga yöntemiyle elde edilen unlardan üretilen glutensiz ekmeklerin toplam aldehit bileşik miktarları verilmiş ve sonuçlar arasında istatistiksel anlamda önemli düzeyde farklılıklar tespit edilmiştir ($p<0.05$).



Şekil 4.14. Glutensiz ekmeklerin toplam aldehit miktarının kıyaslanması

Aguilar ve ark (2015), mısır nişastası bazlı glutensiz ekmeklerin nohut unu ile zenginleştirdikleri çalışmada 9 adet aldehit bileşiği tespit ettiklerini ve baskın olan aroma bileşiklerinin pentanal, hekzanal, oktanal ve heptanal olduğunu vurgulamışlardır. Araştırmacılar belirtilen aldehit bileşiklerinin ekmek iç yapısında lipoksigenaz enziminin etkisiyle lipid oksidasyonu sonucu oluştuğunu belirtmişlerdir. Ekmek üretiminin önemli bir prosesi olan yoğurma işlemi sırasında lipid oksidasyonuna bağlı aroma bileşikleri oluşmaktadır ve yoğurma sırasında lipoksigenaz enzimi aktif hale gelmektedir. Lipoksigenaz enziminin aktivitesinin başlamasıyla oksijen kullanımına bağlı olarak lipidler aldehitlere dönüştürülür (Prost ve ark., 2012; Hall ve ark., 2017). Pico ve ark (2017), glutensiz ürün bileşiminde sıklıkla kullanılan nişasta (mısır, patates, pirinç) kaynaklarında en önemli enzimlerin amilaz, glukoamilaz ve fosforilaz (Mason, 2009) olduğunu ancak lipoksigenazın nişasta kaynaklarında yer almadığını bildirmişlerdir. Özellikle yalancı tahıllar ve baklagil unlarında lipoksigenaz enziminin bulunduğunu ve enzimin aktifliğine bağlı olarak gerçekleşen lipid oksidasyonunun nihai ürünün aroma bileşimi (aldehit, keton, alkol, ester) üzerine etki ettiğini bildirilmiştir. Çizelge 4.20. incelendiğinde toplam aldehit miktarının kontrol grubuna (mısır nişastası bazlı) kıyasla hem mikrodalga hemde haşlama yöntemiyle

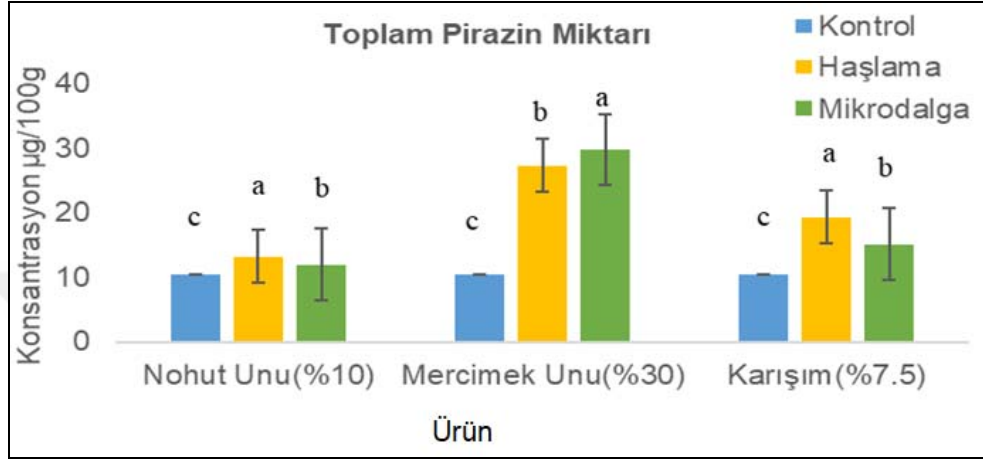
üretileen baklagil unlarından yapılan glutensiz ekmeklerde artış gösterdiği, en yüksek oranın ise baklagil unu-dirençli nişasta karışımının yer aldığı grupta olduğu saptanmıştır.

Çalışmamızda her iki yöntem ile de (haşlama-mikrodalga) üretilen unlarla yapılan glutensiz ekmeklerde nonanal bileşiğinin konsantrasyonları sırasıyla 42.09 µg/kg (HF3-%30 mercimek unu) ve 43.42 µg/kg (MDF3-%30 mercimek unu) olarak saptanmış ve en baskın bileşen olarak karakterize edilmiştir. Paraskevopoulou ve ark (2012) ekmekte önemli aroma bileşiklerinden birisi olan nonanal'in lipit oksidasyonu türevli olduğu ve örneklerde hoş kokulara (narenciye) neden olduğunu bildirmiştir.

Aguilar ve ark (2015), nohut unu katkılı glutensiz ekmeklerde en baskın aldehit bileşeninin hekzanal (850 µg/kg) ardından da nonanal (146.36 µg/kg) olduğunu, Xu ve ark (2019), haşlama yöntemiyle üretilen nohut unun aroma maddesi profilinin incelendiği çalışmada hekzanal ve heptanal'in baskın bileşenler olduğunu belirtmişlerdir. Bu bağlamda, nişasta bazlı glutensiz ekmek ürün formülasyonlarına ilave edildiğinde nihai ürünün uçucu bileşen miktarını değiştirebileceğini bildirmişlerdir.

Pirazinler: Haşlama unu katkılı glutensiz ekmeklerin toplam pirazin miktarı 10.47 µg/kg (H1-Kontrol), 13.24 µg/kg (HF2-%10 nohut unu), 27.34 µg/kg (HF3-%30 mercimek unu) ve 19.37 µg/kg (HF6-%7.5 karışım)'dır. Pirazin bileşikleri içerisinde her 4 grupta da 2-etil-pirazin'in en fazla bulunan bileşik olduğunu belirlenmiştir. Benzer sonuçlar mikrodalga unu katkılı glutensiz ekmeklerde tespit edilmiştir. Örneklere ait toplam alkol miktarı 12.03 µg/kg (MDF2-%10 nohut unu), 29.89 µg/kg (MDF3-%30 mercimek unu) ve 15.17 µg/kg (MDF6-%7.5 Karışım) olarak saptanmıştır. Toplamda 3 adet pirazin bileşiği belirlenmiş olup içlerinde her 4 grupta da 2-etil-pirazin'in baskın bileşik olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 4.15.' de haşlama ve mikrodalga yöntemiyle elde edilen unlardan üretilen glutensiz ekmeklerin toplam pirazin miktarları verilmiş ve

sonuçlar arasında istatistiksel anlamda önemli düzeyde farklılıklar tespit edilmiştir ($p<0.05$).



Şekil 4.15. Glutensiz ekmeklerin toplam pirazin miktarının kıyaslanması

Çalışmada tüm örnek gruplarında saptanan pirazin bileşikleri 2,3-dimetil pirazin, 2-etil-pirazin, 2-etil-6-metil pirazin'dir ve enzimatik olmayan Maillard reaksiyonu sonucu oluşmuştur. Pirazinler çoğunlukla ekmek kabuğunda tespit edilen aroma bileşikleri olup, pişirme işlemi sırasında meydana gelen termal etkileşimlerden oluşmaktadır (Cho ve Peterson, 2010, Pico ve ark., 2015). Pişirme sıcaklığı artışına bağlı olarak kabukta oluşan pirazin konsantrasyonunda da artış gözlemlenir (Parker ve ark., 2000). Ek olarak pirazinlerdeki artış sadece termal işlemlere bağlı değil, glutensiz ekmeklerde kullanılan unun kimyasal bileşimi, fermantasyon koşulları, yoğurma hızı ve sıcaklığı gibi parametrelerden de etkilenmektedir (Birch ve ark., 2013, Pico ve ark., 2015).

Pacynski ve ark (2015), mısır nişastası-glutensiz buğday nişastası bazlı glutensiz ekmeklerin kontrol grubuna (buğday ekmeği) kıyasla 2-metil-pirazin miktarının daha yüksek konsantrasyonlarda olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar glutensiz ürün formülasyonuna mısır ve buğday nişastalarının yanı sıra, glikoz, süt tozu ve yumurta gibi Maillard reaksiyonunu teşvik eden amino asit

ve şeker kaynaklarını da eklemiş ve pişirme sırasında meydana gelen Maillard reaksiyonunda 2-metil-pirazinin kontrol grubuna kıyasla artış gösterdiğini saptamışlardır. Araştırmacıların belirttiği yöntemden yola çıkarak çalışmamızda kontrol grubuna kıyasla yüksek protein içeriği ile karakterize edilen nohut, mercimek, bezelye unu ilavesinin glutensiz ekmeklerde Maillard reaksiyonuna bağlı pirazin bileşiği miktarını anlamlı düzeyde arttırdığı yorumu yapılabilir ($p<0.05$).

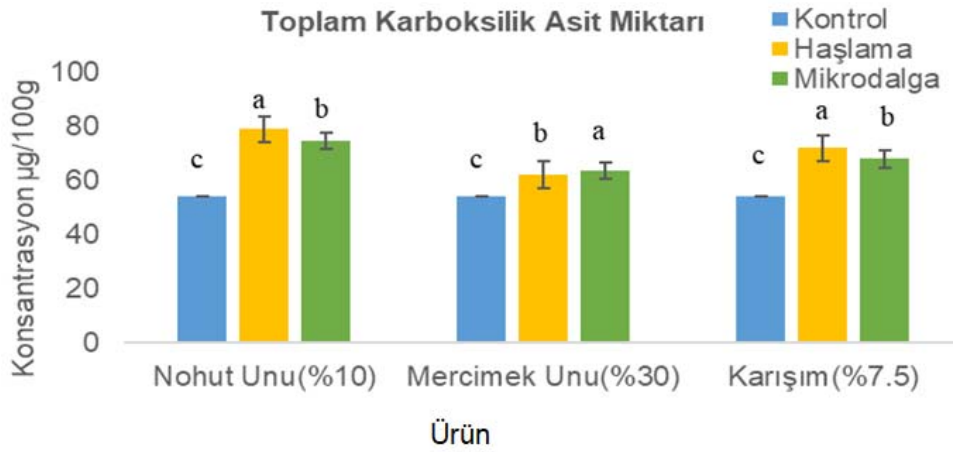
Hillen (2016), mısır nişastası ve bezelye ununun eşit kullanım oranlarında (çiğ ve işlenmiş bezelye unu katkılı) glutensiz kek ve kurabiye örneklerinde baskın pirazin bileşiğinin Maillard reaksiyonu sonucu 2-isobütil-3- metil pirazin olduğunu bildirmiştir. Artan bezelye unu miktarına bağlı olarak örneklerde pirazin konsantrasyonunun artış gösterdiğini ancak bu artışın istatistiksel anlamda önemli olmadığını bildirilmiştir ($p>0.05$).

Perri ve ark (2021), işlenmemiş ve filizlendirilmiş mercimek unu katkılı ekmeklerde 2-metilpirazin, 2-pentilfuran, asetil furan olmak üzere toplamda 28 adet aroma bileşiği tespit etmişlerdir. Araştırmacılar esas olarak pişirme sırasında ortaya çıkan pirazinlerin (Maillard reaksiyonu sonucu) ekmek kabuğunun (kavrulmuş koku) aromasından sorumlu bileşikler olduğunu bildirmişlerdir.

Glutensiz ekmeklerin kabul edilebilirliğini etkileyen önemli parametrelerden olan kabuk rengi, geliştirilmesi gereken özelliklerden birisidir. Paraskevopoulou ve ark (2012), Maillard reaksiyonu sonucu oluşan pirazinlerin ekmek kabuğunun kendine has renginin oluşmasına önemli rolü olduğunu bildirmişlerdir. Ancak Cho ve Peterson, (2010), furan bileşiklerinin de gıdanın renginin oluşmasında etkili olmadığını belirtmişlerdir.

Karboksilik Asitler: Haşlama unu katkılı glutensiz ekmeklerin toplam karboksilik asit miktarı 54.07µg/kg (H1-Kontrol), 78.68 µg/kg (HF2-%10 nohut unu), 61.87µg/kg (HF3-%30 mercimek unu) ve 71.77 µg/kg (HF6-%7.5 karışım)'dır. Karboksilik asitler içerisinde her 4 grupta da asetik asitin en fazla bulunan bileşik olduğu ve bunu pentanoik asitin de takip ettiği belirlenmiştir.

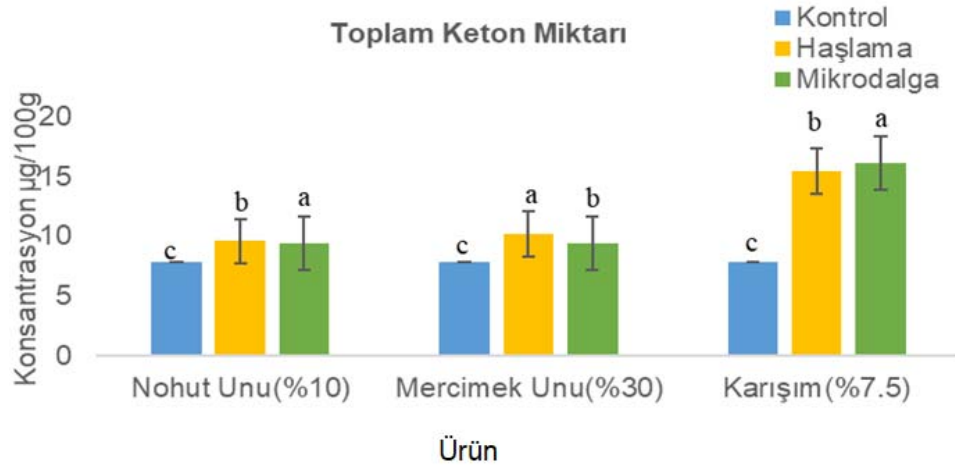
Benzer sonuçlar mikrodalga unu katkılı glutensiz ekmeklerde de tespit edilmiştir. Örneklere ait toplam karboksilik asit miktarı 74.4 µg/kg (MDF2-%10 nohut unu), 63.41 µg/kg (MDF3-%30 mercimek unu) ve 67.73 µg/kg (MDF6-%7.5 Karışım) olarak saptanmıştır. Toplamda 8 adet karboksilik asit bileşiği belirlenmiş olup MDF2’de asetik asit (20.26 µg/kg) MDF3 ve MDF6’de pentanoik (17.25 µg/kg) (18.88 µg/kg) baskın bileşen olarak tespit edilmiştir. Şekil 4.16.’da haşlama ve mikrodalga yöntemiyle elde edilen unlardan üretilen glutensiz ekmeklerin toplam karboksilik asit miktarları verilmiş ve sonuçlar arasında istatistiksel anlamda önemli düzeyde farklılıklar tespit edilmiştir ($p<0.05$).



Şekil 4. 16. Glutensiz ekmeklerin toplam karboksilik asit miktarının kıyaslanması

Çizelge 4.20. incelendiğinde glutensiz ekmek grupları arasında en yüksek miktarda tespit edilen asetik asit düşük konsantrasyonlarda bile ekmek aromasını geliştirdiğini ancak yüksek konsantrasyonlarda istenmeyen tat ve koku bileşenlerinin ortaya çıkmasına neden olduğu bildirilmiştir. Asetik asit, fermentasyon ve Maillard reaksiyonu sonucu oluşmaktadır ve pişirme sıcaklığı Maillard reaksiyonu için gerekli sıcaklığa ulaşamadığından dolayı maya aktivitesi fermentasyon sırasında daha aktiftir. Bu nedenle karboksilik asit bileşikler fermentasyon süresi boyunca artış göstermektedir (Pico ve ark., 2015).

Ketonlar: Haşlama unu katkılı glutensiz ekmeklerin toplam keton miktarı 7.79 $\mu\text{g/kg}$ (H1-Kontrol), 9.57 $\mu\text{g/kg}$ (HF2-%10 nohut unu), 10.18 $\mu\text{g/kg}$ (HF3-%30 mercimek unu) ve 15.45 $\mu\text{g/kg}$ (HF6-%7.5 karışım)'dır. Ketonlar içerisinde her 4 grupta da 6-metil-5-hepten-2-on'un en fazla bulunan bileşik olduğu tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar mikrodalga unu katkılı glutensiz ekmeklerde tespit edilmiştir. Örneklere ait toplam keton miktarı MDF2 (%10 nohut unu) 9.36 $\mu\text{g/kg}$, MDF3 (%30 mercimek unu) 9.35 $\mu\text{g/kg}$ ve MDF6 (%7.5 Karışım) 16.09 $\mu\text{g/kg}$ olarak saptamıştır. Toplamda 4 adet keton bileşiği belirlenmiş olup içlerinde 6-metil-5-hepten-2-on bileşiği miktarının MDF6 örneklerinde en yüksek olduğu ve istatistiksel anlamda önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Şekil 4.17.'de haşlama ve mikrodalga yöntemiyle elde edilen unlardan üretilen glutensiz ekmeklerin toplam keton miktarları verilmiş ve sonuçlar arasında istatistiksel anlamda önemli düzeyde farklılıklar tespit edilmiştir ($p<0.05$).



Şekil 4.17. Glutensiz ekmeklerin toplam keton miktarının kıyaslanması

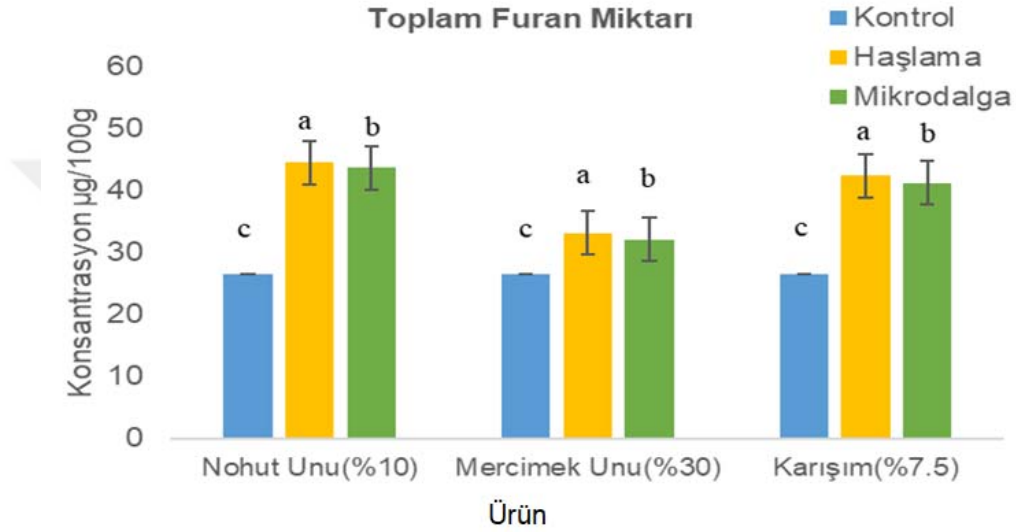
Ketonlar, doymamış yağ asidi hidroperoksitlerinin parçalanmasından lipoksijenaz aktivitesi ile oluşan karbonil bileşikler olup gıdalarda lezzet bileşenleri olarak görev yaparlar. Çalışmalarda glutensiz ekmeklerde önemli keton bileşikleri

olarak 6-metil-5-hepten-2-on, 2,3-butandion, 2-heptanon ve 2-oktanon belirtilmiştir (Bianchi ve ark., 2008; Birch ve ark., 2014; Pico ve ark., 2017). Çalışmamızda glutensiz ekmek gruplarında literatürden farklı bileşenler tespit edilmiş olup kullanılan baklagil unlarının aromatik kompozisyonunun bu farklılıkta etkili olduğu düşünülmektedir. Zhao ve ark (2021), nohut ununun aroma bileşenleri kompozisyonunu araştırdıkları çalışmada 2,3-oktadion, Murat ve ark (2013), bezelye ununda çalışmamız ile benzer olarak 2-pentanon ve Xu ve ark (2019), mercimek ununda 2-heptanon bileşiğinin baskın olduğunu bildirmişlerdir.

Pico ve ark (2019), mısır nişastası bazlı glutensiz ekmekleri %5 ve %10 bezelye proteini ile zenginleştirdikleri çalışmada artan kullanım oranlarına 6-metil-5-hepten-2-on'un artış gösterdiği ve bu artışın istatistiksel olarak anlamlı bulunduğunu bildirmişlerdir ($p<0.05$). 6-Metil-5-hepten-2-on lipidlerin otooksidasyonu ile oluşmakta olup, otsu koku ile karakterize edilmektedir (Birch ve ark., 2014). Perri ve ark (2021), mercimek unu katkılı glutensiz ekmeklerde 3-hidroksi-2-bütanon (asetoin) ve 2-nonanon, olmak üzere 2 adet keton bileşiği tespit etmişler ve ekmeklere tereyağlı ve meyveli koku verdiklerini bildirmişlerdir (Pico et al., 2015).

Furanlar: Haşlama unu katkılı glutensiz ekmeklerin toplam furan miktarı 26.49 $\mu\text{g/kg}$ (H1-Kontrol), 44.55 $\mu\text{g/kg}$ (HF2-%10 nohut unu), 33.14 $\mu\text{g/kg}$ (HF3-%30 mercimek unu) ve 42.37 $\mu\text{g/kg}$ (HF6-%7.5 karışım)'dır. Furanlar içerisinde her 4 grupta da furfural'ın en fazla bulunan bileşik olduğu tespit edilmiştir. Toplamda 3 adet furan bileşiği belirlenmiş olup içlerinde furfural bileşiği miktarının (20.47 $\mu\text{g/kg}$) HF6 örneklerinde en yüksek olduğu ve istatistiksel anlamda önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Benzer sonuçlar mikrodalga unu katkılı glutensiz ekmeklerde tespit edilmiştir. Örneklere ait toplam furan miktarı MDF2 (%10 nohut unu) 43.7 $\mu\text{g/kg}$, MDF3 (%30 mercimek unu) 32.13 $\mu\text{g/kg}$ ve MDF6 (%7.5 Karışım) 41.2 $\mu\text{g/kg}$ olarak saptanmıştır. Toplamda 3 adet furan bileşiği belirlenmiş olup içlerinde furfural bileşiği miktarının (21.16 $\mu\text{g/kg}$) MDF6

örneklerinde en yüksek olduğu ve istatistiksel anlamda önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Şekil 4.18.'de haşlama ve mikrodalga yöntemiyle elde edilen unlardan üretilen glutensiz ekmeklerin toplam furan miktarları verilmiş ve sonuçlar arasında istatistiksel anlamda önemli düzeyde farklılıklar tespit edilmiştir ($p<0.05$).



Şekil 4.18. Glutensiz ekmeklerin toplam furan miktarının kıyaslanması

Literatür çalışmaları incelendiğinde ekmekde furan bileşikleri içerisinde furfural, 2-pentil-furan, 2-metil-furan ve asetil furan'ın baskın bileşikler olduğunu ve fermentasyon, Maillard reaksiyonu ve lipid oksidasyonu sonucu meydana geldiğini bildirmişlerdir (Frasse ve ark., 1992; Seitz ve ark., 1998; Ruiz ve ark., 2003; Maeda ve ark., 2009; Poinot ve ark., 2009; Birch ve ark., 2013). Birch ve ark (2013) belirtilen bileşikler içerisinde en baskın bileşiğin meyvemsi kokuya sahip olan 2-pentilfuran olduğunu belirtilmiş olup bileşiğin linoleik asidin lipid oksidasyonu ürünü olan (E)-2-nonenal'den pişirme işlemi sırasında oluştuğunu tespit etmişlerdir (Adams ve ark., 2011).

Raffo ve ark (2015), ekmeklerde furan bileşiği olarak 2-pentil furan, 2-furfural, 2-asetil furan, 5-metil-2-furfural'ı baskın grup olduğunu ve pişirme işlemi

sırasında meydana gelen ısı kaynaklı kimyasal değişimlerin bileşen oluşum mekanizmasında etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Krause ve ark (2022), ön işlem görmüş nohut, mercimek ve bezelye unu katkılı keklerde furan bileşiklerinden furfural'ın en baskın bileşen olduğunu ve örneklerde bulunan konsantrasyonlarının sırasıyla 0.713 µg/g, 0.770 µg/g ve 0.415 µg/g olduğunu saptamışlardır. Sonuçlar arasından istatistiksel anlamda farklılık tespit edilmiş ve bu farklılık hammadde bileşimi ile ilişkilendirilmiştir. Çalışmada furfural bileşiğinin karamelizasyon ve Maillard reaksiyonu ile pentozlardan veya glikozdan 1,2-enolizasyon yoluyla yüksek sıcaklıklarda oluştuğu bildirilmiştir (Yaylayan ve Keyhani, 2000; Belitz ve ark., 2009). Furfural bileşiği örneklerde yanık, karamel benzeri koku ile karakterize edilmiştir (Cepeda-Vazquez ve ark., 2018; Garvey ve ark., 2021).

Çizelge 4. 20. Farklı pişirme yöntemleriyle üretilen baklagil unları ile üretilen glutensiz ekmeklerin aroma maddeleri bileşimi

			Konsantrasyon ^b (µg/kg)							
	LRI ^a	Aroma Maddeleri	H1-Kontrol	HF2	HF3	HF6	MDF2	MDF3	MDF6	Tanımlama ^c
		Alkoller								
1	769	Pentanol	15.64±1.18 ^a	7.59±0.84 ^b	3.52±0.28 ^c	4.01±0.25 ^c	8.56±0.24 ^b	3.20±0.24 ^d	4.65±0.23 ^c	L,S,M
2	1491	2-etil hekzanol	4.73±0.43 ^{a,b}	2.71±0.27 ^c	4.45±0.30 ^b	5.05±0.06 ^a	3.41±0.40 ^c	5.33±0.43 ^a	4.59±0.02 ^b	L,S,M
3	1665	Furfuril alkol	19.43±0.72 ^d	26.20±0.16 ^c	37.73±1.05 ^b	50.37±1.51 ^a	22.98±0.61 ^c	38.23±1.00 ^b	51.65±0.41 ^a	L,S,M
4	1913	Feniletilanol	70.59±0.39 ^d	211.85±2.18 ^a	99.83±1.75 ^c	114.72±1.12 ^b	212.27±1.97 ^a	96.39±0.50 ^c	117.55±0.62 ^b	L,S,M
		Toplam	110.39±2.72	248.35±3.45	145.53±3.38	174.15±2.94	247.22±3.22	143.15±2.17	178.44±1.28	
		Aldehitler								
5	709	Asetaldehit	1.63±0.21 ^b	3.63±0.38 ^a	1.28±0.07 ^b	3.90±0.19 ^a	3.76±0.20 ^a	1.30±0.02 ^b	3.44±0.08 ^{a,b}	L,S,M
6	699	Pentanal	1.89±0.17 ^a	1.56±0.01 ^b	1.07±0.03 ^c	1.61±0.05 ^b	1.52±0.03 ^c	1.08±0.05 ^d	1.65±0.02 ^b	L,S,M
7	911	3-Metil Butanal	BL	3.15±0.01 ^a	1.59±0.02 ^c	2.32±0.12 ^b	3.32±0.01 ^a	1.63±0.02 ^c	2.39±0.02 ^b	L,S,M
8	1076	Hekzanal	15.88±0.7 ^c	46.54±1.12 ^a	28.43±0.56 ^b	29.02±0.49 ^b	33.98±1.33 ^a	25.91±0.21 ^c	27.74±0.02 ^b	L,S,M
9	1180	Heptanal	6.69±0.33 ^b	7.46±0.14 ^a	4.78±0.39 ^c	5.12±0.08 ^c	8.33±0.66 ^a	5.03±0.05 ^c	5.38±0.23 ^c	L,S,M
10	1285	Oktanal	9.43±1.10 ^a	8.88±0.66 ^{a,b}	7.87±0.36 ^{b,c}	7.13±0.11 ^c	8.51±0.12 ^b	6.59±0.14 ^d	8.10±0.10 ^c	L,S,M
11	1389	Nonanal	40.09±2.47 ^{b,c}	41.14±0.71 ^b	42.09±0.92 ^a	37.95±0.39 ^c	39.98±0.92 ^b	43.42±0.17 ^a	36.51±0.18 ^c	L,S,M
12	1494	Dekanal	2.47±0.29 ^b	5.90±0.37 ^a	5.78±0.18 ^a	5.69±0.24 ^a	5.25±0.14 ^b	5.18±0.04 ^b	6.00±0.11 ^a	L,S,M
13	1509	Benzaldehit	15.59±1.01 ^c	32.53±1.22 ^b	30.55±0.44 ^b	41.60±1.52 ^a	28.61±0.53 ^b	29.20±0.23 ^b	40.15±0.32 ^a	L,S,M
14	1802	E,E,2,4 Dekandienal	8.46±0.09 ^d	17.20±0.19 ^b	29.16±0.38 ^a	11.01±0.56 ^c	19.58±1.07 ^b	27.22±0.02 ^a	12.07±0.86 ^c	L,S,M
		Toplam	102.13±6.37	167.99±4.81	152.6±3.35	145.35±3.75	203.33±5.01	146.56±0.95	193.92±1.94	
		Pirazinler								
15	1258	2,3-Dimetil pirazin	1.23±0.1 ^c	1.55±0.03 ^c	5.74±0.37 ^a	3.25±0.06 ^b	0.99±0.12 ^d	6.89±0.01 ^a	3.43±0.97 ^b	L,S,M
16	1326	2-Etil-pirazin	8.28±0.15 ^d	10.60±0.51 ^c	16.97±0.16 ^a	13.94±0.01 ^b	9.93±0.05 ^b	17.99±0.55 ^a	9.17±0.35 ^c	L,S,M
17	1385	2-Etil-6-metil pirazin	0.96±0.01 ^c	1.09±0.05 ^c	4.66±0.21 ^a	2.18±0.05 ^b	1.11±0.04 ^c	5.01±0.02 ^a	2.57±0.35 ^b	L,S,M
		Toplam	10.47±0.26	13.24±0.59	27.34±0.74	19.37±0.12	12.03±0.21	29.89±0.58	15.17±1.67	

		Karboksilik asitler								
18	1461	Asetik asit	16.52±1.38 ^c	21.53±1.33 ^a	18.61±0.21 ^b	22.33±0.87 ^a	20.26±1.22 ^a	17.42±0.12 ^b	17.50±0.54 ^b	L,S,M
19	1562	İzobutirik asit	5.23±0.39 ^a	4.50±0.26 ^b	3.03±0.35 ^d	3.83±0.09 ^c	4.31±0.13 ^b	2.76±0.36 ^d	3.37±0.19 ^c	L,S,M
20	1576	Propanoik asit	2.90±0.62 ^c	4.32±0.16 ^b	5.06±0.19 ^a	3.94±0.01 ^b	4.71±0.46 ^{a,b}	5.29±0.09 ^a	4.13±0.33 ^b	L,S,M
21	1750	Pentanoik asit	13.73±0.94 ^c	19.59±1.20 ^a	15.94±0.38 ^b	16.93±0.75 ^b	18.13±0.83 ^{a,b}	17.25±0.56 ^b	18.88±0.85 ^a	L,S,M
22	1854	Hekzanoik asit	6.83±0.59 ^c	18.98±0.27 ^a	6.21±0.54 ^c	16.92±0.79 ^b	17.68±0.60 ^a	9.08±0.65 ^b	16.88±1.05 ^a	L,S,M
23	1959	Heptanoik asit	BL	1.63±0.06 ^c	9.54±0.41 ^a	5.22±0.09 ^b	1.65±0.06 ^c	8.29±0.12 ^a	4.12±0.05 ^b	L,S,M
24	2062	Oktanoik asit	3.85±0.69 ^b	5.66±0.45 ^a	1.77±0.04 ^c	1.04±0.11 ^c	5.90±0.02 ^a	1.77±0.06 ^c	0.95±0.01 ^d	L,S,M
25	2173	Nonanoik asit	5.01±0.48 ^a	2.47±0.33 ^b	1.71±0.07 ^c	1.56±0.06 ^c	1.76±0.13 ^b	1.55±0.01 ^b	1.90±0.33 ^b	L,S,M
		Toplam	54.07±5.09	78.68±4.06	61.87±2.19	71.77±2.77	74.4±3.45	63.41±1.97	67.73±3.35	
		Ketonlar								
26	685	2-Pentanon	2.27±0.06 ^d	2.92±0.12 ^b	2.56±0.93 ^c	4.68±0.03 ^a	2.71±0.18 ^b	2.16±0.05 ^c	4.88±0.35 ^a	L,S,M
27	1057	2,3- Oktandion	2.44±0.06 ^b	2.54±0.12 ^b	2.37±0.14 ^b	3.57±0.04 ^a	2.37±0.03 ^a	1.55±0.09 ^c	2.27±0.02 ^b	L,S,M
28	1177	2-Heptanon	1.02±0.08 ^d	1.99±0.05 ^c	2.46±0.07 ^a	2.14±0.05 ^b	1.72±0.22 ^c	2.25±0.09 ^b	3.31±0.20 ^a	L,S,M
29	1334	6-Metil-5-hepten-2-on	2.06±0.06 ^c	2.12±0.08 ^c	2.79±0.19 ^b	5.06±0.04 ^a	2.56±0.26 ^c	3.39±0.29 ^b	5.63±0.65 ^a	L,S,M
		Toplam	7.79±0.26	9.57±0.37	10.18±1.33	15.45±0.16	9.36±0.69	9.35±0.52	16.09±1.22	
		Furanlar								
30	896	2-Pentil furan	6.73±0.38 ^c	12.69±0.54 ^a	4.86±0.05 ^d	10.97±0.99 ^b	14.30±0.42 ^b	4.97±0.04 ^c	9.95±0.98 ^b	L,S,M
31	1461	Furfural	15.10±0.33 ^d	22.92±0.25 ^a	18.02±0.26 ^c	20.47±0.50 ^b	20.72±0.68 ^a	16.06±0.38 ^b	21.16±1.91 ^a	L,S,M
32	1498	Asetil furan	4.66±0.48 ^c	8.94±0.82 ^b	10.26±0.58 ^a	10.93±0.37 ^a	8.68±0.10 ^b	11.10±0.08 ^a	10.09±0.29 ^a	L,S,M
		Toplam	26.49±1.19	44.55±1.61	33.14±0.89	42.37±1.86	43.7±1.2	32.13±0.5	41.2±3.18	
		GENEL TOPLAM	311.34±15.89	562.38±14.89	430.66±11.88	468.46±11.6	590.04±13.78	424.49±6.69	512.55±12.64	

LRI^a: Linear alıkonma indeksi DB-WAX kapiler kolon üzerinde hesaplanmıştır, Konsantrasyon^b: µg/kg olarak 3 farklı enjeksiyon sonuçları ortalamasıdır, Tanımlama^c:tanımlama metotları; L (LRI ile tanımlama), S:Standart madde ile tanımlama, M: MS ile tentatif tanımlama, BL: Bulunamadı, Aynı satırdaki farklı harfler aroma maddeleri arasındaki farkın önemli olduğunu göstermektedir (p<0.05). H1(K): %4 HPMC-KG, HF2:%10 nohut, HF3:%30 mercimek, HF6: %7.5 Karışım, MDF2:%10 nohut, MDF3: %30 mercimek, MDF6: %7.5 Karışım



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu araştırmada, çölyak hastalarının tüketimine yönelik besinsel, tekstürel ve duyuşal özellikleri iyileştirilmiş glutensiz ekmek üretimi gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmasının birinci aşamasında hidrokolloidlerinin tekli ve kombinasyonlar halinde kullanılmasının glutensiz ekmek kalitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla, farklı konsantrasyonlarda HPMC, CMC, KG, KJG kullanılmış ve glutensiz ekmeklerin kalite özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

HPMC-KG kombinasyonunun %4 oranında kullanıldığı glutensiz ekmeklerin kalite nitelikleri bakımından diğer kombinasyonlara göre daha üstün özelliklere sahip olduğu saptanmıştır. Çalışmanın diğer aşamalarında hamur ve ekmek yapımında belirtilen bitkisel gam kombinasyonu ile devam edilmesine karar verilmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında haşlama ve mikrodalgada pişirme yöntemiyle elde edilen baklagil unlarının glutensiz ekmek kalitesi üzerine etkileri incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda çalışmamızın ikinci aşamasında %10, %20, %30 olmak üzere 3 farklı konsantrasyonda dirençli nişasta ve farklı pişirme (haşlama-mikrodalga) yöntemleriyle elde edilen nohut, mercimek, bezelye unları kullanılmasının glutensiz ekmeklerin spesifik hacim, nem, renk (kabuk-iç), tekstür (sertlik, çiğnenebilirlik, elastikiyet, yapışkanlık) ve duyuşal özellikler üzerine etkileri incelenmiştir.

Analiz sonuçlarına göre, her iki pişirme tekniğinde nohut unu katkılı ekmeklerin (F5-%10, F6-%20, F7-%30) hariç, spesifik hacim değerlerinde önemli artışlar sağladığı tespit edilmiştir. Nem içerikleri sonuçlarına göre, haşlama yöntemiyle üretilen baklagil unlarının kullanımı sonucu üretilen glutensiz ekmeklerin nem içerikleri %39.21 (F11-%10 mercimek unu)-%48.82 (F4-%30 DN) aralığında ve mikrodalga pişirme yöntemiyle üretilen baklagil unlarının kullanımı ile üretilen örneklerin ise %38.74 (F8- %30 mercimek unu)-%48.22 (F4-

DN) aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Her iki yöntem kullanılarak üretilen ekmeklerde en düşük nem içeriğinin %30 mercimek unuyla üretilen ekmeklerde tespit edilmiştir-

Glutensiz ekmeklerin renk sonuçları incelendiğinde, kabuk için, haşlama ve mikrodalga yöntemiyle üretilen baklagil unu katkılı ekmeklerde L^* değerleri sırasıyla 58.61 (H4, %30 DN) -75.61 (H14, %2.5 Karışım) ve 56.36 (H4, %30 DN) -74.22 (H14, %2.5 Karışım) aralığında, haşlama unları ile üretilen ekmeklerde a^* ve b^* değerleri sırasıyla 4.21 (H2-%10 DN)- 8.63 (H16-%7.5 Karışım) ve 23.05 (H4-%30 DN)-21.12 (H1-K) aralığında ve mikrodalga yöntemiyle elde edilen baklagil unlarından üretilen ekmeklerin a^* ve b^* değerleri sırasıyla 3.98 (H3-%20 DN)-9.93 (H16-%7.5 Karışım) ve 21.54 (H4-%30 DN)-31.28 (H16-%7.5 Karışım) aralığında değiştiği tespit edilmiş olup çoklu karşılaştırma testi sonucunda veriler arasında anlamlı farklılık olduğu saptanmıştır ($p<0.05$). Ekmek iç rengi, haşlama ve mikrodalga yöntemiyle üretilen baklagil unu katkılı ekmeklerde L^* değerleri sırasıyla 65.06 (H13, %30 Bezelye) -75.61 (H3, %20 DN) ve 64.99 (H13, %30 Bezelye) -79.15 (H3, %20 DN) aralığında, haşlama unları ile üretilen ekmeklerde a^* değerleri sırasıyla -1.37 (H4-%30 DN) ile -2.05 (H13 -%30 Bezelye); -1.44 (H2-%20 DN) ile -2.01 (H13 -%30 Bezelye); b^* * değerleri sırasıyla 1.55 (H1-K) ile 16.17 (H7-%30 Nohut); 2.48 (H1-K) ile 15.99 (H7-%30 Nohut) aralığında değiştiği saptanmıştır.

Tekstür analiz sonuçlarına göre; Baklagil unları ve dirençli nişasta-baklagil unu karışımları ile üretilen glutensiz ekmeklerde sertlik değeri artan kullanım oranlarına bağlı olarak anlamlı seviyede azalış göstermiştir ($p<0.05$) ve haşlama yöntemi için en yüksek sertlik değerinin H5-%10 nohut unu (1018.52 g) ve H8 %10 mercimek unu (1007.58g) katkılı ekmeklerde ve mikrodalga yöntemi için ise en yüksek sertlik değerinin H5-%10 nohut unu (1043.23 g) katkılı ekmeklerde olduğu saptanmıştır. Çiğnenebilirlik, artan kullanım oranlarında baklagil unları ve dirençli nişasta-baklagil unu karışımları ile üretilen glutensiz ekmeklerde anlamlı seviyede azalış saptanmış ($p<0.05$) ve örnekler içerisinde her iki yöntemle de elde

edilen unlar ile üretilen ekmeklerde %7.5 karışımın en düşük değere sahip olduğu saptanmıştır. Ekmeklerde yapışkanlık ve elastikiyet özellikleri incelendiğinde en düşük değeri kontrol grubunun aldığı ve hem haşlama hemde mikrodalga yöntemi için dirençli nişasta-baklagil unu kullanım oranı arttıkça yapışkanlık ve elastikiyetinde artışların olduğu saptanmıştır.

İkinci aşamada farklı pişirme teknikleri uygulanarak elde edilen baklagil unları ile üretilen ekmek gruplarından her iki teknikten de aynı bileşenlerin tekli ve dörtlü kombinasyonlarının yer aldığı 12 adet örnek (H1-K, H1-%10 Nohut, H2 - %30 Mercimek, H3-%30 Bezelye, H4-%5 Karışım, H5 -%7.5 Karışım) seçilmiştir. Duyusal analiz sonuçlarına göre hem mikrodalga hemde haşlama yöntemiyle üretilen unlarla yapılan ekmeklerde panelistler tarafından %30 bezelye unu ve %5 dirençli nişasta-baklagil unu karışımlı örnekler, tüketilebilirlik ve tercih edilebilirlik yönünden en düşük puanları almışlardır.

Çalışmanın üçüncü aşamasında, analitik ve duyusal analizler sonucunda kontrol (H1), %10 nohut (HF2), %30 mercimek (HF3), %7.5 karışım (HF6) ve %10 nohut (MDF2), %30 mercimek (MDF3), %7.5 karışım (MDF6) olmak üzere duyusal analizlerde en çok beğenilen 7 adet glutensiz ekmeğin mineral madde, toplam fenolik madde, antioksidan kapasite (DPPH, ABTS), toplam, çözünür, çözünmez diyet lif ve aroma maddeleri bileşimleri saptanmıştır. Glutensiz ekmeklerin mineral madde içerikleri haşlama unları ile yapılan örneklerde potasyum miktarı 520.68 mg/kg (H1-kontrol) ile 1576.34 mg/kg (HF2-%30 mercimek) aralığında, demir miktarı 3.34 mg/kg (H1-kontrol) ile 18.73 mg/kg (HF3-%30 mercimek), magnezyum 74.74 mg/kg (H1-kontrol) ile 167.55 mg/kg (HF3-%30 karışım), kalsiyum miktarı 556.70 mg/kg (H1-kontrol) ile 803.69 mg/kg (HF6-%7.5 karışım aralığında ve mikrodalga unlarıyla yapılan örneklerde potasyum miktarı 520.68 mg/kg (H1-kontrol) ile 1658.06 mg/kg (MDF3-%30 mercimek) aralığında, demir miktarı 3.34 mg/kg (H1-kontrol) ile 17.03 mg/kg (MDF3-%30 mercimek), magnezyum 74.74 mg/kg (H1-kontrol) ile 164.85 mg/kg (MDF3-%30 karışım), kalsiyum miktarı 556.70 mg/kg (H1-kontrol) ile 804.79 mg/kg (MDF6-

%7.5 karışım) aralığında saptanmıştır. Hem haşlama hemde mikrodalga unları ile zenginleştirilen glutensiz ekmeklerde kalsiyum hariç diğer mineral mineral madde miktarları %30 mercimek unu katkılı ekmeklerde yüksek bulunurken potasyum analize tabi tutulan tüm ekmeklerde en yüksek mineral madde olarak belirlenmiştir.

Çalışmamız sonucunda haşlama ve mikrodalga unları ile üretilen glutensiz ekmeklerin toplam diyet lif miktarının işleme yöntemine bağlı anlamlı düzeyde farklı olmadığı saptanmış ve %30 mercimek (haşlama) unu ile zenginleştirilen ekmeklerin en yüksek değeri aldığı tespit edilmiştir. Haşlama yöntemiyle elde edilen unlar ile üretilen glutensiz ekmeklerde, toplam fenolik madde 0.33 mg GAE/100g (H1-Kontrol) ile 0.68 mg GAE/100g (HF2-%30 Mercimek) aralığında , mikrodalga yöntemiyle elde edilen unlar ile üretilen ekmeklerde ise 0.33 mg GAE/100g (H1-Kontrol) ile 0.70 mg GAE/100g (HF2-%30 Mercimek) aralığında değerler aldığı ve %30 kullanım oranına sahip mercimek unu katkılı ekmeklerin en yüksek fenolik madde içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Örneklerin antioksidan kapasite değerleri iki farklı metod ile değerlendirilmiş ve hem DPPH hemde ABTS yönteminde de örneklerde tespit edilen antioksidan kapasite değeri en yüksek %30 mercimek unu katkılı ekmeklerde tespit edilmiş ve haşlama unu için sırasıyla 1.34-1.89 $\mu\text{mol TE} /100\text{g}$, mikrodalga unu için sırasıyla 1.29-2.02 $\mu\text{mol TE}/100\text{g}$ değerlerini almıştır.

Glutensiz ekmeklere ilişkin aroma maddeleri sonuçları incelendiğinde; kontrol grubunda (%4 HPMC-KG) toplamda 30 adet aroma maddesi (4 adet alkol, 9 adet aldehit, 3 adet pirazin, 7 adet karboksilik asit, 4 adet keton ve 3 adet furan) tespit edilmiştir. Örneklerle ait aroma maddeler toplam miktarı 311.34 $\mu\text{g/kg}$ olarak belirlenmiştir. Aroma bileşikleri içerisinde alkollerin baskın grup olduğu saptanmıştır. Haşlama ve mikrodalga yöntemiyle üretilen baklagil unlarının tekli (%10 nohut, %30 mercimek) ve dirençli nişasta (%7.5 nohut, %7.5 mercimek, %7.5 bezelye) ile eşit oranlarda kullanımı ile üretilen glutensiz ekmeklerde herbirinde toplamda 32 adet aroma maddesi (4 adet alkol, 10 adet aldehit, 3 adet pirazin, 8 adet karboksilik asit, 4 adet keton ve 3 adet furan) tespit edilmiştir.

Nohut unu katkılı glutensiz ekmeklerde baskın olan grup alkoller, mercimek unu katkılı ekmeklerde aldehitler ve eşit kullanım oranına sahip ekmeklerde alkollerin baskın bileşen grubu olduğu belirlenmiştir. Haşlama ve mikrodalga unu ile zenginleştirilen glutensiz ekmeklerde toplam aroma maddesi miktarı 1461.50 µg/kg ve 1527.08 µg/kg olarak saptanmıştır. Kontrol grubuna kıyasla ön işlem görmüş baklagil unu ilaveli toplam aroma miktarı önemli düzeyde artış göstermiştir ($p<0.05$).

Sonuç olarak, glutensiz ekmeklerin zenginleştirilmesinde ürün bileşimine ilave edilen baklagil unları (nohut, mercimek, bezelye) ön işlem (haşlama ve mikrodalga) uygulanarak üretilmiştir. Geleneksel bir pişirme tekniği olan haşlama ile benzer nitelikte sonuçlar alınan mikrodalga unu ile üretilen glutensiz ekmek analizleri verileri ışığında baklagil unu eldesinde endüstriyel boyuttaki mikrodalga fırınlar ileri ki çalışmalarda kullanılmalıdır. Böylelikle enerji, zaman tasarrufu sağlanarak hem teknolojinin olanaklarından faydalanılabilecek hemde geleneksel yöntem ile eşdeğer özellikte hammaddede elde edilerek ürün formülasyonlarına dahil edilebilecektir.



KAYNAKLAR

- AACC, 2010. International Approved Methods of Analysis, American Association of Cereal Chemists, 11th Edition, St. Paul, MN., USA.
- Abd Rabou, E., 2017. Effect of Enriched Gluten Free Biscuits with Chickpea Flour or Kareish Cheese on Chemical, Nutritional Value, Physical and Sensory Properties. Alexandria Journal of Agricultural Sciences, 62(1): 93-101.
- Abdel-Aal, E. S. M., and Rabalski, I., 2008. Effect of Baking on Nutritional Properties of Starch in Organic Spelt Whole Grain Products. Food Chemistry, 111(1): 150-156.
- Abd-El-Khalek, M. H., Mohamed Amer, T. A., and Ibrahim, M. S., 2019. Determination of the Staling Rate of Egyptian Balady Bread by Using Texture Profile Analysis (TPA): A New Method. Arab Universities Journal of Agricultural Sciences, 27(5): 2527-2538.
- Abraham, R., 2015. Lentil (*Lens culinaris Medikus*) Current Status and Future Prospect of Production in Ethiopia. Advances in Plants and Agriculture Research, 2(0004).
- Acevedo Martinez, K. A., Yang, M. M., and Gonzalez de Mejia, E., 2021. Technological Properties of Chickpea (*Cicer arietinum*): Production of Snacks and Health Benefits Related to Type-2 Diabetes. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 20(4): 3762-3787.
- Acs, E., Kovacs, Z., and Matuz, J., 1997. Possibilities of Producing Low-Protein, Gluten-Free Bread. 1. Structure Formation. Novenytermeles, 46(3): 227-234.
- Adams, A., Bouckaert, C., Van Lancker, F., De Meulenaer, B., and De Kimpe, N., 2011. Amino Acid Catalysis of 2-Alkylfuran Formation from Lipid Oxidation-derived α,β -Unsaturated Aldehydes. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 59: 11058-11062.

- Adsule, R. N., Kadam, S.S., and Leung, H.K., 1989. Lentil. in: Salunkhe D K, Kadam S S, eds., Handbook of World Food Legumes: Nutritional Chemistry, Processing Technology, and Utilization. vol. II. CRC Press, Florida, USA. pp. 133–152.
- Agarwal, C., Chen, W. D., and Vandemark, G. J., 2018. Characterizing Resistance to Metalaxyl Resistant Pythium Ultimum in Chickpeas. *Phytopathology*, 108(12): 39–40.
- Aguilar, E. V., Santos, F. G., Krupa-Kozak, U., and Capriles, V. D., 2021. Nutritional Facts Regarding Commercially Available Gluten-Free Bread Worldwide: Recent Advances and Future Challenges. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1-13.
- Aguilar, N., Albanell, E., Minarro, B., and Capellas, M., 2015. Chickpea and Tiger Nut Flours As Alternatives to Emulsifier and Shortening in Gluten-Free Bread. *Food Science and Technology*, 62(1): 225-232.
- Aguilera, Y., Martin-Cabrejas, M.A., Benítez, V., Molla, E., Lopez-Andreu, F.J., Esteban, R. M., 2009. Changes in Carbohydrate Fraction during Dehydration Process of Common Legumes. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22: 678–683.
- Ahmed, H. E., Yousef, H. Y., Nofa, Z. A., and Saad, Z. H., 2021. Chemical Composition and Mineral Contents of Gluten Free Flat Bread Fortified with Lentil and Lupin Flour. *Al-Azhar Journal of Agricultural Research*, 46(2): 219-230.
- Ahmed, J., Taher, A., Mulla, M. Z., Al-Hazza, A., and Luciano, G., 2016. Effect of Sieve Particle Size on Functional, Thermal, Rheological and Pasting Properties of Indian and Turkish Lentil Flour. *Journal of Food Engineering*, 186: 34-41.

- Ahmed, M. A. R. H., Mustafa, A. I., Hussan, H. A. R., and Elfaki, A. E., 2016. Proximate Analysis, Protein and starch Digestibility, Specific Volume, and Sensory Evaluation of (Gluten-Free) Tin Bread. *Open Access Library Journal*, 3(6): 1-8.
- Akbulut, D., ve Ensari, A., 2020. Çölyak Hastalığı: Kapadokyalı Aretaeus' dan Günümüze, Bir Hastalığın Devrimi.
- Alajaji, S. A., and El-Adawy, T. A., 2006. Nutritional Composition of Chickpea Microwave Cooking and Other (*Cicer arietinum* L.) as Affected by Traditional Cooking Methods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19: 806-812.
- Alkaltham, M. S., Musa Özcan, M., Uslu, N., Salamatullah, A. M., and Hayat, K., 2022. Changes in Antioxidant Activity, Phenolic Compounds, Fatty Acids, and Mineral Contents of Raw, Germinated, and Boiled Lentil Seeds. *Journal of Food Science*, 87(4): 1639-1649.
- Alrosan, M., Tan, T. C., Easa, A. M., Gammoh, S., and Alu'datt, M. H., 2022. Recent Updates on Lentil and Quinoa Protein-Based Dairy Protein Alternatives: Nutrition, Technologies, and Challenges. *Food Chemistry*, 132386.
- Alvarez-Jubete, L., Auty, M., Arendt, E. K., and Gallagher, E., 2010. Baking Properties and Microstructure of Pseudocereal Flours in Gluten-Free Bread Formulations. *European Food Research and Technology*, 230(3): 437–445.
- Alvarez-Jubete, L., Wijngaard, H., Arendt, E.K., and Gallagher, E., 2010. Polyphenol Composition and in vitro Antioxidant Activity of Amaranth, Quinoa Buckwheat and Wheat As Affected by Sprouting and Baking. *Food Chemistry*, 119: 770–778.
- Amarowicz, R., and Pegg, R. B., 2008. Legumes As a Source of Natural Antioxidants. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 110(10): 865-878.

- Annor, G. A., Ma, Z., and Boye, J. I., 2014. Crops-legumes. Food Processing: Principles and Applications: Second Edition, pp: 305-313.
- Annor, G. A., Marcone, M., Bertoft, E., and Seetharaman, K., 2014. Unit and Internal Chain Profile of Millet Amylopectin. Cereal Chemistry, 91(1): 29-34.
- Anonim, 2022. T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ulusal Gıda Kompozisyonu Veritabanı (Türkomp). <http://www.turkomp.gov.tr/main>. [Son erişim tarihi: 25.09.2022].
- Anton, A. A., and Artfield, S. D., 2008. Hydrocolloids in Gluten-Free Breads: A Review. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 59(1): 11-23.
- AOAC, 2000. Official Methods for Analysis, Association of Official Analytical Chemists, 17th Edition, Arlington, VA.
- Arab, E. A., Helmy, I. M. F., and Bareh, G. F., 2010. Nutritional Evaluation and Functional Properties of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Flour and the Improvement of Spaghetti Produced from its. Journal of American Science, 6(10): 1055-1072.
- Arendt, E. K., Morrissey, A., Moore, M. M., and Dal Bello, F., 2008. Gluten-Free Breads. in Gluten-free Cereal Products and Beverages. Academic Press, pp 289.
- Argel, N. S., Ranalli, N., Califano, A. N., and Andres, S. C., 2020. Influence of Partial Pork Meat Replacement by Pulse Flour on Physicochemical and Sensory Characteristics of Low-Fat Burgers. Journal of the Science of Food and Agriculture, 100(10): 3932-3941.
- Arp, C. G., Correa, M. J., and Ferrero, C., 2021. Improving Quality: Modified Celluloses Applied to Bread Dough with High Level of Resistant Starch. Food Hydrocolloids, 112: 106302.

- Arribas, C., Cabellos, B., Cuadrado, C., Guillamon, E., and Pedrosa, M. M., 2019. The Effect of Extrusion on the Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Novel Gluten-Free Expanded Products Based on Carob Fruit, Pea and Rice Blends. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 52: 100-107.
- Arslan, M., Rakha, A., Xiaobo, Z., and Mahmood, M. A., 2019. Complimenting Gluten Free Bakery Products with Dietary Fiber: Opportunities and Constraints. *Trends in Food Science and Technology*, 83:194-202.
- Asif, M., Rooney, L. W., Ali, R., and Riaz, M. N., 2013. Application and Opportunities of Pulses in Food System: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(11): 1168-1179.
- Atasoy, R., and Hendek Ertop, M., 2021. Assessment of Nutritional and Bioactive Properties for Gluten-Free Tarhana Containing Various Legumes and Cereals. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(7): e15606.
- Audu, S. S., and Aremu, M. O., 2011. Effect of Processing on Chemical Composition of Red Kidney Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Flour. *Pakistan Journal of Nutrition*, 10(11): 1069-1075.
- Awada, S. H., Hady, A., Hassan, A. B., Ali, I., and Babiker, E. E., 2005. Antinutritional Factors Content and Availability of Protein, Starch and Mineral of Maize (*Zeamays linnaus*) and Lentil (*Lens culinaris*) as Influenced by Domestic Processing. *Journal of Food Technology*, 3(4): 523-528.
- Awika, J. M., Rose, D. J., and Simsek, S., 2018. Complementary Effects of Cereal and Pulse Polyphenols and Dietary Fiber on Chronic Inflammation and Gut Health. *Food and Function*, 9 (3): 1389-1409.
- Bahnassey, Y., Khan, K., and Harold, R., 1986. Fortification of Spaghetti with Edible Legumes. I. Physiochemical, Antinuritional, Amino Acid, and Mineral Composition. *Cereal Chemistry*, 63(3):210-215.

- Baik, B. K., and Han, I. H., 2012. Cooking, Roasting, and Fermentation of Chickpeas, Lentils, Peas, and Soybeans for Fortification of Leavened Bread. *Cereal Chemistry*, 89(6): 269-275.
- Bains, K., Uppal, V., and Kaur, H., 2014. Optimization of Germination Time and Heat Treatments for Enhanced Availability of Minerals from Leguminous Sprouts. *Journal of Food Science and Technology*, 51(5): 1016-1020.
- Banu, I., and Aprodu, I., 2020. Assessing the Performance of Different Grains in Gluten-Free Bread Applications. *Applied Sciences*, 10(24): 8772
- Barahuie F., Dorniani D., Saifullah B., Gothai S., Hussein M.Z., Pandurangan A.K., Arulselvan P., and Norhaizan M.E., 2017. Sustained Release of Anticancer Agent Phytic Acid From Its Chitosan-Coated Magnetic Nanoparticles for Drug-Delivery System. *International Journal of Nanomedicine*. 12: 2361–2372.
- Barampama, Z., and Simard, R. E., 1995. Effects of Soaking, Cooking and Fermentation on Composition, In-Vitro Starch Digestibility and Nutritive Value of Common Beans. *Plant Foods for Human Nutrition*, 48(4): 349-365.
- Barcenas, M. E., and Rosell, C. M., 2005. Effect of HPMC Addition on the Microstructure, Quality and Aging of Wheat Bread. *Food Hydrocolloids*, 19(6): 1037-1043.
- Barcenas, M. E., Benedito, C., and Rosell, C. M., 2004. Use of Hydrocolloids as Bread Improvers in Interrupted Baking Process with Frozen Storage. *Food Hydrocolloids*, 18: 769–774.
- Barışık, D., ve Tavman, Ş., 2018. Glutensiz Ekmek Formülasyonlarında Nohut Unu Kullanımının Ekmeğin Kalitesi üzerine Etkisi. *Akademik Gıda*, 16(1): 33-41.
- Bathrellou, E., Kontogianni, M. D., and Panagiotakos, D. B., 2018. Celiac Disease and Non-Celiac Gluten or Wheat Sensitivity and Health in Later Life: A Review. *Maturitas*, 112: 29-33.

- Bazzano, L. A., He, J., Ogden, L. G., Loria, C. M., and Whelton, P. K., 2003. Dietary Fiber Intake and Reduced Risk of Coronary Heart Disease in US Men and Women: the National Health and Nutrition Examination Survey I Epidemiologic Follow-up Study. *Archives of Internal Medicine*, 163(16): 1897-1904.
- Belitz, H. D., Grosch, W., and Schieberle, P., 2009. *Food Chemistry*. Springer Berlin, Heidelberg, pp.1070.
- Bell, D.A., 1990. *Cereal Foods World*, 35: 1001-1006.
- Bello, O. A., Ayanda, O. I., Aworunse, O. S., Olukanmi, B. I., Soladoye, M. O., Esan, E. B., and Obembe, O. O., 2018. Solaneciobiafrae: An Underutilized Nutraceutically-Important African Indigenous Vegetable. *Pharmacognosy Reviews*, 12(23): 128–132.
- Belorio, M., and Gomez, M., 2020. Effect of Hydration on Gluten-Free Breads Made with Hydroxypropyl Methylcellulose in Comparison with Psyllium and Xanthan Gum. *Foods*, 9(11): 1548.
- Belton, P. S., and Taylor, J. R., 2002. *Pseudocereals and Less Common Cereals*: Springer Berlin, Heidelberg, pp. 270.
- Beltrao Martins, R., Gouvinhas, I., Nunes, M. C., Alcides Peres, J., Raymundo, A., and Barros, A. I., 2020. Acorn Flour As a Source of Bioactive Compounds in Gluten-Free Bread. *Molecules*, 25(16): 3568.
- Bender, D., and Schönlechner, R., 2020. Innovative Approaches towards Improved Gluten-Free Bread Properties. *Journal of Cereal Science*, 91: 102904.
- Berninger, T., Dietz, N., and Gonzalez Lopez, O., 2021. Water-Soluble Polymers in Agriculture: Xanthan Gum as Eco-Friendly Alternative to Synthetics. *Microbial Biotechnology*, 14(5): 1881-1896.
- Berta, M., Koelewijn, I., Öhgren, C., and Stading, M., 2019. Effect of Zein Protein and Hydroxypropyl Methylcellulose on the Texture of Model Gluten-Free Bread. *Journal of Texture Studies*, 50: 341-9.

- Bessada, S. M., Barreira, J. C., and Oliveira, M. B. P., 2019. Pulses and Food Security: Dietary Protein, Digestibility, Bioactive and Functional Properties. *Trends in Food Science and Technology*, 93: 53-68.
- Bhatia, T., Sharma, R. K., Prasad, K. K., and Prasad, K., 2009. Studies on Some Physical Properties of Protein-Rich Legume (*Lens esculantus*) splits. *Asian Journal of Chemistry*, 21(10): 103-107.
- Bianchi, F., Careri, M., Chiavaro, E., Musci, M., and 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.
- Biletska, Y., Djukareva, G., Nekos, A., Husliev, A., Krivtsova, A., Bakirov, M., and Sokolova, E., 2020. Investigation of Change of Quality Indicators of Gluten-Free Bread During Storage. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, 5(11-107): 54-61.
- Birch, A. N., Petersen, M. A., and Hansen, A. S., 2013. The Aroma Profile of Wheat Bread Crumb Influenced by Yeast Concentration and Fermentation Temperature. *Food Science Technology*, 50: 480-488.
- Bird, A., Conlon, M., Christophersen, C., and Topping, D., 2010. Resistant Starch, Large Bowel Fermentation and a Broader Perspective of Prebiotics and Probiotics. *Beneficial Microbes*, 1(4): 423-431.
- Bird, L. G., Pilkington, C. L., Saputra, A., and Serventi, L., 2017. Products of Chickpea Processing as Texture Improvers in Gluten-Free Bread. *Food Science and Technology International*, 23(8): 690-698.
- Bledsoe, A. C., King, K. S., Larson, J. J., Snyder, M., Absah, I., and Murray, J. A., 2019. Micronutrient Deficiencies are Common in Contemporary Celiac Disease Despite Lack of Overt Malabsorption Symptoms. In *Mayo Clinic Proceedings* 7(94): 1253-1260.
- Bloksma, A.W., 1990. Dough Structure, Dough Rheology, and Baking Quality. *Cereal Foods World*. 35: 237–243.

- Bojnanska, T., Francakova, H., Liskova, M., and Tokar, M., 2012. Legumes the Alternative Raw Materials for Bread Production. *Journal of Microbiology Biotechnology and Food Sciences*, 1: 876-886.
- Bonamico, M., Mariani, P., Thanasi, E., Ferri, M., Nenna, R., Tiberti, C., and Magliocca, F. M., 2004. Patchy Villous Atrophy of the Duodenum in Childhood Celiac Disease. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 38(2): 204-207.
- Borderias, A. J., Sanchez-Alonso, I., and Perez-Mateos, M., 2005. New Applications of Fibres in Foods: Addition to Fishery Products. *Trends in Food Science and Technology*, 16(10): 458-465.
- Borges, V. C., and Salas-Mellado, M. M., 2016. Influence of α -Amilase, Trehalose, Sorbitol, and Polysorbate 80 on the Quality of Gluten-Free Bread. *International Food Research Journal*, 23(5).
- Borsuk, Y., Arntfield, S., Lukow, O. M., Swallow, K., and Malcolmson, L., 2012. Incorporation of Pulse Flours of Different Particle Size in Relation to Pita Bread Quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(10): 2055-2061.
- Bouasla, A., Wojtowicz, A., and Zidoune, M. N., 2017. Gluten-Free Precooked Rice Pasta Enriched with Legumes Flours: Physical Properties, Texture, Sensory Attributes and Microstructure. *Lwt*, 75: 569-577.
- Bouhlal, O., Taghouti, M., Benbrahim, N., Benali, A., Visionsi, A., and Benba, J., 2019. Wheat-Lentil Fortified Flours: Health Benefits, Physicochemical, Nutritional and Technological Properties. *Journal Materials Environmental Science*, Oujda, 10(11): 1098-1106.
- Boukid, F., Zannini, E., Carini, E., and Vittadini, E., 2019. Pulses for Bread Fortification: A Necessity or A Choice. *Trends in Food Science and Technology*, 88: 416-428.

- Bourekoua, H., Rozylo, R., Gawlik-Dziki, U., Benatallah, L., Zidoune, M. N., and Dziki, D., 2018. Pomegranate Seed Powder as a Functional Component of Gluten-Free Bread (Physical, Sensorial and Antioxidant Evaluation). *International Journal of Food Science and Technology*, 53(8): 1906-1913.
- Boye, J., Zare, F., and Pletch, A., 2010. Pulse Proteins: Processing, Characterization, Functional Properties and Applications in Food and Feed. *Food Research International*, 43: 414-431.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., and Berset, C. L. W. T., 1995. Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *Food science and Technology*, 28(1): 25-30.
- Bravo-Nunez, A., Sahagun, M., and Gomez, M., 2019. Assessing the Importance of Protein Interactions and Hydration Level on Protein Enriched Gluten-Free Breads: A Novel Approach. *Food Bioprocess Technology*, 12: 820–828.
- Brennan, C. S., Tan, C. K., Kuri, V., and Tudorica, C. M., 2004. The Pasting Behaviour and Freeze-Thaw Stability of Native Starch and Native Starch Xanthan Gum Pastes. *International Journal of Food Science and Technology*, 39: 1017–1022.
- Bressani, R., 1993. Grain Quality of Common Beans. *Food Reviews International*, 9(2): 237-297.
- Bulbula, D. D., and Urga, K., 2018. Study on the Effect of Traditional Processing Methods on Nutritional Composition and Antinutritional Factors in Chickpea (*Cicer arietinum*). *Cogent Food Agriculture*, 4(1):1–12.
- Buresova, I., Tokar, M., Marecek, J., Hrivna, L., Famera, O., and Sottnikova, V., 2017. The Comparison of the Effect of Added Amaranth, Buckwheat, Chickpea, Corn, Millet and Quinoa Flour on Rice Dough Rheological Characteristics, Textural and Sensory Quality of Bread. *Journal of Cereal Science*, 75: 158-164.

- Bykzeren, Œ., 2019. Konya Tandır Ekmeğinin Glutensiz Olarak retilmesinde Bazı Baklagil Unlarının Kullanılma İmkanları zerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Konya, 35s.
- Cairone, F., Carradori, S., Locatelli, M., Casadei, M. A., and Cesa, S., 2020. Reflectance Colorimetry: A Mirror for Food Quality A Mini Review. *European Food Research and Technology*, 246(2): 259-272.
- Calle, J., Benavent-Gil, Y., and Rosell, C. M., 2020. Development of Gluten Free Breads from Colocasia Esculenta Flour Blended with Hydrocolloids and Enzymes. *Food Hydrocolloids*, 98: 105243.
- Campos-Vega, R., Loarca-Pina, G., and Oomah, B. D., 2010. Minor Components of Pulses and Their Potential Impact on Human Health. *Food Research International*, 43(2): 461-482.
- Candal, C., Kılıç, ., ve Erbař, M., 2016. Enzime Dirençli Nişasta retim Yöntemleri ve Gıda Endstrisinde Kullanım Amaçları. *The Journal of Food*, 41(6).
- Cappelli, A., Oliva, N., and Cini, E., 2020. A Systematic Review of Gluten-Free Dough and Bread: Dough Rheology, Bread Characteristics, and Improvement Strategies. *Applied Sciences*, 10(18): 6559.
- Capriles, V. D., and Areas, J. A. G., 2014. Novel Approaches in Gluten-Free Breadmaking: Interface between Food Science, Nutrition, and Health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(5): 871-890.
- Catassi, C., Gatti, S., and Lionetti, E., 2015. World Perspective and Celiac Disease Epidemiology. *Digestive Diseases*, 33(2): 141-146.
- Cauvain, S., and Young, L., 1999. *Technology of Breadmaking*. Springer; 2nd edition. Gaithersburg, pp 295.
- Cepeda-Vazquez, M., Rega, B., Descharles, N., and Camel, V., 2018. How Ingredients Influence Furan and Aroma Generation in Sponge Cake. *Food Chemistry*, 245: 1025-1033.

- Certel, M., Erem, F., Konak, Ü. İ., and Karakaş, B., 2009. Dondurulmuş Hamur ile Kısmi Olarak Pişirilip Dondurulmuş Hamurlardan Üretilen Beyaz Ekmeklerin Fiziksel Tekstürel ve Duyusal Özellikleri. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 22(1): 91-102.
- Chakraborty, S. K., Kotwaliwale, N., and Navale, S. A., 2020. Selection and Incorporation of Hydrocolloid for Gluten-Free Leavened Millet Breads and Optimization of the Baking Process Thereof. Food Science and Technology, 119: 108878.
- Chandrasekaran, S., Ramanathan, S., and Basak, T., 2013. Microwave Food Processing a Review. Food Research International, 52: 243–261.
- Chauhan, A., Saxena, D. C., and Singh, S., 2017. Effect of Hydrocolloids on Microstructure, Texture and Quality Characteristics of Gluten-Free Pasta. Journal of Food Measurement and Characterization, 11(3): 1188-1195.
- Chen, L., and Opara, U. L., 2013. Approaches to Analysis and Modeling Texture in Fresh and Processed Foods—A review. Journal of food Engineering, 119(3): 497-507.
- Chen, W. J. L., Anderson, J. W., and Jenkins, D. J. A. 1984. Propionate may Mediate the Hypcholesterolemic Effects of Certain Soluble Plant Fibers in Cholesterol-Fed Rats. Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine, 175: 215–218.
- Cho, I. H., and Peterson, D. G., 2010. Chemistry of Bread Aroma: A review. Food Science and Biotechnology, 19(3): 575– 582.
- Christl, S. U., Murgatroyd, P. R., Gibson, G. R., and Cummings, J. H., 1992. Production, Metabolism, and Excretion of Hydrogen in the Large İntestine. Gastroenterology, 102(4): 1269-1277.
- Chung, O., Ohm, J. B., Ram, M., Park, S.H., Howitt, C., Khan, K. and Shewry, P., 2009. Wheat Lipids.(K. Khan and P.R. Shewry, Editors). Wheat: Chemistry and Technology, 4 th Edition, American Association of Cereal Chemists,Inc, pp. 363-399.

- Chutipanyaporn, P., Kruawan, K., Chupeerach, C., Santivarangkna, C., and Suttisansanee, U., 2014. The Effect of Cooking Process On antioxidant Activities and Total Phenolic Compounds of Five Colored beans. *Food Applied Bioscience Journal*, 2: 183–191.
- Cid-Gallegos, M. S., Sanchez-Chino, X. M., Juarez Chairez, M. F., Alvarez Gonzalez, I., Madrigal-Bujaidar, E., and Jimenez-Martinez, C., 2020. Anticarcinogenic Activity of Phenolic Compounds from Sprouted Legumes. *Food Research International*, 1-16.
- Cihan, A., 2016. Baklagil Unu ve Modifiye Edilmiş Nişasta İlavesinin Glutensiz Ekmek Kalitesi ve Glisemik İndeksi Üzerine Etkisi, Ankara, 119s.
- Clapasson, P., Merino, N. B., Campderros, M. E., Arce, M. F. P., and Rinaldoni, A. N., 2020. Assessment of Bread Gum As an Additive in the Development of a Gluten-Free Bread. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14: 1665–1670.
- Coda, R., Rizzello, C. G., and Gobbetti, M., 2010. Use of Sourdough Fermentation and Pseudo-Cereals and Leguminous Flours for the Making of a Functional Bread Enriched of γ -Aminobutyric Acid (GABA). *International Journal of Food Microbiology*, 137(2-3): 236-245.
- Conte, P., Fadda, C., Drabinska, N., and Krupa-Kozak, U., 2019. Technological and Nutritional Challenges, and Novelty in Gluten-Free Breadmaking: A Review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 69(1).
- Copeland, L., Blazek, J., Salman, H., and Tang, M. C., 2009. Form and Functionality of Starch. *Food Hydrocolloids*, 23: 1527–1534.
- Cosme, P., Rodríguez, A. B., Espino, J., and Garrido, M., 2020. Plant Phenolics: Bioavailability as a Key Determinant of Their Potential Health-Promoting Applications. *Antioxidants*, 9(12): 1263.

- Costa, F., Cappellin, L., Longhi, S., Guerra, W., Magnago, P., Porro, D., and Gasperi, F., 2011. Assessment of Apple (*Malus× domestica* Borkh.) Fruit Texture by a Combined Acoustic-Mechanical Profiling Strategy. *Postharvest Biology and Technology*, 61(1): 21-28.
- Costa, L. L., Tome, P. H. F., Jardim, F. B. B., Silva, V. P., Castilho, E. A., Damasceno, K. A., and Campagnol, P. C. B., 2018. Physicochemical and Rheological Characterization of Pan Bread Made with Pumpkin Seed Flour. *International Food Research Journal*, 25(4).
- Crockett, R., and Vodovotz, Y., 2011. Effect of Soy Protein Isolate and Egg White Solids on the Physicochemical Properties of Gluten-Free Bread. *Food Chemistry*, 129: 84–91.
- Crockett, R., Ie, P., and Vodovotz, Y., 2011. How Do Xanthan and Hydroxypropyl Methylcellulose Individually Affect the Physicochemical Properties in a Model Gluten-Free Dough. *Journal of Food Science*, 76: E274–E282.
- Cubero, J. I., Perez de la Vega, M., and Fratini, R., 2009. Origin, Phylogeny, Domestication And Spread (W. Erskine, F. J. Muehlbauer, A. Sarker and B. Sharma, Editors), *The lentil: Botany, Production and Uses*, Wallingford, pp. 13–33.
- Culetu, A., Duta, D. E., Papageorgiou, M., and Varzakas, T., 2021. The Role of Hydrocolloids in Gluten-Free Bread and Pasta; Rheology, Characteristics, Staling and Glycemic Index. *Foods*, 10: 3121.
- Curic, D., Novotni, D., Tusak, D., Bauman, I., and Gabric, D., 2007. Gluten-Free Bread Production by the Corn Meal and Soybean Flour Extruded Blend Usage. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 72(3): 227-232.
- Çalışkan Koç, G., Tekgül, Y., Erten, E. S., and Akdoğan, A., 2021. Mineral Content, Fatty Acid Composition, and Volatile Compounds of Gluten-Free Tarhana Formulated with Different Cereal and Pulse Flours. *Journal of Food Science*, 86(10): 4376-4392.

- Çankaya, N., ve Sökmen, Ö., 2017. Biyopolimerler ve Montmorillonit Kil Nanokompozitleri. Politeknik Dergisi, 20(3): 663-673.
- Da Rosa Machado, C., and Thys, R. C. S., 2019. Cricket Powder (*Gryllus assimilis*) as a New Alternative Protein Source for Gluten-Free Breads. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 56: 102180.
- Dahl, W. J., Foster, L. M., and Tyler, R. T., 2012. Review of the Health Benefits of Peas (*Pisum sativum* L.). British Journal of Nutrition, 108(S1): S3-S10.
- Dall'Asta, C., Cirlini, M., Morini, E., Rinaldi, M., Ganino, T., and Chiavaro, E., 2013. Effect of Chestnut Flour Supplementation on Physico-Chemical Properties and Volatiles in Bread Making. Food Science and Technology, 53(1): 233-239.
- Dandachy, S., Mawlawi, H., and Obeid, O., 2019. Effect of Processed Chickpea Flour Incorporation on Sensory Properties of Mankoushe Zaatar. Foods, 8(5): 151.
- Dang, J., Arcot, J., and Shrestha, A. 2000. Folate Retention in Selected Processed Legumes. Food Chemistry, 68: 295-298.
- Dario, A.C., and Salgado, J. M., 1994. Effect of Thermal Treatments on the Chemical and Biological Value of Irradiated and Non-Irradiated Cowpea Bean (*Vigna unguiculata* L.Walp) Flour. Plant Foods for Human Nutrition. 46: 181 -186.
- Dave, V., and McCarthy, S. P., 1997. Review of Konjac Glucomannan. Journal of Environmental Polymer Degradation, 5(4): 237-241.
- De Almeida Costa G. E., da Silva Queiroz-Monici K., Reis S. M. P. M., and De Oliveira A.C., 2006. Chemical Composition, Dietary Fibre and Resistant Starch Contents of Raw and Cooked Pea, Common Bean, Chickpea and Lentil Legumes. Food Chemistry, 94: 327–330

- De Camargo, A. C., Favero, B. T., Morzelle, M. C., Franchin, M., Alvarez-Parrilla, E., de la Rosa, L. A., Vilar Geraldı, M., Maróstica Júnior, M. R., Shahidi, F., and Schwember, A. R., 2019. Is chickpea a Potential Substitute for Soybean. Phenolic Bioactives and Potential Health Benefits. *International Journal of Molecular Science*, 20 (11): 2644.
- De La Hera, E., Rosell, C. M., and Gomez, M., 2014. Effect of Water Content and Flour Particle Size on Gluten-Free Bread Quality and Digestibility. *Food Chemistry*, 151: 526–531.
- Demi, B., Bilgiçli, N., Elgün, A., and Demi, M. K., 2010. Effects of Chickpea Flours and Whole Egg on Selected Properties of Erişte, Turkish Noodle. *Food Science Technology Research*, 16: 557–564.
- Demiray, E., Çelik, İ., Nogay, O., ve Tülek, Y., 2015. Denizli Karahöyük Ekmeği Zığır'ın Renk ve Tekstürel Özellikleri. *Academic Food Journal*, 13(3).
- Dhull, S. B., Kinabo, J., and Uebersax, M. A., 2022. Nutrient Profile and Effect of Processing Methods on the Composition and Functional Properties of Lentils (*Lens culinaris Medik*): A review. *Legume Science*, e156.
- Di Cairano, M., Condelli, N., Caruso, M. C., Marti, A., Cela, N., and Galgano, F., 2020. Functional Properties and Predicted Glycemic Index of Gluten Free Cereal, Pseudocereal and Legume Flours. *Food Science and Technology*, 133, 109860.
- Di Monaco, R., Cavella, S., and Masi, P., 2008. Predicting Sensory Cohesiveness, Hardness and Springiness of Solid Foods from Instrumental Measurements. *Journal of Texture Studies*, 39(2): 129-149.
- Diprat, A. B., Thys, R. C. S., Rodrigues, E., and Rech, R., 2020. Chlorella Sorokiniana: A New Alternative Source of Carotenoids and Proteins for Gluten-Free Bread. *Lwt*, 134: 109974.

- Divekar, M. T., Karunakaran, C., Lahlali, R., Kumar, S., Chelladurai, V., Liu, X., Borondics F., Shanmugasundaram S., and Jayas, D. S., 2017. Effect of Microwave Treatment on the Cooking and Macronutrient Qualities of Pulses. *International Journal of Food Properties*, 20(2): 409–422.
- Dizlek, H., 2012. Buğdaydaki Gluten Proteinleri: Gliadin. *Akademik Gıda*, 10(2): 109-114.
- Djordjevic, M., Soronja-Simovic, D., Nikolic, I., Dokic, L., Djordjevic, M., Seres, Z., and Saranovic, Z., 2018. Rheology and Bread-Making Performance of Gluten-Free Formulations Affected by Different Levels of Sugar Beet Fibre, Hydroxypropylmethylcellulose and Water. *International Journal of Food Science and Technology*, 53: 1832–1837.
- Drakula, S., Mustac, N. C., Novotni, D., Voucko, B., Krpan, M., Hruskar, M., and Curic, D., 2022. Optimization and Validation of a HS-SPME/GC–MS Method for the Analysis of Gluten-Free Bread Volatile Flavor Compounds. *Food Analytical Methods*, 15(5): 1155-1170.
- Duranti, M., 2006. Grain Legume Proteins and Nutraceutical Properties. *Fitoterapia*, 77(2): 67-82.
- Dülger, D., ve Gahan, Y., 2011. Diyet Lifin Özellikleri ve Sağlık Üzerindeki Etkileri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25(2): 147-158.
- Dziezak, J. D., 1991. A Focus on Gums. *Food Technology (Chicago)*, 45(3): 116-132.
- Ekanayake, S., Jansz, E. R., and Nair, B. M., 2000. Literature Review of an Underutilized Legume: *Canavalia Gladiata* L. *Plant Foods for Human Nutrition* 55: 305–321.
- El-Adawy, T. A., 2002. Nutritional Composition and Antinutritional Factors of Chickpeas (*Cicer arietinum* L.) Undergoing Different Cooking Methods and Germination. *Plant Foods for Human Nutrition*, 57: 83-97.
- Elgün, A., ve Ertugay, Z., 2002. Tahıl İşleme Teknolojisi. *Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi*, Erzurum, 219s.

- Encina-Zelada, C. R., Cadavez, V., Monteiro, F., Teixeira, J. A., and Gonzales-Barron, U., 2018. Combined Effect of Xanthan Gum and Water Content on Physicochemical and Textural Properties of Gluten-Free Batter and Bread. *Food Research International*, 111: 544-55.
- Encina-Zelada, C. R., Cadavez, V., Teixeira, J. A., and Gonzales-Barron. U., 2019. Optimization of Quality Properties of Gluten-Free Bread by A Mixture Design of Xanthan, Guar, and Hydroxypropyl Methyl Cellulose Gums. *Foods*, 8: 156.
- Erbas, M., Certel, M., and Uslu, M. K., 2005. Some Chemical Properties of White Lupin Seeds (*Lupinus albus* L.). *Food Chemistry*, 89: 341-345.
- Erbersdobler, H. F., Barth, C. A., and Jahreis, G., 2017. Legumes in Human Nutrition. Nutrient Content and Protein Quality of Pulses. *Ernahrungs Umschau*, 64(9): 134-139.
- Erdem, N., and Gökmen, S., 2022. Zonguldak İli Çaycuma İlçesinin Geleneksel Cızlama Ekmeği üzerine Bir Araştırma. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (38): 218-228.
- Erdemir, E., ve Karaoğlu, M., 2021. Et ve Et Ürünlerinin Tekstürel Özelliklerini Enstrümantal Olarak Tespit Etme Yöntemleri ve Tekstür Profil Analizi Üzerine Bir Derleme. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11(4): 2836-2848.
- Ertaş, N., ve Doğruer, Y., 2010. Besinlerde Tekstür. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 7(1): 35-42.
- Fahim, J. R., Attia, E. Z., and Kamel, M. S., 2019. The Phenolic Profile of Pea (*Pisum Sativum*): A Phytochemical and Pharmacological Overview. *Phytochemistry Reviews*, 18 (1): 173-198.
- Faivre, J., and Bonithon-Kopp, C., 1999. Diet, Fibers, and Colon Cancer. *Advances in Nutrition and Cancer*, 2: 199-206.
- FAO, 2022. Pulse Production, Food and Agriculture Organization, Erişim adresi: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>.

- Faridy, J.C., Stephanie, C.G., Gabriela, M.M., and Cristian, J.M., 2020. Biological Activities of Chickpea in Human Health (*Cicer arietinum* L.). A Review. *Plant Foods for Human Nutrition*, 75(2): 142–153.
- Faris, M. E. A. I. E., Takruri, H. R., and Issa, A. Y., 2013. Role of Lentils (*Lens culinaris* L.) in Human Health and Nutrition: A Review. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*, 6(1): 3-16.
- Fasano, A., and Catassi, C., 2012. Celiac Disease. *Journal of Medical Research*, 367:2419-26.
- Feizollahi, E., Mirmoghtadaie, L., Mohammadifar, M. A., Jazaeri, S., Hadaegh, H., Nazari, B., and Lalegani, S., 2018. Sensory, Digestion, and Texture Quality of Commercial Gluten-Free Bread: Impact of Broken Rice Flour Type. *Journal of Texture Studies*, 49(4): 395-403.
- Fernando, W. M. U., Hill, J. E., and Zello, G.A., 2010. Diets Supplemented with Chickpea or Its Main Oligosaccharide Component Raffinose Modify Fecal Microbial Composition in Healthy Adults. *Beneficial Microbes*, 1: 197–207.
- Finley, J. W., Sandlin, C., Holliday, D. L., Keenan, M. J., Prinyawiwatkul, W., and Zheng, J., 2013. Legumes Reduced Intestinal Fat Deposition in the *Caenorhabditis Elegans* Model System. *Journal of Functional Foods*, 5(3): 1487-1493.
- Foschia, M., Horstmann, S., Arendt, E. K., and Zannini, E., 2016. Nutritional Therapy Facing the Gap between Coeliac Disease and Gluten-Free Food. *International Journal of Food Microbiology*, 239: 113-124.
- Foster-Powell, K., Holt, S. H. A., and Brand-Miller, J. C., 2002. International Table of Glycemic Index and Glycemic Load Values. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 76(1): 5-56.
- Franco, V. A., Garcia, L. G. C., and Silva, F. A. D., 2020. Addition of Hydrocolids in Gluten-Free Bread and Replacement of Rice Flour for Sweet Potato Flour. *Food Science and Technology*, 40: 88-96.

- Frassé, P., Lambert, S., Levesque, C., Melcion, D., Richard-Molard, D., and Chiron, H., 1992. The Influence of Fermentation on Volatile Compounds in French Bread Crumb. *Lebensm.-Wiss. Technology*, 25: 66-70.
- Fredriksson, H., Björck, I., Andersson, R., Liljeberg, H., Silverio, J., Eliasson, A. C., and Aman, P., 2000. Studies on α -amylase Degradation of Retrograded Starch Gels from Waxy Maize and High-Amylopectin Potato. *Carbohydrate Polymers*, 43(1): 81-87.
- Fuentes-Zaragoza, E., Sanchez-Zapata, E., Sendra, E., Sayas, E., Navarro, C., FernandezLopez, J., and Perez-Alvarez, J. A., 2011. Resistant Starch as Prebiotic: A Review. *Starch*, 63: 406–415.
- Galey, C., Potus, J., Drapron, R., Poiffait, A., Bar, C., and Fischer, J., 1994. Les composés volatiles de la mie du pain: étude de quelques facteurs de variation et conséquences sur la rumeur. *Industries des Cereales*, 89: 5–14.
- Gallagher, E., Gormley, T. R., and Arendt, E. K., 2003. Crust and Crumb Characteristics of Gluten Free Breads. *Journal of Food Engineering*, 56:153–161.
- Gallagher, E., Gormley, T. R., and Arendt, E. K., 2004. Recent Advances in the Formulation of Gluten-Free Cereal-Based Products. *Trends in Food Science and Technology*, 15(3-4): 143-152.
- Gambus, H., Sikora, M., and Ziobro, R., 2007. The Effect of Composition of Hydrocolloids on Properties of Gluten-Free Bread. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 6(3): 61-74.
- Ganesan, K., and Xu, B., 2017. Polyphenol-Rich Lentils and Their Health Promoting Effects. *International Journal of Molecular Sciences*, 18: 1–23.
- Gao, Y., Janes, M. E., Chaiya, B., Brennan, M. A., Brennan, C. S., and Prinyawiwatkul, W., 2018. Gluten-Free Bakery and Pasta Products: Prevalence and Quality Improvement. *International Journal of Food Science and Technology*, 53(1): 19-32.

- Garske, R. P., Mercali, G. D., Thys, R. C. S., and Cladera-Olivera, F., 2022. Cassava Starch and Chickpea Flour Pre-Treated by Microwave As A Substitute for Gluten-Free Bread Additives. *Journal of Food Science and Technology*, 1-11.
- Garvey, E. C., OSullivan, M. G., Kerry, J. P., Milner, L., Gallagher, E., and Kilcawley, K. N., 2021. Characterising the Sensory Quality and Volatile Aroma Profile of Clean-Label Sucrose Reduced Sponge Cakes. *Food Chemistry*, 342: 128124.
- Gasbarrini, G., Miele, L., Corazza, G. R., and Gasbarrini, A., 2010. When was Celiac Disease Born: the Italian Case from the Archeologic Site of Cosa. *Journal of Clinical Gastroenterology*, 44(7): 502-503.
- Ge, J., Sun, C. X., Corke, H., Gul, K., Gan, R. Y., and Fang, Y., 2020. The Health Benefits, Functional Properties, Modifications, and Applications of Pea (*Pisum Sativum* L.) Protein: Current Status, Challenges, and Perspectives. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(4): 1835-1876.
- Genot, C., Meynier, A., and Riaublanc, A., 2003. Lipid Oxidation in Emulsions (A. Kamal-Eldin, Editor). *Lipid Oxidation Pathways*, 1st Edition, Champaign Ill: AOCS Press, Champaign, pp. 190–244.
- Ghavidel, R. A., and Prakash, J., 2006. Effect of Germination and Dehulling on Functional Properties of Legume Flours. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(8): 1189-1195.
- Giannotti, A., Tiberio, G., Castro, M., Virgili, F., Colistro, F., Ferretti, F., and Dallapiccola, B., 2001. Coeliac Disease in Williams Syndrome. *Journal of Medical Genetics*, 38(11): 767-768.
- Gimeno, E., Morau, C. I., and Kokini, J. L., 2004. Effect of Xanthan Gum and CMC on the Structure and Texture of Corn Flour Pellets Expanded by Microwave Heating. *Cereal Chemistry*, 8: 100–107.

- Godos, J., Bergante, S., Satriano, A., Pluchinotta, F., and Marranzano, M., 2018. Dietary Phytoestrogen Intake is Inversely Associated with Hypertension in a Cohort of Adults Living in the Mediterranean Area. *Molecules*, 23(2): 368.
- Gonzales, A. S. P., Naranjo, G. B., Leiva, G. E., and Malec, L.S., 2010. Maillard Reaction Kinetics in Milk Powder: Effect of Water Activity at Mild Temperatures. *International Journal of Dairy Technology*, 20: 40-45.
- Graf, D., Monk, J. M., Wu, W., Wellings, H. R., Robinson, L. E., and Power, K. A., 2020. Red Lentil Supplementation Reduces the Severity of Dextran Sodium Sulfate-Induced Colitis in C57BL/6 Male Mice. *Journal of Functional Foods*, 64: 103625.
- Gray, J.A., and BeMiller, J.N., 2003. Bread Staling: Molecular Basis and Control. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2:1-21.
- Green, P. H., Lebwohl, B., and Greywoode, R., 2015. Celiac Disease. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 135(5): 1099-1106.
- Grela, E. R., and Günter, K. D., 1995. Fatty Acid Composition and Tocopherol Content of Some Legume Seeds. *Animal Feed Science and Technology*, 52: 325–331.
- Grosch, W., 1987. Reaction of Hydroperoxides Products of Low Molecular Weight (H.W.S, Chan, Editor). *Autoxidation of Unsaturated Lipids*, Academic Press, London, pp. 95–139.
- Guarda, A., Rosell, C. M., Benedito, C., and Galotto, M. J., 2004. Different Hydrocolloids as Bread Improvers and Antistaling Agents. *Food Hydrocolloids*, 18: 241–247.
- Guillamon E., Pedrosa M.M., Burbano C., Cuadrado C., de Cortes Sanchez M., and Muzquiz M., 2008. The Trypsin Inhibitors Present in Seed of Different Grain Legume Species and Cultivar. *Food Chemistry*, 107:68–74.

- Guillon, F., and Champ, M. J., 2002. Carbohydrate Fractions of Legumes: Uses in Human Nutrition and Potential for Health. *British Journal of Nutrition*, 88(S3): 293-306.
- Gujral, N., Freeman, H. J., and Thomson, A. B., 2012. Celiac Disease: Prevalence, Diagnosis, Pathogenesis and Treatment. *World Journal of Gastroenterology*, 18(42): 6036.
- Gularte, M. A., Gomez, M., and Rosell, C. M., 2012. Impact of Legume Flours on Quality and in vitro Digestibility of Starch and Protein from Gluten-Free Cakes. *Food and Bioprocess Technology*, 5(8): 3142-3150.
- Guo, F., Xiong, H., Wang, X., Jiang, L., Yu, N., Hu, Z., Sun, Y., and Tsao, R., 2019. Phenolics of Green Pea (*Pisum Sativum* L.) Hulls, Their Plasma and Urinary Metabolites, Bioavailability, and in Vivo Antioxidant Activities in A Rat Model. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67 (43): 11955-11968.
- Gupta, S., Liu, C., and Sathe, S. K., 2019. Quality of a Chickpea Based High Protein Snack. *Journal of Food Science*, 84(6): 1621–1630.
- Gül, M. K., Egesel, C. Ö., and Turhan, H., 2008. The Effects of Planting Time on Fatty Acids and Tocopherols in Chickpea. *European Food Research and Technology*, 226(3): 517-522.
- Gülaç, N. Z., 2021. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, Ankara, 341:9-11.
- Habibi, H., and Khosravi-Darani, K., 2017. Effective Variables on Production and Structure of Xanthan Gum and Its Food Applications: A review. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 10, 130-140.
- Hager, A. S., Ryan, L. A., Schwab, C., Ganzle, M. G., O'Doherty, J. V., and Arendt, E. K., 2011. Influence of the Soluble Fibres Inulin and oat β -glucan on Quality of Dough and Bread. *European Food Research and Technology*, 232(3): 405-413.

- Hajas, L., Sipos, L., Csobod, E. C., Balint, M. V., Juhasz, R., and Benedek, C., 2022. Lentil (*Lens culinaris* Medik.) Flour Varieties as Promising New Ingredients for Gluten-Free Cookies. *Foods*, 11(14): 2028.
- Hall, C., Hillen, C., and Robinson, J. G., 2017. Composition, Nutritional Value, and Health Benefits of Pulses. *Cereal Chemistry*, 94(1): 11–31.
- Han, I. H., and Baik, B. K., 2006. Oligosaccharide Content and Composition of Legumes and Their Reduction by Soaking, Cooking, Ultrasound, and High Hydrostatic Pressure. *Cereal Chemistry*, 83(4): 428-433.
- Han, J. J., Janz, A. M., and Gerlat, M., 2010. Development of Gluten-Free Cracker Snacks Using Pulse Flours and Fractions. *Food Research International*, 43 (2): 627-633.
- Hansen, A., and Schieberle, P., 2005. Generation of Aroma Compounds during Sourdough Fermentation: Applied and Fundamental Aspects. *Trends Food Science and Technology*, 16:85–94.
- Haque, A., Richardson, R. K., Morris, E. R., Gidley, M. J. and Caswell, D. C., 1993. Thermogelation of Methylcellulose. Part II: Effect of Hydroxypropyl Substituents. *Carbohydrate Polymers*, 22(3): 175-186.
- Hatipoğlu, S., 2016. Patates Unu ve Gam İlavesinin Glutensiz Ekmek Kalitesi Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Denizli, 80s.
- Hayıt, F., ve Gül, H., 2019. Kinoa Ununun ve Kısmi Pişirilerek Dondurma Yönteminin Glutensiz Ekmek Kalitesi Üzerine Etkisi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 9(2): 406-427.
- Hefnawy, T. H., 2011. Effect of Processing Methods on Nutritional Composition and Anti-Nutritional Factors in Lentils (*Lens culinaris*). *Annals of Agricultural Sciences*, 56(2): 57-61.
- Hernandez-Infante, M., Sousa, V., Montalvo, I., and Tena, E., 1998. Impact of Microwave Heating on Hemagglutinins, Trypsin Inhibitors and Protein Quality of Selected Legume Seeds. *Plant Foods for Human Nutrition*, 52(3): 199-208.

- Hillen, C. E., 2016. Sensory and Quality Attributes of Deodorized Pea Flour Used in Gluten-Free Food Products. MSc Thesis, North Dakota, pp. 69-71.
- Holtekjolen, A. K., Bævre, A. B., Rodbotten, M., Berg, H., and Knutsen, S. H., 2008. Antioxidant Properties and Sensory Profiles of Breads Containing Barley Flour. *Food Chemistry*, 110(2): 414-421.
- Holtmeier, W., and Caspary, W. F., 2006. Celiac Disease. *Orphanet Journal of Rare Diseases*, 1(1): 1-8.
- Hoover, R., and Zhou, Y., 2003. In Vitro and In Vivo Hydrolysis of legume Starches by a Amylase and Resistant Starch Formation in Legumes-A review *Carbohydrate Polymers*, 54: 401–417.
- Hopper, A. D., Cross, S. S., Hurlstone, D. P., McAlindon, M. E., Lobo, A. J., Hadjivassiliou, M., and Sanders, D. S., 2007. Pre-Endoscopy Serological Testing for Coeliac Disease: Evaluation of a Clinical Decision Tool. *Bmj*, 334(7596): 729.
- Horstmann, S. W., Atzler, J. J., Heitmann, M., Zannini, E., Lynch, K. M., and Arendt, E. K., 2019. A Comparative Study of Gluten-Free Sprouts in the Gluten-Free Bread-Making Process. *European Food Research and Technology*, 245(3): 617-629.
- Horstmann, S. W., Lynch, K. M., and Arendt, E. K., 2017. Starch Characteristics Linked to Gluten-Free Products. *Foods*, 6(4): 29.
- Houben, A., Höchstötter, A., and Becker, T., 2012. Possibilities to Increase the Quality in Gluten-free Bread Production: An Overview. *European Food Research and Technology*, 235(2): 195-208.
- Houmich, T. B., and Admou, B., 2021. Celiac Disease: Understandings in Diagnostic, Nutritional, and Medicinal Aspects. *International Journal of Immunopathology and Pharmacology*, 35.
- Howdle, P. D., 2006. Gliadin, Glutenin or Both The Search for the Holy Grail in Coeliac Disease. *European Journal of Gastroenterology and Hepatology*, 18(7): 703-706.

- Hug-Iten, S., Conde-Petit, B., and Echer, F., 2001. Structural Properties of Starch in Bread and Bread Model Systems Influence of an Antistaling α -amylase. *Cereal Chemistry*, 78: 421–428.
- Hwang, J., Kim, D. K., Bae, J. H., Kang, S. H., Seo, K. M., Kim, B. K., and Lee, S. Y., 2012. The Effect of Rheological Properties of Foods on Bolus Characteristics After Mastication. *Annals of Rehabilitation Medicine*, 36(6): 776-784.
- Ivarsson, A., Persson, L.A., and Nyström, L., 2003. The Swedish Coeliac Disease Epidemic with a Prevailing Twofold Higher Risk in Girls Compared to Boys may Reflect Gender Specific Risk Factors. *European Journal of Epidemiology*, 18: 677-84.
- Jane, J., 2009. Structural Features of Starch Granules II. In *Starch: Chemistry and Technology*, 3rd ed.; BeMiller, J.N., Whistler, R.L., Eds.; Academic Press: Cambridge, MA, USA.
- Jha, A.B., Ashokkumar, K., Diapari, M., Ambrose, S.J., Zhang, H.X., Tar'an, B., Bett, K.E., Vandenberg, A., Warkentin, T.D., and Purves, R.W., 2015. Genetic Diversity of Folate Profiles in Seeds of Common Bean, Lentil, Chickpea, and Pea. *Journal of Food Composition and Analysis*, 42:134-140.
- Jin, A. L., Ozga, J. A., Lopes-Lutz, D., Schieber, A., and Reinecke, D. M., 2012. Characterization of Proanthocyanidins in Pea (*Pisum sativum* L.), Lentil (*Lens culinaris* L.), and Faba Bean (*Vicia faba* L.) Seeds. *Food Research International*, 46(2): 528-535.
- Johnson, N., Johnson, C. R., Thavarajah, P., Kumar, S., and Thavarajah, D., 2020. The Roles and Potential of Lentil Prebiotic Carbohydrates in Human and Plant Health. *Plants, People, Planet*, 2(4): 310-319.
- Joshi, M., Timilsena, Y., and Adhikari, B., 2017. Global Production, Processing and Utilization of Lentil: A review. *Journal of Integrative Agriculture*, 16(12): 2898-2913.

- Kahraman, G., 2016. Development of gluten-Free Bread Formulations Based on Chickpea Flour: Optimization of Formulation, Evaluation of Dough Properties and Bread Quality Doctoral Dissertation, Izmir, 111pp.
- Kahraman, G., Harsa, S., Casiraghi, M. C., Lucisano, M., and Cappa, C., 2022. Impact of Raw, Roasted and Dehulled Chickpea Flours on Technological and Nutritional Characteristics of Gluten-Free Bread. *Foods*, 11(2): 199.
- Kalogeropoulos, N., Chiou, A., Ioannou, M., Karathanos, V.T., Hassapidou, M., and Andrikopoulos, N.K., 2010. Nutritional Evaluation and Bioactive Microconstituents (Phytosterols, Tocopherols, Polyphenols, Triterpenic Acids) in Cooked Dry Legumes Usually Consumed in the Mediterranean Countries. *Food Chemistry*, 121: 682–690.
- Kamboj, R., and Nanda, V., 2018. Proximate Composition, Nutritional Profile and Health Benefits of Legumes-A review. *Legume Research: An International Journal*, 41(3).
- Karaköy, T., Demirbaş, A., Yörük, V., Toklu, F., Baloch, F. S., Aybegün, T. O. N., and Özkan, H., 2016. Sivas Ekolojik Koşullarında Soğuğa Dayanıklı Bezelye (*Pisum sativum* ssp. *sativum* L. ve ssp. *arvense* L.) Genotiplerinin Belirlenmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25: 171-176.
- Karaköy, T., ve Demirtaş, A., 2017. Sivas Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen Türkiye Orijinli Yerel Bezelye (*Pisum Sativum* L.) Genotiplerinin Bazı Besin Elementi İçerikleri Bakımından Değerlendirilmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(2): 7-11.
- Kaur, M., and Singh, N., 2005. Studies on Functional, Thermal and Pasting Properties of Flours from Different Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Cultivars. *Food Chemistry*, 91(3): 403-411.
- Kaur, R., and Prasad, K., 2021. Nutritional Characteristics and Value-Added Products of Chickpea (*Cicer arietinum*) A review. *Journal of Postharvest Technology*, 9(2): 1-13.

- Kelly, C. P., Bai, J. C., Liu, E., and Leffler, D. A., 2015. Advances in Diagnosis and Management of Celiac Disease. *Gastroenterology*, 148(6): 1175-1186.
- Kesici, Ö., 2019. Farklı Pişirme Yöntemlerinin Baklagillerin Enzime Dirençli Nişasta İçeriğine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Sakarya, 6s.
- Khatoon, N., and Prakash, J., 2004. Nutritional Quality of Microwave-Cooked and Pressure-Cooked Legumes. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 55(6): 441-448.
- Khattak, A. B., Zeb, A., and Bibi, N., 2008. Impact of Germination Time and Type of Illumination on carotenoid content, protein solubility and in vitro protein digestibility of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Sprouts. *Food Chemistry*, 109: 797–801.
- Kiskini, A., Argiri, K., Kalogeropoulos, M., Komaitis, M., Kostaropoulos, A., Mandala, I., and Kapsokefalou, M., 2007. Sensory Characteristics and Iron Dialyzability of Gluten-Free Bread Fortified with Iron. *Food Chemistry*, 102(1): 309-316.
- Kittisuban, P., Ritthiruangdej, P., and Supphantharika, M., 2014. Optimization of Hydroxypropylmethylcellulose, Yeast B-Glucan, and Whey Protein Levels Based on Physical Properties of Gluten-Free Rice Bread Using Response Surface Methodology. *Food Science and Technology*, 57(2): 738-748.
- Kohajdova, Z., and Karovicova, J., 2009. Application of Hydrocolloids as Baking Improvers. *Chemical Papers*. 63: 26-38.
- Kolettta, P., Irakli, M., Papageorgiou, M., and Skendi, A., 2014. Physicochemical and Technological Properties of Highly Enriched Wheat Breads with Wholegrain Non Wheat Fours. *Journal of Cereal Science*, 60:561–568.
- Komeroski, M. R., Homem, R.V., Schmidt, H.d.O., Rockett, F.C., de Lira, L., Vitória da Farias, D., Kist, T.L., Doneda, D., Rios, A.d.O., and Ruffo de Oliveira, V., 2021. Effect of Whey Protein and Mixed Flours on the Quality Parameters of Gluten-Free Breads. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 24.

- Korus, J., Witeczak, M., Ziobro, R., and Juszczak, L., 2009. The Impact of Resistant Starch on Characteristics of Gluten-Free Dough and Bread. *Food Hydrocolloids*, 23(3): 988-995.
- Kouris-Blazos, A., and Belski, R., 2016. Health Benefits of Legumes and Pulses with a Focus on Australian Sweet Lupins. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 25(1): 1-17.
- Krause, S., Keller, S., Hashemi, A., Descharles, N., Bonazzi, C., and Rega, B. 2022. From Flours to Cakes: Reactivity Potential of Pulse Ingredients to Generate Volatile Compounds Impacting the Quality of Processed Foods. *Food Chemistry*, 371: 131379.
- Kringel, D. H., Filipini, G. D. S., and Salas-Mellado, M. D. L. M., 2017. Influence of Phosphorylated Rice Flour on the Quality of Gluten-Free Bread. *International Journal of Food Science and Technology*, 52: 1291–1298.
- Krishnamurthy, K., Khurana, H. K., Soojin, J., Irudayaraj, J., and Demirci, A., 2008. Infrared Heating in Food Processing: an Overview. *Comprehensive Reviews in Food Science. Food Safety*, 7: 2–13.
- Kruk, J., Kaczmarczyk, K., Ptaszek, A., Goik, U., and Ptaszek, P., 2017. The Effect of Temperature on the Colligative Properties of Food-Grade Konjac Gum in Water Solutions. *Carbohydrate Polymers*, 174: 456-463.
- Krupa-Kozak, U., Baczek, N., and Rosell, C. M., 2013. Application of Dairy Proteins As Technological and Nutritional Improvers of Calcium-Supplemented Gluten-Free Bread. *Nutrients*, 5(11): 4503-4520.
- Kumari, T., and Deka, S. C., 2021. Potential Health Benefits of Garden Pea Seeds and Pods: A Review. *Legume Science*, 3(2): e82.
- Lazaridou A, Duta D., Papageorgiou, M., Belc, N., and Biliaderis, C., 2007. Effects of Hydrocolloids on Dough Rheology and Bread Quality Parameters in Gluten-Free Formulations. *Journal of Food Engineering*. 79(3):1033–1047.

- Le Thanh, M., Thibeaudeau, P., Thibaut, M. A., and Voilley, A., 1992. Interactions between Volatile and Non-Volatile Compounds in the Presence of Water. *Food Chemistry*, 43(2): 129-135.
- Levent, H., and Yeşil, S., 2019. The Effects of Drying Methods on the Quality of Turkish Noodle with Legume Flours. *Gıda*, 44(6): 1161-1173.
- Liber, M., Duarte, I., Maia, A.T., and Oliveira, H. R., 2021. The History of Lentil (*Lens culinaris subsp. culinaris*) Domestication and Spread as Revealed by Genotyping-Bysequencing of Wild and Landrace Accessions. *Frontiers in Plant Science*, 355.
- Lindeboom, N., Chang, P. R., and Tyler, R.T., 2004. Analytical, Biochemical and Physicochemical Aspects of Starch Granule Size, with Emphasis on Small Granule Starches: A Review. *Starch-Starke*, 56: 89–99.
- Lindfors, K., Ciacci, C., Kurppa, K., Lundin, K. E., Makharia, G. K., Mearin, M. L., and Kaukinen, K., 2019. Coeliac Disease. *Nature Reviews Disease Primers*, 5(1): 1-18.
- Lionetti, E., and Catassi, C., 2011. New Clues in Celiac Disease Epidemiology, Pathogenesis, Clinical Manifestations, and Treatment. *International Reviews of Immunology*, 30(4):219–31.
- Liu, L. H., Hung, T. V., and Bennett, L., 2008. Extraction and Characterization of Chickpea (*Cicer arietinum*) Albumin and Globulin. *Journal of Food Science*. 73(5): C299-C305.
- Liu, S., Yin, H., Pickard, M., and Ai, Y., 2020. Influence of Infrared Heating on the Functional Properties of Processed Lentil Flours: a Study Focusing on Tempering Period and Seed Size. *Food Research International*, 136: 109568.
- Liu, X., Mu, T., Sun, H., Zhang, M., Chen, J., and Fauconnier, M. L., 2018. Influence of Different Hydrocolloids on Dough Thermo-Mechanical Properties and in Vitro Starch Digestibility of Gluten-Free Steamed Bread Based on Potato Flour. *Food Chemistry*, 239: 1064–1074.

- Liu, Y., Ragaei, S., Marcone, M. F., and Abdel-Aal, E. S. M., 2020. Composition of Phenolic Acids and Antioxidant Properties of Selected Pulses Cooked with Different Heating Conditions. *Foods*, 9(7): 908.
- Liu, Z., and Scanlon, M. G., 2003. Predicting Mechanical Properties of Bread Crumb. *Food and Bioprocess Technology*, 81(3): 224-238.
- Livingstone, A. S., Feng, J. J., and Malleshi, N. G., 1993. Development and Nutritional Quality Evaluation of Weaning Foods Based on Malted, Popped and Roller Dried Wheat and Chickpea. *International Journal of Food Science and Technology*, 28(1): 35- 43.
- Ljustina, M., and Mikic, A., 2010. A Brief Review on the Early Distribution of Pea (*Pisum Sativum* L.) in Europe. *Ratarstvo i Povrtarstvo*, 47(2): 457-460.
- Lohi, S., Mustalahti, K., Kaukinen, K., Laurila, K., Collin, P., Rissanen, H., and Maki, M., 2007. Increasing Prevalence of Coeliac Disease Over Time. *Alimentary Pharmacology and Therapeutics*, 26(9): 1217-1225.
- Lopez-Cortez, M. D. S., Rosales-Martinez, P., Arellano-Cardenas, S., and Cornejo-Mazon, M., 2016. Antioxidants Properties and Effect of Processing Methods on Bioactive Compounds of Legumes. In *Grain legumes*.
- Losowsky, M. S., 2008. A History of Coeliac Disease. *Digestive Diseases*, 26(2): 112-120.
- Ludvigsson, J. F., and Murray, J. A., 2019. Epidemiology of Celiac Disease. *Gastroenterology Clinics*, 48(1): 1-18.
- Luo, S., and Koksel, F., 2020. Physical and Technofunctional Properties of Yellow Pea Flour and Bread Crumb Mixtures Processed with low Moisture Extrusion Cooking. *Journal of Food Science*, 85: 2688–2698.
- M El Sayed, K., Ahmed, M., Abu Donkol, A. S., and Younes, M. H., 2021. Prospective of Local Cereal and Pulses for Free Gluten Toast in Egypt. *Alexandria Journal of Agricultural Sciences*, 66(4): 105-119.

- Ma, Z., and J. I. Boye., 2018. Research Advances on Structural Characterization of Resistant Starch and Its Structure-Physiological Function Relationship: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 58(7): 1059-83.
- Maeda, T., Kikuma, S., Araki, T., Ikeda, G., Takeya, K., and Sagara, Y., 2009. The Effects of Mixing Stage and Fermentation Time on the Quantity of Flavor Compounds and Sensory Intensity of Flavor in White Bread. *Food Science Technology Research*, 15:117-126.
- Maghaydah, S., Abdul-Hussain, S., Ajo, R., Tawalbeh, Y., and Alsaydali, O., 2013. Utilization of Different Hydrocolloid Combinations in Gluten-Free Bread Making. *Food Nutrition and Science*, 4:496-502.
- Mahadevamma, S., and Tharanathan, R. N., 2004. Processing of Legumes: Resistant Starch and Dietary Fiber Contents. *Journal of Food Quality*, 27: 289-303.
- Mahmood, K., Kamilah, H., Shang, P.L., Sulaiman, S., Ariffin, F., and Alias, A.K., 2017. A Review: Interaction of Starch/Non-Starch Hydrocolloid Blending and the Recent Food Applications. *Food Bioscience*, 19: 110–120.
- Maki, M., 2014. Celiac Disease Treatment: Gluten-Free Diet and Beyond. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*. 59: 15–17.
- Makri, E., Papalamprou, E., and Doxastakis, G., 2005. Study of Functional Properties of Seed Storage Proteins from Indigenous European Legume Crops (Lupin, Pea, Broad Bean) in Admixture with Polysaccharides. *Food Hydrocolloids*, 19(3): 583-594.
- Mancebo, C.M., Martínez, M.M., Merino, C., de la Hera, E., and Gomez, M., 2017. Effect of Oil and Shortening in Rice Bread Quality: Relationship Between Dough Rheology and Quality Characteristics. *Journal of Texture Studies*, 48: 597-606.
- Mandala, I., Karabela, D., and Kostaropoulos, A., 2007. Physical Properties of Breads Containing Hydrocolloids Stored at Low Temperature. I. Effect of Chilling. *Food Hydrocolloids*, 21: 1397- 1406.

- Manik, L. C. M., and Nur, M., 2021. The Recent Development of Gluten-Free Bread Quality Using Hydrocolloids. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 733, 012101.
- Marciniak, M., Szymczak-Tomczak, A., Mahadea, D., Eder, P., Dobrowolska, A., and Krela-Kazmierczak, I., 2021. Multidimensional Disadvantages of A Gluten-Free Diet in Celiac Disease: A Narrative Review. *Nutrients*, 13(2): 643.
- Marco, C., and Rosell, C. M., 2008. Breadmaking Performance of Protein Enriched, Gluten-Free Breads. *European Food Research and Technology*, 227(4): 1205-1213.
- Marconi, E., Ruggeri, S., Cappelloni, M., Leonardi, D., and Carnovale, E., 2000. Physicochemical, Nutritional, and Microstructural Characteristic of Chickpeas (*Cicer arietinum* L.) and Common Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) Following Microwave Cooking. *Journal of Agricultura and Food Chemistry*. 48: 5986–5994.
- Marie, M., Rega, B., Cuvelier, M. E., Soto, P., and Giampaoli, P., 2013. Lipid Oxidation in Baked Products: Impact of Formula and Process on the Generation of Volatile Compounds. *Food Chemistry*, 141: 3510-18.
- Mariotti, M., Lucisano, M., Pagani, M. A., and Ng, P. K., 2009. The Role of Corn Starch, Amaranth Flour, Pea Ísolate, and Psyllium Flour on the Rheological Properties and the Ultrastructure of Gluten-Free Doughs. *Food Research International*, 42(8): 963-975.
- Markovic, I., Ilic, J., Markovic, D., Simonovic, V., and Kosanic, N., 2013. Color Measurement of Food Products Using CIE L* a* b* and RGB color space. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 4(1): 50-53.
- Martens, L. G., Nilsen, M. M., and Provan, F., 2017. Pea Hull Fibre: Novel and Sustainable Fibre with Important Health and Functional Properties. *EC Nutrition*, 10: 139–148.

- Martin-Cabrejas, M. A., Aguilera, Y., Pedrosa, M. M., Cuadrado, C., Hernandez, T., Diaz, S., and Esteban, R. M., 2009. The Impact of Dehydration Process on Antinutrients and Protein Digestibility of Some Legume Flours. *Food Chemistry*, 114(3): 1063-1068.
- Martin-Cabrejas, M. A., Diaz, M. F., Aguilera, Y., Benitez, V., Molla, E., and Esteban, R. M., 2008. Influence of Germination on the Soluble Carbohydrates and Dietary Fibre Fractions in Non-Conventional Legumes. *Food Chemistry*, 107(3): 1045-1052.
- Martinez, M. M., and Gomez, M., 2017. Rheological and Microstructural Evolution of the Most Common Gluten-Free Flours and Starches During Bread Fermentation and Baking. *Journal of Food Engineering*, 197: 78-86.
- Martinez-Castano, M., Lopera-Idarraga, J., Pazmino-Arteaga, J., and Gallardo-Cabrera, C., 2020. Evaluation of the Behaviour of Unripe Banana Flour with Non-Conventional Flours in the Production of Gluten-Free Bread. *Food Science and Technology International*, 26(2): 160-172.
- Martinez-Jimenez, F., Rodriguez-Sandoval, E., and Hernandez-Gomez, M. S., 2015. Impact of Carboxymethylcellulose and Water Addition on Baking Quality and Physicochemical Properties of Gluten-Free Bread. *Revista UDCA Actualidad and Divulgación Científica*, 18(2): 445-454.
- Mason, W. R., 2009. Starch Use in Foods (J. BeMiller and R. Whistler, Editors). *Starch: Chemistry and Technology*, 3 rd Edition, Academic Press, Oxford, pp. 879.
- Masure, H. G., Fierens, E., and Delcour, J. A., 2016. Current and Forward Looking Experimental Approaches in Gluten-Free Bread Making Research. *Journal of Cereal Science*, 67: 92-111.
- Mateos-Aparicio, I., Redondo-Cuenca, A., Villanueva-Suarez, M. J., Zapata-Revilla, M. A., and Tenorio-Sanz, M. D., 2010. Pea Pod, Broad Bean Pod and Okara, Potential Sources of Functional Compounds. *Food Science and Technology*, 43(9): 1467–1470.

- Matia-Merino, L., Prieto, M., Roman, L., and Gomez, M., 2019. The Impact of Basil Seed Gum on Native and Pregelatinized Corn Flour and Starch Gel Properties. *Food Hydrocolloids*, 89: 122–130.
- Matignon, A., and Tecante, A., 2017. Starch Retrogradation: From Starch Components to Cereal Products. *Food Hydrocolloids*, 68: 43-52.
- Matos, M. E., and Rosell, C. M., 2012. Relationship between Instrumental Parameters and Sensory Characteristics in Gluten-Free Breads. *European Food Research and Technology*, 235(1): 107-117.
- Matos, M. E., and Rosell, C. M., 2015. Understanding Gluten-Free Dough for Reaching Breads with Physical Quality and Nutritional Balance. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95: 653–661.
- Mccarthy, D. F., Gallagher, E., Gormley, T. R., Schober, T.J., and Arendt, E.K., 2005. Application of Response Surface Methodology in the Development of Gluten-Free Bread. *Cereal Chemistry*, 82: 609-615.
- Mearin, M. L., 2007. Celiac Disease Among Children and Adolescents. *Current Problems in Pediatric and Adolescent Health Care*, 37: 86-105.
- Mecha, E., Leitao, S. T., Carbas, B., Serra, A. T., Moreira, P. M., Veloso, M. M., and Bronze, M. R., 2019. Characterization of Soaking Process Impact in Common Beans Phenolic Composition: Contribute from the Unexplored Portuguese Germplasm. *Foods*, 8 (8): 296.
- Megusar, P., Stopar, D., Poklar Ulrih, N., Dogsa, I., and Prislan, I., 2022. Thermal and Rheological Properties of Gluten-Free, Starch-Based Model Systems Modified by Hydrocolloids. *Polymers*, 14(16): 3242.
- Mejri, F., Khoud, H. B., Njim, L., Baati, T., Selmi, S., Martins, A., and Hosni, K., 2019. In Vitro and In Vivo Biological Properties of Pea Pods (*Pisum sativum* L.). *Food Bioscience*, 32: 100482.

- Mekky, R. H., Fayed, M. R., El-Gindil, M. R., Abdel-Monem, A. R., Contreras, M. D., Segura-Carretero, A., and Abdel-Sattar, E., 2016. Hepatoprotective Effect and Chemical Assessment of a Selected Egyptian Chickpea Cultivar. *Frontiers in Pharmacology*, 7.
- Melini, F., Melini, V., Luziatelli, F., and Ruzzi, M., 2017. Current and Forward-Looking Approaches to Technological and Nutritional Improvements of Gluten-Free Bread with Legume Flours: A Critical Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(5): 1101-1122.
- Merga, B., and Haji, J., 2019. Economic Importance of Chickpea: Production, Value, and World Trade. *Cogent Food & Agriculture*, 5(1): 1615718.
- Mert, I. D., Sumnu, G., and Sahin, S., 2016. Microstructure of Gluten-Free Baked Products. In: *Imaging Technologies and Data Processing for Food Engineers* (edited by N. Sozer). New York, NY: Springer. Pp. 197–242
- Mezaize, S., Chevallier, S., Le Bail, A., and De Lamballerie, M., 2009. Optimization of Gluten-Free Formulations for French-Style Breads. *Journal of Food Science*, 74(3): E140-E146.
- Milan-Noris A. K., Gutierrez-Urbe J. A., Santacruz A., Serna-Saldivar S. O., and Martinez-Villaluenga, C., 2018. Peptides and Isoflavones in Gastrointestinal Digests Contribute to the Anti-Inflammatory Potential of Cooked or Germinated Desi and Kabuli Chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Food Chemistry*, 268: 66-76.
- Millar, K. A., Gallagher, E., Burke, R., McCarthy, S., and Barry-Ryan, C., 2019. Proximate Composition and Anti-Nutritional Factors of Fava-Bean (*Vicia faba*), Green-Pea and Yellow-Pea (*Pisum sativum*) flour. *Journal of Food Composition and Analysis*, 82: 103233.
- Minarro, B., 2013. Development of Gluten-free bread formulations, Universitat Autònoma de Barcelona. Msc Thesis, pp 65.

- Minarro, B., Normahomed, I., Guamis, B., and Capellas, M., 2010. Influence of Unicellular Protein on Gluten-Free Bread Characteristics. *European Food Research and Technology*, 231(2): 171-179.
- Minz, P. S., and Saini, C. S., 2021. Comparison of Computer Vision System and Colour Spectrophotometer for Colour Measurement of Mozzarella Cheese. *Applied Food Research*, 1(2): 100020.
- Mir, S. A., Shah, M. A., Naik, H. R., and Zargar, I. A., 2016. Influence of Hydrocolloids on Dough Handling and Technological Properties of Gluten-Free Breads. *Trends in Food Science and Technology*, 51: 49-57.
- Miranda-Ramos, K. C., Sanz-Ponce, N., and Haros, C. M., 2019. Evaluation of Technological and Nutritional Quality of Bread Enriched with Amaranth Flour. *Food Science and Technology*, 114: 108418.
- Mittal, R., Nagi, H. P. S., Sharma, P., and Sharma, S., 2012. Effect of Processing on Chemical Composition and Antinutritional Factors in Chickpea Flour. *Journal of Food Science and Engineering*, 2(3): 180.
- Miyazaki, M.R., Hung, P.V., Maeda, T., and Morita, N., 2006. Recent Advances in Application of Modified Starches for Breadmaking. *Trends Food Science and Technology*, 17: 591–599.
- Mlynekova, Z., Chrenkova, M., and Formelova, Z., 2014. Cereals and Legumes in Nutrition of People with Celiac. *International Journal of Celiac Disease*, 2: 105-109.
- Mo'ez Al-Islam, E. F., Mohammad, M. G., and Soliman, S., 2020. Lentils (*Lens culinaris* L.): A candidate Chemopreventive and Antitumor Functional Food. *Functional Foods in Cancer Prevention and Therapy*, 99-120.
- Mohammadi, M., Azizi, M. H., Neyestani, T. R., Hosseini, H., and Mortazavian, A. M., 2015. Development of Gluten-Free Bread Using Guar Gum and Transglutaminase. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 21: 1398-1402.

- Mohammadi, M., Sadeghnia, N., Azizi, M.H., Neyestani, T.R., and Mortazavian, A.M., 2014. Development of Gluten-Free Flat Bread using Hydrocolloids: Xanthan and CMC. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 20: 1812-1818.
- Mohammed, I., Ahmed, A.R., and Senge, B., 2012. Dough Rheology and Bread Quality of Wheat Chickpea Flour Blends. *Industrial Crops and Products*, 36: 196-202.
- Mondal, A., and Datta, A. K., 2008. Bread Baking A Review. *Journal of Food Engineering*, 86(4): 465-474.
- Montemurro, M., Pontonio, E., and Rizzello, C. G., 2021. Design of a “Clean-Label” Gluten-Free Bread to Meet Consumers Demand. *Foods*, 10(2): 462.
- Monthe, C.O., Grosmaire, L., Nguimbou, R.M., Dahdouh, L., Ricci, J., Tran, T., and Robert, N., 2019. Rheological and Textural Properties of Gluten-Free Doughs and Breads Based on Fermented Cassava, Sweet Potato and Sorghum Mixed Flours. *Food Science and Technology*, 101: 575–582.
- Moore, M. M., Schober, T. J., Dockery, P., and Arendt, E. K., 2004. Textural Comparisons of Gluten-Free and Wheat-Based Doughs, Batters, and Breads. *Cereal Chemistry*, 81(5): 567-575.
- Moreira, R., Chenlo, F., and Torres, M. D., 2013. Effect of Chia (*Sativa hispanica* L.) and Hydrocolloids on the Rheology of Gluten-Free Doughs Based on Chestnut Flour. *Food Science and Technology*, 50(1): 160-166.
- Moroni, A.V., Bello, F.D., and Arendt, E. K., 2009. Sourdough in Gluten-Free Bread-Making: An Ancient Technology to Solve a Novel Issue Food Microbiology. 26: 676–684.
- Morreale, F., Garzon, R., and Rosell, C. M., 2018. Understanding the Role of Hydrocolloids Viscosity and Hydration in Developing Gluten-Free Bread. A Study with Hydroxypropylmethyl cellulose. *Food Hydrocolloids*, 77: 629-635.

- Morris, J.B., M.L. Wang, M.A. Grusak., and Tonniss, B., 2013. Fatty Acid, Flavonol, and Mineral Composition Variability among Seven *Macrotyloma uniflorum* (Lam.) Verdc. accessions. *Agriculture-London* 3: 157-169.
- Moskowitz, M. R., Bin, Q., Elias, R. J., and Peterson, D. G., 2012. Influence of Endogenous Ferulic Acid in Whole Wheat Flour on Bread Crust Aroma. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(45): 11245-11252.
- Mudryu, A. N., Yu, N., and Aukema, H. M., 2014. Nutritional and Health Benefits of Pulses. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 39(11): 1197-1204.
- Murat, C., Bard, M. H., Dhalleine, C., and Cayot, N., 2013. Characterisation of Odour Active Compounds along Extraction Process from Pea Flour to Pea Protein Extract. *Food Research International*, 53(1): 31-41.
- Nagash, F., Gani, A., Gani, A., and Masoodi, F.A., 2017. Gluten-Free Baking: Combating the Challenges A Review. *Trends Food Science Technology*, 66: 98–107.
- Naji-Tabasi, S., and Mohebbi, M., 2015. Evaluation of Cress Seed Gum and Xanthan Gum Effect on Macrostructure Properties of Gluten-Free Bread by Image Processing. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 9(1): 110-119.
- Nassar, A. G., Mubarak, A. E., and El-Beltagy, A. E., 2008. Nutritional Potential and Functional Properties of Tempe Produced from Mixture of Different Legumes. Chemical Composition and Nitrogenous Constituent. *International Journal of Food Science and Technology*, 43(10): 1754-1758.
- Nevoral, J., 2014. Celiac Disease in Children: What Has Changed. *International Journal of Cell Biology*, 2(1):18–23.
- Ngemakwe, P. N., Le Roes-Hill, M., and Jideani, V. A., 2015. Advances in Gluten-Free Bread Technology. *Food Science and Technology International*, 21(4): 256-276.

- Niewinski, M. M., 2008. Advances in Celiac Disease and Gluten-Free Diet. *Journal of the American Dietetic Association*, 108(4): 661-672.
- Nip, W. K., 2007. Sweeteners. In. *Bakery Products Science and Technology*. Blackwell Publishing.
- Niranjana Prabhu, T., and Prashantha, K., 2018. A Review on Present Status and Future Challenges of Starch Based Polymer Films and Their Composites in Food Packaging Applications. *Polymer Composites*, 39(7): 2499-2522.
- Nishinari K., and Zhang, H., 2004. Recent Advances in the Understanding of Heat Set Gelling Polysaccharides. *Trends in Food Science and Technology*, 15: 305-312.
- Nosworthy, M. G., Medina, G., Franczyk, A. J., Neufeld, J., Appah, P., Utioh, A., and House, J. D., 2018. Effect of Processing on the in Vitro and in Vivo Protein Quality of Red and Green Lentils (*Lens culinaris*). *Food Chemistry*, 240: 588-593.
- Nugent, A. P., 2005. Health Properties of Resistant Starch. *Nutrition Bulletin*, 30(1): 27-54.
- Numfon, R., 2017. Effects of Different Hydrocolloids on Properties of Gluten-Free Bread Based on Small Broken Rice Berry Flour. *Food Science and Technology International*, 23(4): 310-317.
- Ofuya, Z.M., and Akhidue, V., 2005. The Role of Pulses in Human Nutrition- A Review. *Journal of Applied Sciences and Environmental Managemen*, 9(3): 99-104.
- Oghbaei, M., and Prakash, J., 2016. Effect of Primary Processing of Cereals and Legumes on its Nutritional Quality: A Comprehensive Review. *Cogent Food and Agriculture*, 2: 1136015.
- Onyango, C., Mutungi, C., Unbehend, G., and Lindhauer, M. G., 2011. Modification of Gluten-Free Sorghum Batter and Bread Using Maize, Potato, Cassava or Rice Starch. *Food Science and Technology*, 44(3): 681-686.

- Oomah, B. D., Cardador-Martínez, A., and Loarca-Pina, G., 2005. Phenolics and Antioxidative Activities in Common Beans (*Phaseolus vulgaris* L). Journal of the Science of Food and Agriculture, 85(6): 935-942.
- Oomah, B. D., Caspar, F., Malcolmson, L. J., and Bellido, A. S., 2011. Phenolics and Antioxidant Activity of Lentil and Pea Hulls. Food Research International, 44(1): 436-441.
- Oraguzie, N., Alspach, P., Volz, R., Whitworth, C., Ranatunga, C., Weskett, R., and Harker, R., 2009. Postharvest Assessment of Fruit Quality Parameters in Apple Using both Instruments and an Expert Panel. Postharvest Biology and Technology, 52(3): 279-287.
- Ouazib, M., Garzon, R., Zaidi, F., and Rosell, C. M., 2016. Germinated, Toasted And Cooked Chickpea as Ingredients for Breadmaking. Journal of Food Science and Technology, 53(6): 2664-2672.
- Ozkoc, S. O., and Seyhun, N., 2015. Effect of Gum Type and Flaxseed Concentration on Quality of Gluten-Free Breads Made from Frozen Dough Baked in Infrared-Microwave Combination Oven. Food and Bioprocess Technology, 8(12): 2500-2506.
- Ozturk, O. K., and Mert, B., 2018. The Effects of Microfluidization on Rheological and Textural Properties of Gluten-Free Corn Breads. Food Research International, 105: 782-792.
- Paciulli, M., Ganino, T., Carini, E., Pellegrini, N., Pugliese, A., and Chiavaro, E., 2016. Effect of Different Cooking Methods on Structure and Quality of Industrially Frozen Carrots. Journal of Food Science and Technology, 53(5): 2443-2451.
- Pacynski, M., Wojtasiak, R. Z., and Mildner-Szkudlarz, S., 2015. Improving the Aroma of Gluten-Free Bread. LWT-Food Science and Technology, 63(1): 706-713.

- Padalino, L., Mastromatteo, M., Sepielli, G., and Del Nobile, M. A., 2011. Formulation Optimization of Gluten-Free Functional Spaghetti Based on Maize Flour and Oat Bran Enriched in β -Glucans. *Materials*, 4: 2119–2135.
- Padhi, E.M.T., Liu, R., Hernandez, M., Tsao, R., and Ramdath, D. D., 2016. Total Polyphenol Content, Carotenoid, Tocopherol and Fatty Acid Composition of Commonly Consumed Canadian Pulses and Their Contribution to Antioxidant Activity. *Journal of Functional Foods*, 602–611
- Papandreou, C., Becerra-Tomas, N., Bullo, M., Martinez-Gonzalez, M. A., Corella, D., Estruch, R. and Salas-Salvado, J., 2019. Legume Consumption and Risk of All-Cause, Cardiovascular, and Cancer Mortality in the Predimed study. *Clinical Nutrition*, 38(1): 348-356.
- Papanikolaou, Y., and Fulgoni III, V. L., 2008. Bean Consumption Is Associated with Greater Nutrient Intake, Reduced Systolic Blood Pressure, Lower Body Weight, and A Smaller Waist Circumference in Adults: Results from The National Health and Nutrition Examination Survey 1999-2002. *Journal of the American College of Nutrition*, 27(5): 569-576.
- Paraskevopoulou, A., Chrysanthou, A., and Koutidou, M., 2012. Characterisation of Volatile Compounds of Lupin Protein Isolate-Enriched Wheat Flour Bread, *Food Research International*, 48 (2): 568–577.
- Pareyt, B., Finnie, S.M., Putseys, J.A., and Delcour, J.A., 2011. Lipids in Bread Making: Sources, Interactions, and Impact on Bread Quality. *Journal of Cereal Science*, 54: 266–279.
- Parker, J. K., Hassell, G. M. E., Mottram, D. S., and Guy, R. C. E., 2000. Sensory and Instrumental Analyses of Volatiles Generated during the Extrusion Cooking of Oat Flours. *Journal Agricultural Food Chemistry*, 48 (8): 3497–3506.

- Pasqualone, A., Costantini, M., Faccia, M., Difonzo, G., Caponio, F., and Summo, C., 2022. The Effectiveness of Extruded-Cooked Lentil Flour in Preparing a Gluten-Free Pizza with Improved Nutritional Features and a Good Sensory Quality. *Foods*, 11(3): 482.
- Pateras, I. M.C., 2007. Bread Spoilage and Staling. In: Cauvain SP, Young LS, editors. *Technology of Bread Making*. New York: Springer, 35:275–99.
- Patil, S., and Arya, S. S., 2019. Characterization of Gluten Free Flatbread: Quality Improvement by the Addition of Hydrocolloids and Emulsifiers Using Simplex Centroid Design. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13(1): 821-830.
- Pattanaik, A. K., and Kore, K. B., 2022. Partial Replacement of Soybean Meal with Red Gram and Lentil As Vegetable Proteins in Limited Ingredients Homemade Diets for Pet Dogs. *Legume Science*, 4(2): e119.
- Patterson, C.A., Maskus, H., and Dupasquier, C., 2009. Pulse Crops for Health. *Cereal Food World*, 54(3): 108.
- Pedrosa, M., Cuadrado, C., Burbano, C., Muzquiz, M., Cabellos, B., Olmedilla-Alonso, B., and Asensio-Vegas, C., 2015. Effects of Industrial Canning on the Proximate Composition, Bioactive Compounds Contents and Nutritional Profile of Two Spanish Common Dry Beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Chemistry*, 166: 68-75.
- Pekşen, E., ve Artık, C., 2005. Antibesinsel Maddeler ve Yemeklik Tane Baklagillerin Besleyici Değerleri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 20(2): 110-120.
- Perera, A., Meda, V. ,and Tyler, R., 2010. Resistant starch: A Review of Analytical Protocols For Determining Resistant Starch and of Factors Affecting the Resistant Starch Content of Foods. *Food Research International*, 43:1959-1974.

- Peressini, D., Pin, M., and Sensidoni, A., 2011. Rheology and Breadmaking Performance of Rice-Buckwheat Batters Supplemented with Hydrocolloids. *Food Hydrocolloids*, 25(3): 340-349.
- Perri, G., Coda, R., Rizzello, C. G., Celano, G., Ampollini, M., Gobbetti, M., and Calasso, M., 2021. Sourdough Fermentation of Whole and Sprouted Lentil Flours: in Situ Formation of Dextran and Effects on the Nutritional, Texture and Sensory Characteristics of White Bread. *Food Chemistry*, 355: 129638.
- Perrotta, G., and Guerrieri, E., 2022. Celiac Disease: Definition, Classification, Historical and Epistemological Profiles, Anatomopathological Aspects, Clinical Signs, Differential Diagnosis, Treatments and Prognosis. Proposed Diagnostic Scheme For Celiac Disease (DSCNC). *Archives of Clinical Gastroenterology*, 8(1): 008-019.
- Petitot, M., Boyer, L., Minier, C., and Micard, V., 2010. Fortification of Pasta with Split Pea and Faba Bean Flours: Pasta Processing and Quality Evaluation. *Food Research International*, 43(2): 634-641.
- Pico, J., Bernal, J., and Gomez, M., 2015. Wheat Bread Aroma Compounds in Crumb and Crust: A review. *Food Research International*, 75: 200-215.
- Pico, J., Martínez, M. M., Bernal, J., and Gomez, M., 2017. Evolution of Volatile Compounds in Gluten-Free Bread: From Dough to Crumb. *Food Chemistry*, 227: 179-186.
- Pico, J., Reguilon, M. P., Bernal, J. and Gomez, M., 2019. Effect of Rice, Pea, Egg White and Whey Proteins on Crust Quality of Rice Flour-Corn Starch Based Gluten-Free Breads. *Journal of Cereal Science*, 86: 92-101.
- Pittaway, J. K., Robertson, I. K., and Ball, M. J., 2008. Chickpeas may Influence Fatty Acid and Fiber Intake in an Ad Libitum Diet, Leading to Small Improvements in Serum Lipid Profile and Glycemic Control. *Journal of the American Dietetic Association*, 108(6): 1009-1013.

- Poinot, P., Arvisenet, G., Grua-Priol, J., Fillonneau, C., and Prost, C., 2009. Use of an Artificial Mouth to Study Bread Aroma. *Food Research International*, 42: 717-726.
- Portman, D., Dolgow, C., Maharjan, P., Cork, S., Blanchard, C., and Naiker, M., 2020. Frost-Affected Lentil (*Lens culinaris* M.) Compositional Changes Through Extrusion: Potential Application for the Food Industry. *Cereal Chemistry*, 97: 818–826.
- Pozo-Bayon, M. A., Guichard, E., and Cayot, N., 2006. Flavor Control in Baked Cereal Products. *Food Reviews International*, 22(4): 335-379.
- Prajapati, A., Singh, R. P., Kumar, B., Kewat, R. N., and Bahadur, R., 2020. Biochemical Studies and Anti-Nutritional Factors of Lentil (*Lens culinaris medik*) Varieties. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(4): 1490-1493.
- Prost, C., Poinot, P., Rannou, C., and Arvisenet, G., 2012. Bread Aroma (S.P. Cauvain, Editor), *Breadmaking Improving Quality*, 2 nd Edition, Woodhead Publishing, pp. 523- 561.
- Purlis, E., and Salvadori, V. O., 2009. Modelling the Browning of Bread during Baking. *Food Research International*, 42: 865–870.
- Queiroz-Monici, K. D. S., Costa, G. E., da Silva, N., Reis, S. M., and de Oliveira, A. C., 2005. Bifidogenic Effect of Dietary Fiber and Resistant Starch from Leguminous on the Intestinal Microbiota of Rats. *Nutrition*, 21(5): 602-608.
- Quilez, J., Ruiz, J. A., and Romero, M.P., 2006. Relationships between Sensory Flavor Evaluation and Volatile and Nonvolatile Compounds in Commercial Wheat Bread Type Baguette. *Journal of Food Science* 71: S423-S427.
- Rachwat, R.D., Nebesny, E., and Budryn, G., 2015. Chickpeas Composition, Nutritional Value, Health Benefits, Application to Bread and Snacks: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55:1137–1145.

- Raffo, A., Carcea, M., Castagna, C., and Magri, A., 2015. Improvement of a Headspace Solid Phase Microextraction-Gas Chromatography/Mass Spectrometry Method for the Analysis of Wheat Bread Volatile Compounds. *Journal of Chromatography A*, 1406: 266-278.
- Rai, S., Kaur, A., and Chopra, C.S., 2018. Gluten-Free Products for Celiac Susceptible People. *Frontiers in Nutrition*, 5: 116.
- Rajhi, I., Baccouri, B., Rajhi, F., Mhadhbi, H., and Flamini, G., 2021. Monitoring the Volatile Compounds Status of Whole Seeds and Flours of Legume Cultivars. *Food Bioscience*, 41: 101105.
- Ramírez-Ojeda, A. M., Moreno-Rojas, R., and Camara-Martos, F., 2018. Mineral and Trace Element Content in Legumes (Lentils, Chickpeas and Beans): Bioaccessibility and Probabilistic Assessment of the Dietary Intake. *Journal of Food Composition and Analysis*, 73: 17-28.
- Rao, P. U., and Deosthale, Y. G., 1982. Tannin Content of Pulses: Varietal Differences and Effects of Germination and Cooking. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 33(10): 1013-1016.
- Ratcliffe, I., Williams, P. A., English, R. J., and Meadows, J., 2013. Small Strain Deformation Measurements of Konjac Glucomannan Solutions and the Influence of Borate Cross-Linking. *Carbohydrate Polymers*, 95(1): 272-281.
- Ravi, R., and Harte, J. B., 2009. Milling and Physicochemical Properties of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Varieties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(2): 258-266.
- Rebello, C. J., Greenway, F. L., and Finley, J. W., 2014. A Review of the Nutritional Value of Legumes and Their Effects on Obesity and Its Related Co-Morbidities. *Obesity Reviews*, 15(5): 392-407.
- Renzetti, S., and Rosell, C.M., 2016. Role of Enzymes in Improving the Functionality of Proteins in Non-Wheat Dough Systems. *Journal of Cereal Science*, 67: 35-45.

- Renzetti, S., Dal Bello, F., and Arendt, E. K., 2008. Microstructure, Fundamental Rheology and Baking Characteristics of Batters and Breads from Different Gluten-Free Flours Treated with A Microbial Transglutaminase. *Journal of Cereal Science*, 48(1): 33-45.
- Revilla, I., Lastras, C., Gonzalez-Martín, M. I., Vivar-Quintana, A. M., Morales-Corts, R., Gomez-Sanchez, M. A., and Perez-Sanchez, R., 2019. Predicting the Physicochemical Properties and Geographical Origin of Lentils Using near Infrared Spectroscopy. *Journal of Food Composition and Analysis*, 77: 84-90.
- Rewers, M., 2005. Epidemiology of Celiac Disease: What are the Prevalence, Incidence, and Progression of Celiac Disease?. *Gastroenterology*, 128(4): 47-51.
- Reyes-Moreno, C., Okamura-Esparza, J., Armienta-Rodelo, E., Gomez-Garza, R., and Milan-Carrillo, J., 2000. Hard-to-Cook Phenomenon in Chickpeas (*Cicer arietinum* L): Effect of Accelerated Storage on Quality. *Plant Foods for Human Nutrition*, 55(3): 229–241.
- Roberfroid, M., and Slavin, J., 2000. Nondigestible Oligosaccharides. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 40(6): 461–480.
- Rocchetti, G., Lucini, L., Chiodelli, G., Giuberti, G., Montesano, D., Masoero, F., and Trevisan, M. 2017. Impact of Boiling on Free and Bound Phenolic Profile and Antioxidant Activity of Commercial Gluten-Free Pasta. *Food Research International*, 100: 69-77.
- Rochfort, S., and Panozzo, J., 2007. Phytochemicals for Health, the Role of Pulses. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55: 7981-7994.
- Rodriguez, C., Frias, J., Vidal-Valverde, C., and Hernandez, A., 2008. Correlations between Some Nitrogen Fractions, Lysine, Histidine, Tyrosine, and Ornithine Contents During the Germination of Peas, Beans, and Lentils. *Food Chemistry*, 108:245–252.

- Roland, W. S., Pouvreau, L., Curran, J., van de Velde, F., and de Kok, P. M., 2017. Flavor Aspects of Pulse Ingredients. *Cereal Chemistry*, 94(1): 58-65.
- Roman, L., Belorio, M., and Gomez, M., 2019. Gluten-Free Breads: The Gap between Research and Commercial Reality. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(3): 690-702.
- Rosell, C. M., Rojas, J. A., and De Barber, C. B., 2001. Influence of Hydrocolloids on Dough Rheology and Bread Quality. *Food Hydrocolloids*, 15(1): 75-81.
- Rosell, C.M., Collar, C., and Haros, M., 2007. Assessment of Hydrocolloid Effects on the Thermo-Mechanical Properties of Wheat Using the Mixolab. *Food Hydrocolloids*. 21(3): 452-462.
- Rosell, C.M., Yokoyama, W., and Shoemaker, C., 2011. Rheology of Different Hydrocolloids-Rice Starch Blends. Effect of Successive Heating-Cooling Cycles. *Carbohydrate Polymers*, 84: 373–382.
- Rostamian, M., Milani, J. M., and Maleki, G., 2014. Physical Properties of Gluten-Free Bread Made of Corn and Chickpea Flour. *International Journal of Food Engineering*, 10(3): 467-472
- Rozylo, R., Dziki, D., Gawlik-Dziki, U., Cacak-Pietrzak, G., Mis, A., and Rudy, S., 2015. Physical Properties of Gluten-Free Bread Caused by Water Addition. *International Agrophysics*, 29(3): 353-364.
- Ruiz, J. A., Quilez, J., Mestres, M., and Guasch, J., 2003. Solid-Phase Micro-Extraction Method for Headspace Analysis of Volatile Compounds in Bread Crumb. *Cereal Chemistry*, 80: 255–259.
- Rühmkorf, C., Rübsam, H., Becker, T., Bork, C., Voiges, K., Mischnick, P., and Vogel, R. F., 2012. Effect of Structurally Different Microbial Homoexopolysaccharides on the Quality of Gluten-Free Bread. *European Food Research and Technology*, 235(1): 139-146.

- Ryan, E., Galvin, K., O'Connor, T.P., Maguire, A.R., and O'Brien, N.M., 2007. Phytosterol, Squalene, Tocopherol Content and Fatty Acid Profile of Selected Seeds, Grains, and Legumes. *Plant Foods for Human Nutrition*, 62 :85–91.
- Saafi, E. B., El Arem, A., Issaoui, M., Hammami, M., and Achour, L., 2009. Phenolic Content and Antioxidant Activity of Four Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.) Fruit Varieties Grown in Tunisia. *International Journal of Food Science and Technology*, 44(11): 2314-2319.
- Sabanis, D., and Tzia, C., 2011. Effect of Hydrocolloids on Selected Properties of Gluten-Free Dough and Bread. *Food Science and Technology International*, 17: 279–291.
- Saha, D., and Bhattacharya, S., 2010. Hydrocolloids as Thickening and Gelling Agents in Food: A Critical Review. *Journal of Food Science and Technology*. 47: 587–597.
- Sahu U., Prasad K., Sahoo P., and Sahu B. B., 2014. Studies on Engineering Properties of Raw and Roasted Pulses. *International Journal of Processing and Post Harvest Technology*, 5(2): 184-188.
- Salçın, N., ve Ercoşkun, H., 2021. Diyet Lifi ve Sağlık Açısından Önemi. *Akademik Gıda*, 19(2): 234-243.
- Salehi, F., 2019. Improvement of Gluten-Free Bread and Cake Properties Using Natural Hydrocolloids: A Review. *Food Science and Nutrition*, 7: 3391–3402.
- Salmenkallio-Marttila, M., Roininen, K., Autio, K., and Lhteenmakı, L., 2004. Effects of Gluten and Transglutaminase on Microstructure, Sensory Characteristics and Instrumental Texture of Oat Bread. *Agricultural Food Science*, 13 138–150.
- Salovaara, H., 1982. Sensory Limitations to Replacement of Sodium with Potassium and Magnesium in Bread. *Cereal Chemistry*, 59: 427-430.

- Sanchez, H.D., Osella, C.A., and De La Torre, M.A., 2002. Optimisation of Gluten-Free Bread Prepared from Corn Starch, Rice Flour and Cassava Starch. *Journal of Food Science* 67: 416–419.
- Sanchez-Chino, X., Jimenez-Martínez, C., Davila-Ortiz, G., Alvarez-Gonzalez, I., and Madrigal-Bujaidar, E., 2015. Nutrient and Nonnutrient Components of Legumes, and Its Chemopreventive Activity: A Review. *Nutrition and Cancer*, 67(3): 401-410.
- Sant'Anna, V., Gurak, P. D., Marczak, L. D. F., and Tessaro, I. C., 2013. Tracking Bioactive Compounds with Colour Changes in Foods A review. *Dyes and Pigments*, 98(3): 601-608.
- Santos, F. G., Aguiar, E. V., Centeno, A. C. L., Rosell, C. M., and Capriles, V. D., 2020. Effect of Added Psyllium and Food Enzymes on Quality Attributes and Shelf Life of Chickpea-Based Gluten-Free Bread. *Food Science and Technology*, 134: 110025.
- Sanz-Penella, J. M., Wronkowska, M., Soral-Smietana, M., Collar, C., and Haros, M., 2010. Impact of the Addition of Resistant Starch from Modified Pea Starch on Dough and Bread Performance. *European Food Research and Technology*, 231(4): 499-508.
- Sarawong, C., Gutierrez, Z. R., Berghofer, E., and Schoenlechner, R., 2014. Effect of Green Plantain Flour Addition to Gluten-Free Bread on Functional Bread Properties and Resistant Starch Content. *International Journal of Food Science and Technology*, 49(8): 1825-1833.
- Saricaoglu, F. T., 2020. Application of High-Pressure Homogenization (HPH) to Modify Functional, Structural and Rheological Properties of Lentil (*Lens Culinaris*) Proteins. *International Journal of Biological Macromolecules*, 144: 760-769.
- Sarkar, N., and Walker, L.C., 1995. Hydration-Dehydration Properties of Methylcellulose and Hydroxypropylmethylcellulose. *Carbohydrate Polymers*, 27: 177–185.

- Sayar, S., ve Karataş, S. Ç., 2017. Nohutta Tane (Tohum) Kabuğunun Tüm Tanenin Fiziksel, Kimyasal ve Beslenme Özellikleri Üzerine Etkisi. Gıda, 42(4): 468-476.
- Schirmer, M., Höchstötter, A., Jekle, M., Arendt, E., and Becker, T., 2012. Physicochemical and Morphological Characterization of Different Starches with Variable Amylose/Amylopectin Ratio. Food Hydrocolloids, 32: 52-63.
- Schneider, R., Rauzungles, A., Augier, C., and Baumes, R., 2001. Monoterpenic and Norisoprenoid Glycoconjugates of *Vitis vinifera* L. cv. Melon B. As Precursors of Odorants in Muscadet Wines, Journal of Chromatography. 936: 145-157.
- Schober, T. J., Messerschmidt, M., Bean, S. R., Park, S. H., and Arendt, E. K., 2005. Gluten-Free Bread from Sorghum: Quality Differences among Hybrids. Cereal Chemistry, 82(4): 394-404.
- Schwall, G.P., Safford, R., Westcott, R.J., Jeffcoat, R., Tayal, A., Shi, Y.-C., Gidley, M. J., and Jobling, S. A., 2000. Production of Very-High-Amylose Potato Starch by Inhibition of SBE A and B. Nature Biotechnology, 18: 551-554.
- Sciarini, L. S., Ribotta, P. D., Leon, A. E., and Perez, G. T., 2010. Effect of Hydrocolloids on Gluten-Free Batter Properties and Bread Quality. International Journal of Food Science and Technology, 45(11): 2306-2312.
- Segev, A., Badani, H., Kapulnik, Y., Shomer, I., Oren-Shamir, M., and Galili, S., 2010. Determination of Polyphenols, Flavonoids, and Antioxidant Capacity in Colored Chickpea (*Cicer arietinum* L.). Journal of Food Science, 75(2): 2-6.
- Sehgal, A., Sita, K., Rehman, A., Farooq, M., Kumar, S., Yadav, R., and Siddique, K. H. 2021. Lentil. in Crop Physiology Case Histories for Major Crops. Academic Press, 408-428.

- Seitz, L. M., Chung, O. K., and Rengarajan, R., 1998. Volatiles in Selected Commercial Breads. *Cereal Chemistry*, 75: 847-853.
- Selli, S., and Kelebek, H., 2011. Aromatic Profile and Odor-Activity Value of Blood Orange Juices Obtained from Moro and Sanguinello (*Citrus sinensis* L. Osbeck), *Industrial Crops and Products*, 33: 727–733.
- Selomulyo, V. O., and Zhou, W., 2007. Frozen Bread Dough: Effects of Freezing Storage and Dough Improvers. *Journal of Cereal Science*, 45(1): 1-17.
- Sen Gupta, D., Thavarajah, D., Knutson, P., Thavarajah, P., McGee, R.J., Coyne, C.J., and Kumar, S., 2013. Lentils (*Lens culinaris* L.) a Rich Source of Folate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61: 7794-7799.
- Shahidi, F., and Ambigaipalan, P., 2015. Phenolics and Polyphenolics in Foods, Beverages and Spices: Antioxidant Activity and Health Effects—A Review. *Journal of Functional Foods*, 18: 820-897.
- Sharadanant, R., and Khan, K., 2003. Effect of Hydrophilic Gums on the Quality of Frozen Dough: II. Bread Characteristics. *Cereal Chemistry*: 80: 773-780.
- Sharma, H., Ramawat, N., ve Gupta, C., 2022. Nutritive Content of Lentil. *Journal of Nutritional Health and Food Engineering*, 12(1): 27-32.
- Shih, C. K., Chen, S. H., Hou, W. C., and Cheng, H. H., 2007. A High-Resistance-Starch Rice Diet Reduces Glycosylated Hemoglobin Levels and Improves the Antioxidant Status in Diabetic Rats. *Food Research International*, 40(7): 842-847.
- Shin, D.J., Kim, W., and Kim, Y., 2013. Physicochemical and Sensory Properties of Soy Bread Made with Germinated, Steamed, and Roasted Soy Flour. *Food Chemistry*, 141: 517–523.
- Shittu, T.A., Aminu, R.A., and Abulude, E.O., 2009. Functional Effects of Xanthan Gum on Composite Cassava-Wheat Dough and Bread. *Food Hydrocolloids*, 23: 2254-2260.

- Sikora, M., Tomasik, P., and Krystyjan, M., 2010. Characterization of Potato Starch Fractions and Their Interaction with Hydrocolloids. *Starch-Starke*, 62: 341–349.
- Sim, S. Y., Aziah, A. N., and Cheng, L. H., 2011. Characteristics of Wheat Dough and Chinese Steamed Bread Added with Sodium Alginates or Konjac Glucomannan. *Food Hydrocolloids*, 25(5): 951-957.
- Simic, M., Zilic, S., Simuruna, O., Filipcev, B., Skrobot, D., and Vancetovic, J., 2018. Effects of Anthocyanin-Rich Popping Maize Flour on the Phenolic Profile and the Antioxidant Capacity of Mix-Bread and Its Physical and Sensory Properties. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 68(4): 299–308.
- Simon, E., Larretxi, I., Churrua, I., Lasa, A., Bustamante, M. A., Navarro, V., and Miranda, J., 2017. Nutritional and Analytical Approaches of Gluten-Free Diet in Celiac Disease (Vol. 1). Berlin, Germany: Springer International Publishing.
- Simons, C. W., and Hall III, C., 2018. Consumer Acceptability of Gluten-Free Cookies Containing Raw Cooked and Germinated Pinto Bean Flours. *Food Science and Nutrition*, 6(1): 77-84.
- Singh, B., Singh, J. P., Kaur, A., and Singh, N., 2017. Phenolic Composition and Antioxidant Potential of Grain Legume Seeds: A Review. *International Food Research Journal*, 101: 1-16.
- Singh, P., Arora, A., Strand, T. A., Leffler, D. A., Catassi, C., Green, P. H., and Makharia, G. K., 2018. Global Prevalence of Celiac Disease: Systematic Review and Meta-Analysis. *Clinical Gastroenterology and Hepatology*, 16(6): 823-836.
- Singleton, V. L., and Rossi, J. A., 1965. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3): 144-158.

- Sivaramakrishnan, H.P., Senge, B., and Chattopadhyay, P.K., 2004. Rheological Properties of Rice Dough for Making Rice Bread. *Journal of Food Engineering*, 62: 37–45.
- Skara, N., Novotni, D., Cukelj, N., Smerdel, B., and Curic, D., 2013. Combined Effects of Inulin, Pectin and Guar Gum on the Quality and Stability of Partially Baked Frozen Bread. *Food Hydrocolloids*, 30(1): 428-436.
- Skendi, A., Papageorgiou, M., and Varzakas, T., 2021. High Protein Substitutes for Gluten in Gluten-Free Bread. *Foods*, 10(9): 1997.
- Slavin, J., 2003. Impact of the Proposed Definition of Dietary Fiber on Nutrient Databases. *Journal of Food Composition and Analysis*, 16(3): 287–291
- Sluimer, P., 2005. Principles of Breadmaking. Functionality of Raw Materials and Process Steps. St. Paul: American Association of Cereal Chemists Inc. pp 224.
- Smidova, Z., and Rysova, J., 2022. Gluten-Free Bread and Bakery Products Technology. *Foods*, 11(3): 480.
- Smith, B. M., Bean, S. R., Herald, T. J., and Aramouni, F. M., 2012. Effect of HPMC on the Quality of Wheat-Free Bread Made from Carob Germ Flour-Starch Mixtures. *Journal of Food Science*, 77(6): 684-689.
- Soya, S., ve Ün, C., 2014. Çölyak Hastalığındaki Moleküler ve Genetik Gelişmeler. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*, 57: 274-282.
- Sreerama, Y. N., Sashikala, V. B., and Pratapa, V. M., 2012. Phenolic Compounds in Cowpea and Horse Gram Flours in Comparison to Chickpea Flour: Evaluation of Their Antioxidant and Enzyme Inhibitory Properties Associated with Hyperglycemia and Hypertension. *Food Chemistry*, 133(1): 156-162.
- Stantiall, S. E., and Serventi, L., 2018. Nutritional and Sensory Challenges of Gluten-Free Bakery Products: A Review. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 69(4): 427-436.

- Sudha, M. L., and Leelavathi, K., 2012. Effect of Blends of Dehydrated Green Pea Flour and Amaranth Seed Flour on the Rheological, Microstructure and Pasta Making Quality. *Journal of Food Science and Technology*, 49(6): 713-720.
- Suliburska, J., Krejpcio, Z., Reguła, J., and Grochowicz, A., 2013. Evaluation of the Content and the Potential Bioavailability of Minerals from Gluten-Free Products. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 12(1): 75-80.
- Sworn, G., 2009. Xanthan Gum (P. Williams and G. Philips, Editors). *Handbook of Hydrocolloids*, 2 nd Edition. Woodhead Publishing, pp. 186-203.
- Szczesniak, A. S., 2002. Texture is a Sensory Property. *Food Quality Preference*, 13: 215-225.
- Şahin, Ö. Y., Kamal, H., Yaşar, A. M., ve Kaya, E. Ş., 2021. Çölyak Hastaları için Meşe Palamudu Meyvesinden Glutensiz Diş Macunu Elde Edilmesi ve Analizi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 21(6): 1453-1459.
- Takigami, S., 2009. Konjac Mannan. In *Handbook of Hydrocolloids* (pp. 889-901). Woodhead Publishing. s. 413-424.
- Talari, A., and Shakappa, D., 2018. Role of Pigeon Pea (*Cajanus cajan* L.) in Human Nutrition and Health: A review. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 37(3): 212-220.
- Tan, Y., Chang, S. K., and Zhang, Y., 2017. Comparison of α -amylase, α -Glucosidase and Lipase Inhibitory Activity of the Phenolic Substances in Two Black Legumes of Different Genera. *Food Chemistry*, 214: 259-268.
- Tatirat, O., Charoenrein, S., and Kerr, W. L., 2012. Physicochemical Properties of Extrusion-Modified Konjac Glucomannan. *Carbohydrate Polymers*, 87(2): 1545-1551.
- Tekin, G., 2020. Düşük Fenilalanin İçerikli Glutensiz Bisküvi Üretiminde Bazı Hidrokolloidlerin Etkilerinin Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi, Adana*, 28.

- Torbica, A., Hadnadev, M. and Dapcevic, T., 2010. Rheological, Textural and Sensory Properties of Gluten-Free Bread Formulations Based on Rice and Buckwheat Flour. *Food Hydrocolloids*, 24(6-7): 626-632.
- Tosh, S. M., and Yada, S., 2010. Dietary Fibres in Pulse Seeds and Fractions: Characterization, Functional Attributes, and Applications. *Food Research International*, 43(2): 450– 460.
- Toth, M., Kaszab, T., and Meretei, A., 2022. Texture Profile Analysis and Sensory Evaluation of Commercially Available Gluten-Free Bread Samples. *European Food Research and Technology*, 1-9.
- Towo, E. E., Svanberg, U., and Ndossi, G. D., 2003. Effect of Grain Pre-Treatment on Different Extractable Phenolic Groups in Cereals and Legumes Commonly Consumed in Tanzania. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(9): 980-986.
- Trinidad, T.P., Mallillin, A.C., and Loyola, A.S., 2010. The Potential Health Benefits of Legumes As a Good Source of Dietary Fibre. *British Journal of Nutrition*, 103: 569–574.
- Tunç, M. T., and Kahyaoglu, T., 2016. Improving Rheological and Baking Properties of Gluten-Free Breads Using Defatted Hazelnut Flour with Various Gums. *International Journal of Food Engineering*, 12(4): 343-353.
- Tunick, M. H., 2011. Food Texture Analysis in the 21st Century. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(5): 1477-1480.
- Turkcomp, 2022. Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı Araması. <http://www.turkomp.gov.tr/database?type=compare>. [Son erişim tarihi: 02.10.2022].
- Tümer, E., ve Özer, S., 2018. Bazı Fonksiyonel Ürünlerin Glutensiz Ekmek Üretiminde Ekmek Nitelikleri Üzerine Etkisi. *Ç.Ü Fen Bilimleri ve Mühendislik Dergisi*, 36(6): 79-88.
- Uylaşer, V., ve Başoğlu, F., 2016. Temel Gıda Analizleri. Dora Yayıncılık, Bursa, 125s.

- Vedantam, S. K., Sagili, J. L., Dikkala, P. K., and Sridhar, K., 2021. Functional, Thermal, Pasting, and Rheological Properties of Gluten-Free Maize Composite Flour: Effect of Moth Bean Flour and Hydrocolloid Addition. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(12): e16104.
- Venkidasamy, B., Selvaraj, D., Nile, A. S., Ramalingam, S., Kai, G., and Nile, S. H., 2019. Indian Pulses: A Review on Nutritional, Functional and Biochemical Properties with Future Perspectives. *Trends in Food Science and Technology*, 88: 228-242.
- Vidal-Valverde, C., and Frias, J., 1991. Legume Processing Effects on Dietary Fiber Components. *Journal of Food Science*, 56: 1350-1352.
- Vidaurre-Ruiz, J., Matheus-Diaz, S., Salas-Valerio, F., Barraza-Jau-regui, G., Schoenlechner, R., and Repo-Carrasco-Valencia, R., 2019. Influence of Tara Gum and Xanthan Gum on Rheological and Textural Properties of Starch-Based Gluten-Free Dough and Bread. *European Food Research and Technology*, 245: 1347–1355.
- Vijayakumari, K., Siddhuraji, P., and Janardhanan, K., 1997. Effect of Domestic Processing the Levels of Certain Antinutrients in *Prosopis chilensis* (Molina) Stunz. Seeds. *Food Chemistry*, 59(3): 367-371.
- Vriezinga, S.L., Auricchio, R., Bravi, E., Castillejo, G., Chmielewska, A., Escobar, P.C., Kolacek, S., Koletzko, S., Korponay-Szabo, I.R., and Mummert, E., 2014. Randomized Feeding Intervention in Infants at High Risk for Celiac Disease. *New England Journal of Medicine*, 371: 1304–1315.
- Wagner, M.J., Lucas, T., Le Ray, D., and Trystram, G., 2007. Water Transport in Bread during Baking. *Journal of Food Engineering*, 78: 222-238.
- Wainaina, I., Wafula, E., Sila, D., Kyomugasho, C., Grauwet, T., Van Loey, A., and Hendrickx, M., 2021. Thermal Treatment of Common Beans (*Phaseolus vulgaris* L.): Factors Determining Cooking Time and Its Consequences for Sensory and Nutritional Quality. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(4): 3690-3718.

- Wallace, T.C., Murray, R., and Zelman, K.M., 2016. The Nutritional Value and Health Benefits of Chickpeas and Hummus. *Nutrients*, 8:766-776.
- Walter, T., Wieser, H., and Koehler, P., 2014. Production of Gluten-Free Wheat Starch by Peptidase Treatment. *Journal of Cereal Science*, 60: 202–209.
- Wandersleben, T., Morales, E., Burgos-Diaz, C. , Barahona, T., Labra, E., Rubilar, M., and Salvo-Garrido, H., 2018. Enhancement of Functional and Nutritional Properties of Bread Using a Mix of Natural Ingredients from Novel Varieties of Flaxseed and Lupine. *Food Science and Technology*, 91: 48–54.
- Wang, K., Lu, F., Li, Z., Zhao, L., and Han, C., 2017. Recent Developments in Gluten-Free Bread Baking Approaches: A Review. *Food Science and Technology*, 37: 1-9.
- Wang, N., and Daun, J. K., 2004. The Chemical Composition and Nutritive Value of Canadian Pulses. *Canadian Grain Commission Report*, 19-29.
- Wang, N., and Daun, J. K., 2006. Effects of Variety and Crude Protein Content on Nutrients and Anti-Nutrients in Lentils (*Lens culinaris*). *Food Chemistry*, 95(3): 493-502.
- Wang, N., Hatcher, D. W., Toews, R., and Gawalko, E. J., 2009. Influence of Cooking and Dehulling on Nutritional Composition of Several Varieties of Lentils (*Lens culinaris*). *Food Science and Technology*, 42(4): 842-848.
- Wang, N., Hatcher, D. W., Tyler, R. T., Toews, R., and Gawalko, E. J., 2010. Effect of Cooking on the Composition of Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and Chickpeas (*Cicer arietinum* L.). *Food Research International*, 43(2): 589-594.
- Wang, N., Hatcher, D., and Gawalko, E. J. 2008. Effect of Variety and Processing on Nutrients and Certain Anti-Nutrients in Field Pea (*Pisum sativum*). *Food Chemistry*, 111:132-138.

- Wang, X. Q., Liu, W., Mei, H., Gao, Y., Peng, H. M., Yuan, L., and Xu, J. J., 2011. Celiac Disease in Children with Diarrhea in 4 Cities in China. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 53(4): 368-370.
- Wang, X., Gao, W., and Zhang, J., 2010 Subunit, Amino Acid Composition and in Vitro Digestibility of Proteins Isolates from Chinese Kabuli and Desi Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Cultivars. *Food Research International*, 43: 567–572.
- Ward, F.M., and Andon, S.A., 2002. Hydrocolloids as Film Formers, Adhesives and Gelling Agents for Bakery and Cereal Products. *Cereal Food World*, 47, 52-55.
- Warkentin, T.D., Sloan, A.G., and Ali-Khan, S.T., 1997. Proximate and Mineral Composition of Field Peas. *Canadian Journal of Plant Science*, 77(1):101-103.
- Welch, R. M., 2002. Breeding Strategies for Biofortified Staple Plant Foods to Reduce Micronutrient Malnutrition Globally. *The Journal of Nutrition*, 132(3): 495-499.
- Welch, R.M., House, W.A., Beebe, S., and Cheng, Z., 2000. Genetic Selection for Enhanced Bioavailable Levels of Iron in Bea (*Phaseolus vulgaris* L.) seeds. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 48: 3576-3580.
- WHO, 2004. Vitamin and Mineral Requirements in Human Nutrition. 2nd edn. World Health Organization, Food and Agriculture Organization, Rome.
- Wieser, H., 2007. Chemistry of Gluten Proteins. *Food Microbiology*, 24: 115-119.
- Wieser, H., and Seilmeier, W., 2002. Determination of Gliadin and Gluten in Wheat Starch by Means of Alcohol Extraction and Gel Permeation Chromatography. In *Proceedings of the 17th Meeting of the Working Group on Prolamin Analysis and Toxicity* (pp. 3-6).

- Wong, M. M. L., Gujaria-Verma, N., Ramsay, L., Yuan, H. Y., Caron, C., Diapari, M., and Bett, K. E., 2015. Classification and Characterization of Species within the Genus *Lens* Using Genotyping-by-Sequencing (GBS). *PLoS ONE*, 10: 1-16.
- Wongklom, P., Chueamchaitrakun, P., and Punbusayakul, N., 2016 Effect of Xanthan Gum/CMC on Bread Quality Made from Hom Nil Rice Flour. *International Journal of Food Research*, 23: 2300.
- Xu, B. J., and Chang, S. K. C., 2007. A Comparative Study on Phenolic Profiles and Antioxidant Activities of Legumes as Affected by Extraction Solvents. *Journal of Food Science*, 72: 159–166.
- Xu, B., and Chang, S. K., 2008. Effect of Soaking, Boiling, and Steaming on Total Phenolic Content and Antioxidant Activities of Cool Season Food Legumes. *Food Chemistry*, 110(1): 1-13.
- Xu, B., Yuan, S., and Chang, S., 2007. Comparative Analyses of Phenolic Composition, Antioxidant Capacity, and Color of Cool Season Legumes and Other Selected Food Legumes. *Journal of Food Science*, 72: 167–177.
- Xu, M., Jin, Z., Lan, Y., Rao, J., and Chen, B., 2019. HS-SPME-GC-MS/Olfactometry Combined with Chemometrics to Assess the Impact of Germination on Flavor Attributes of Chickpea, Lentil, and Yellow Pea Flours. *Food Chemistry*, 280: 83-95.
- Xu, Y. X., Thomas, M., and Bhardwaj, H. L., 2014. Chemical Composition, Functional Properties, and Microstructural Characteristics of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Seed as Affected by Varieties and Thermal Processing. *International Journal of Food Science Technology*, 49:1215-1223
- Yaylayan, V. A., Keyhani, A., and Wnorowski, A., 2000. Formation of Sugar-Specific Reactive Intermediates from ¹³C-labeled l-serines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(3): 636-641.

- Yeo, J., and Shahidi, F., 2017. Effect of Hydrothermal Processing on Changes of Insoluble-Bound Phenolics of Lentils. *Journal of Functional Foods*, 38: 716–722.
- Yıldırım, A., ve Şahin-Nadeem, H., 2019. Farklı Un Bileşimlerinin Termal Özellikleri ile Glisemik İndeks Değerlerinin Belirlenmesi ve Glutensiz Ekmek Yapımındaki Performansları. *Gıda*, 44(1): 143-152.
- Yıldız, B., Çakıcı, A., Uslu, D. Y., ve Uslu, H., 2021. Ekmek Üretiminde Ekşi Maya Üzerine Taze Meyvelerin Kullanımının Etkisi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10(1): 150-159.
- Yoon, S. M., 2022. Celiac Disease. In *Small Intestine Disease* (pp. 265-267). Springer, Singapore.
- Yust, M. M., Millan-Linares M.C., Alcaide-Hidalgo, J. M., Millan F., and Pedroche, J., 2012. Hypcholesterolaemic and Antioxidant Activities of Chickpea (*Cicer Arietinum* L.) Protein Hydrolysates. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 92(9): 1994-2001.
- Zdunek, A., Cybulska, J., Konopacka, D., and Rutkowski, K., 2010. New Contact Acoustic Emission Detector for Texture Evaluation of Apples. *Journal of Food Engineering*, 99(1): 83-91.
- Zhao, F., Li, Y., Li, C., Ban, X., Cheng, L., Hong, Y., and Li, Z., 2021. Co-Supported Hydrocolloids Improve the Structure and Texture Quality of Gluten-Free Bread. *Food Science and Technology*, 152: 112248.
- Zhu, F., 2018. Relationships between Amylopectin Internal Molecular Structure and Physicochemical Properties of Starch. *Trends in Food Science and Technology*, 78: 234-242.
- Zhu, F., Wang, S., and Wang, Y., 2013. Physical Properties and Enzyme Susceptibility of Rice and High Amylose Maize Starch Mixtures. *Journal Science Food Agriculture*, 93: 3100–3106.

- Zia-Ul-Haq, M., Iqbal, S., Ahmad, S., Imran, M., Niaz, A., and Bhanger, M.I., (2007). Nutritional and Compositional Study of Desi Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Cultivars Grown in Punjab, Pakistan. *Food Chemistry*, 105: 1357–1363.
- Ziobro, R., Juszczak, L., Witczak, M., and Korus, J., 2016. Non-Gluten Proteins as Structure Forming Agents in Gluten Free Bread. *Journal of Food Science and Technology*, 53(1): 571–580.
- Ziobro, R., Witczak, T., Juszczak, L., and Korus, J., 2013. Supplementation of Gluten-Free Bread with Non-Gluten Proteins. Effect on Dough Rheological Properties and Bread Characteristic. *Food Hydrocolloids*, 32(2): 213-220.
- Zobel, H. F., and Kulp, K. 1996). The Staling Mechanism. *Food Science and Technology*-New York-Marcel Dekker, 1-64.
- Zorzi, C. Z., Garske, R. P., Flores, S. H., and Thys, R.C.S., 2020. Sunflower Protein Concentrate: A Possible and Beneficial Ingredient for Gluten-Free Bread. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 66: 102539.

ÖZGEÇMİŞ

Başak ÖNCEL, ilk, orta ve lise eğitimini Adana’da tamamladı. Mersin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği bölümünden 2012 yılında mezun oldu. 2014 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği bölümünde yüksek lisans eğitimine başladı. 2016 yılında yüksek lisans eğitimini tamamladıktan sonra güz döneminde doktora eğitimine başladı ve 2017 yılında YÖK 100/2000 doktora bursunu kazanarak doktora eğitimine devam etti. 2019 yılında Toros Üniversitesi Meslek Yüksekokulu Gıda İşleme Bölümü, Gıda Teknolojisi Programında öğretim görevlisi olarak çalışmaya başladı ve halen görevine devam etmektedir.



EKLER



EK 1. Farklı Hidrokolloid Kombinasyonu ve Konsantrasyonları Kullanılarak Üretilen Glutensiz Ekmek Örnekleri

%2 CMC



%4 CMC



%6 CMC



%2 HPMC



%4 HPMC



%6 HPMC



% 2 KG



%4 KG



%6 KG



%2 KJG



%4 KJG



%6 KJG



%2 CMC-HPMC



%4 CMC-HPMC



%6 CMC –HPMC



%2 KG-CMC



%4 KG-CMC



%6 KG-CMC



%2 CMC-KJG



%4 CMC-KJG



%6 CMC-KJG



%2 KG-HPMC



%4 KG-HPMC



%6 KG-HPMC



%2 HPMC-KJG



%4 HPMC-KJG



%6 HPMC-KJG



%2 KG-KJG



%4 KG-KJG



%6 KG-KJG



%2 HPMC-CMC-KJG



%4 HPMC-CMC-KJG



%6 HPMC-CMC-KJG



%2 KG-HPMC-CMC



%4 KG-HPMC-CMC



%6 KG-HPMC-CMC



%2 KG-CMC-KJG



%4 KG-CMC-KJG



%6 KG-CMC-KJG



%2 KG-HPMC-KJG



%4 KG-HPMC-KJG



%6 KG-HPMC-KJG



%2 KG-HPMC-CMC-KJG



%4 KG-HPMC-CMC -KJG



%6 KG-HPMC-CMC-KJG

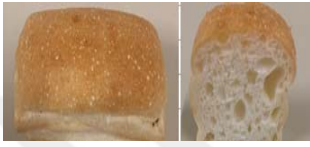


EK 2. Haşlama Yöntemiyle Elde Edilen Baklagil Unlarından Üretilen Glutensiz Ekmek Örnekleri

Kontrol (X-HPMC (%4))



%10 Dirençli Nişasta



%20 Dirençli Nişasta



%30 Dirençli Nişasta



%10 Nohut



%20 Nohut



%30 Nohut



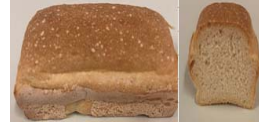
%10 Mercimek



%20 Mercimek



%30 Mercimek



%10 Bezelye



%20 Bezelye



%30 Bezelye



%2.5 Karışım



%5 Karışım



%7.5 Karışım



EK 3. Mikrodalga Yöntemiyle Elde Edilen Baklagil Unlarından Üretilen Glutensiz Ekmek Örnekleri

Kontrol (X-HPMC (%4))



%10 Dirençli Nişasta



%20 Dirençli Nişasta



%30 Dirençli Nişasta



%10 Nohut



%20 Nohut



%30 Nohut



%10 Mercimek



%20 Mercimek



%30 Mercimek



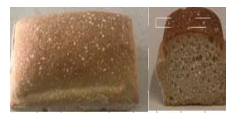
%10 Bezelye



%20 Bezelye



%30 Bezelye



%2.5 Karışım



%5 Karışım



%7.5 Karışım



EK 4. Duyusal Analiz Formu

Duyusal Analiz Formu

Tarih

Panelistin Adı-Soyadı:

Açıklama: Lütfen size sunulan glutensiz ekmek örneklerini aşağıda belirtilen her bir kalite kriteri için soldan sağa doğru 5 puan üzerinden değerlendiriniz.

Duyusal Analiz Puan Değerlendirme Açıklaması	1	Hiç beğenmedim
	2	Beğenmedim
	3	Az beğendim
	4	Beğendim
	5	Çok Beğendim

Kalite Kriterleri	Örnek Kodları					
Kabuk Rengi						
Ekmek İç Rengi						
Tat ve Aroma						
Koku						
Tekstür						
Çiğnenebilirlik						
Gözenek Yapısı						
Genel Kabul Edilebilirlik						

Kalite Kriterleri	
Ekmek Kabuk Rengi	Ekmek örneğinin kabuk rengi dağılımı parlak ve homojen olmalıdır.
İç Rengi	Ekmek örneğinin iç renk kendine özgü renkte ve homojen dağılım göstermiş olmalıdır.
Tat ve Aroma	Güçlü, belirgin, keskin ekmek kokusuna sahip olmalıdır.
Koku	Ekmeğe has kokuya sahip olmalıdır.
Tekstür	Dilimlenmiş ekmek ipeksi,yumusak ve elastik bir yapıya sahip olmalıdır.
Çiğnenebilirlik	Dilimlenmiş ekmek ağızda sıkıştırdıktan sonra esneklik ve elastikiyet mevcut olmalıdır.
Gözenek Yapısı	Gözenek büyüklüğü üniform ve dilimin her tarafında eşit dağılım göstermiş olmalıdır.
Genel Kabul Edilebilirlik	Ekmek örneklerine ait verilen kalite parametrelerinin tamamı değerlendirildikten sonra sıralama yapılmalıdır.

Not: Ekmekler ile ilgili yukarıda belirtilen özelliklerin dışında daha farklı görüşleriniz varsa lütfen belirtiniz.