



**FARKLI ORANLARDAKİ KARABUĞDAY,  
KİNOA VE AMARANT UNLARI  
KULLANILARAK YAPILAN EKMEKLERİN  
KALİTE ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

DOKTORA TEZİ  
Erdi ERTAN

Danışman  
Prof. Dr. Ramazan ŞEVİK

GIDA MÜHENDİSLİĞİ  
Mayıs 2025

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA TEZİ**

**FARKLI ORANLARDAKİ KARABUĞDAY, KİNOA VE AMARANT  
UNLARI KULLANILARAK YAPILAN EKMEKLERİN KALİTE  
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Erdi ERTAN**

**Danışman**

**Prof. Dr. Ramazan ŞEVİK**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ**

**MAYIS 2025**



## ÖZET

Doktora Tezi

### FARKLI ORANLARDAKİ KARABUĞDAY, KİNOA VE AMARANT UNLARI KULLANILARAK YAPILAN EKMEKLERİN KALİTE ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Erdi ERTAN

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Prof. Dr. Ramazan ŞEVİK

Bu çalışmada, düşük glütenli ekmek üretimi amacıyla karabuğday, kinoa ve amarant unları farklı oranlarda (%0, %15, %30 ve %45) buğday ununun yerine kullanılarak ekmekler üretilmiş ve elde edilen ürünlerin kalite özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Elde edilen ekmekler; fiziksel, kimyasal, reolojik, mikroyapısal ve duyuşsal özellikler açısından değerlendirilmiştir.

Fiziksel analizlerde, yalancı tahıl oranı arttıkça spesifik hacim değerlerinde belirgin azalmalar kaydedilmiştir. Kontrol örneklerinde 1,65 mL/g olan hacim değeri, %45 amarant unu içeren örneklerde 1,18 mL/g'ye kadar düşmüştür. Bu azalma, glüten içeriğinin yalancı tahıl oranı arttıkça seyrelmesiyle açıklanabilir. Renk analizlerinde karabuğday unu artışı en düşük parlaklık ve en yüksek kırmızılık değerlerini vermiştir.

Yalancı tahıl oranı arttıkça kül, protein, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve mineral madde (Ca, P, K, Fe, Mg, Zn) içeriklerinde anlamlı artışlar gözlenmiştir. Toplam fenolik madde açısından en yüksek değer %45 karabuğday unlu örneklerde elde edilmiştir. Farinograf ve ekstensograf verileri, yalancı tahıl oranı arttıkça hamur

geliştirme süresi, stabilite ve uzama değerlerinde düşüş; yumuşama eğilimi ve direnç/uzama oranında artış olduğunu göstermiştir.

SEM görüntülemeleri, yüksek oranlarda uygulanan unların ekmekte gözenek yapısını sıkılaştırdığını ve iç homojenliği azalttığını göstermiştir.

Duyusal değerlendirmelerde, %15 ve %30 oranlarında yapılan ekmekler kontrol örneklerine benzer veya daha yüksek beğeni almış, %45 oranlı örnekler ise tat ve aroma açısından daha düşük puanlanmıştır. Amarant unlu örnekler, özellikle görünüm ve simetri açısından yüksek değerlendirme almıştır.

Elde edilen bulgular, karabuğday, kinoa ve amarant unlarının fonksiyonel bileşenler açısından zengin olduğunu ve %30'a kadar olan yalancı tahıl oranlarının düşük glutenli ekmek üretiminde hem besinsel hem de teknolojik açıdan uygun olabileceğini göstermektedir.

**2025, xii + 122 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Amarant, Ekmek, Fonksiyonel Gıda, Karabuğday, Kinoa

## **ABSTRACT**

Ph.D. Thesis

### DETERMINATION OF QUALITY CHARACTERISTICS OF BREADS MADE WITH DIFFERENT RATIOS OF BUCKWHEAT, QUINOA AND AMARANTH FLOURS

Erdi ERTAN

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Food Engineering

**Supervisor:** Prof. Dr. Ramazan ŞEVİK

In this study, low-gluten breads were produced by partially substituting wheat flour with buckwheat, quinoa, and amaranth flours at different levels (0%, 15%, 30%, and 45%), and the effects of these substitutions on the quality characteristics of the resulting products were investigated.

The breads were analyzed in terms of their physical, chemical, rheological, microstructural, and sensory properties.

Physical analyses revealed that as the proportion of pseudocereal flours increased, a noticeable decrease occurred in specific volume values. The specific volume, which was 1.65 mL/g in the control samples, decreased to 1.18 mL/g in samples containing 45% amaranth flour. This reduction can be explained by the dilution of gluten content as the proportion of pseudocereal flour increased. In color analysis, increasing buckwheat flour led to the lowest brightness and highest redness values.

As the level of pseudocereal flour increased, significant enhancements were observed in ash, protein, total phenolic content, antioxidant activity, and mineral content (Ca, P, K, Fe, Mg, Zn). The highest total phenolic content was found in the samples containing 45% buckwheat flour. Farinograph and extensograph results demonstrated that increasing the

pseudocereal ratio led to reductions in dough development time, stability, and extensibility, while increases were observed in softening degree and the resistance/extensibility ratio.

SEM imaging showed that high levels of substitution resulted in a denser crumb structure and reduced internal homogeneity in the bread samples.

Sensory evaluation indicated that breads prepared with 15% and 30% substitution levels received similar or higher acceptance scores compared to the control, whereas breads with 45% substitution were rated lower in terms of taste and aroma. Amaranth-containing samples received particularly high scores in terms of appearance and symmetry.

The findings suggest that buckwheat, quinoa, and amaranth flours are rich in functional components, and that up to 30% pseudocereal substitution can be considered both nutritionally and technologically suitable for the production of low-gluten breads.

**2025, xii + 122 pages**

**Keywords:** Amaranth, Bread, Functional Food, Buckwheat, Quinoa

## TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel alışmaların ynlendirilmesi, sonuların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarında dolay tezdanişmanım Prof. Dr. Ramazan ŞEVİK'e, araştırma ve yazım süresince yardımlarını esirgemeyen Sayın Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KILINÇ'a her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolay aileme teşekkür ederim.

Erdi ERTAN  
Afyonkarahisar 2025

## İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	iii
TEŞEKKÜR .....	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ .....	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	x
RESİMLER DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ .....	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ .....	4
2.1 Ekmek .....	4
2.2 Yalancı Tahıllar .....	6
2.2.1 Karabuğday.....	7
2.2.2 Kinoa .....	10
2.2.3 Amarant .....	13
3. MATERYAL ve METOT .....	27
3.1 Materyal.....	27
3.2 Metot .....	27
3.2.1 Deneme planı.....	27
3.2.2 Ekmek Üretimi.....	27
3.2.3 Fiziksel Analizler .....	28
3.2.3.1 Renk Tayini.....	28
3.2.3.2 Ağırlık, Hacim ve Spesifik Hacim .....	28
3.2.3.3 Ekmekte Tekstürel Ölçümler .....	28
3.2.3.4 Reolojik Özellikler .....	28
3.2.3.5 Glüten Tayini .....	29
3.2.3.6 Pişirme Kaybı.....	29
3.2.4 Kimyasal Analizler .....	30
3.2.4.1 Nem Tayini .....	30
3.2.4.2 Kül Tayini.....	30
3.2.4.3 Ham Protein Tayini .....	30
3.2.4.4 Toplam Fenolik Madde Miktarı .....	31

3.2.4.5 Toplam Antioksidan Aktivite .....	31
3.2.4.6 Mineral Madde Tayini .....	32
3.2.4.7 Mikroyapı Analizi (SEM).....	32
3.3 Duyusal Analiz.....	33
3.4 İstatistiksel Analizler.....	33
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	34
4.1 Hammadde Analizi.....	34
4.2 Hamur Analizleri.....	36
4.2.1 Glüten.....	36
4.2.2 Amilograf .....	38
4.2.3 Farinograf .....	42
4.2.4 Ekstensograf .....	45
4.3 Ekmekte Fizikokimyasal Analizler .....	48
4.3.1 Nem ve Kül.....	48
4.3.2 Protein .....	51
4.3.3 Renk .....	54
4.3.3.1 Ekmek İç Renk.....	54
4.3.3.2 Ekmek Dış Renk .....	56
4.3.4 Tekstürel Özellikler .....	59
4.3.5 Spesifik Hacim.....	63
4.3.6 Toplam Antioksidan Tayini.....	67
4.3.7 Toplam Fenolik Madde Tayini .....	69
4.3.8 Mineral Madde Tayini.....	70
4.3.8.1 Kalsiyum.....	73
4.3.8.2 Bakır .....	73
4.3.8.3 Demir .....	73
4.3.8.4 Potasyum.....	73
4.3.8.5 Magnezyum .....	73
4.3.8.6 Mangan .....	74
4.3.8.7 Fosfor.....	74
4.3.8.8 Çinko .....	74
4.4 Mikroyapı Analizi (SEM).....	75
4.5 Duyusal Analiz.....	87
4.5.1 Kabuk Renk .....	87

4.5.2 İç Renk .....	89
4.5.3 Gözenek Yapısı.....	90
4.5.4 Çiğnenebilirlik .....	90
4.5.5 Sertlik .....	91
4.5.6 Lezzet .....	91
4.5.7 Genel Kabul Edilebilirlik .....	92
5. SONUÇ .....	96
6. KAYNAKLAR .....	99
ÖZGEÇMİŞ.....	<b>Hata! Yer işareti tanımlanmamış.</b>
EKLER .....	121



## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

---

<b>%</b>	Yüzde
<b>µg</b>	Mikrogram
<b>µL</b>	Mikrolitre
<b>a*</b>	Kırmızılık
<b>b*</b>	Sarılık
<b>Ca</b>	Kalsiyum
<b>Cu</b>	Bakır
<b>Dk</b>	Dakika
<b>Fe</b>	Demir
<b>G</b>	Gram
<b>K</b>	Potasyum
<b>L*</b>	Parlaklık
<b>Mg</b>	Magnezyum
<b>ml</b>	Mililitre
<b>Mn</b>	Manganez
<b>P</b>	Fosfor
<b>Zn</b>	Çinko

### Kısaltmalar

---

<b>ANOVA</b>	Varyans Analizi
<b>DPPH</b>	Serbest Radikal Temizleme Aktivitesi Yöntemi
<b>DW</b>	Kuru Ağırlık
<b>EXT</b>	Ekstensograf
<b>FAR</b>	Farinograf
<b>GAE</b>	Gallik Asit Eşdeğeri
<b>HPMC</b>	Hidroksipropil Metilselüloz
<b>IDF</b>	Çözünmeyen Diyet Lifi
<b>MTI</b>	Yoğurma Tolerans Sayısı
<b>SDF</b>	Çözünür Diyet Lifi
<b>SEM</b>	Taramalı Elektron Mikroskobu
<b>TDF</b>	Toplam Diyet Lifi
<b>TPC</b>	Toplam Fenolik İçerik

---

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 4.1 Un Numunelerine Ait Temel Bileşim Özellikleri .....	35
Çizelge 4.2 Örneklere Ait Glüten Analizi Sonuçları .....	37
Çizelge 4.3 Glüten Oranlarına İlişkin Varyans Analizi Bulguları .....	37
Çizelge 4.4 Glüten Oranlarının Duncan Testi Karşılaştırmaları .....	38
Çizelge 4.5 Un Örneklerinin Amilograf Ölçüm Sonuçları .....	39
Çizelge 4.6 Amilograf Verilerinin Varyans Analizine İlişkin Değerlendirme .....	39
Çizelge 4.7 Amilograf Verilerinin Duncan Testi İle Karşılaştırılması .....	40
Çizelge 4.8 Unlara Ait Farinograf Ölçüm Değerleri .....	42
Çizelge 4.9 Farinograf Sonuçlarının Varyans Analizi Bulguları .....	43
Çizelge 4.10 Farinograf Verilerinin Duncan Testi Sonuçları .....	44
Çizelge 4.11 Ekstensograf Testi ile Belirlenen Reolojik Özellikler .....	45
Çizelge 4.12 Ekstensograf Verilerinin Varyans Analizi Değerlendirmesi .....	46
Çizelge 4.13 Ekstensograf Verilerine Ait Duncan Testi Karşılaştırmaları .....	47
Çizelge 4.14 Ekmek Örneklerinde Belirlenen Nem ve Kül İçerikleri .....	49
Çizelge 4.15 Nem ve Kül Verilerine Ait Varyans Analizi Bulguları .....	50
Çizelge 4.16 Nem ve Kül Değerlerinin Duncan Testi ile Karşılaştırılması .....	50
Çizelge 4.17 Ekmek Örneklerinde Ölçülen Protein Oranları .....	52
Çizelge 4.18 Protein Değerlerine İlişkin Varyans Analizi Sonuçları .....	52
Çizelge 4.19 Protein Verilerinin Duncan Testi Karşılaştırmaları .....	53
Çizelge 4.20 Ekmek İç Renk Değerlerine Ait Ölçüm Sonuçları .....	54
Çizelge 4.21 İç Renk Verilerinin Varyans Analizi Bulguları .....	55
Çizelge 4.22 İç Renk Verilerinin Duncan Testi ile Karşılaştırılması .....	55
Çizelge 4.23 Ekmek Dış Renk Değerlerine Ait Ölçüm Sonuçları .....	56
Çizelge 4.24 Dış Renk Verilerinin Varyans Analizi Sonuçları .....	57
Çizelge 4.25 Dış Renk Verilerinin Duncan Testi Karşılaştırmaları .....	58
Çizelge 4.26 Ekmeklerin Tekstürel Özelliklerine Ait Ölçüm Bulguları .....	59
Çizelge 4.27 Tekstürel Analiz Verilerinin Varyans Değerlendirmesi .....	60
Çizelge 4.28 Tekstürel Verilerin Duncan Testi Karşılaştırmaları .....	61
Çizelge 4.29 Ekmeklerin Hacim ve Özgül Hacim Değerleri .....	64
Çizelge 4.30 Hacim Verilerinin Varyans Analizi Sonuçları .....	65
Çizelge 4.31 Hacim ve Özgül Hacim Verilerinin Duncan Testi Karşılaştırmaları .....	65

<b>Çizelge 4.32</b> Ekmek Örneklerinde Belirlenen Toplam Antioksidan Aktivite ve Toplam Fenolik Madde Düzeyleri .....	67
<b>Çizelge 4.33</b> Toplam Antioksidan Aktivite ve Toplam Fenolik Madde Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları.....	68
<b>Çizelge 4.34</b> Toplam Antioksidan Aktivite ve Toplam Fenolik Madde Düzeylerin Duncan Testi Karşılaştırmaları.....	69
<b>Çizelge 4.35</b> Ekmek Numunelerinde Saptanan Mineral İçerikleri.....	70
<b>Çizelge 4.36</b> Mineral Analiz Sonuçlarına İlişkin Varyans Değerlendirmesi.....	71
<b>Çizelge 4.37</b> Mineral İçerik Verilerinin Duncan Testi ile Karşılaştırılması.....	72
<b>Çizelge 4.38</b> Duyusal Değerlendirme Sonuçlarının Ortalama Puanları .....	88
<b>Çizelge 4.39</b> Duyusal Analiz Verilerinin Varyans Analizi Sonuçları.....	88
<b>Çizelge 4.40</b> Duyusal Değerlendirme Verilerinin Duncan Testi Karşılaştırmaları .....	89

## RESİMLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
<b>Resim 4.4.1</b> %100 Buğday Unlu Ekmek 1000x SEM görüntüsü .....	77
<b>Resim 4.4.2</b> %100 Buğday Unlu Ekmek 2500x SEM görüntüsü .....	78
<b>Resim 4.4.3</b> %15 Amaran Unlu Ekmek 1000x SEM Görüntüsü.....	78
<b>Resim 4.4.4</b> %15 Amaran Unlu Ekmek 2500x SEM görüntüsü.....	79
<b>Resim 4.4.5</b> %30 Amaran Unlu Ekmek 1000x SEM Görüntüsü.....	79
<b>Resim 4.4.6</b> %30 Amaran Unlu Ekmek 2500x SEM Görüntüsü.....	80
<b>Resim 4.4.7</b> %45 Amaran Unlu Ekmek 1000x SEM Görüntüsü.....	80
<b>Resim 4.4.8</b> %45 Amaran Unlu Ekmek 2500x SEM Görüntüsü.....	81
<b>Resim 4.4.9</b> %15 Karabuğday Unlu Ekmek 1000x SEM Görüntüsü.....	81
<b>Resim 4.4.10</b> %15 Karabuğday Unlu Ekmek 2500x SEM Görüntüsü.....	82
<b>Resim 4.4.11</b> %30 Karabuğday Unlu Ekmek 1000x SEM Görüntüsü.....	82
<b>Resim 4.4.12</b> %30 Karabuğday Unlu Ekmek 2500x SEM Görüntüsü.....	83
<b>Resim 4.4.13</b> %45 Karabuğday Unlu Ekmek 1000x SEM Görüntüsü.....	83
<b>Resim 4.4.14</b> %45 Karabuğday Unlu Ekmek 2500x SEM Görüntüsü.....	84
<b>Resim 4.4.15</b> %15 Kinoa Unlu Ekmek 1000x SEM Görüntüsü .....	84
<b>Resim 4.4.16</b> %15 Kinoa Unlu Ekmek 2500x SEM Görüntüsü .....	85
<b>Resim 4.4.17</b> %30 Kinoa Unlu Ekmek 1000x SEM Görüntüsü .....	85
<b>Resim 4.4.18</b> %30 Kinoa Unlu Ekmek 2500x SEM Görüntüsü .....	86
<b>Resim 4.4.19</b> %45 Kinoa Unlu Ekmek 1000x SEM Görüntüsü .....	86
<b>Resim 4.4.20</b> %45 Kinoa Unlu Ekmek 2500x SEM Görüntüsü .....	87

## 1. GİRİŞ

Ekmek, insanlar tarafından hazırlanan ve tüketilen en eski gıdalardan biridir. Buğdayın ezilmesi, elde edilen unun su ile karıştırılması ve karışımın kızgın taşlar üzerinde pişirilmesi ile başlayan ekmeğin yapımı süreci, zaman içerisinde evrim geçirmiş ve günümüzde ileri teknolojilerin kullanıldığı bir bilim dalı haline gelmiştir (Göçmen 1996). Ülkemizde ekmeğin, diğer gıdalara göre ekonomik ve lezzet değerinin daha yüksek olması, beslenme alışkanlıklarımız ve sosyo-ekonomik yapımız nedeniyle sofralarımızın vazgeçilmez bir bileşenidir (Akgün 2007, Yılmaz 2019).

Ekmek, buğday unu, tuz, maya ve suyun belirli oranlarda bir araya getirilmesi, elde edilen hamurun yoğrulması ve fermantasyondan sonra pişirilmesi ile üretilen bir gıda maddesidir. Ekmek, kendine özgü özellikleri ve yapısına atfedilen nötr lezzeti nedeniyle önemli bir gıda maddesi olarak kabul edilmektedir. Sonuç olarak ekmeğin, insan beslenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bununla birlikte, ekmeğin üzerinde yapılan değerlendirmeler, ekmeğin formülasyonunu iyileştirmeyi ve hem makro besin öğelerinin hem de mikro besin öğelerinin uygun bir profile sahip olmasını sağlamayı amaçlayan zenginleştirme çalışmalarına dayanmaktadır. Ancak yeni bir ürünün geliştirilmesinde, formülasyon açısından ekmeğin genel özelliklerinin optimum olması ve bu ürünün özelliklerinin korunması büyük önem taşımaktadır. Bunun ışığında, ekmeğin istenen özelliklerini en iyi şekilde karşılayabilecek optimum yapısal konfigürasyonu sağlamak amacıyla dikkatlerin ürün üretim çalışmalarına yöneltilmesi gerekmektedir (Dirim vd. 2014, Ahmetoğlu 2020).

Küresel nüfus, gıda ve sağlık arasındaki ilişkinin giderek daha fazla farkına varmakta ve bu da daha besleyici diyetlere doğru bir kaymaya yol açmaktadır. Giderek artan sayıda gıda bileşeninin insan sağlığı üzerinde hem olumlu hem de olumsuz etkilerinin olduğu kabul edilmektedir. Dünya çapında bilimsel ve teknolojik ilerlemelerin hızlanması, sağlık harcamalarının artması ve gıda ürünlerine ilişkin düzenleyici değişikliklerin yürürlüğe girmesi, temel beslenmenin ötesine geçerek diyet ve vücuda faydalı gıdaların tüketimi yoluyla sağlıklı bir yaşam tarzı sürdürmeye yönelik ilginin artmasına neden olmuştur (Salmeron vd. 2015). Ancak son yıllarda, özellikle Batı ülkelerinde kamut, siyez, darı ve sorgum gibi eski veya küçük tahılların kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır (Eren 2020).

Bu durum, tüketim alışkanlıklarında da yeniliklere yol açan sağlıklı yaşam tarzlarının değişmesi yönündeki daha geniş eğilimle uyumludur. Sonuç olarak, tahıl bazlı ürünlerde yalancı tahıllar, gıdaların reolojik, besleyici, işlevsel ve duyuşsal özelliklerini iyileştirmek amacıyla kullanılmaktadır. Bu doğrultuda gıda sektörü, tüketici taleplerini karşılamak ve Türk damak tadına uygun yeni ürünler geliştirmek için geleneksel yöntemlerin ve hammaddelerin ötesine geçmiştir (Demir ve Kılınç 2016).

Amarant, karabuğday ve kinoa gibi yalancı tahıllar, içerdikleri yüksek faydalı bileşenler (diyet lifi, dirençli nişasta, mineraller) ve düşük ya da hiç glüten içermemeleri nedeniyle buğday, mısır ve pirinç gibi ana tahıllardan daha fazla ilgi görmektedir (Arendt ve Zannini 2013).

Beyaz buğday ekmeği daha önce Türk nüfusu tarafından tüketilen baskın ekme türü iken, son dönemdeki eğilimler, farklı tahıl unları ve kepek karışımıyla yapılanlar da dahil olmak üzere daha geniş bir ekme yelpazesinin tüketimine doğru bir kayma olduğunu göstermektedir (Kaya 2018).

Bu tür ekme türler insan vücudu için değerli bir enerji kaynağıdır. Bununla birlikte, buğday ekmeği tahıllar, tohumlar, baharatlar, otlar veya meyve ve sebzelerle zenginleştirilebilir (Verardo vd. 2017).

Yalancı tahılların diğer tahıllara kıyasla yüksek besleyici özellikleri ve pişirme sürecinde hamurun fiziksel dinamiklerini geliştirme kapasiteleri, bu ürünlere yönelik ticari talebi artırma potansiyeline sahiptir (Yıldız ve Yalçın 2013).

Sonuç olarak, yalancı tahıllardan elde edilen unların kullanım olanaklarının genişletilmesi ve bu alanda gerekli bilimsel çalışmalar hız kazanmıştır (Filipcev vd. 2011).

Yüksek protein içeriği ve biyoaktif bileşenler nedeniyle yalancı tahıl unları, formülasyonlara eklenerek besin öğeleri açısından daha zengin alternatif unlu mamullerin üretiminde kullanılma potansiyeline sahiptir. Ülkemizde son yıllarda ekimi yapılan kinoa

ve amarant ile zenginleştirilmiş ürünler, yüksek protein içerikleri ve beslenme kapsamında değerlendirilebilecek fonksiyonel özellikleri nedeniyle fonksiyonel gıda pazarı için potansiyel adaylardır (Aygün 2021).

Bu çalışmada farklı oranlarda (%0, %15, %30, %45) karabuğday, kinoa ve amarant ununun buğday ununun yerine kullanılmasıyla üretilen ekmeklerin bazı fiziksel, kimyasal, reolojik, mikroyapısal ve duyuşsal özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Araştırma yalancı tahılların ekmek formülasyonundaki rolünü belirleyerek besleyici ve fonksiyonel açıdan zenginleştirilmiş ürünler geliştirmeye yönelik bilimsel bir bakış açısı sunmayı amaçlamaktadır.



## 2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

### 2.1 Ekmek

Ekmeğin tarihçesinin eskiliği göz önüne alındığında, yüzyıllar boyunca insan beslenmesinin temel unsurlarından biri olmaya devam edeceğini varsaymak mantıklıdır. Ekmeğin saklama kabiliyeti, medeniyetlerin tarih boyunca hayatta kalmasını sağlamıştır. Ekmeğin bilinen en eski yinelemesinin MÖ 10.000-8000 yılları arasında yapıldığı varsayılmaktadır. O dönemde ekmeğin, siyez ve kavuzlu buğday tanelerinden üretiliyordu. Tahıllar elle ezilir ve suyla birleştirilir, ardından ısıtılmış bir taş üzerine serilir ve üzeri sıcak küllerle örtülürdü. Ekşi mayanın ilk kez MÖ 6000 civarında ekmeğin üretiminde kullanıldığı tahmin edilmektedir (Preedy vd. 2019, Kılıç 2023).

Türk Gıda Kodeksi'nin 2012/2 numaralı Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği'ne göre, ekmeğin, buğday unu ya da buğday-çavdar unu karışımının, su ve maya (*Saccharomyces cerevisiae*) veya ekşi hamur ile birleştirilerek yoğrulması, şekil verilmesi, fermantasyona bırakılması ve pişirilmesi sonucunda oluşan, hacim kazanmış bir fırın ürünü olarak tanımlanır. Gerekli durumlarda, tuz, şeker, malt unu, vital glüten, enzimler ve izin verilen katkı maddeleri de formülasyona dahil edilebilmektedir.

Tebliğe göre ürünün nihai nem oranı en fazla %38, tuz oranı ise en çok %1,5 olabilir. Koruyucu özellikteki bileşiklerin kullanımına izin verilmemekte olup, katkı maddelerinin kullanımı sınırlı tutulmuştur. Katkılı ekmeklerde ise kullanılan tahıl, un veya diğer ilave bileşenlerin oranı en az %10 olmalı, bu içerikler ürün etiketinde açık şekilde belirtilmelidir (Anonim 2012).

Ekmek, insan beslenmesinin temel bir bileşenidir ve çok çeşitli sosyoekonomik ve coğrafi bağlamlarda oldukça arzu edilen ve sıklıkla tüketilen bir üründür. Ayrıca ekmeğin değerli bir enerji kaynağıdır ve dengeli bir beslenme için gerekli olan temel vitaminleri, proteinleri ve mineralleri içerir. Ekmeğin besin değeri, tarifine ve üretim yöntemlerine bağlıdır. Örneğin, buğdayın besin değeri öğütme işlemi sırasında azalabilir. Alternatif olarak, ekmeğin besin değeri ekmeğin formülüne buğday kepeği eklenerek artırılabilir (Al-Mussalil vd. 2009).

Ekmek, buğday unundan üretilen pişmiş bir üründür. Ekmek, şekli, ağırlığı, kabuk sertliği, gözenek yapısı ve yumaşaklığı da dahil olmak üzere bir dizi özelliğe göre sınıflandırılabilir. Ekmek, karbonhidrat açısından zengin, yüksek enerjili bir besindir. Bununla birlikte, ekmek diğer gıdalara göre daha düşük seviyede protein, mineral ve vitamin içerir (Bolarinwa vd. 2019).

Ekmek, özellikle karbonhidrat ihtiyacının karşılanması açısından insan beslenmesinde büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, kendine özgü nötr lezzeti sayesinde birlikte tüketildiği gıdalara tat verebilmektedir (Baykara 2006, Yılmaz 2019).

Ekmekğin uzun bir geçmişe sahip bir ürün olduğu düşünüldüğünde, farklı medeniyetler için farklı anlamlar ifade edecek şekilde evrimleştiği görülmektedir. Toplumların tükettiği ekmek çeşitleri coğrafi ve kültürel farklılıklara göre çeşitlilik göstermektedir. Bölgesel olarak farklılık gösteren çok sayıda ekmek çeşidi olmasının yanı sıra, tava ekmekleri, çörekler, yassı ve roll ekmekler, anavatanı olan bölgeler dışında küresel olarak tüketilen ekmek çeşitlerine örnektir (Akanbi 2022).

Küresel ekmek üretimi son yıllarda önemli ölçüde artmıştır. Ekmek terimi farklı şekil, boyut, doku, kabuk, renk, esneklik, yeme kalitesi ve tatlara sahip çok çeşitli ürünleri tanımlamak için kullanılmaktadır. Tarih boyunca çeşitli medeniyetlerden gelen çok sayıda ekmek türüne ek olarak, tüketicilerin beslenme açısından yoğun gıdalara olan talebi de üreticileri çok çeşitli ekmekler geliştirmeye sevk etmiştir (Preedy vd. 2019).

Ayrıca, tüketicilerin farklı yaşam tarzları, alerjik hastalıkların yaygınlığı, ekonomik faktörler ve dini inançlar da farklı ekmek türlerinin evrimi üzerinde derin bir etkiye sahiptir (Wei vd. 2020).

Fırıncılar, ürünlerinin cazibesini artırmak için temel bileşenlere ek olarak, besin değerini ve tat-aroma özelliklerini artırmak amacıyla bir dizi katkı maddesi kullanmaktadır. Bu tür katkılara örnek olarak yumurta, süt ürünleri, çeşitli un türleri ve tohumlar (örneğin haşhaş, kabak, ayçiçeği, keten, kimyon, chia) verilebilir. Bu ürünlerden bazıları fonksiyonel gıdalar olarak sınıflandırılmaktadır (Adamczyk vd. 2021).

## 2.2 Yalancı Tahıllar

Modern yaşamın getirdiği değişimler, hem çevreyi hem de insanları çeşitli şekillerde etkilemiştir. Yeni yaşam tarzının bireyler üzerindeki etkileri, aşırı yağ, tuz ve karbonhidrat alımı ile vitamin ve lif bakımından fakir beslenme gibi sağlığa zararlı beslenme alışkanlıklarının benimsenmesine bağlanabilir (Vollmannová vd. 2013).

Artan nüfus ve gıda arzı ile üretimi dengeleme ihtiyacı, gelecekteki kuraklıkların potansiyel etkilerine ilişkin endişeler, giderek zorlaşan iklim koşulları ve tarımsal üretim kaygıları nedeniyle üreticilerin yeni ürün arayışına itilmesi de çevresel nedenlerdir (Dini vd. 2004, Miranda vd. 2012, Yıldız vd. 2014).

Bu kaygılarla uyumlu olarak tahıllar, vitaminler, mineraller, dengeli amino asit ve protein içeriğinin yanı sıra lipidler, diyet lifleri ve skualen gibi biyoaktif bileşenleri kapsayan besin değerleri nedeniyle son zamanlarda çok sayıda uygulamada kullanılmaktadır ve çoğu tahılda bulunan glüten proteinini içermemelerine rağmen tahıllarda polifenoller de bulunmaktadır. Bu, çölyak hastalığı olan hastaların tüketimine izin verir. Ayrıca, yalancı tahıllar olarak tanımlanan amarant, karabuğday ve kinoanın değeri ve bilinirliği, zor yetiştirme koşullarında bile kolayca yetiştirilebilmeleri nedeniyle artmıştır (Alvarez-Jubete vd. 2009a, Pasko vd. 2009, Chlopicka vd. 2012, Demir 2014).

Yaygın tahılların (monokotiledonlar) aksine, yalancı tahıllar dikotiledonlardır ve gerçek tahıl sınıfına ait değildirler. Bununla birlikte, gerçek tahıllarla benzer bileşimleri ve işlevleri paylaşırlar (Alvarez-Jubete vd. 2010a, Öncel 2017).

Yalancı tahıllar nişasta, proteinler, diyet lifi, lipitler, mineraller ve polifenoller dahil olmak üzere çeşitli besin maddelerinin önemli bir kaynağı olarak tanımlanmıştır. Yalancı tahıllar, tahıllara benzer pişirme ve işleme özellikleri sergilemektedir. Yalancı tahıllardan üretilen "sağlıklı" unlu mamullerin ve içeceklerin ticari olarak geliştirildiği bildirilmiştir (Srichuwong vd. 2017, Jimenez vd. 2019, Tanrıku 2023).

### 2.2.1 Karabuğday

Karabuğday (grechka), Polygonaceae familyasına ve Fagopyrum cinsine ait, öncelikle kuzey yarımkürede yetiştirilen yıllık bir yalancı tahıldır. Bununla birlikte, dünya çapında yaygın olarak tüketilen bir gıdadır (Zhou vd. 2016).

Karabuğday (*Fagopyrum esculentum*), botanik sınıflandırma açısından tahıllardan ayrılır; çift çenekli (dikotiledon) yapısıyla buğday gibi tek çenekli tahıllardan farklı bir grupta yer alır (Dizlek vd. 2009, Yalçın 2014).

Ayrıca, yüksek rakımlarda kısa sürede gelişmeye uyum sağlayabilmektedir (Hayıt ve Gül 2015, Eren 2020). Botanik olarak yaygın tahıllarla ilişkili değildir, ancak onlarla belirli kimyasal bileşimleri ve özellikleri paylaşır (Dizlek vd. 2009, Wronkowska vd. 2010).

Karabuğday, besinsel açıdan değerli proteinler, lipitler, diyet lifi, mineraller ve fenolik bileşikler ve steroller de dahil olmak üzere sağlığı teşvik eden diğer bileşiklerin kaynağıdır. Son zamanlarda potansiyel bir fonksiyonel gıda olarak kabul edilmeye başlanmıştır (Gimenez-Bastida ve Zielinski 2015).

Ayrıca, karabuğdayın rutin, kuersetin, orientin, isoorientin, vitexin ve isovitexin dahil olmak üzere bir dizi antioksidan içerdiği bulunmuştur. Rutin bileşiği diğer yalancı tahıllarda bulunmazken, karabuğday bu bileşiği yüksek miktarlarda içerir. Karabuğdayın protein içeriği, belirli çeşitlere ve çevresel faktörlere bağlı olarak önemli farklılıklar gösterir. Genel olarak, karabuğday protein içeriği %7 ile %21 arasında değişmektedir. İnsanlar için son derece yararlı ve besinsel olarak faydalı olan karabuğday proteinlerinin biyolojik değeri %90'dan fazladır. Bu değer, anne sütü ve yumurta gibi %100 biyolojik değere sahip gıdalarla karşılaştırılabilir (Taşkırđı 2011).

Karabuğday proteini yaklaşık %18,2 albumin, %43,3 globulin, %0,8 prolamin, %22,7 glütenin ve %5 azot kalıntısından oluşmaktadır (Ikeda 2002). Ayrıca karabuğday, insan vücudu tarafından üretilmeyen sekiz amino asit içerir. Lizin ve arginin amino asitleri

açısından zengin bir kaynaktır. Lizin, proteinlerin vücut tarafından modifikasyonunu ve kullanımını kolaylaştırır (Köksal 2017).

Karabuğday ve ekmeklik buğday proteinlerinin karşılaştırılması, karabuğdayın glutamin ve prolin hariç tüm amino asitleri yüksek veya benzer miktarlarda içerdiğini ortaya koymaktadır. Lizin, karabuğdayda ekmeklik buğdayda gözlenenden yaklaşık 2,5 kat daha fazla bir konsantrasyonda bulunur (Yıldız ve Yalçın 2013). Ortalama bir karabuğday tanesi %67,8-70,1 oranında toplam karbonhidrat içerir. Nişasta, toplam karbonhidrat içeriğinin %54,5'ini oluşturur ve bunun büyük bir kısmı endospermde bulunur (Yıldız 2009).

Bazı çalışmalar karabuğday nişastasının amiloz içeriğinin %45'ten fazla olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, karabuğday nişastasının amiloz içeriği, %21,1 ile %27,4 arasında değişen değerlerle diğer tahıllar ile karşılaştırılabilir. Ayrıca, bu konuyu daha fazla araştırmak için çalışmalar yapılmıştır. Karabuğday nişastasının yüksek miktarda uzun zincirli amilopektin içerdiği bilinmektedir. Ayrıca, karabuğday nişastasının diğer tahılların ve yalancı tahılların nişastalarına kıyasla daha yüksek bir jelatinleşme derecesi sergilediği gösterilmiştir (Yıldız ve Yalçın 2013).

Karabuğday tanelerinin yaklaşık %27,4 oranında diyet lifi içerdiği bildirilmiştir. Bu oranın büyük çoğunluğu, dış kısımlara yakın mesafede bulunan tohum zarfı ve kabuğunda bulunur. Diyet lifi, insan ince bağırsağında sindirime ve emilime dirençli olan ve kalın bağırsakta kısmen veya tamamen fermente olabilen bitki veya benzeri yenilebilir karbonhidratlar olarak tanımlanmaktadır (Bonafaccia vd. 2003).

Diyet lifi oligosakkaritler, polisakkaritler ve diğer hidrofilik türevlerden oluşur. Selüloz, hemiselülozlar, pektinler, zamklar ve selülozik olmayan polisakkaritler dahil olmak üzere nişasta olmayan polisakkaritler, diyet lifinin birincil bileşenlerini temsil eder. Toplamda, diyet lifi (TDF) su ile ilişkisi açısından iki farklı şekilde sınıflandırılabilir. Çözünmez diyet lifi (IDF) veya çözünür diyet lifi (SDF) olarak kategorize edilebilir. Karabuğdaydaki nişasta granülleri oval şekildedir ve endosporun kompakt yapısı nedeniyle belirgin düz

alanlar sergiler. Granül boyutu 2 ile 6 µm arasında değişmektedir (Christa ve Soral-Smietana 2008).

İnsan vücudunda gerçekleşen metabolik ve fizyolojik işlevlerin sağlıklı bir şekilde sürdürülebilmesi, bazı minerallerin düzenli ve yeterli miktarda alınmasına bağlıdır. Makro mineraller olarak sınıflandırılan sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, fosfor, sülfür ve klor gibi elementlerin günlük gereksinimi 100 mg'ın üzerindedir. Buna karşılık, eser element olarak adlandırılan çinko, demir, bakır, selenyum, iyot, manganez, molibden, krom ve kobalt gibi minerallerin vücutta daha düşük düzeylerde bulunması yeterlidir; bu elementlerin günlük ihtiyaç miktarı genellikle 100 mg'ın altındadır (Morris ve Mohiuddin 2025).

Karabuğday tüketiciler için oldukça değerli bir mineral kaynağıdır. Karabuğdayın sapı ve yaprakları tipik olarak insanlar tarafından tüketilmese de, karabuğday unu üretiminin birincil yan ürünlerini temsil ederler. Bununla birlikte, bu yan ürünler mineraller içerir ve sıklıkla hayvan yemi olarak kullanılır. Ayrıca, bu yan ürünler bazı ülkelerde kurutulmuş karabuğday yaprakları ile hazırlanan geleneksel bir gıda olarak kullanılmaktadır (Kara 2014).

Karabuğday unu yüksek oranda magnezyum, çinko, bakır ve manganez içermesiyle dikkat çekmektedir. Aynı zamanda, tek bir porsiyon karabuğday eriştesi, tavsiye edilen günlük çinko alımının yaklaşık %10'unu sağlamaktadır (Ikeda 2002). Karabuğday; potasyum, sodyum, kalsiyum, magnezyum, çinko, bakır, manganez ve selenyum gibi minerallerin yanı sıra B ve E grubu vitaminler açısından da zengin bir kaynaktır (Bobkov 2016). Karabuğdayın demir içeriği diğer tahıl ürünlerine göre oldukça yüksektir. Hamile kadınlar ve bebekler için en uygun gıda maddesidir (Rajbhandari 2004).

Karabuğdayın toplam yağ içeriğinin %1,7 ile %4,0 arasında değiştiği bildirilmiştir (Steadman vd. 2001). Doymamış yağ asitleri karabuğdayın yağ asidi bileşiminin %80'ini oluşturmaktadır ve bu yağ asitlerinin %40'ı çoklu doymamış yağ asitlerinden oluşmaktadır (Krkoskova ve Mrazova 2005). Karabuğdayın yağ asidi içeriği %14,8

palmitik asit, %36,5 oleik asit ve %35,5 linoleik asitten oluşmaktadır (Cai ve Corke 2004, Yeşil 2021).

Ayrıca karabuğday, altı farklı flavonoid türü içeren zengin bir polifenol kaynağıdır. Bunlar rutin, kuersetin, orientin, vitexin, isoorientin ve isovitexin'dir. Rutinin anti-enflamatuar ve anti-kanser etkileri belgelenmiştir (Zhang vd. 2012). Karabuğday taneleri polifenoller, saponinler, flavonoidler ve fenolik asitler dahil olmak üzere bir dizi biyoaktif bileşik içerir (Alvarez-Jubete vd. 2010b).

## 2.2.2 Kinoa

Kinoa, onu kutsal kabul eden ve "ana tahıl" olarak tanımlayan İnkaların temel gıdasını oluşturan yalancı tahıldır. Yaklaşık 5000-7000 yıl önce tüketilmiştir. Arkeolojik kayıtların da kanıtladığı üzere, mevsimin ilk tohumunun geleneksel olarak her yıl İnka imparatoru tarafından ekildiği tespit edilmiştir (Vega-Gálvez vd. 2010, Cooper 2015).

Güney Amerika kökenli olan kinoa bitkisi, özellikle Peru, Ekvador, Şili, Bolivya ve Kolombiya gibi ülkelerde geniş bir ekim alanına sahiptir. Bu bölgelerde yaygın olarak yetiştirildiği ve tarımsal üretimde önemli bir yer tuttuğu bilinmektedir. İspanyol fethinin ardından yerli halkın alışılmış ve geleneksel gıdası olan kinoanın yerini arpa ve buğday gibi yabancı tahılların aldığı ileri sürülmektedir. Büyük miktarlarda üretiminin yerini kırsal alanlarda küçük tarlalarda evsel tüketim için yetiştirilmesi almış ve daha sonra yoksullar için bir gıda olarak tanımlanmıştır (Jancurová vd. 2009, Argan 2019).

Kinoa bitkisi, *Chenopodium quinoa Willd. (Amaranthaceae)* türüne ait olup, Güney Amerika'nın And Dağları'nda yetişen ve fonksiyonel gıda ve nutrasötik olarak giderek artan bir popülerlik kazanan eski bir üründür. Besleyici ve strese dayanıklı özelliklerinin tanınmasıyla FAO (Gıda ve Tarım Örgütü), dünya çapında üretimini, tüketimini, teknolojik gelişimini ve biyoçeşitliliğin korunmasını teşvik etmek amacıyla 2013 yılında Uluslararası Kinoa Yılı'nı başlatmıştır. Kinoanın sağlığa faydaları, özellikle kinoanın amino asit içeriğine vurgu yapılarak, öncelikle makro ve mikro besin profiline bağlanmaktadır. Bugüne kadar, kinoanın ikincil metabolitlerinin insan sağlığı üzerindeki

potansiyel önemi üzerine sadece sınırlı sayıda çalışma yapılmıştır (Graf vd. 2014, Akturfan 2018).

Kinoa tohumları zengin bir besin bileşimine sahiptir. Tohumun protein içeriği %8 ile %22 arasında değişir ve proteinlerin çoğu embriyoda lokalize olur. FAO (Gıda ve Tarım Örgütü) tarafından yapılan karşılaştırmalar, protein içeriği ve kalitesinin yaygın olarak kullanılan tahıllardan daha yüksek olduğunu göstermiştir (Oelke vd. 1992). Temel amino asitleri dengeli bir oranda içeren kinoanın tohum ve yapraklarındaki proteinlerin kalitesi süt proteinine yakındır (Koziol 1992, Ranhotra vd. 1993, Repo-Carrasco vd. 2003).

Kinoa, gluten içermediği için glutensiz diyetlerde rahatlıkla kullanılabilir (Alvarez-Jubete vd. 2009, Paško vd. 2009). Ayrıca son yıllarda yaygın tahıllara karşı alerji riski taşıyan bireylerin ve vegan/vejetaryen bireylerin diyetlerinde de oldukça fazla tercih edilen yeni bir gıda bileşeni haline gelmiştir (Paško vd. 2009).

Tahıllarda genellikle düşük olan lizin amino asidi bakımından zengindir ve önemli miktarda sistein ve metiyonin içerir (Doğan ve Karwe 2003, Jancurová vd. 2009, Koyun 2013). Kinoa tohumları yaklaşık %67-74 oranında karbonhidrat içeriğine sahiptir. Bunun %52-%60'ı nişastadır. Kinoa, düşük oranda monosakkarit (%2), ham lif (%2,5-3,9) ve pentosan (%2,9-3,6) içermektedir (Valencia-Chamorro 2003).

Karbonhidrat içeriğinin büyük bir kısmını ise nişasta oluşturmaktadır ve bu oran %58,1 ile %64,2 arasında değişmektedir (Lindeboom 2005, Vega-Galvez vd. 2010, Repo-Carrasco ve Serna 2011). Kinoa nişastasının, diğer tahıllara kıyasla daha yüksek jelatinleşme kapasitesine sahip olduğu belirtilmiştir (Schoenlechner vd. 2008).

Bununla birlikte, dirençli nişasta içeriğinin çavdar ve buğdaya kıyasla daha düşük seviyede olduğu ifade edilmiştir (Mikulikova ve Kraic 2006). Kinoa tohumları, çoğunluğu linoleik asit (%52) ve linolenik asit (%40) gibi temel yağ asitleri olmak üzere yaklaşık %6 toplam lipit içerir (Valencia-Chamorro 2003, Park ve Morita 2004). Yüksek yağ içeriğine ek olarak, yüksek seviyedeki doğal antioksidan E vitamini (yaklaşık 700 ppm  $\alpha$ -tokoferol ve 840 ppm  $\gamma$ -tokoferol) hızlı lipid oksidasyonunu önler (Koziol 1992).

Buna ek olarak, çalışmalar kinoa tohumlarındaki bitkisel yağın soya fasulyesi yağına benzer bir yağ asidi bileşimine sahip olduğunu göstermektedir (Wood vd. 1993, Ng vd. 2007).

Kinoa tohumlarının sodyum (Na) içeriği düşük olup, kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), fosfor (P), potasyum (K), demir (Fe), bakır (Cu), manganez (Mn) ve inko (Zn) bakımından buğday, arpa ve mısıra kıyasla daha yüksek değerlere sahip olduğu belirtilmiştir (Koziol 1992, Valencia-Chamorro 2003). Kinoa aynı zamanda önemli bir E vitamini ve bazı B vitaminleri kaynağıdır (Doğan ve Karwe 2003, Alvarez-Jubete vd. 2010, Vega-Galvez vd. 2010).

Kinoa tohumları yüksek oranda biyoaktif bileşikler (saponinler, polifenoller, flavonoidler, fenoller, fenolik asitler) ve karotenoid bileşikler içermektedir (Doğan ve Karwe 2003, Paşko vd. 2009, Alvarez-Jubete vd. 2010a, Dini vd. 2010, Ramos Diaz vd. 2013).

Bilimsel alışmalar biyoaktif bileşenler sayesinde kandaki kolesterol seviyesini düşürdüğünü, kanser hücrelerinin gelişimini engellediğini, toksinleri azalttığını, bağışıklık sistemini güçlendirdiğini ve kardiyovasküler hastalıkları önlediğini göstermiştir (Guzmn-Maldonado ve Paredes-Lopez 1998). Ayrıca kinoa, hücrelerde doku yenilenmesini teşvik eden süperoksit dismutaz enzimleri bakımından zengin olduğu için yaşlanma karşıtı özelliklere sahiptir (Dini vd. 2010, Demir 2018).

Kinoa tohumlarının kl içeriği %2,7 ile 3,8 arasında değişmektedir ve kinoa tohumlarının tritikale tanelerinden (buğday, arpa, avdar vb.) biraz daha yüksek kül içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir (Vilcacundo ve Hernndez-Ledesma 2017).

Glüten içermeyen kinoa taneleri ve bunlardan elde edilen ürünler, karabuğday ve amarant ile birlikte yalancı tahıllar sınıfında yer almaktadır. Çölyak hastaları tarafından güvenle tketelebilen kinoa, insan beslenmesinde önemli bir yere sahip olup, yüksek protein, lif, esansiyel yağ asitleri, mineraller, vitaminler ve biyoaktif bileşen içeriğiyle dikkat

çekmektedir. Ayrıca, iyi bir enerji kaynağı olması nedeniyle beslenmede yaygın olarak tercih edilen bir gıda maddesi olarak değerlendirilmektedir (Demir ve Kılınç 2016).

Yapılan birçok çalışmada kinoanın farklı unlarla karıştırılabildiği ve bu unlardan elde edilen ürünlerin besinsel ve kalite özelliklerinde olumlu değişimler olduğu gösterilmiştir. Kinoa ile yapılan başta ekmek olmak üzere kek ve bisküvi gibi ürünler üzerinde de çalışmalar yapılmıştır (Lorenz ve Coulter 1991, Morita vd. 2001).

Kinoanın ayrıca polifenoller, fenolik asitler, skualen ve fitosteroller, antiviral, antibakteriyel ve anti-alerjik etkilere sahip olabilen ve kardiyovasküler hastalık ve diyabet riskini azaltmaya yardımcı olan biyoaktif bileşenler içerdiği bulunmuştur (Demir 2014, Demir ve Kılınç 2016, Argan 2019).

### **2.2.3 Amarant**

*Amaranthus* cinsi (*Amaranthus spp.*), *Amaranthaceae* familyasının bir üyesidir ve yaklaşık 60 farklı bitki türünü içerir. Bu türlerin sınırlı bir kısmı kültüre alınırken, çoğunluğu yabani ottur (Caselato-Sousa ve Amaya-Farfan 2012). *Amaranthus hypochondriacus*, *Amaranthus cruentus* ve *Amaranthus caudatus* türleri yalancı tahıl üretiminde kullanılmaktadır. Yunanca'da "ebedi" anlamına gelen amarant, kökeni Amerika kıtasına dayanan bir bitkidir. Arkeobotanik bulgular, bu bitkinin tarımının M.Ö. 6700 yılına kadar uzandığını göstermektedir. Amarant, özellikle Aztek uygarlığı döneminde kutsal kabul edilmiş ve besleyici bir ürün olarak yaygın şekilde kullanılmıştır (O'Brien ve Price 2008, Mlakar vd. 2010).

Amarant botanik olarak dikotiledon (çift çenekli) sınıfa ait, tek yıllık bir bitkidir (Alvarez-Jubete vd. 2010b, Amicarelli ve Camaggio 2012). Amarant kurak koşullara, fakir topraklara ve ani sıcaklık değişimleri gibi zor iklim koşullarına dayanıklıdır ve topraktaki pH ve tuz değişimlerine uyum sağlar (Caselato-Sousa ve Amaya-Farfan 2012).

Bitkinin boyu 0,3-5 metre arasında değişirken, taneler 1-1,5 milimetre çapındadır. (Rastogi ve Shukla 2013, Alvarez-Jubete vd. 2010b). Meksika, Güney Amerika ülkeleri,

ABD, Çin, Polonya ve Avusturya'da yetiştirilmektedir (Berghofer ve Schoenlechner 2002, Yeşil 2021).

Amarant, yüksek düzeyde protein içeriğine sahip önemli bir besin kaynağıdır. Ortalama olarak %15,25 protein içerdiği belirlenmiş; bileşiminde ise karbohidratların oranı %73,7–77,0 arasında değişmektedir. Bunun yanında, %7,1–8,0 aralığında yağ ve %3,0–3,5 düzeyinde mineral madde içermektedir (Shevkani vd. 2014).

En önemli karbohidrat kaynağı nişastadır. Amarantın nişasta yapısı, 2,00 µm'den daha küçük ve poligonaldır, bu da onu mısır, pirinç ve buğday gibi diğer nişasta kaynaklarından ayırır (Wilhelm 2002). Amarantın nişasta içeriği, düşük amiloz içeriği ve yüksek amilopektin içeriği ile karakterize edilir. Ayrıca, nişasta moleküllerinin bazıları lipitlerle bağlanmıştır. Bu, nişastanın özelliklerine ve işlevselliğine önemli ölçüde katkıda bulunur (Shevkani vd. 2017).

Amarant, glikoz, fruktoz, arabinoz ve ksiloz gibi monosakkaritlerin yanı sıra sükröz ve maltoz disakkaritleri de içerir. Bu sakkaritler buğday gibi yaygın tahıllarda yaklaşık %1 oranında bulunurken, amarantta %3-5 oranında bulunur (Taylor ve Parker 2002). Amarant tanelerinin diyet lifi içeriğinin %8 ile %17 aralığında olduğu tahmin edilmektedir. Kinoa ve amarantın diyet lifi ve pektik özelliklerini araştıran bir çalışmada, bu yalancı tahıllardan elde edilen pektik yapılar ve ksiloglukanlar arasında farklılıklar olduğu belirtilmiştir. Araştırma ekibi, kinoa çözünür liflerinin homogalakturonan ve arabinanlardan oluştuğunu, amarant liflerinin ise esas olarak di- ve trisakkaritlerden oluştuğunu keşfetmiştir (Lamothe 2015).

Amarant taneleri, özellikle öz ve kabuk kısımlarında yüksek antioksidan özelliklere sahip E vitamini ve polifenoller içerir. Amarantta bulunan başlıca fenolik bileşikler kafeik asit, hidroksibenzoik asit ve ferulik asittir (Barba de la Rosa vd. 2009). Amarant, toplam yağ asidi içeriğinin yaklaşık %77'sini oluşturan yüksek doymamış yağ asitleri içeriği ile dikkat çekmektedir. Amarant buğday ve mısır gibi diğer tahıllardan daha fazla miktarda lipit içermesine rağmen, bileşimi karşılaştırılabilir. Amarant, zararlı kolesterol seviyelerini azaltmaya yardımcı olan daha fazla miktarda linoleik asit ve tokotrienol içerir

(Escudero vd. 2004, Aygün 2021). Amarant nişastası yüksek amilopektin içeriği ve düşük amiloz içeriği (%0,1-11,1) ile karakterize edilir. Amarant yaygın olarak kullanılan tahıllardan daha yüksek bir protein içeriğine (%13-21) sahiptir ve protein içeriğinin %65'i tohum ve kabukta, geri kalanı ise perispermde bulunur (Repo-Carrasco vd. 2011, Valcarcel vd. 2012).

Amarantın mineral içeriğinin (kalsiyum, magnezyum, demir, potasyum, çinko) diğer tahıllardan yaklaşık iki kat daha yüksek olduğu gösterilmiştir. Ayrıca, iyi bir riboflavin, C vitamini, folik asit ve E vitamini kaynağı olduğu bildirilmiştir. Özellikle, içerdiği folik asit miktarı buğdayınkinden yaklaşık 2,5 kat daha yüksektir. Amarant, yüksek antioksidan kapasitesi ile bilinir ve bu, bol miktarda E vitamini (%5,7) içeriğiyle ilişkilidir. Ayrıca, amarantın toplam bileşiminin %7'sini oluşturan yüksek skualen içeriği bulunmaktadır (Valcarcel vd. 2012).

Kolesterol sentezinde bir öncü olan skualen, yapısal olarak beta-karotene benzeyen terpenoid ailesinin doğal bir antioksidanıdır. Çalışmalar skualenin kemirgenlerde akciğer, kolon ve deri tümörlerinin oluşumunu engellediğini göstermiştir. Sonuç olarak, belirli kanser türlerinin tedavisinde destekleyici bir ajan olarak kullanılabilir (Sanz-Penella vd. 2013).

Son araştırmalar, amarant bitkisinin yalnızca besleyici özellikleriyle değil, aynı zamanda sağlık üzerindeki olumlu etkileriyle de öne çıktığını göstermektedir. Anti-kanser, anti-alerjik ve anti-hipertansif etkilerinin yanı sıra, kolesterol düşürücü özelliği de dikkat çekmektedir (Caselato-Sousa ve Amaya-Farfán 2012).

Hayvan modeli üzerinde yapılan bir çalışmada, amarant tüketiminin LDL kolesterol düzeylerini azalttığı, ancak HDL seviyelerinde anlamlı bir değişiklik oluşturmadığı belirlenmiştir (Cazarin vd. 2012).

Yapılan bir araştırmada, amarant bitkisinin fonksiyonel gıda olarak değerlendirilebilecek potansiyele sahip bitkisel kaynaklar arasında yer aldığı ifade edilmiştir (Conforti vd. 2005).

Yalancı tahılların tahıl ürünlerinde kullanımıyla ilgili yapılan çalışmalar özetlenmiştir; kinoa unu ilavesinin fırıncılık ürünleri, özellikle ekmek, kek ve bisküvi üzerindeki etkisini araştırmak için bir çalışma yapılmıştır. Temel olarak buğday unu kullanılmış ve %5, %10, %20 ve %30 oranlarında kinoa unu eklenmiştir. Genel olarak, ürünlerin özellikleri tat, görünüm, renk, lezzet ve tekstür açısından değerlendirilmiştir. Ekmekteki kinoa unu oranı arttıkça hacimde azalma, gözenek yapısında genişleme ve tekstür özelliklerinde sertleşme olduğu gözlenmiştir. %5-10 kinoa unu içeren ekmekler tatmin edici özellikler sergilerken, %30 kinoa unu içeren ekmekler en acı tada sahip ekmekler olarak bulunmuştur (Morita vd. 2001).

Keklerde ise kinoa unu içeriği arttıkça keklerin tekstürünün sertleştiği gözlemlenmiştir. Ancak %5-10 kinoa unu içeren kek örnekleri hem tat hem de genel kabul edilebilirlik açısından kabul edilebilir kalitede bulunmuştur. Kinoa içeriği arttıkça bisküvilerin yayılma oranı azalsa da, %20'ye kadar olan çeşitlerde lezzet gelişiminin tatmin edici olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca, bisküvilerin yayılma hızının ve görünümünün %2 lesitin ilavesi ile arttığı gözlemlenmiştir (Lorenz ve Coluter 1991).

Sert buğday unu ile kinoa unu karışımı kullanılarak, %5, %7,5, %10, %15 ve %20 oranlarında glütensiz ekmekler hazırlanmış ve bu örnekler reometre, farinograf ve diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) gibi tekniklerle analiz edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde, %7,5 ve %10 kinoa unu içeren ekmeklerde hacim değerinin anlamlı düzeyde arttığı, %15 ve üzerindeki oranlarda ise bu değerde düşüş yaşandığı belirlenmiştir. Ayrıca, kinoa unu miktarındaki artışla birlikte ekmeklerin sertlik, elastikiyet, viskozite ve jelatinleşme sıcaklığı parametrelerinde yükselme eğilimi gözlenmiştir (Morita vd. 2001).

Glütensiz mısır ekmeğine %10 oranında amarant unu ilavesiyle, ürünün diyet lif içeriğinde yaklaşık %152, protein içeriğinde ise %30 oranında artış sağlandığı belirlenmiştir (Gambus vd. 2002). Amarant ununun lipaz ve hemiselülaz enzimleri ile birlikte kullanılması durumunda, bu unun glütensiz ekmek üretiminde neden olabileceği hacim azalması gibi olumsuz etkilerin giderilebileceği ifade edilmiştir. Ayrıca, amarant unu kullanımının ekmeğin duyu özellikleri üzerinde olumlu katkılar sağladığı da

belirtilmiştir (Kihlberg vd. 2005). Karabuğdayın öğütme fraksiyonlarına ilişkin yapılan bir çalışmada, fenolik asitler ve flavonoid bileşiklerin büyük ölçüde tanenin dış katmanlarında yoğunlaştığı belirlenmiştir (Hung ve Morita 2008). Farklı oranlarda karabuğday unu kullanılarak gözleme, lavaş ve yufka türü geleneksel ekmeklerin besinsel, fonksiyonel ve duyuşal özelliklerinin iyileştirilmesine yönelik bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Karabuğday ununun özellikle lavaş ve yufka formülasyonlarına eklenmesi, ekmeklerin kalınlığında azalmaya ve yayılma oranında artışa neden olmuştur. Elde edilen sonuçlar, karabuğday ununun geleneksel ekmek üretiminde %20–30 oranlarında başarıyla kullanılabileceğini ortaya koymuştur (Yıldız 2009).

Glütensiz ekmek formülasyonlarında, pirinç unu ve patates nişastası (50:50) karışımı, %50 oranında karabuğday, kinoa ve amarant unlarıyla ikame edilerek yeni bileşimler oluşturulmuştur. Yapılan değerlendirmelerde, karabuğday ve kinoa unlarının formülasyona dahil edilmesinin ekmek hacmini anlamlı ölçüde artırdığı belirlenmiştir. Ayrıca, yalancı tahıl unlarının ilavesiyle ekmek yumuşaklığında da artış gözlemlenmiştir (Alvarez-Jubete vd. 2010a).

Amarant, kinoa ve yulaf unları ile hazırlanan hamurların reolojik özellikleri incelenmiştir. En yüksek viskoelastik özellik amarant ile hazırlanan hamur örneğinde elde edilirken, bunu kinoa örneği izlemiştir (Lamacchia vd. 2010).

Farklı oranlarda amarant, kinoa ve karabuğday unları kullanılarak glütensiz makarna üretilen bir çalışmada amaç, iyi dokusal özellikler, düşük pişirme kaybı ve optimum pişirme ağırlığı elde etmektir. Kinoa unundan yapılan makarnalar en uygun yapışma özelliklerini ve en yüksek pişirme kaybını sergilemiştir. Karışımlarından elde edilen makarnaların karşılaştırılması, pişirme kaybı, sertlik, renk, elastikiyet ve optimum pişirme süresi açısından kabul edilebilir karışımın %20 kinoa, %20 buğday unu ve %60 su içeriği olduğunu ortaya koymuştur (Schoenlechner vd. 2010).

Kinoa ilavesinin çikolatanın duyuşal ve kimyasal özellikleri üzerindeki etkisini araştırmak için %12, %16 ve %20 oranlarında kavrulmuş kinoa eklenerek besin değeri yüksek fonksiyonel bitter çikolata hazırlanmıştır. Kinoa ilavesi ile çikolatanın protein

içeriğinin %36,5 oranında arttığı tespit edilmiştir. Toplam fenolik içeriği %20 kinoa ilavesi ile %9, E vitamini içeriği ise %20 kinoa ilavesi ile %9 oranında azalmıştır. Kinoaalı çikolatalarda 92 panelist ile yapılan duyu analizde olumsuz bir fark bulunmamıştır (Schumacher vd. 2010).

Mısır nişastası ve pirinç unu (50:50) esas alınarak hazırlanan glutensiz ekmek formülasyonlarında, %0, %10, %20 ve %30 oranlarında acı bakla unu ile %0, %10, %15 ve %20 oranlarında karabuğday unu kullanılarak un karışımları oluşturulmuştur. Ayrıca, formüllerde %0 ve %1 oranlarında emülgatör ile %0, %0,5 ve %1 oranlarında guar sakızı ilavesine yer verilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde, karabuğday unu kullanımının kül, potasyum, magnezyum ve demir içeriğinde artış sağladığı belirlenmiştir. Bunun yanında, emülgatör ve guar sakızı katkısının glutensiz ekmeğin teknolojik özelliklerini iyileştirdiği, %30 acı bakla unu içeren örneklerin ise bu unun bulunmadığı kontrol gruplarına kıyasla daha yüksek hacim ve ağırlık değerlerine sahip olduğu bildirilmiştir (Yarpuz 2011).

Buğday unu ekmeğinin fenolik bileşen içeriğini artırmak amacıyla, buğday ununa kinoa, amarant ve karabuğday unları kütlece %15 ve %30 oranlarında ilave edilerek farklı ekmek formülasyonları oluşturulmuştur. Geliştirilen örnekler üzerinde toplam fenolik bileşik miktarı, antioksidan kapasite ve duyu değerlendirmeleri kapsayan çeşitli analizler gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar kontrol numunesi ile karşılaştırıldığında, en yüksek toplam fenolik içeriğe sahip ekmeklerin karabuğday ilaveli ekmekler olduğu ortaya çıkmıştır. Kontrol ekmeğinin toplam fenolik içeriği 170 mg/kg iken, %30 kinoa ilaveli ekmeğin toplam fenolik içeriği 254 mg/kg'dır. Antioksidan ve duyu özellikler açısından sonuçlar, yalancı tahıl katkılarıyla yapılan ekmeklerin kontrol örneğine kıyasla daha yüksek değerler sergilediğini göstermiştir (Chlopicka vd. 2012).

Buğday unu bazlı ekmeklerde patates ve kinoa unu ikamelerinin termomekanik özellikleri %10 ve %20 ikame seviyelerinde araştırılmıştır. Kinoa unu ilavesinin patates unundan daha stabil olduğu, ekmek hacmini olumlu etkilediği ve düşük su emilimi nedeniyle raf ömrünün uzamasına katkıda bulunduğu öne sürülmüştür (Rodriguez 2012).

Farklı oranlarda (%10, %15 ve %20) kinoa unu kullanılarak glütensiz ekmekler üretilmiş ve bu formülasyonların hamur özellikleri ile besin içeriği değerlendirilmiştir. Özellikle %20 oranında kinoa unu ilavesinin, hamurun reolojik özellikleri üzerinde olumlu etkiler gösterdiği ve ekmeklerin protein içeriğini artırdığı belirlenmiştir (Stikic vd. 2012). Ekstrüde atıştırılmalıklara kinoa (%5 ile %15) ilavesinin su emiliminde artışa ve tekstürel yapı üzerinde olumlu bir etkiye neden olduğu gösterilmiştir. Ayrıca, kinoa unu ilaveli ürünlerde sertlik oranının daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle, bu malzemenin sertliğin istenen bir özellik olduğu ekstrüde cips ve diğer benzer ürünlerin üretiminde kullanılabileceği varsayılmaktadır (Taverna vd. 2012).

Amarant (*Amaranthus hypochondriacus*) proteinlerinin emülsifiye yapısı, pH'ın emülsifiye yapı üzerindeki etkilerini belirlemek için farklı pH aralıklarında (2-8) incelenmiştir. Emülsiyon düşük pH'da (2,0) yüksek pH'ya (8,0) göre daha fazla stabilite sergilemiştir. Düşük pH'da protein çözünürlüğü, yayılma ve yüzeyin viskoelastik özelliklerinin olumlu etkilendiği gösterilmiştir (Ventureira vd. 2012).

Saf amarant proteini veya ısıl işlem görmüş amarant proteini kullanılarak iki farklı film üretilmiş ve daha sonra teknik özellikleri incelenmiştir. Isıl işlem sırasında 70°C ile 90°C arasında proteinlerin kısmen veya tamamen denatürasyonu, disülfit ve hidrojen bağlarının konsantrasyonunda artışa neden olmuş ve bu da filmin stabilitesini arttırmıştır. Ayrıca, filmin gerilme mukavemetinin suda çözünürlüğünü azalttığı tespit edilmiştir (Condes 2013). Jelatinleştirilmiş manyok unu, manyok nişastası ve amarant unu (%10:60:30) içeren makarna örneği ile endüstriyel bir reçeteye göre üretilen standart makarna arasında karşılaştırmalı bir değerlendirme yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, her iki ürünün de yapışmazlık ve açık sarı renk gibi benzer işlevsel özellikler gösterdiği belirlenmiştir (Fiorda vd. 2013).

Karabuğday unu ve HPMC (hidroksipropil metilselüloz) kullanılarak glütensiz ekmek kalitesi üzerine yürütülen bir çalışmada, %40 oranında karabuğday unu ikamesiyle pişirme kalitesinin arttığı, HPMC ilavesiyle ise ekmek sertliğinde azalma gözlemlendiği belirlenmiştir. Ayrıca, karabuğday unu ile HPMC'nin birlikte kullanımını sonucunda en yüksek özgül hacim değerine ulaşıldığı rapor edilmiştir (Mariotti vd. 2013). Karabuğday

ununun, glütensiz ekmek formülasyonlarını besin değeri açısından zenginleştirme potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir. Bu un ile hazırlanan ekmeklerin, toplam lif içeriği bakımından buğday unu ile yapılan ekmeklere kıyasla daha yüksek değerlere sahip olduğu da bildirilmiştir (Constantini vd. 2014).

Bir çalışmada, farklı oranlarda kinoa unu, pirinç unu ve patates nişastası kullanılarak glütensiz tarhana üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen tarhananın fermantasyon sürecinde meydana gelen ağırlık kaybı, protein, yağ, kül, renk ve mineral madde içerikleri analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, kinoa unu oranı arttıkça kül, protein, yağ ve mineral (K, Mg, Ca, Fe) oranlarının da arttığını ortaya koymuştur. Buna ek olarak, fermantasyon ağırlık kaybı azalmıştır. Ayrıca, tüm formülasyonlar duyuşal olarak beğenilmiştir. Ancak %50 kinoa unu içeren tarhana kıvam ve genel kabul edilebilirlik açısından en beğenilen tarhana olmuştur (Demir 2014).

Mısır, pirinç unu ve beyaz kinoa kullanılarak glütensiz ekmek üretimi amacıyla yapılan bir çalışmada, yalnızca pirinç unu ve mısır içeren kontrol formülasyonu ile karşılaştırmalı olarak, %40, %80 ve %100 oranlarında kinoa unu içeren örneklerin tekstürel kalite özellikleri değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçları, fermantasyon sürecinde kinoa ununun aşırı gaz oluşumunu dengelediğini ve daha ince, homojen bir gözenek yapısının oluşmasına katkı sağladığını ortaya koymuştur. Ayrıca, bu üç farklı düzeyde kinoa unu kullanımı, ürün lezzeti üzerinde belirgin bir olumsuz etkiye yol açmadığı için uygun bulunmuştur (Elgeti vd. 2014).

Ekstrüde amarant unu ile hazırlanan makarna ile irmik unu kullanılan standart bir makarna tarifi arasında bir karşılaştırma yapılmıştır. Amarant unu miktarı arttıkça pişirme kaybının da arttığı gözlemlenmiştir. Ekstrüde amarant ununun daha zayıf olduğu ve suyu daha hızlı emdiği varsayılmıştır. Bu durum, amarant ununun moleküler ağırlığının irmiğe göre daha az olmasına ve nişasta moleküllerinin daha küçük olmasına bağlanabilir (Islas-Rubio 2014).

Antioksidan ve duyuşal özellikleri değerlendirmek için %7,5 ve %15 kinoa unu ilavesiyle hazırlanan kurabiye örnekleri üzerinde analizler yapılmıştır. Örneklerin antioksidan

kapasiteleri %100 buğday unu ile yapılan kontrol örneğine kıyasla artmış ve kinoa ikamesi arttıkça antioksidan değeri de artmıştır. Kontrol örneği ile %7,5 kinoa unu içeren kurabiye örneklerinin duyuşsal puanları aynı bulunmuştur (Watanabe vd. 2014).

Amarant ve kinoa unu kullanılarak geliştirilen glütensiz ekmek formülasyonları üzerine yapılan bir çalışmada, bu bileşenleri içeren örneklerde kül, protein ve yağ miktarlarının kontrol grubuna kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Alencar vd. 2015).

Yapılan diğler bir çalışmada, amarant proteininin yenilebilir film için bir kaynak materyal olarak potansiyelini araştırmak ve elde edilen filmin kalite özelliklerini değerlendirmektir. Yenilebilir filmin su buharı geçirgenliğı, su emilimi, mekanik davranışı ve optik özelliklerinin kabul edilebilir aralıkta olduğu belirtilmiştir (Condes 2015).

Kinoa ununun buğday ununa (kütlice %25-50) dahil edilmesiyle üretilen ekmeğın performansı üzerindeki etkisini ve besleyici bir bileşen olarak potansiyelini araştırmak için bir çalışma yapılmıştır. Bulgular, ekmek hacmi, kırıntı sertliğı ve kabul edilebilirlik gibi belirli özelliklerde azalmalar olduğunu ortaya koymuştur. Bununla birlikte, kinoa unu ilavesi, kontrol ekmek örneğine kıyasla ekmekte diyet lifi, mineral ve protein değerlerinde artışa yol açmıştır. Duyusal değerlendirme, her iki çeşidin tadının kontrol ekmeğinden farklı olduğunu göstermiştir. Ancak, %25 kinoa unu içeren ekmek ile kontrol ekmeğı arasında önemli bir fark bulunmamıştır (Iglesias-Puig vd. 2015).

Buğday ununa %5, %10 ve %15 oranlarında kinoa unu ilave edilerek ekmek üretimi gerçekleştirilmiş ve ürün özellikleri değerlendirilmiştir. Kinoa unu miktarındaki artışın, elde edilen hamurun daha yüksek mukavemet ancak daha düşük uzayabilirlik göstermesine neden olduğu belirlenmiştir (Enriquez vd. 2003). Sonuç olarak, kontrol ekmeğı (%100 buğday unu içeren) ile %5 ve %10 kinoa unu içeren ekmekler arasında hacim açısından fark olmadığı sonucuna varılmıştır (Keskin ve Evlice 2015).

Pirinç, mısır ve karabuğday unları ile farklı emülgatörler kullanılarak hazırlanan glütensiz ekmeklerin kalite özellikleri üzerine etkileri değerlendirilmiştir. Emülgatör oranındaki

artışın, ekmeklerin yapışkanlık, elastikiyet ve esneklik gibi tekstürel özelliklerinde azalmaya; hacim değerinde ise artışa neden olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, %10 oranında karabuğday unu kullanımıyla duyuşal açıdan kabul edilebilir glütensiz ekmek elde edilebildiği ortaya konmuştur (Ildız 2015).

Kavrulmuş kinoa ve normal kinoa unu içeren çikolatalı fonksiyonel kek formülasyonu üzerinde fiziksel ve duyuşal analizler yapılmıştır. Kavrulmuş kinoa ununun viskozitesinin normal kinoa unundan daha yüksek olduğu ve kavurma süresi arttıkça viskozitede bir artış gözlemlendiği bildirilmiştir. Kavurma süresi arttıkça lezzet ve aromanın azaldığı gözlemlense de, toplam puanlamada kavrulmuş kinoa ve kavrulmamış kinoa unlu kekler arasında önemli bir fark bulunmamıştır. Ayrıca, keklere %79 oranında kinoa unu ilavesinin raf ömrünü uzattığı tespit edilmiştir (Rothschild vd. 2015).

Yumurta ve benzeri katkı maddeleri kullanılmadan %95 kinoa, amarant, karabuğday, teff unu ve %5 guar gum içeren ıslık makarna hazırlanmıştır. Daha sonra duyuşal özellikleri analiz edilmiştir. Panelistlerin %61'i kinoa makarnasını kabul edilebilir bulmuştur (Kahlon ve Chiu 2015).

Buğday unu yerine farklı oranlarda kinoa unu kullanılarak hem buğday temelli hem de geleneksel Çin tarzı ekmek ve bisküviler hazırlanmıştır. Elde edilen ürünlerin, kontrol grubu örneklerine kıyasla daha düşük özgül hacme ancak daha yüksek sertlik, çığnenebilirlik, yoğunluk ile koyuluk, kırmızılık ve sarılık gibi renk parametrelerine sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, ürünlerin protein ve kül içeriklerinin formülasyona dahil edilen kinoa unu oranıyla birlikte arttığı ortaya konmuştur. Depolama süresine ilişkin değerlendirmelerde, buğday unuyla üretilen kontrol ekmeğinde küflenme dördüncü günde, geleneksel Çin ekmeğinde ise üçüncü günde başlamıştır. Buna karşılık, kinoa unu oranının artmasıyla küflenme süresinin geciktiği; buğday ekmeğinde on birinci güne kadar, %40 oranında kinoa unu içeren geleneksel Çin ekmeğinde ise altıncı güne kadar küflenme görülmediği tespit edilmiştir (Wang vd. 2015).

Mısır unu ile hazırlanan spagetti benzeri makarna %20 kinoa ile zenginleştirilmiş ve nihai ürüne besinsel katkısı araştırılmıştır. Hazırlanan makarna örneklerinde demir ve çinkonun

biyoyararlanımının arttığı gözlenmiştir. Ayrıca, doymamış yağ asitlerinin, protein kalitesinin ve biyoyararlılığın arttığı belirtilmiştir (Gimenez vd. 2016).

Patates nişastası ile birlikte kinoa, karabuğday ve pirinç unları kullanılarak çeşitli glutensiz ekmek formülasyonları geliştirilmiştir. Bu ürünlerde temel bileşen olarak %50 oranında pirinç unu ve patates nişastası içeren karışımlar kullanılmış; kinoa ve karabuğday unları farklı oranlarda ilave edilerek örnekler hazırlanmıştır. Üretilen ekmekler, kabarma kaybı, mikroyapı, tekstürel özellikler, hacim ve renk gibi fiziksel; kül, protein ve nem gibi kimyasal; ayrıca duyu analizler dahil olmak üzere çok yönlü bir değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Kalite özellikleri açısından, kinoa unu miktarındaki artışın renk, sertlik, çiğnenebilirlik ve viskozite gibi parametrelerde artış eğilimi gösterdiği gözlenmiştir. Duyusal analiz sonuçları, yalnızca pirinç ve patates nişastası içeren kontrol örneklerinin en düşük beğeni puanını aldığını, buna karşılık %25 oranında karabuğday ve %25 oranında kinoa unu içeren formülasyonun en yüksek tüketici beğenisini elde ettiğini ortaya koymuştur (Turkut vd. 2016).

Doğal ve fermente kinoa unları ile hazırlanan makarna örnekleri dokusal, besinsel ve pişirme özellikleri açısından incelemeye tabi tutulmuştur. Kinoa ununun nihai ürüne dahil edilmesinin protein ve lif miktarında artışa neden olduğu ileri sürülmüştür. Fermente kinoa unu kullanıldığında pişirme kayıpları gözlenmesine rağmen, pişirme işlemi sırasında su emiliminin daha düşük olduğu bulunmuştur. Kinoa hamuru örnekleri karşılaştırıldığında, fermente kinoa ile hazırlanan hamurun daha fazla esneklik sergilediği, doğal kinoa ile hazırlanan hamurun ise daha fazla stabilite gösterdiği ortaya çıkmıştır. Fermente kinoa kullanılarak hazırlanan makarnada sindirilebilirlik, protein biyolojik değeri ve besin indeksinin daha yüksek olduğu gösterilmiştir. Ayrıca, en düşük glikemik indeks fermente kinoa içeren üründe gözlenmiştir (Lorusso vd. 2017).

Yapılan bir çalışmada, Rosada de Huancayo ve Pasankalla çeşitlerinin kinoa unları ile hazırlanan fermente bir içeceğin besinsel ve fermantasyon özellikleri üzerine kinoa ununun etkileri araştırılmıştır. Kinoa unu ilavesiyle içeceğin protein içeriğinin ve raf ömrünün arttığı gözlemlenmiştir. Nihai ürün organoleptik olarak analiz edildiğinde, her iki çeşidin de kabul edilebilir olduğu görülmüştür. Pasankalla'nın daha düşük saponin

içeriği ve yüksek protein içeriğinin yanı sıra fermantasyon sürecinde daha düşük viskozite kaybı nedeniyle yoğurt ve benzeri içeceklerde kullanılabilmesi belirlenmiştir. Ayrıca bu çalışma, kinoa çeşidinin gıda ürünlerinin özellikleri üzerindeki potansiyel etkisini vurgulamaktadır (Ludena Urquiza vd. 2017).

Amarant, kinoa ve pirinç unu karışımları kullanılarak glutensiz makarna üretimi gerçekleştirilmiş; elde edilen örnekler tekstürel özellikler, pişirme kaybı ve renk açısından değerlendirilmiş ve ticari glutensiz makarnalarla karşılaştırılmıştır. Araştırma bulgularına göre, en uygun duyu özelliklere sahip formülasyonun %10 amarant, %40 kinoa ve %50 pirinç unu içeren bileşim olduğu belirlenmiştir. Katılımcıların %80'i bu formülasyona ait makarnayı yeniden tüketmek istediklerini ifade etmiş; domates sosu ile servis edildiğinde ise spagetti ile belirgin bir fark algılamadıklarını belirtmişlerdir. Bununla birlikte, makarna örneklerinin dokusunun fazla yapışkan olduğu ve istenilen sıklığa tam olarak ulaşmadığı da kullanıcılar tarafından dile getirilmiştir (Makdoud ve Rosentrater 2017).

Buğday ununun kinoa unu ve peynir altı suyu ile zenginleştirilmesine yönelik ekmek formülasyonunun geliştirildiği bir çalışmada, kinoa unu kütlece %10/%15/%20 oranında, peynir altı suyu ise her bir çeşide sırasıyla 30 g, 45 g ve 60 g eklenmiştir. Ekmek çeşitleri üzerinde renk, nem, yağ, protein, kül, duyu özellikler, raf ömrü ve mikrobiyolojik kompozisyonu belirlemek için analizler yapılmıştır. Duyusal analizler, ilavelerin ekmeklerin tadını arttırdığını ortaya koymuştur. Bununla birlikte, %15'ten fazla kinoa unu ilavesi ekmeğe hafif acı bir tat vererek kabul edilemez hale getirmiştir. Peynir altı suyu ilavesinin pH, doku, lezzet veya ekmeğin kabul edilebilirliği üzerinde hiçbir etkisi olmadığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca, peynir altı suyunun bir etkisi olsa bile, kinoa unu ilavesi bunu maskeleyebilir. Ekmeklerin raf ömrünün kontrol grubuna kıyasla uzadığı gösterilmiştir (Salazar vd. 2017).

Patates nişastası, kinoa unu ve pirinç unu farklı oranlarda kullanılarak hazırlanan kek örneklerinde, hamurun reolojik özellikleri incelenmiş ve bu kekler üzerinde duyu analiz gerçekleştirilmiştir. Kinoa içeriği arttıkça elastik modülün (G') ve viskoz modülün (G'') arttığı tespit edilmiştir. Kinoa unu ilavesinin hamurun mukavemetini arttırdığı ve

nihai ürünlerin fiziksel ve duyuşal kalitesi üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Kinoa unu miktarı arttıkça örneklerin hacmi artmış ve kek kabuğunun sertliği azalmıştır. Duyusal olarak, %50 kinoa unu ikamesi diğer kek örnekleri arasında en yüksek puana ulaşmıştır (Bozdoğan vd. 2018).

Amaranttan (*Amaranthus viridis*) elde edilen nişastanın yapısı ve özellikleri, özellikle gıda ürünlerindeki potansiyel kullanımına odaklanılarak araştırılmıştır. Nişastanın oksidasyonunu takiben, toplam amiloz içeriği %36,75 olarak belirlenirken, serbest amiloz içeriği %24,98 ve yağa bağlı amiloz içeriği %11,77 olarak hesaplanmıştır. Oksitlenmiş nişastanın mayonez gibi yüksek yağ içeren emülsifiye gıda ürünlerinde kullanılabilceği gösterilmiştir (Fasuan ve Akanbi 2018).

Kuersetin ve rutin içeren amarant ununun eklenmesi, raf ömrünü uzatmak ve kekler, bisküviler gibi unlu mamullerin kalitesini korumak amacıyla yaygın olarak kullanılan BHA (butil hidroksil anisol) ve TBHQ (tert-butilhidrokinon) gibi sentetik katkı maddelerinin kullanımını azaltmaya yardımcı olabilir. Bu yaklaşım, kanser gibi ciddi hastalıklara yakalanma riskini azaltma potansiyeline sahiptir (Antoniewska vd. 2018).

Kinoa ununun köfteler üzerindeki etkisini araştırmak için farklı seviyelerde (%0, %2,5, %5, %7,5) kinoa unu kullanılarak hazırlanan glutensiz köfteler üzerinde fizikokimyasal, dokusal ve duyuşal analizler gerçekleştirilmiştir. Kinoa unu miktarı arttıkça köftelerin sertliğinin ve yapışkanlığının arttığını tespit etmişlerdir. Tüm oranlarda kinoa unu kullanımının duyuşal olarak kabul edilebilir olduğu ve %5 kinoa unu ile hazırlanan köftelerin duyuşal analizde en yüksek puanı aldığı tespit edilmiştir (Bağdatlı 2018).

Amarant proteinlerinden elde edilen yenilebilir filme amarant nişastası (granül formda ve nanokristaller halinde) eklenerek filmin teknolojik özellikleri araştırılmıştır. Nişasta ilavesiyle filmin homojenliğinin arttığını ve böylece protein yapısının desteklendiği gösterilmiştir (Condes 2018).

Pirinç ve mısır unu karışımıyla hazırlanan kek formülasyonuna %25 chia unu ve %25 kinoa unu ikame edilerek keklerin fiziksel, kimyasal ve duyuşal özellikleri incelenmiştir.

Keklere kinoa ilavesiyle ürünün protein, yağ ve toplam fenolik içeriğinin arttığı tespit edilmiştir. Kinoa unu içeren keklerin tekstürü ve lezzeti kontrol örneğine göre daha yüksek bulunmuştur. Kinoa unu ilavesinin maksimum %20'ye kadar kullanımının kabul edilebilir olduğu bulunmuştur (Levent ve Aktaş 2018).

Yapılan bir çalışmada, %25 ve %50 amarant unu ilavesiyle hazırlanan ekmeğin örneklerinin kimyasal ve teknolojik özellikleri incelenmiştir. %25'lik amarant unu içeren ekmeğin teknolojik ve duyu kalitesinin optimal olduğu sonucuna varılmıştır. Ekmeğin protein içeriğinin amarant ilavesiyle önemli ölçüde arttığı ve ekmeğin bayatlama sürecinin yavaşladığı gözlemlenmiştir (Miranda vd. 2019).

%10'luk kinoa unu kullanılarak elde edilen çözeltiler 150, 160, 170, 180 °C sıcaklıkta ve 4,5, 7,5, 10,5 ml/dak besleme akışında püskürtmeli kurutma yöntemiyle kurutulmuştur. Elde edilen kinoa tozu kimyasal ve fiziksel kalite özellikleri açısından analiz edilmiştir. Kinoa tozu üretimi için en iyi kombinasyonun 180°C sıcaklık ve 7,5 besleme hızı olduğu bulunmuştur. Bu koşullar altında, kinoa tozları %85'lik bir verimle elde edilmiştir. Kurutma sıcaklığının kinoa nişastasının kimyasal özellikleri (şişme ve aglomerasyon) üzerinde olumlu bir etkisi olduğu bulunmuştur. Yukarıdaki sonuçlar göz önüne alındığında, piyasada tüketime hazır toz ürünlere yönelik artan talep ve yüksek besleyici özellik arayışı nedeniyle kinoa tozlarının bu sektörde umut verici olduğu vurgulanmaktadır (Romano vd. 2020).

Karabuğday ununun sulu ortamda ısıtılması sırasında, suyun nişasta granüllerine yavaş yavaş nüfuz ederek şişmesine ve belirli bir sıcaklığa ulaşıldığında jelatinizasyonun başlamasına neden olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, kepek oranındaki artışın nişasta granüllerinin yoğunluğunu azalttığı ve bu durumun jelatinizasyon özelliklerini olumsuz yönde etkilediği ifade edilmiştir (Liu vd. 2022).

İncelenen literatürler ışığında, bu tez çalışmasında farklı oranlarda yalancı tahılların ekmeğin özellikleri ve kalitesi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Araştırma bulgularından, karabuğday, kinoa ve amarant oranlarının değiştirilmesiyle sağlık ve kalite açısından daha faydalı ekmeğin geliştirilebileceği sonucuna varılmıştır.

### **3. MATERYAL ve METOT**

#### **3.1 Materyal**

Ekmek üretiminde, ticari olarak temin edilen ve rafine formda olan buğday unu (Efsane Un), kinoa unu (Lotus Natura), amarant (İngro) ve karabuğday unu (Dr. Gluten), rafine sofrata tuzu (Billur), taze yaş maya (Pakmaya), toz şeker (Torku) ve su (Afyonkarahisar şebeke suyu) kullanılmıştır.

#### **3.2 Metot**

##### **3.2.1 Deneme planı**

Ekmek üretimi çalışmaları karabuğday, kinoa ve amarant unu ile ayrı ayrı yürütülmüştür. Çalışmalarda; buğday unu yerine, ana bileşen olarak ekmek üretiminde (%0, %15, %30 ve %45) karabuğday, kinoa ve amarant unu ilave edilmiştir. Ekmek denemeleri her iki kısımda da (4x3)x2 tesadüf parselleri deneme desenine göre iki tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

##### **3.2.2 Ekmek Üretimi**

Bu çalışmada kullanılan yöntem, literatürde tanımlanan metot temel alınarak modifiye edilmiştir (Yarpuz 2011). Kontrol ekmeği, 170 g buğday unu, 1,7 g şeker, 1.7 g tuz, 7 g pres yaş maya, 120 ml su kullanılarak hazırlanmıştır. Yalancı tahıl içeren ekmek üretimi için, formülasyonda yer alan buğday unu ile karabuğday, kinoa ve amarant unları %0, %15, %30, %45 oranında yer değiştirilmiştir.

Hamur ingredientleri tek seferde, direk yoğurma sistemi kullanılarak elastik, pürüzsüz ve hafif yapıda bir hamur elde edilene kadar karıştırılmış, daha sonra 30°C'de %85 nispi nemde 30 dakika kitle fermantasyonuna tabi tutulmuştur. Süre sonunda örnekler, 175°C'de 25 dakika süreyle pişirilmiştir (Arçelik Türkiye).

### **3.2.3 Fiziksel Analizler**

#### **3.2.3.1 Renk Tayini**

Ekmek numunelerinin kabuk ve iç renk değerleri, Konica Minolta CR-400 (Osaka, Japonya) renk ölçüm cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Ölçümler, CIE Lab sistemine göre  $L^*$  (0 = siyah, 100 = beyaz),  $a^*$  (pozitif = kırmızı, negatif = yeşil) ve  $b^*$  (pozitif = sarı, negatif = mavi) değerleri üzerinden yapılmıştır. Cihaz, ölçüm öncesinde standart beyaz kalibrasyon plakası ile kalibre edilmiş ve analizler D65 ışık kaynağı altında gerçekleştirilmiştir (Francis 1998).

#### **3.2.3.2 Ağırlık, Hacim ve Spesifik Hacim**

Ekmek örneklerinin ağırlık ve hacim ölçümleri, fırından çıktıktan 60 dakika sonra gerçekleştirilmiştir. Hacim belirleme işlemi, kolza tohumu ile yer değiştirme prensibine dayanan ve AACC 10-05 standardına uygun olarak yapılan ölçümlerle gerçekleştirilmiştir (AACC 1990). Spesifik hacim değeri ise ekmek örneklerinin hacim değerlerinin ağırlık değerlerine oranlanmasıyla hesaplanmıştır (Elgün vd. 2001).

#### **3.2.3.3 Ekmekte Tekstürel Ölçümler**

Ekmek numunelerinin sertlik değerleri pişirme işleminden 24 saat sonra Texture Analyser (TA-XT2i) Tekstür Analiz Cihazı (Texture Technologies Corp, Scarsdale, NY/Stable Micro Systems, Godalming, Surrey, UK) kullanılarak belirlenmiştir. Analiz AACC 74-09 yöntemine uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Ölçüm için, her biri 25 mm kalınlığında olan orta ekmek dilimleri seçilmiştir. Ekmeklerin sertlik değerleri, %25 sıkıştırma oranına sahip 36 mm çapında silindirik bir prob (P36/R) ve 5 kg'lık bir yük hücresi kullanılarak ölçülmüştür (Anonim 2002, Yılmaz 2014).

#### **3.2.3.4 Reolojik Özellikler**

Amilograf analizinde hamurların jelleşme özellikleri, AAAC 22-10 ve ICC 110 numaralı uluslararası yöntemlere göre belirlenmiştir. Farinograf analizinde, 500 FU çizgisine

ulaşmak için gerekli su miktarı ve hamurun yoğurma sırasında gösterdiği direnç hesaplanmıştır. Bu analizle su emme kapasitesi, karıştırma süresi, hamur stabilitesi, yoğurma tolerans sayısı (MTI) ve yumuşama değeri belirlenmiştir. Bu çalışmada, 300 g kapasiteli Brabender Farinograf cihazı (FAR, Almanya) kullanılmış ve ilgili yöntem doğrultusunda analizler gerçekleştirilmiştir. Hamurların uzama direnci, uzama kapasitesi ve hamur enerjisi, Brabender Ekstensograf (EXT) cihazı ile belirlenmiş; tüm ölçümler tanımlanan metot esas alınarak uygulanmıştır (Elgün vd. 2002).

Ekstensograf analizleri, AACC 54-10 metotuna göre (Ekstensograf-E, Brabender, Germany) yapılmıştır. Cihaz, Brabender Extensograf.lnk yazılımı ile bilgisayara bağlı çalıştırılmıştır. Farinograf su absorpsiyonuna göre hesaplanan su miktarı ve %2 tuz içeren 300 g un, 5 dakika yoğrulup fermantasyon kabiniinde dinlendirildikten sonra 60. dakikada analiz edilmiştir. Bu analizlerde enerji (cm<sup>2</sup>), direnç, elastikiyet, maksimum direnç, oran ve maksimum oran değerleri hesaplanmıştır.

### 3.2.3.5 Glüten Tayini

Yaş gluten miktarı, Glutomatic 2100 cihazı (Perten Instruments, İsveç) kullanılarak, onaylı analiz yöntemlerine uygun şekilde belirlenmiştir (AACCI 2010).

### 3.2.3.6 Pişirme Kaybı

Pişirme işlemi tamamlandıktan sonra ekmek numuneleri oda sıcaklığında 60 dakika boyunca bekletilmiş ve tamamen soğuduktan sonra tartılmıştır. Pişirme sürecinde meydana gelen su ve uçucu bileşen kaybı, pişirme kaybı yüzdesi (%) olarak hesaplanmıştır. Pişirme kaybının hesaplanmasında aşağıda yer alan formül kullanılmıştır (Debonne vd. 2017).

$$PK = \left[ 1 - \left( \frac{E_k}{T_i} \right) \right] \times 100 \quad (3.1)$$

$PK$  = Pişirme Kaybı

$E_k$  = Pişirme sonrası ekmek ağırlığı (g)

$T_i$  = Hamurun içeriğindeki toplam malzeme ağırlığı (g)

### **3.2.4 Kimyasal Analizler**

#### **3.2.4.1 Nem Tayini**

Ekmek üretiminde kullanılan karabuğday unu, kinoa unu, amarant unu ve ekmeklerin su içeriği 135°C'de 2 saat süreyle kurutma standardı (AACC 44-19) uygulanarak ölçülmüştür (Anonim 1990).

#### **3.2.4.2 Kül Tayini**

Un ve ekmek numunelerinin kül içeriği, AACC 08-01 ve ICC 104/1 yöntemlerine uygun olarak belirlenmiştir. Analiz kapsamında, belirlenen miktardaki numuneler 550°C'de kül fırınında yakılarak külleşme işlemi uygulanmıştır. Numuneler, sabit ağırlığa ulaşına ve homojen açık gri kül oluşumu sağlanana kadar fırında tutulmuştur. Kül miktarı, yakma işlemi sonrası kalan inorganik madde miktarı üzerinden hesaplanmıştır (AACC 2010, ICC 2006).

#### **3.2.4.3 Ham Protein Tayini**

Ekmeklerin üretiminde kullanılan unların ve elde edilen ekmek örneklerinin protein tayini, AACC yöntemlerinden 46-12'ye göre gerçekleştirilmiştir. Bu yöntem, örneklerde bulunan organik bileşiklerdeki azotun, derişik sülfürik asit (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) ve bir katalizör eşliğinde yaş yakma işlemi ile amonyum formuna dönüştürülmesine dayanmaktadır. Oluşan amonyak, alkali ortamda damıtılarak bir asidik çözeltide tutulmuş ve miktarı titrasyon yöntemiyle belirlenmiştir (Uylaşer ve Başoğlu 2016).

Protein içeriği hesaplanırken elde edilen toplam azot miktarı, buğday için 5,70; karabuğday, kinoa ve amarant gibi yalancı tahıllar için ise 5,83 azot-protein çarpım faktörü kullanılarak değerlendirilmiştir (Anonim 1990).

#### 3.2.4.4 Toplam Fenolik Madde Miktarı

Ekmek örneklerinin toplam fenolik madde içerikleri, Folin–Ciocalteu yöntemi esas alınarak belirlenmiştir. Bu amaçla, örnekler öncelikle dondurularak kurutulmuş, ardından Waring blender ile öğütülmüş ve 375 µm gözenek çapına sahip bir elekten geçirilmiştir. Hazırlanan toz halindeki örneklerden 1 gram alınarak santrifüj tüplerine aktarılmış ve üzerine 10 mL asitlendirilmiş metanol çözeltisi (HCl: metanol:su; 1:80:10, v/v) ilave edilmiştir. Tüpler, oda sıcaklığında 200 dev/dak hızla 2 saat süreyle çalkalanmış, ardından 1000×g kuvvetinde 10 dakika santrifüjlenerek berrak ekstrakt elde edilmiştir. Analiz için 250 µL ekstrakt, 250 µL 2N Folin–Ciocalteu reaktifi ve 5.75 mL saf su ile karıştırılmış ve karışım 8 dakika boyunca oda sıcaklığında bekletilmiştir. Daha sonra, 2.5 mL %7 (w/v) sodyum karbonat çözeltisi ve 5 mL saf su eklenerek yeniden karıştırılmış ve oda sıcaklığında karanlık ortamda 2 saat inkübe edilmiştir. Reaksiyonun ardından örneklerin absorbans değerleri, spektrofotometre (Jenway 6300) kullanılarak 750 nm dalga boyunda, uygun bir blank çözeltiye karşı ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar, gallik asit standart eğrisinden yararlanılarak değerlendirilmiş ve toplam fenolik madde miktarı mg GAE/g (Gallik Asit Eşdeğeri) cinsinden ifade edilmiştir ( Singleton vd. 1999, Zhao vd. 2014).

#### 3.2.4.5 Toplam Antioksidan Aktivite

Ekmek örneklerinin toplam antioksidan kapasiteleri, 2-2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) serbest radikal süpürme yöntemi ile belirlenmiştir. Bu yöntem, DPPH radikalinin, örneklerde yer alan antioksidan bileşikler tarafından indirgenmesine dayanmaktadır. Analizlerde, daha önce fenolik madde tayini amacıyla hazırlanmış olan ekstraktlardan 100 µL alınarak santrifüj tüplerine aktarılmış ve üzerine 3.9 mL  $6 \times 10^{-5}$  mol/L derişimindeki DPPH çözeltisi ilave edilmiştir. Karışım, karanlık koşullarda ve oda sıcaklığında 30 dakika inkübe edilmiştir. Ardından, absorbans değerleri 517 nm dalga boyunda bir spektrofotometre kullanılarak ölçülmüştür. Kontrol grubunda yalnızca DPPH çözeltisi yer alırken, kör deney grubunda asitlendirilmiş metanol kullanılmıştır. Elde edilen ölçüm sonuçlarına göre, örneklerin DPPH serbest radikal giderme yüzdeleri aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır (Gyamfi vd. 1999, Beta vd. 2005).

$$\% \text{ Inhibasyon} = \left[ \frac{Abs_{kontrol} - Abs_{ornek}}{Abs_{kontrol}} \right] \times 100 \quad (3.2)$$

%İnhibasyon = Tüm aktivite durdurulmuş veya tamamen inhibe edilmiş.

$Abs_{kontrol}$  = İşlem uygulanmamış (inhibitör eklenmemiş) kontrol grubunun absorban değeri.

$Abs_{ornek}$  = İşlem gören (inhibitör içeren) numunenin absorban değeri

### 3.2.4.6 Mineral Madde Tayini

Mineral madde tayini için 1 g öğütülmüş numune 50 mL'lik bir behere konmuş ve üzerine 15 mL saf HNO<sub>3</sub> ilave edilmiştir. Numuneler bir gece (8-10 saat) oda sıcaklığında bekletilmiştir. Daha sonra her bir numuneye 4 mL HClO<sub>4</sub> ilave edilmiştir. Çözelti bir çeker ocak altında 5-6 saat boyunca kaynatılmadan yavaşça ısıtılmıştır, asitlerin sonuna yakın ısıtma durdurularak ve çözeltinin oda sıcaklığında soğumasına izin verilmiştir. Soğutulan çözeltilerin her birine 5 mL H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> eklenmiş ve berrak bir renk elde edilene kadar ısıtmaya devam edilmiştir. Daha sonra ısıtma durdurulmuş ve çözeltiler soğumaya bırakılmıştır. Süzme ve seyreltmeden sonra, numunelerin mineral içeriği indüktif olarak eşleşmiş plazma optik emisyon spektrometresi (ICP-OES) (Agilent 720) ile belirlenmiştir ve sonuçlar mg/kg cinsinden hesaplanmıştır (Biçer 2018).

### 3.2.4.7 Mikroyapı Analizi (SEM)

Ekmek örneklerinin yapısı bir HITACHI Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) (SU5000, Japonya) kullanılarak incelenmiş ve fotoğraflanmıştır. Görüntüleme için, seçilen ekmek örneklerinden 1 mm'lik kesitler alınmış, kurutulmuş ve nem içeriği %3-5'e düşürülmüştür. Kurutulan örnekler çift taraflı karbon bant üzerine yapıştırılmış ve görüntüleme için paladyum-altın karışımı ile kaplanmıştır. Cihazda görüntüleme işlemi, incelenecek numunenin 20 kV potansiyel fark altında hızlandırılan elektronlar tarafından uyarılması sonucu yayılan sinyallerin tespit edilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Analiz sürecinde, numunelerin mikroyapısal özelliklerini detaylı bir şekilde değerlendirebilmek amacıyla 1000x ve 2500x büyütme oranları kullanılarak görüntüleme gerçekleştirilmiştir.

### **3.3 Duyusal Analiz**

Ekmeklerin duyusal değerlendirmesi, yaşları 30 ile 60 arasında değişen, alanında uzman 10 panelist tarafından gerçekleştirilmiştir. Ekmekler panelistlere oda sıcaklığında plastik tabaklar üzerinde sunulmuştur. Panelistlerden ekmekleri simetri, gözenek yapısı, tat/koku, görünüm, ğnenebilirlik ve genel kabul edilebilirlik açısından 1-9 arasında derecelendirmeleri istenmiştir. Duyusal analiz yöntemi, daha önce yapılan bir çalışma temel alınarak revize edilip uyarlanmıştır (Hooda ve Jood 2005).

### **3.4 İstatistiksel Analizler**

Elde edilen sonuçlar ortalama  $\pm$  standart sapma olarak ifade edilmiştir. Her bir parametre için grupları (unlar ve karışımlar) karışılaştırmak için iki yönlü varyans analizi kullanılmıştır. Her bir grubun ikili karışılaştırmaları için Duncan'ın çoklu karışılaştırma testi kullanılmıştır. İstatistiksel anlamlılık seviyesi 0,05 olarak belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirmesi SPSS 26 paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, farklı oranlarda (%0, %15, %30, %45) karabuğday, kinoa ve amarant unları kullanılarak üretilen ekmeklerin fiziksel, reolojik, kimyasal, mikroyapısal ve duyuşsal özellikleri incelenerek elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

##### 4.1 Hammadde Analizi

Ekmek üretiminde kullanılan unların renk değerleri ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.1'de verilmiştir. En yüksek  $L^*$  değeri buğday ununda,  $a^*$  değeri karabuğday ununda,  $b^*$  değeri ise amarant ununda tespit edilmiştir.

Bizim çalışmamızdan farklı olarak, kinoa ununun en yüksek  $L^*$  değerine sahip olduğunu bildiren çalışmalar da mevcuttur. Nitekim bir araştırmada, kinoa, karabuğday ve amarant unlarına ait  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri sırasıyla 91,60; -0,03; 11,09 (kinoa), 71,91; 5,27; 20,78 (karabuğday) ve 83,99; 1,85; 15,93 (amarant) olarak rapor edilmiştir (Öncel 2017).

Bu çalışmada elde edilen bulgular, amarant, karabuğday ve kinoa unlarının renk parametrelerine ilişkin literatürde bildirilen verilerle benzerlik göstermektedir. Nitekim daha önce yapılan bir çalışmada amarant unu için;  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  değerleri sırasıyla 81,59, 2,40 ve 18,16, karabuğday unu için; 64,32, 6,34 ve 22,80, kinoa unu için ise; 78,61, 1,01 ve 18,31 olarak belirlenmiştir (Yeşil 2021).

Çalışmada kullanılan karabuğday, kinoa ve amarant unlarının, nem, kül, protein, toplam antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde içeriği Çizelge 4.1'de gösterilmiştir. En yüksek toplam antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde içeriği karabuğday ununda tespit edilmiştir.

Karabuğday ununa ilişkin yapılan bir çalışmada, nem, kül ve protein içeriklerinin sırasıyla %10,41, %1,68 ve %11,53 düzeyinde olduğu bildirilmiştir (Atalay 2009). Kinoa ununa ilişkin yapılan bir çalışmada, nem, kül ve protein içeriklerinin sırasıyla %3,51, %2,07 ve %18,69 düzeyinde olduğu bildirilmiştir (Demir 2018).

Amarant bitkisinin kül ve protein içeriği sırasıyla %2,99 ve %13,88 olarak belirlenmiştir (Amare vd. 2016). Karabuğday, kinoa ve amarantın toplam fenolik madde içerikleri sırasıyla 3,23, 0,71 ve 0,212 mg GAE/g olarak belirlenmiştir (Alvarez-Jubete vd. 2010a). Ekmek üretiminde kullanılan un numunelerine ait temel bileşim özellikleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

**Çizelge 4.1** Un Numunelerine Ait Temel Bileşim Özellikleri

	<b>Amarant Un</b>	<b>Karabuğday Un</b>	<b>Kinoa Un</b>	<b>Buğday Un</b>
<b>Nem (%)</b>	12.0±0.19	13.0±0.20	9.0±0.30	11.0±0.40
<b>Kül (%)</b>	2.64±0.51	2.15±0.35	2.06±0.63	0.67±0.15
<b>Ham Protein (%)</b>	16.08±0.22	12.62±0.32	13.46±0.24	11.62±0.22
<b>Toplam Fenolik Madde Miktarı (mg GAE/ g)</b>	3.58±0.65	4.45±1.68	1.98±2.15	0.67±0.21
<b>Toplam Antioksidan Aktivite (%)</b>	42.56±0.42	51.35±0.11	24.91±0.26	26.00±0.15
<b>Renk</b>				
<b><i>L</i>*</b>	82.1±0.22	64.68±0.14	78.65±0.12	90.44±0.10
<b><i>a</i>*</b>	2.5±0.24	6.46±0.54	1.25±0.25	0.45±0.21
<b><i>b</i>*</b>	20.49±0.15	18.82±0.16	19±0.44	10.42±0.30
<b>Mineral Madde (mg/100g)</b>				
<b>Ca</b>	151.67±0.98	60.06±0.41	34.60±0.05	35.21±0.14
<b>Cu</b>	0.83±0.42	0.33±0.77	0.63±0.19	0.33±0.12
<b>Fe</b>	6.01±0.49	3.67±0.37	4.05±0.62	2.91±0.59
<b>K</b>	196.42±0.43	283.34±0.92	338.70±0.28	68.29±0.55
<b>Mg</b>	286.98±0.23	207.57±0.93	205.84±0.48	97.56±0.62
<b>Mn</b>	2.09±0.33	0.79±0.23	1.62±0.18	0.76±0.11
<b>P</b>	375.81±0.66	414.77±0.36	314.62±0.36	115.41±0.36
<b>Zn</b>	1.68±0.52	1.17±0.34	2.08±0.91	0.97±0.32

\*Sonuçlar iki tekerrürün ortalaması şeklinde verilmiştir.

Kinoa, karabuğday ve amarant unlarının kalsiyum, potasyum, demir, magnezyum ve çinko içerikleri sırasıyla kinoa için 48,99, 672,79, 4,22, 195,26 ve 4,67 mg/100 g,

karabuğday için 34,76, 406,08, 2,44, 195,81 ve 2,66 mg/100 g, amarant için ise 164,40; 458,91; 7,02; 246,82 ve 5,19 mg/100 g olarak belirlenmiştir (Öncel 2017).

Yapılan bir çalışmada, amarant ununun mineral içeriği detaylı olarak incelenmiş ve 100 gramında sırasıyla 200 mg kalsiyum, 663 mg fosfor, 552 mg potasyum, 7,35 mg demir, 328 mg magnezyum ve 4,55 mg çinko içerdiği belirlenmiştir (Mota vd. 2016).

Kinoa ve karabuğday unlarının bazı mineral içeriklerine yönelik yapılan bir çalışmada; kinoa ununun kalsiyum, fosfor, potasyum, demir, magnezyum ve çinko içerikleri sırasıyla 49,55, 392,62, 748,66, 3,53, 32,77 ve 1,71 mg/100 g, karabuğday ununun ise aynı mineraller için sırasıyla 30,04, 433,89, 404,16, 2,89, 235,95 ve 2,21 mg/100 g düzeyinde olduğu bildirilmiştir (Çevik ve Ertaş 2019).

Elde ettiğimiz bulguların literatürdeki verilerle uygun olduğu görülmektedir.

## **4.2 Hamur Analizleri**

### **4.2.1 Glüten**

Örneklere ait glüten analizi sonuçları Çizelge 4.2’de verilmiştir. En yüksek glüten değeri kontrol örneklerinde, en düşük glüten değeri ise %45 kinoa unu içeren örneklerde belirlenmiştir.

Örneklere ait glüten oranlarına ilişkin varyans analizi bulguları Çizelge 4.3’te verilmiştir. Varyans analizine göre, farklı unların etkisinin istatistiksel olarak önemsiz olduğunu, farklı yalancı tahıl oranlarının etkisinin istatistiksel olarak  $p<0,01$  düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir.

Glüten oranlarının Duncan testi karşılaştırmaları Çizelge 4.4’te verilmiştir. Duncan testine göre, farklı unların etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuşken, farklı oranın etkisinin istatistiksel olarak  $p<0,01$  düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Bizim çalışmamızda kontrol örneklerinde glüten oranı %26,10 olarak bulunmuştur. Bu

çalışmada elde edilen bulgularla uyumlu olarak, literatürde buğday ununun yaş glüten içeriğinin %27,5 düzeyinde olduğu bildirilmiştir (Yılmaz 2019).

**Çizelge 4.2** Örneklere Ait Glüten Analizi Sonuçları

<b>Un</b>	<b>Yalancı Tahıl Oranı (%)</b>	<b>Glüten Miktarı (%)</b>
<b>Amarant</b>	%0	26.10±0.38
	%15	19.40±0.40
	%30	13.20±0.55
	%45	10.20±0.69
<b>Karabuğday</b>	%0	26.10±0.38
	%15	19.90±0.29
	%30	12.50±0.78
	%45	7.50±0.98
<b>Kinoa</b>	%0	26.10±0.38
	%15	18.50±0.97
	%30	16.30±0.15
	%45	6.50±0.47

**Çizelge 4.3** Glüten Oranlarına İlişkin Varyans Analizi Bulguları

<b>VK</b>	<b>SD</b>	<b>Glüten</b>	
		<b>KO</b>	<b>F</b>
<b>Model</b>	6	1312.392	759.83**
<b>Un</b>	2	4.702	2.722ns
<b>Oran</b>	3	359.247	207.990**
<b>Hata</b>	18		1.727

\*p< 0,05 düzeyinde önemli, \*\*p<0,01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz

Literatürle tutarlı şekilde, formülasyonda kullanılan yalancı tahıl oranı arttıkça elde edilen ekmeklerde glüten içeriğinin istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azaldığı belirlenmiştir.

**Çizelge 4.4** Glüten Oranlarının Duncan Testi Karşılaştırmaları

	<b>N</b>	<b>Glüten (%)</b>
<b>Un</b>		
<b>Amarant</b>	8	17.23
<b>Karabuğday</b>	8	16.50
<b>Kinoa</b>	8	16.85
<b>Yalancı Tahıl Oranı (%)</b>		
<b>%0</b>	6	26.10 <sup>a</sup>
<b>%15</b>	6	19.27 <sup>b</sup>
<b>%30</b>	6	14.00 <sup>c</sup>
<b>%45</b>	6	8.07 <sup>d</sup>

\*Farklı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

#### **4.2.2 Amilograf**

Un örneklerinin amilograf ölçüm sonuçları Çizelge 4.5'te verilmiştir. Örneklere ait en yüksek jelatinizasyon başlangıç sıcaklığı 67,53 °C ile %45 amarant unu içeren örneklerde en düşük ise 61,30 °C ile kontrol örneklerinde belirlenmiştir. En yüksek jelatinizasyon pik sıcaklığı, maksimum jelatinleşmedeki viskozite, son değer ve alan sonuçlarında %45 karabuğday unu içeren örneklerde tespit edilmiştir.

Çizelge 4.6'da amilograf verilerinin varyans analizine ilişkin değerlendirme verilmiştir. Varyans analizine göre, kullanılan un türünün maksimum jelatinleşme viskozitesi, son viskozite ve jelatinizasyon alanı değişkenleri üzerinde anlamlı düzeyde farklılık yarattığını ortaya koymuştur. Bu, farklı un türlerinin hamurun nişasta jelatinizasyon özelliklerini önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir. Oran faktörü ise tüm parametrelerde istatistiksel olarak anlamlıdır (p<0,01), bu da yalancı tahıl oranındaki değişimin jelatinizasyon başlangıç sıcaklığı, pik sıcaklığı, maksimum viskozite ve son viskozite üzerinde belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, bu çalışmada kullanılan farklı un türleri ve bunların formülasyondaki oranları, pişirme sürecinde hamurun fiziksel ve reolojik özellikleri üzerinde belirleyici bir rol oynamıştır. Özellikle nişasta yapısında gerçekleşen değişimler, ısı ve su etkisiyle granüllerin şişmesi, yapısal

bütünlüğünü kaybederek jelatinize olması ve viskozite profiline yansıyan fiziksel dönüşümler şeklinde ortaya çıkmıştır. Bu dönüşümler jelatinizasyon başlangıç sıcaklığı, pik viskozite ve son viskozite gibi parametrelerde ölçülebilir farklılıklara neden olmuştur. Kullanılan unun türü ve oranı bu süreci doğrudan etkileyerek, nişastanın su tutma kapasitesini, şişme derecesini ve çözünme eğilimini değiştirmiş, dolayısıyla hamurun kıvamı, elastikiyeti ve işlenebilirliği gibi reolojik özellikleri de farklılaşmıştır.

**Çizelge 4.5** Un Örneklerinin Amilograf Ölçüm Sonuçları

Un	Oran	Jelatinizasyon Başlangıç Sıcaklığı (°C)	Jelatinizasyon Pik Sıcaklığı (°C)	Maksimum Jelatinleşmedeki Viskozite (BU)	Son Değer (BU)	Alan (BUs)
<b>Amarant</b>	%0	61.30±0.28	86.20±0.35	720.65±0.21	531.55±1.01	91.20±0.55
	%15	62.30±0.14	86.70±0.42	737.50±3.44	460.16±2.07	81.50±0.79
	%30	62.68±0.18	87.39±0.27	862.50±3.54	537.50±1.54	89.50±0.31
	%45	67.53±0.46	87.20±0.28	913.50±4.95	694.14±2.07	94.00±1.12
<b>Karabuğday</b>	%0	61.30±0.28	86.20±0.35	720.65±0.21	531.55±1.01	91.20±0.55
	%15	62.50±0.24	86.90±0.56	1080.00±0.38	616.20±1.00	107.18±0.20
	%30	63.90±0.14	87.80±0.14	1280.50±0.73	816.24±1.41	111.50±0.78
	%45	65.50±0.14	89.63±0.25	1758.50±4.95	1228.50±2.95	129.00±1.41
<b>Kinoa</b>	%0	61.30±0.28	86.20±0.35	720.65±0.21	531.55±1.01	91.20±0.55
	%15	61.65±0.35	85.68±0.32	872.50±0.71	501.50±2.12	91.50±0.71
	%30	63.80±0.74	87.39±0.27	964.50±2.12	670.50±1.95	87.50±1.54
	%45	65.33±0.18	88.45±0.49	1142.20±1.07	931.30±1.24	92.00±0.83

**Çizelge 4.6** Amilograf Verilerinin Varyans Analizine İlişkin Değerlendirme

VK	SD	Jelatinizasyon Başlangıç Sıcaklığı		Jelatinizasyon Pik Sıcaklığı		Maksimum Jelatinleşmedeki Viskozite	
		KO	F	KO	F	KO	F
<b>Model</b>	6	15977,418	29501,184**	30380,095	94179,538**	4126306,686	189,927**
<b>Un</b>	2	0,163	0,300ns	1,430	4,432ns	341160,042	15,703**
<b>Oran</b>	3	28,189	52,0484**	6,391	19,812**	324388,628	14,931**
<b>Hata</b>	18	0,542		0,323		21725,753	

\*p<0.05 düzeyinde önemli, \*\*p<0.01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz

**Çizelge 4.6 (Devamı)** Amilograf Verilerinin Varyans Analizine İlişkin Değerlendirme

VK	SD	Son Değer		Alan	
		KO	F	KO	F
Model	6	1957774,264	228,367**	37617,764	660,980**
Un	2	118258,292	13,794**	1057,875	18,588**
Oran	3	238359,444	27,804**	225,153	3,956*
Hata	18	8572,912		56,912	

\*p<0.05 düzeyinde önemli, \*\*p<0.01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz

Çizelge 4.7’de hamurlarda amilograf değerlerine ait Duncan karşılaştırma testi sonuçları verilmiştir. Duncan testine göre, un tipi, maksimum jelatinleşme viskozitesi, son viskozite ve jelatinizasyon alanı üzerinde anlamlı varyasyonlara neden olmuştur. Buna karşılık, jelatinizasyon başlangıç ve pik sıcaklıkları açısından un türleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir (p>0,05). Amarant ve kinoa unları ise benzer gruplarda yer almış olup, karabuğday ununa kıyasla daha düşük viskozite değerlerine sahiptir. Bu durum, karabuğday ununun nişasta yapısının daha yüksek su bağlama kapasitesine sahip olması ve pişme sırasında daha fazla viskozite oluşturmasıyla açıklanabilir.

**Çizelge 4.7** Amilograf Verilerinin Duncan Testi İle Karşılaştırılması

	N	Jelatinizasyon Başlangıç Sıcaklığı (°C)	Jelatinizasyon Pik Sıcaklığı (°C)	Maksimum Jelatinleşmede Viskozite (BU)	Son Değer (BU)	Alan (BUs)
<b>Un</b>						
Amarant	8	63.20	88.87	808.04 <sup>b</sup>	555.83 <sup>c</sup>	89.55 <sup>b</sup>
Karabuğday	8	63.30	87.63	1209.16 <sup>a</sup>	797.62 <sup>a</sup>	109.22 <sup>a</sup>
Kinoa	8	63.52	86.93	924.93 <sup>b</sup>	658.72 <sup>b</sup>	90.05 <sup>b</sup>
<b>Yalancı Tahıl Oranı (%)</b>						
%0	6	61.30 <sup>c</sup>	86.20 <sup>c</sup>	720.65 <sup>c</sup>	531.55 <sup>d</sup>	91.20 <sup>b</sup>
%15	6	61.82 <sup>c</sup>	86.76 <sup>c</sup>	896.67 <sup>bc</sup>	525.95 <sup>d</sup>	93.39 <sup>b</sup>
%30	6	63.46 <sup>b</sup>	87.53 <sup>b</sup>	1035.93 <sup>b</sup>	674.75 <sup>b</sup>	96.73 <sup>ab</sup>
%45	6	66.12 <sup>a</sup>	88.43 <sup>a</sup>	1271.33 <sup>a</sup>	951.31 <sup>a</sup>	105.00 <sup>a</sup>

\*Farklı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

Yalancı tahıl oranı açısından yapılan karşılaştırmalarda, yalancı tahıl oranı arttıkça jelatinizasyon başlangıç sıcaklığı, pik sıcaklık, maksimum viskozite, son viskozite ve jelatinizasyon alanı değerlerinin anlamlı düzeyde yükseldiği gözlemlenmiştir ( $p<0,05$ ). Özellikle %45 yalancı tahıl oranında, tüm parametrelerde en yüksek değerler kaydedilmiş ve bu oran istatistiksel olarak diğer oranlardan farklı bir grup oluşturmuştur. %0 ve %15 oranlarındaki örnekler benzer viskozite düzeylerine, jelatinizasyon başlangıç ve pik sıcaklığına sahiptir. Bu durum, düşük oranlarda yapılan katkıların jelatinizasyon sürecine etkisinin sınırlı ancak ölçülebilir olduğunu göstermiştir. Bu bulgular, artan yalancı tahıl oranının hamurun jelatinizasyon sürecine etkisini ve reolojik özelliklerde belirgin değişimlere yol açtığını göstermektedir. Sonuç olarak, karabuğday ununun diğer unlara kıyasla nişasta jelatinizasyon kapasitesinin daha yüksek olduğu, yalancı tahıl oranı arttıkça hamurun viskozite ve jelatinizasyon sıcaklığı değerlerinin belirgin şekilde yükseldiği ortaya konmuştur.

Amilograf analiz sonuçları, unların alfa-amilaz aktiviteleri ile hamurun ilk fırın aşamasındaki davranışı hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. Pik viskozitesi, nişasta granüllerinin fiziksel parçalanmadan önce serbestçe şişebilme kapasitesini ifade eder. Pik viskozitesi yüksek olan unlar, oldukça düşük alfa-amilaz aktivitesine sahiptir ve bu tür unlardan yapılan ekmekler daha kolay parçalanma eğiliminde olup, kuru bir iç yapıya ve kısa raf ömrüne sahip olabilir. Yüksek viskoziteye sahip ürünlerin elde edilmesi, yüksek şişme kapasitesine sahip nişastalardan kaynaklanır. Kaliteli ekmek üretimi için uygun buğday ununun, jelatinizasyon sürecinde maksimum viskozitesinin 300-700 BU. aralığında olması gerekmektedir (Shuey ve Tipples 1980, Rojas vd. 1999).

Yapılan bir çalışmada, %5 mercimek unu ilave edilmiş buğday ununa farklı oranlarda tapiyoka, pirinç, buğday, sorgum ve darı nişastasını eklenerek hamurun reolojik özellikleri incelenmiştir. Kontrol örneğinde jelatinizasyona başlama sıcaklığı 63,9 °C olarak belirlenmişken, %5, %10 ve %15 oranlarında pirinç nişastasını eklenmesiyle bu sıcaklık sırasıyla 64,3 °C, 64,5 °C ve 64,0 °C olarak ölçülmüştür. Jelatinizasyon pik sıcaklığı ise kontrol örneğinde 91,3 °C olarak kaydedilirken, pirinç nişastasını ilavesiyle sırasıyla 90,6 °C, 91,3 °C ve 91,1 °C olarak rapor edilmiştir (Hassan vd. 2015). Çalışmamızda kontrol örneklerine ait değerlerin, ekmek hamurunun reolojik özelliklerini inceleyen bir

çalışmada, somun hacmi açısından en yüksek değeri gösteren buğday ununa ait amilograf sonuçlarıyla benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

Söz konusu çalışmada buğday unu için jelatinizasyon başlangıç sıcaklığı 60,95 °C, pik jelatinizasyon sıcaklığı 87,1 °C ve maksimum viskozite değeri 937,5 BU. olarak rapor edilmiştir (Komlenic vd. 2010).

#### 4.2.3 Farinograf

Unlara ait farinograf ölçüm değerleri Çizelge 4.8’de verilmiştir. Tutarlılık değerlerinde en düşük 470,12 BU ile %45 amarant unu içeren örneklerde en yüksek tutarlılık 525,30 BU ile kontrol örneklerinde belirlenmiştir. En düşük yumuşama derecesi 110,30 BU ile kontrol örneklerinde iken, en yüksek yumuşama derecesi 153,44 BU ile %45 karabuğday unu içeren örneklerde tespit edilmiştir. Ayrıca kalite numarası en düşük, %45 karabuğday unu içeren örneklerde 40,59 BU belirlenirken, en yüksek değer ise kontrol örneklerinde 70,44 BU ölçülmüştür.

**Çizelge 4.8** Unlara Ait Farinograf Ölçüm Değerleri

Un	Oran	Tutarlılık (BU)	Su emme (%)	Geliştirme süresi (dk)	Kararlılık (dk)	Yumuşama derecesi (BU) (12 dk)	Farinograf kalite numarası (BU)
<b>Amarant</b>	%0	525.30±0.85	61±0.13	1.60±0.07	3.00±0.07	110.30±0.41	70.44±0.68
	%15	490.20±1.02	70±0.24	1.54±0.25	2.40±0.03	135.33±0.52	55.58±0.81
	%30	480.10±0.79	75±0.12	1.51±0.37	2.35±0.03	142.30±0.88	51.59±0.41
	%45	470.12±0.94	80±0.36	1.48±0.07	2.24±0.17	145.44±0.79	48.58±0.77
<b>Karabuğday</b>	%0	525.30±0.85	61±0.13	1.60±0.07	3.00±0.07	110.30±0.41	70.44±0.68
	%15	505.25±0.89	63±0.12	1.50±0.43	2.33±0.02	147.33±0.53	50.58±0.89
	%30	495.50±0.39	70±0.09	1.48±0.27	2.32±0.16	150.40±0.52	47.44±0.11
	%45	485.50±0.28	75±0.08	1.46±0.55	2.18±0.07	153.44±0.79	40.59±0.31
<b>Kinoa</b>	%0	525.30±0.85	61±0.13	1.60±0.07	3.00±0.07	110.30±0.41	70.44±0.68
	%15	500.50±0.19	68±0.16	1.57±0.56	2.50±0.06	128.33±0.59	60.78±0.98
	%30	485.45±0.26	72±0.17	1.54±0.13	2.38±0.09	134.49±0.85	58.79±0.21
	%45	473.35±0.28	77±0.15	1.47±0.17	2.30±0.04	142.97±0.74	53.52±0.91

**Çizelge 4.9** Farinograf Sonuçlarının Varyans Analizi Bulguları

VK	SD	Tutarlılık		Su Emme		Geliştirme Süresi	
		KO	F	KO	F	KO	F
Model	6	1006338,514	8145,131**	1,782	2020,325**	23,885	11,063**
Un	2	324,292	2,625ns	0,018	19,970**	4,868	2,255ns
Oran	3	777,153	6,290**	0,001	10,285*	8,257	3,824*
Hata	18	123,551		0,001		2,159	

\*p<0,05 düzeyinde önemli, \*\*p<0,01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz

**Çizelge 4.9 (Devamı)** Farinograf Sonuçlarının Varyans Analizi Bulguları

VK	SD	Kararlılık		Yumuşama Derecesi		Farinograf Kalite Numarası	
		KO	F	KO	F	KO	F
Model	6	71,637	14,718**	42867,514	162,073**	8588,014	17,038**
Un	2	48,751	10,016**	2604,875	9,848**	2127,792	4,221*
Oran	3	22,992	4,724*	7166,444	27,095**	2770,153	5,496**
Hata	18	4,867		264,495		504,051	

\*p<0,05 düzeyinde önemli, \*\*p<0,01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz

Un türü ve yalancı tahıl oranlarının farinograf parametreleri üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.9'da sunulmuştur. Varyans analizine göre, un türünün, geliştirme süresi ve tutarlılık dışında diğer farinograf parametreleri için istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık oluşturduğu belirlenmiştir (p<0,01, p<0.05).

Yalancı tahıl oranı incelendiğinde ise, tüm farinograf parametreleri açısından yalancı tahıl oranının istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin bulunduğu tespit edilmiştir (p<0,05). Un türleri arasında tutarlılık ve geliştirme süresi bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir.

**Çizelge 4.10** Farinograf Verilerinin Duncan Testi Sonuçları

	N	Tutarlılık (BU)	Su emme özelliği (%)	Geliştirme süresi (dk)	Kararlılık (dk)	Yumuşama derecesi (BU)	Farinograf kalite numarası (BU)
<b>Un</b>							
<b>Amarant</b>	8	491.43	71.5 <sup>a</sup>	1.53	2.5 <sup>a</sup>	133.34 <sup>a</sup>	56.55 <sup>a</sup>
<b>Karabuğday</b>	8	502.89	67.25 <sup>b</sup>	1.51	2.46 <sup>b</sup>	140.37 <sup>b</sup>	52.26 <sup>b</sup>
<b>Kinoa</b>	8	496.41	69.5 <sup>c</sup>	1.54	2.54 <sup>c</sup>	129.02 <sup>c</sup>	60.88 <sup>c</sup>
<b>Yalancı Tahıl Oranı (%)</b>							
<b>%0</b>	6	524.66 <sup>a</sup>	61 <sup>a</sup>	1.6 <sup>a</sup>	3.02 <sup>a</sup>	110.47 <sup>a</sup>	70.04 <sup>a</sup>
<b>%15</b>	6	498.94 <sup>b</sup>	67 <sup>b</sup>	1.54 <sup>b</sup>	2.41 <sup>b</sup>	136.77 <sup>b</sup>	55.77 <sup>b</sup>
<b>%30</b>	6	486.99 <sup>b</sup>	72 <sup>bc</sup>	1.51 <sup>b</sup>	2.35 <sup>b</sup>	142.19 <sup>bc</sup>	52.66 <sup>b</sup>
<b>%45</b>	6	476.15 <sup>c</sup>	77 <sup>c</sup>	1.47 <sup>c</sup>	2.24 <sup>c</sup>	147.37 <sup>c</sup>	47.63 <sup>c</sup>

\*Farklı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

Farinograf analizine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir. Duncan testine göre, un türü, özellikle yumuşama derecesi ve farinograf kalite numarası parametreleri üzerinde anlamlı farklar oluşturmuştur (p<0,05). Karabuğday unu içeren örneklerde yumuşama derecesi en yüksek düzeyde ölçülürken, aynı örneklerin kalite puanları diğer un türlerine kıyasla daha düşük bulunmuştur. Bu durum, karabuğday ununun reolojik özellikler üzerindeki etkisini göstermekte ve gluten yapısının zayıf oluşu ile ilişkilendirilmektedir.

Yalancı tahıl oranı dikkate alındığında, tutarlılık değerlerinin yalancı tahıl oranı arttıkça sistematik biçimde azaldığı, ayrıca dört oran grubunun da istatistiksel olarak birbirinden farklılaştığı tespit edilmiştir (p<0,05). Bu bulgu, yalancı tahıl oranındaki artışın hamurun yapısal bütünlüğü üzerinde zayıflatıcı bir etki oluşturduğunu göstermektedir.

Buğday unu esas alınarak %10, %20 ve %30 oranlarında amarant ve kinoa unu ilavesiyle hazırlanan hamur örneklerinde su absorpsiyon kapasitesi değerlendirilmiş, bu karışımların su tutma özelliklerine yönelik karşılaştırmalı analizler gerçekleştirilmiştir. Yapılan bir çalışmada, amarant unu içeren hamurların, özellikle %20 ve %30 oranlarında,

kinoa unu içeren hamurlara kıyasla daha yüksek su absorpsiyon kapasitesine sahip olduğu tespit etmişlerdir (Tömösközi vd. 2011). Farinograf analizlerine göre, kinoa unu oranındaki artışın hamurun su emme kapasitesinde belirgin bir artışa yol açtığı belirlenmiştir (Stikic vd. 2012).

Yapılan bir çalışmada, kontrol grubu ile kinoa unu içeren hamurlar arasındaki su emme kapasitesi farklarının, bu unların farklı protein ve lif içeriklerinden kaynaklandığı ifade edilmiştir. Kinoa ununun yüksek düzeyde protein ve lif içermesi, hamurun su emme kapasitesini artırmakta, buğday unu ile hazırlanan karışımlarda kinoa oranı yükseldikçe su emiliminin de arttığı belirtilmektedir (Sohaimy vd. 2019).

#### 4.2.4 Ekstensograf

Ekstensograf testi ile belirlenen reolojik özellikler Çizelge 4.11’de verilmiştir. En yüksek enerji değeri 106,13 cm<sup>2</sup> ile kontrol örneklerinde iken, en düşük enerji ise 60,13 cm<sup>2</sup> ile %45 amarant unu içeren örneklerde olduğu belirlenmiştir. Uzamaya direnç özelliğinde en yüksek direnç 400,26 R ile kontrol örneklerinde iken, en düşük ise 355,58 R ile %45 amarant unu içeren örneklerde görülmüştür.

**Çizelge 4.11** Ekstensograf Testi ile Belirlenen Reolojik Özellikler

Un	Oran	Enerji (cm <sup>2</sup> )	Uzamaya Direnç (R)	Uzama (mm)	Maksimum (Rmax)	Oran Sayısı (Rmax/E)
<b>Amarant</b>	%0	106.13±1.41	400.26±3.49	104.00±0.66	435.25±3.48	4.10±0.21
	%15	81.25±1.18	387.25±4.15	79.19±0.48	422.36±4.15	5.20±0.12
	%30	70.49±0.97	370.69±4.00	70.12±0.47	405.40±4.00	5.75±0.13
	%45	60.13±1.12	355.58±4.60	60.28±0.38	390.50±4.60	6.49±0.14
<b>Karabuğday</b>	%0	106.13±1.41	400.26±3.49	104.00±0.66	435.25±3.48	4.10±0.21
	%15	85.10±1.18	395.24±4.27	85.18±0.98	430.30±4.27	5.06±0.15
	%30	75.15±0.89	380.23±4.00	76.15±1.15	415.10±4.00	5.52±0.17
	%45	72.59±0.79	370.13±4.30	68.40±1.20	405.30±4.30	5.58±0.12
<b>Kinoa</b>	%0	106.13±1.41	400.26±3.49	104.00±0.66	435.25±3.48	4.10±0.21
	%15	90.19±1.28	390.15±4.25	90.58±0.86	425.15±4.25	4.71±0.18
	%30	87.39±1.38	375.20±3.30	78.18±0.18	410.20±3.30	4.70±0.16
	%45	83.48±1.21	365.60±4.50	72.15±0.62	400.10±4.50	4.79±0.14

**Çizelge 4.12** Ekstensograf Verilerinin Varyans Analizi Değerlendirmesi

VK	SD	Enerji		Uzamaya Direnç		Uzama	
		KO	F	KO	F	KO	F
<b>Model</b>	6	224.282		231.892		225.606	
<b>Un</b>	2	152.324	5.678*	64.481	6.429*	62.981	7.915*
<b>Oran</b>	3	667.162	24.867**	787.224	78.484**	769.322	96.687**
<b>Hata</b>	18	26.829		10.030		7.957	

\*p<0,05 düzeyinde önemli, \*\*p<0,01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz

**Çizelge 4.12 (Devamı)** Ekstensograf Verilerinin Varyans Analizi Değerlendirmesi

VK	SD	Maksimum		Oran Sayısı	
		KO	F	KO	F
<b>Model</b>	6	234.293		0.553	
<b>Un</b>	2	65.851	6.526*	0.666	4.685ns
<b>Oran</b>	3	794.995	78.787**	1.299	9.140*
<b>Hata</b>	18	10.090		0.142	

\*p<0,05 düzeyinde önemli, \*\*p<0,01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz

Ekstensograf verilerinin varyans analizi değerlendirilmesi Çizelge 4.12’de verilmiştir. Varyans analizine göre, enerji, uzamaya direnç, uzama, maksimum değerleri üzerine farklı yalancı tahıl oranının etkisi istatistiksel olarak (p<0,01) düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Un türünün enerji, uzamaya direnç, uzama ve maksimum parametreleri üzerinde (p<0,05) düzeyinde anlamlı etkisi bulunurken, oran sayısı parametresi açısından anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (p>0,05).

Ekstensograf verilerine ait Duncan Testi karşılaştırmaları Çizelge 4.13’te verilmiştir. Duncan testine göre, un türleri arasında özellikle enerji ve uzama parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir (p<0,05). Kinoa unu, diğer yalancı tahıllara göre daha yüksek enerji değerleri ile öne çıkmıştır.

Hamur test makinesi olarak bilinen ekstensograf analizi, buğday unundan elde edilen ürünlerin kalite özelliklerini değerlendirmek ve hamurun reolojik özelliklerini

tanımlamak amacıyla kullanılmaktadır. Bu analiz, hamurun uzayabilirlik yeteneğini, uzamaya karşı direncini ve enerji kapasitesini ölçmek için önemli bir yöntemdir. Uzayabilirlik yeteneği, ekstensograf eğrisinin 45, 90, ve 135 dakikalardaki dinlenme süreleri sonunda elde edilen taban uzunluğudur. Uzamaya karşı direnç, aynı fermantasyon sürelerinde ekstensograf eğrisinin Brabender birimiyle ölçülen maksimum yüksekliği olarak tanımlanmaktadır. Hamurun enerji değeri ise ekstensograf eğrisinin altındaki alan olup, planimetre ile ölçülmekte ve santimetrekare (cm<sup>2</sup>) cinsinden ifade edilmektedir (Çeliker 2019).

**Çizelge 4.13** Ekstensograf Verilerine Ait Duncan Testi Karşılaştırmaları

	n	Enerji (cm <sup>2</sup> )	Uzamaya Direnç (R)	Uzama (mm)	Maksimum (Rmax)	Oran Sayısı (Rmax/E)
<b>Un</b>						
<b>Amarant</b>	8	79.50 <sup>c</sup>	378.44 <sup>a</sup>	78.40 <sup>b</sup>	413.38 <sup>a</sup>	5.38
<b>Karabuğday</b>	8	84.74 <sup>b</sup>	386.47 <sup>b</sup>	83.43 <sup>a</sup>	421.49 <sup>b</sup>	5.06
<b>Kinoa</b>	8	91.80 <sup>a</sup>	382.80 <sup>a</sup>	86.23 <sup>a</sup>	417.68 <sup>a</sup>	4.58
<b>Yalancı Tahıl Oranı (%)</b>						
<b>%0</b>	6	106.13 <sup>a</sup>	400.26 <sup>a</sup>	104.00 <sup>a</sup>	435.25 <sup>a</sup>	4.10 <sup>a</sup>
<b>%15</b>	6	85.51 <sup>b</sup>	390.88 <sup>b</sup>	84.98 <sup>b</sup>	425.94 <sup>b</sup>	4.99 <sup>b</sup>
<b>%30</b>	6	77.68 <sup>c</sup>	375.37 <sup>c</sup>	74.82 <sup>c</sup>	410.23 <sup>c</sup>	5.32 <sup>c</sup>
<b>%45</b>	6	72.07 <sup>d</sup>	363.77 <sup>d</sup>	66.94 <sup>d</sup>	398.63 <sup>d</sup>	5.62 <sup>c</sup>

\*Farklı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0,05).

Kinoa ununun buğday unu ile birlikte kullanılması, ürünün besin değerini artırarak beslenme açısından avantaj sağlamakta, hamurun teknolojik ve reolojik özelliklerinde belirli değişimlere yol açmaktadır. Öğütme işlemi sırasında elde edilen kinoa ununun partikül büyüklüğü, ilave edildiği hamurun reolojik özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir. Örneğin, 180 µm'den küçük partiküller hamura ilave edildiğinde, su absorpsiyonunda artış, nişasta jelatinizasyon hızında azalma ve retrogradasyon hızında yavaşlama gözlemlenmektedir. Küçük partiküllerin daha fazla su tutabilme kapasitesi, hamurun sertleşmesine ve hamur gelişme süresinin uzamasına neden olmaktadır (Coçovanu vd. 2020).

Amarant ununun besin bileşimi, fırın ürünlerine ilave edildiğinde hamurun reolojik özellikleri üzerinde belirgin etkiler göstermektedir. 180 µm'den küçük veya 300 µm'den büyük partikül boyutuna sahip amarant ununun eklenmesi, hamurun uzayabilirliğini artırmaktadır. Küçük partiküllerin yüksek su tutma kapasitesi nedeniyle, ideal kıvamda bir hamur elde edebilmek için daha fazla suya ihtiyaç duyulmaktadır. Bununla birlikte, hamurun stabilitesinde azalma gözlenmektedir (Coşovanu vd. 2021).

Buğday ununa %5, %10 ve %15 oranlarında kinoa unu ilavesinin, hamurun uzayabilirliğini belirgin şekilde azalttığı belirlenmiştir. Ayrıca, elde edilen bulgular, kinoa unu konsantrasyonundaki artışın hamurun reolojik özellikleri üzerinde sınırlayıcı bir etki oluşturabileceğini göstermektedir (Enriquez vd. 2003).

Hamurun reolojik özellikleri ve ekmeğin nitelikleri üzerine gerçekleştirilen bir çalışmada, buğday ununa %0, %10, %20 ve %30 oranlarında kinoa unu eklenmiştir. Ekstensograf analizlerinde ise hamurun enerji değerinin düştüğü gözlemlenmiştir (Svec vd. 2011).

Yalancı tahıl ilave edilen örneklerinin uzayabilirlik değerleri birbirine oldukça yakın bulunmuşken, buğday unuyla yapılan hamurun değerlerinden belirgin şekilde farklı olduğu gözlemlenmiştir. Bu farkın temel nedeni, buğday ununda bulunan ve hamurun esneyerek uzamasını sağlayan glüten proteindir. Glüten oranı az olan hamurların ise uzama değerlerinin az olduğu belirlenmiştir.

Lavaş ekmeği üretiminde kullanılan kinoa unu oranının (%0, %5, %10, %15 ve %20) artmasıyla birlikte, hamurun enerji değeri ve uzama kapasitesinde azalma; stabilite süresinde kısılma ve yumuşama derecesinde artış eğilimi gözlemlenmiştir (Akturfan 2018).

### **4.3 Ekmekte Fizikokimyasal Analizler**

#### **4.3.1 Nem ve Kül**

Ekmek örneklerine ait nem ve kül içerikleri Çizelge 4.14'te verilmiştir. Nem oranı

açısından değerlendirildiğinde, en yüksek değer %44 ile kontrol örneklerinde, en düşük değer ise %32 ile %45 kinoa unu içeren örneklerde ölçülmüştür.

Kül içeriği bakımından ise %45 amarant unu içeren örnekler %3,87 ile en yüksek orana sahipken, en düşük değer kontrol örneklerinde %2,97 olarak saptanmıştır. Ekmeklerin nem ve kül verilerine ait varyans analizi bulguları Çizelge 4.15'te verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre, nem içeriği açısından değerlendirildiğinde, hem un tipi ( $p<0,05$ ) hem de yalancı tahıl oranının ( $p<0,01$ ) etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Buna karşın, kül içeriği üzerinde sadece yalancı tahıl oranı ( $p<0,01$ ) anlamlı bir etki oluşturmuş; un tipi değişkeninin etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $p>0,05$ ).

**Çizelge 4.14** Ekmek Örneklerinde Belirlenen Nem ve Kül İçerikleri

Un	Oran	Nem (%)	Kül (%)
<b>Amarant</b>	%0	44±1.56	2.97±0.32
	%15	41±3.66	3.08±0.51
	%30	39±3.05	3.44±0.32
	%45	38±2.68	3.87±0.62
<b>Karabuğday</b>	%0	44±1.56	2.97±0.32
	%15	38±1.58	3.20±0.63
	%30	36±1.33	3.29±0.44
	%45	34±3.10	3.50±0.22
<b>Kinoa</b>	%0	44±1.56	2.97±0.32
	%15	36±3.25	3.14±0.64
	%30	34±1.50	3.30±0.23
	%45	32±2.50	3.65±0.25

Ekmeklerin nem ve kül değerlerinin Duncan Testi ile karşılaştırılması Çizelge 4.16'da verilmiştir. Duncan testine göre, farklı un türlerinin ekmeklerin kül içeriği üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturmadığı görülmüştür ( $p>0,05$ ). Nem içeriği açısından yapılan değerlendirmede, amarant unu içeren örneklerin, karabuğday ve kinoa unu içeren örneklere kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek nem oranına

sahip olduğu belirlenmiştir ( $p < 0,05$ ). Kontrol örneklerinde nem değerlerinin oranlar arasında farklılık gösterdiği tespit edilmiş ( $p < 0,05$ ), diğer oranlar arasında anlamlı fark bulunmamıştır ( $p > 0,05$ ).

**Çizelge 4.15** Nem ve Kül Verilerine Ait Varyans Analizi Bulguları

VK	SD	Nem		Kül	
		KO	F	KO	F
Model	6	62.17	8.38**	0.268	6.69**
Un	2	30.25	4.08*	0.048	1.19 <sup>ns</sup>
Oran	3	111.00	14.96**	0.406	10.12**
Hata	18		7.42	—	0.040

\* $p < 0,05$  düzeyinde önemli, \*\* $p < 0,01$  düzeyinde önemli, ns: önemsiz

**Çizelge 4.16** Nem ve Kül Değerlerinin Duncan Testi ile Karşılaştırılması

	N	Nem (%)	Kül (%)
<b>Un</b>			
<b>Amarant</b>	8	40.5 <sup>a</sup>	3.34
<b>Karabuğday</b>	8	38.0 <sup>b</sup>	3.24
<b>Kinoa</b>	8	36.5 <sup>b</sup>	3.27
<b>Yalancı Tahıl Oranı (%)</b>			
<b>%0</b>	6	44.0 <sup>a</sup>	2.97 <sup>a</sup>
<b>%15</b>	6	38.3 <sup>b</sup>	3.14 <sup>b</sup>
<b>%30</b>	6	36.3 <sup>b</sup>	3.34 <sup>c</sup>
<b>%45</b>	6	34.7 <sup>b</sup>	3.67 <sup>d</sup>

\*Farklı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ( $p < 0,05$ ).

Çalışmamızı destekler nitelikte, buğday ununa karabuğday unu ilavesiyle ekmek üretimine yönelik gerçekleştirilen bir çalışmada, yapılan kimyasal analizler sonucunda karabuğday unu oranındaki artışın ekmeklerin nem içeriğinde azalmaya, kül içeriğinde ise artışa neden olduğu belirlenmiştir (Mojahan vd. 2019). Çalışmamızı destekler nitelikte

literatürde çeşitli çalışmalarda ürünlere ilave yalancı tahıllar eklendikçe kül oranının arttığı izlenmiştir. Kül oranındaki bu artışın, karabuğday, kinoa ve amarant gibi yalancı tahılların buğdaya göre daha yüksek mineral madde içeriğine sahip olmalarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü kül miktarı, gıdalarda bulunan inorganik bileşenlerin (mineral maddelerin) dolaylı bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir.

Yapılan bir çalışmada, karabuğday ununun bisküvi formülasyonlarında kül içeriğini artırıcı etkiye sahip olduğu belirlenmiştir (Yıldız 2012). Ekmek formülasyonuna amarant unu eklenmesinin, ürünlerin kül içeriğinde artışa neden olduğu bildirilmiştir (Sanz-Penella vd. 2013). Siyah pirinç unu kullanılarak üretilen glutensiz keklerde, artan amarant unu oranlarının kül ve protein içeriklerinde artışa neden olduğu belirlenmiştir (Bhatt vd. 2020).

Kinoa ununun buğday ununa %10, %25, %40, %55, %70, %85 ve %100 oranlarında ikame edilmesiyle buğday ekmeği, geleneksel Çin ekmeği ve bisküvi üretimi gerçekleştirilmiş; kinoa unu oranındaki artışla birlikte ürünlerin kül içeriğinde yükselme gözlemlenmiştir (Wang vd. 2015).

Farklı oranlarda (%20, %40, %60, %80 ve %100) kinoa unu kullanılarak glutensiz tarhana üretimine yönelik yapılan bir çalışmada, kinoa unu oranındaki artışın kül içeriğinde belirgin bir artışa yol açtığı belirlenmiştir (Kıtan 2017).

#### **4.3.2 Protein**

Ekmek örneklerinde ölçülen protein oranları Çizelge 4.17’de verilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, protein oranı bakımından en yüksek değer %45 oranında amarant unu içeren ekmeklerde %14,33 olduğu, en düşük değer ise kontrol örneklerinde %6,12 olduğu tespit edilmiştir.

Ekmeklerin protein değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.18’de verilmiştir. Varyans analizine göre, un çeşitlerinin ve yalancı tahıl oranlarının, protein değeri üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir ( $p<0,01$ ). Ekmeklerin protein verilerinin

Duncan Testi karşılaştırmaları Çizelge 4.19’da verilmiştir. Duncan testine göre, protein değeri açısından amarant ve kinoa unu içeren örnekler istatistiksel olarak benzer grupta, karabuğday unu içeren örnekler ise daha düşük değerlere sahiptir ( $p<0,05$ ). Ayrıca, yalancı tahıl oranı arttıkça protein değerinde de artış görülmüş, istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu gözlenmiştir ( $p<0,05$ ).

**Çizelge 4.17** Ekmek Örneklerinde Ölçülen Protein Oranları

Un	Yalancı Tahıl Oranı (%)	Protein (%)
<b>Amarant</b>	%0	6.12±0.34
	%15	11.94±0.39
	%30	12.52±0.66
	%45	14.33±0.04
<b>Karabuğday</b>	%0	6.12±0.34
	%15	8.50±0.41
	%30	9.59±0.62
	%45	10.49±0.51
<b>Kinoa</b>	%0	6.12±0.34
	%15	10.09±0.61
	%30	11.47±0.42
	%45	12.04±0.72

**Çizelge 4.18** Protein Değerlerine İlişkin Varyans Analizi Sonuçları

VK	SD	Protein	
		KO	F
<b>Model</b>	6	39.541	78.94**
<b>Un</b>	2	10.725	21.41**
<b>Oran</b>	3	62.248	124.19**
<b>Hata</b>	9		0.501

\* $p<0,05$  düzeyinde önemli, \*\* $p<0,01$  düzeyinde önemli, ns: önemsiz

**Çizelge 4.19** Protein Verilerinin Duncan Testi Karşılaştırmaları

	N	Protein (%)
<b>Un</b>		
<b>Amarant</b>	8	11.23 <sup>a</sup>
<b>Karabuğday</b>	8	8.68 <sup>b</sup>
<b>Kinoa</b>	8	9.93 <sup>a</sup>
<b>Yalancı Tahıl Oranı (%)</b>		
<b>%0</b>	6	6,12 <sup>c</sup>
<b>%15</b>	6	10,18 <sup>b</sup>
<b>%30</b>	6	11,19 <sup>b</sup>
<b>%45</b>	6	12,28 <sup>a</sup>

\*Farklı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

Çölyak hastalarına uygun glütensiz ekmek üretimine yönelik gerçekleştirilen bir çalışmada, karabuğday unu kullanımı amaçlanmış ve un miktarındaki artışın ekmeklerin protein içeriğini yükselttiği belirlenmiştir. Bu bulgu, mevcut çalışmada elde edilen sonuçlarla benzerlik göstermektedir (Krupa-Kozak vd. 2011). Buğday ununa belirli oranlarda karabuğday unu ilave edilerek ekmek üretimine yönelik gerçekleştirilen bir çalışmada, yapılan kimyasal analizler sonucunda karabuğday unu oranındaki artışın ekmeklerin protein içeriğinde yükselmeye neden olduğu belirlenmiştir (Mojahan vd. 2019).

Yapılan bir çalışmada ekmek numunelerinde %25 ve %50 oranında amarant unu kullanılarak kimyasal ve teknolojik özellikler analiz edilmiştir. Amarant ununun eklenmesiyle ekmeklerin protein içeriğinin belirgin şekilde arttığı belirtilmiştir. Amarant ilavesinin, ekmeğin protein içeriğini belirgin ölçüde artırdığı ve bayatlama sürecini yavaşlattığı belirtilmiştir (Miranda-Ramos, Sanz-Ponce ve Haros 2019). Glütensiz ekmek formülasyonlarında amarant ve kinoa unlarının kullanıldığı bir çalışmada, bu unların eklenmesiyle kontrol grubuna kıyasla ekmeklerin protein içeriğinde artış gözlemlendiği bildirilmiştir (Alencar vd. 2015). Amarant ununun, ekmek üretiminde besin değeri yüksek bir bileşen olarak kullanılabilmesi ifade edilmiş ve bu katkının özellikle protein

içeriğini artırdığına dikkat çekilmiştir (Sanz-Penella vd. 2013). Kinoa ve amarant unları kullanılarak geliştirilen glutensiz kekler üzerine yapılan bir çalışmada, elde edilen ürünlerin yüksek yağ, kül, lif ve protein içeriğine sahip olduğu bildirilmiştir (Hamzeshpour ve Dastgerdi 2023).

### 4.3.3 Renk

#### 4.3.3.1 Ekmek İç Renk

Ekmek örneklerinin iç renk değerlerine ait ölçüm sonuçları Çizelge 4.20’de verilmiştir. Renk analizine ilişkin bulgular değerlendirildiğinde, en yüksek  $L^*$  değerinin 70,31 ile kontrol örneklerinde elde edildiği, buna karşılık en düşük  $L^*$  değerinin 48,47 ile %45 oranında karabuğday unu içeren örneklerde ölçüldüğü belirlenmiştir.  $a^*$  parametresi açısından ise en yüksek değer 4,80 ile %45 karabuğday unu içeren örneklerde, en düşük değer ise kontrol örneklerinde gözlemlendiği tespit edilmiştir. Ayrıca,  $b^*$  değerinin en yüksek olduğu örnek %45 oranında amarant unu içeren örneklerde, en düşük  $b^*$  değeri 12,45 ile kontrol örneklerinde kaydedilmiştir.

**Çizelge 4.20** Ekmek İç Renk Değerlerine Ait Ölçüm Sonuçları

Un	Oran	$L^*$	$a^*$	$b^*$
<b>Amarant</b>	%0	70.31±1.49	2.40±0.15	12.45±0.20
	%15	67.83±1.10	2.47±0.37	14.67±0.65
	%30	65.71±1.19	3.45±1.33	16.82±0.59
	%45	62.50±2.13	4.30±0.13	16.90±0.57
<b>Karabuğday</b>	%0	70.31±1.49	2.40±0.15	12.45±0.20
	%15	61.32±2.13	3.91±0.72	12.48±0.87
	%30	55.20±0.86	4.64±0.10	13.18±0.78
	%45	48.47±1.84	4.80±0.41	14.22±0.57
<b>Kinoa</b>	%0	70.31±1.49	2.40±0.15	12.45±0.20
	%15	69.09±0.62	2.65±0.13	13.56±0.58
	%30	66.88±2.57	2.73±0.15	14.70±2.88
	%45	64.65±0.31	2.86±0.10	15.95±0.55

**Çizelge 4.21** İç Renk Verilerinin Varyans Analizi Bulguları

VK	SD	<i>L*</i>		<i>a*</i>		<i>b*</i>	
		KO	F	KO	F	KO	F
<b>Model</b>	6	384.98	15.49**	2.058	14.44**	12.43	11.07**
<b>Un</b>	2	311.84	12.55**	2.268	15.91**	15.57	13.87**
<b>Oran</b>	3	431.52	17.36**	2.529	17.74**	15.81	14.08**
<b>Hata</b>	30	24.85		0.143		1.122	

\*p<0,05 düzeyinde önemli, \*\*p<0,01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz

Ekmeklerin iç renk verilerinin varyans analizi bulguları Çizelge 4.21’de verilmiştir. Varyans analizine göre, model genel olarak tüm renk parametreleri üzerinde anlamlı bir etki göstermiştir (p<0,01). Un türü, *L\** (parlaklık), *a\** (kırmızılık) ve *b\** (sarılık) değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark yaratmıştır (p<0,01). Yalancı tahıl oranı, *L\**, *a\** ve *b\** parametrelerinin tamamı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı fark yaratmıştır (p<0,01).

**Çizelge 4.22** İç Renk Verilerinin Duncan Testi ile Karşılaştırılması

	N	<i>L*</i>	<i>a*</i>	<i>b*</i>
<b>Un</b>				
<b>Amarant</b>	12	66.59 <sup>b</sup>	3.16 <sup>b</sup>	15.21 <sup>a</sup>
<b>Karabuğday</b>	12	58.32 <sup>c</sup>	3.94 <sup>a</sup>	13.33 <sup>b</sup>
<b>Kinoa</b>	12	67.73 <sup>a</sup>	2.66 <sup>c</sup>	14.66 <sup>ab</sup>
<b>Yalancı Tahıl Oranı (%)</b>				
<b>%0</b>	9	70.31 <sup>a</sup>	2.40 <sup>c</sup>	12.45 <sup>c</sup>
<b>%15</b>	9	66.08 <sup>b</sup>	3.01 <sup>b</sup> <sup>c</sup>	13.57 <sup>c</sup>
<b>%30</b>	9	62.59 <sup>c</sup>	3.61 <sup>ab</sup>	14.90 <sup>b</sup>
<b>%45</b>	9	58.54 <sup>d</sup>	3.99 <sup>a</sup>	15.69 <sup>a</sup>

\*Farklı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

Ekmek örneklerine ait iç renk verilerinin Duncan testi ile karşılaştırılması Çizelge 4.22’de verilmiştir. Duncan testine göre, kinoa ununda en yüksek parlaklık ( $L^* = 67,73$ ), en düşük

kırmızılık ( $a^* = 2,66$ ) ve orta düzeyde bir sarılık ( $b^* = 14,16$ ) değeri ile diğer un türlerinden istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ( $p < 0,05$ ). Karabuğday ununda en düşük parlaklık ( $L^* = 58,82$ ) ve en yüksek kırmızılık ( $a^* = 3,93$ ) değerine sahipken, Amaran ununda en yüksek sarılık ( $b^* = 15,20$ ) değeri ile öne çıkmıştır. Yalancı tahıl oranı açısından, ekme örneklerinde parlaklık ( $L^*$ : 70,31'den 58,54'e) azalırken, kırmızılık ( $a^*$ : 2,40'tan 3,98'e) ve sarılık ( $b^*$ : 12,44'ten 15,69'a) değerlerinde artış meydana gelmiştir.

#### 4.3.3.2 Ekmek Dış Renk

Ekmeklere ait dış renk değerlerine ait ölçüm sonuçları Çizelge 4.23'te verilmiştir.  $L^*$  değeri 62,86 ile kontrol örneklerinde ölçülürken, en düşük  $L^*$  değeri 45,00 ile %45 oranında karabuğday unu içeren örneklerde tespit edilmiştir.  $a^*$  değerleri incelendiğinde, en yüksek değer 5,20 ile %45 karabuğday unu içeren örneklerde, en düşük değerin ise 2,95 ile kontrol örneklerinde yer aldığı belirlenmiştir. Ayrıca,  $b^*$  parametresi açısından en yüksek değer 17,35 ile %45 amarant unu içeren örneklerde kaydedilmiş, en düşük  $b^*$  değeri ise 12,95 ile kontrol örneklerinde gözlemlenmiştir.

**Çizelge 4.23** Ekmek Dış Renk Değerlerine Ait Ölçüm Sonuçları

Un	Oran	$L^*$	$a^*$	$b^*$
<b>Amarant</b>	%0	62.86±2.33	2.95±0.15	12.95±0.20
	%15	59.50±2.15	3.12±0.37	15.56±0.58
	%30	56.40±1.56	3.90±1.33	17.10±2.88
	%45	53.50±4.38	4.80±0.13	17.35±0.55
<b>Karabuğday</b>	%0	62.86±2.33	2.95±0.15	12.95±0.20
	%15	56.00±2.51	4.12±0.72	13.23±0.87
	%30	50.35±3.68	4.84±0.10	13.58±0.78
	%45	45.00±2.79	5.20±0.41	15.22±0.57
<b>Kinoa</b>	%0	62.86±2.33	2.95±0.15	12.95±0.20
	%15	60.55±2.94	2.85±0.43	14.67±0.65
	%30	58.00±2.47	2.93±0.35	15.15±0.59
	%45	55.32±1.24	3.26±0.60	16.10±0.57

Ekmeklerin dış renk verilerinin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.24'te verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, ekmeklerin dış renk değerleri hem un türlerine hem de yalancı tahıl oranlarına bağlı olarak farklılık göstermektedir. Un türleri, yalnızca  $L^*$  değerinde anlamlı bir fark yaratırken ( $p<0,05$ ), yalancı tahıl oranı hem  $L^*$  hem de  $a^*$  değerlerinde anlamlı farklar yaratmaktadır ( $p<0,01$ ).  $a^*$  değeri açısından ise ne un türleri ne de yalancı tahıl oranı anlamlı bir farklılık yaratmamıştır ( $p>0,05$ ).

**Çizelge 4.24** Dış Renk Verilerinin Varyans Analizi Sonuçları

VK	SD	$L^*$		$a^*$		$b^*$	
		KO	F	KO	F	KO	F
<b>Model</b>	6	20164.676	1077.866**	891.754	338.042**	3821.048	1443.499**
<b>Un</b>	2	69.857	3.734*	1.117	0.423ns	4.387	1.657ns
<b>Oran</b>	3	104.026	5.560**	15.747	5.969**	2.051	0.775ns
<b>Hata</b>	30	18.708		2.638		2.647	

\* $p<0,05$  düzeyinde önemli, \*\* $p<0,01$  düzeyinde önemli, ns: önemsiz

Ekmek örneklerinin dış renk değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 4.25'te verilmiştir. Duncan testine göre,  $L^*$  değerinde amarant ve kinoa unları birbirinden istatistiksel olarak farklı değil iken ( $p>0,05$ ), karabuğday unu diğerlerine göre istatistiksel olarak  $L^*$  değerinin az olduğu bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Farklı yalancı tahıl oranları arasında kontrol örneklerine göre istatistiksel olarak ( $p<0,05$ ) düzeyinde farklı olduğu tespit edilmiştir. Yalancı tahıl oranı arttıkça kırmızımsı ton artmaktadır ( $p<0,05$ ).  $b^*$  değeri, örnekler ve oranlar arasında istatistiksel olarak farkın önemsiz olduğu bulunmuştur ( $p>0,05$ ).

Bizim çalışmamızda karabuğday, kinoa ve amarant unu ilavesi arttıkça  $L^*$  değerinin azaldığı  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin arttığı gözlenmiştir.

Karabuğday ve lüpen unlarının farklı oranlarda kullanıldığı glütensiz bisküvi üretimine yönelik bir çalışmada, karabuğday unu oranının artmasıyla birlikte bisküvilerin parlaklık

( $L^*$ ) ve sarılık ( $b^*$ ) değerlerinde azalma, kırmızılık ( $a^*$ ) değerlerinde ise artış gözlemlendiği bildirilmiştir (Yıldız 2012).

**Çizelge 4.25** Dış Renk Verilerinin Duncan Testi Karşılaştırmaları

	N	$L^*$	$a^*$	$b^*$
<b>Un</b>				
<b>Amarant</b>	12	58.07 <sup>a</sup>	3.69	15.74
<b>Karabuğday</b>	12	53.05 <sup>b</sup>	4.28	13.75
<b>Kinoa</b>	12	59.68 <sup>a</sup>	3.00	14.72
<b>Yalancı Tahıl Oranı (%)</b>				
<b>%0</b>	9	62.86 <sup>a</sup>	2.95 <sup>a</sup>	14.94
<b>%15</b>	9	58.68 <sup>b</sup>	3.36 <sup>b</sup>	14.48
<b>%30</b>	9	54.92 <sup>c</sup>	3.89 <sup>c</sup>	15.27
<b>%45</b>	9	51.27 <sup>d</sup>	4.42 <sup>d</sup>	16.22

\*Farklı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ( $p < 0,05$ )

Karabuğday, kinoa ve amarant unlarının erişte üretiminde kullanıldığı bir çalışmada, yalancı tahıl unlarının ikamesiyle  $L^*$  değerlerinde azalma,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinde ise artış gözlemlendiği bildirilmiştir (Öncel 2017).

Amarant ununun ekme üretiminde %10, %20, %30 ve %40 oranlarında kullanılması sonucunda, un oranındaki artışın  $L^*$  ve  $b^*$  renk değerlerinde azalmaya,  $a^*$  değerinde ise artışa yol açtığı tespit edilmiştir (Sanz-Penella vd. 2013). Karabuğday ununa kıyasla kinoa unu kullanılarak üretilen glütensiz ekmeklerde daha yüksek parlaklık ( $L^*$ ) değerlerinin elde edildiği belirtilmektedir. Ayrıca, %0, %25 ve %50 oranlarında amarant unu ikamesiyle hazırlanan taze mantılarda  $L^*$  değerleri sırasıyla 74,5, 68,6 ve 63,6 olarak ölçülmüş; un oranındaki artışla birlikte parlaklık değerinde anlamlı bir azalma gözlemlenmiştir (Turkut vd. 2016). Aynı mantı numuneleri pişirildiğinde ise tüm konsantrasyonlarda  $L^*$  değerlerinin daha da azaldığı tespit edilmiş ve bu değerler sırasıyla 69,9, 59,5 ve 54,3 olarak kaydedilmiştir (Islas-Rubio, Barca, Cabrera-Chávez, Cota-Gastélum ve Beta 2014).

%0, %10, %20 ve %30 oranlarında karabuğday ve lüpen unu kullanılarak üretilen glütensiz ekmeklere yönelik bir çalışmada, artan karabuğday unu oranıyla ekmek kabuğunun parlaklık ( $L^*$ ) ve sarılık ( $b^*$ ) değerlerinde azalma, kırmızılık ( $a^*$ ) değerinde ise artış meydana geldiği bildirilmiştir (Yarpuz 2011).

#### 4.3.4 Tekstürel Özellikler

Örneklerin tekstürel özelliklerine ait ölçüm bulguları Çizelge 4.26'da verilmiştir. Sertlik değerlerinde en yüksek 72,55 N ile %45 amarant unu içeren örneklerde en düşük sertlik değeri ise 20,65 N ile kontrol örneklerinde belirlenmiştir.

Çizelge 4.26 Ekmeklerin Tekstürel Özelliklerine Ait Ölçüm Bulguları

Un	Oran	Sertlik (N)	Esneklik (Oran)	Yapışkanlık (N)	Sakızimsılık (N)	Çiğnenebilirlik (g.sec)	Dayanıklılık (Oran)
Amarant	%0	20.65±10.85	0.85±0.21	0.78±0.29	15.09±0.95	250.09±12.25	0.75±0.13
	%15	37.59±11.25	0.52±0.25	0.77±0.44	14.58±0.08	260.88±11.38	0.63±0.04
	%30	55.38±11.48	0.32±0.89	0.81±0.69	14.09±0.48	280.88±13.55	0.56±0.08
	%45	72.55±11.53	0.22±0.56	0.87±0.54	13.56±0.54	300.99±12.98	0.51±0.09
Karabuğday	%0	20.65±10.85	0.85±0.21	0.78±0.29	15.09±0.95	250.09±12.25	0.75±0.13
	%15	34.25±9.45	0.59±0.76	0.75±0.58	14.01±0.85	255.44±12.87	0.62±0.08
	%30	48.35±9.68	0.38±0.63	0.84±0.78	13.50±0.74	275.69±12.49	0.56±0.18
	%45	62.09±9.41	0.29±0.59	0.85±0.69	13.05±0.89	295.58±12.44	0.52±0.25
Kinoa	%0	20.65±10.85	0.85±0.21	0.78±0.29	15.09±0.95	250.09±12.25	0.75±0.13
	%15	36.58±10.98	0.65±0.36	0.76±0.61	14.88±0.14	250.15±12.42	0.57±0.09
	%30	51.44±11.15	0.46±0.22	0.81±0.89	14.20±0.25	270.25±12.38	0.51±0.04
	%45	67.52±11.45	0.31±0.65	0.84±0.53	13.89±0.58	290.35±12.74	0.44±0.12

Esneklik değerlerinde en yüksek olan 0,85 oran ile kontrol örneklerinde, en düşük esneklik değeri ise 0,22 oran %45 amarant unu içeren örneklerde tespit edilmiştir. Yapışkanlık değerlerinde en yüksek içerik %45 amarant unu içeren örneklerde 0,87 N ile belirlenmişken, en düşük %15 karabuğday unu içeren örneklerde 0,75 N bulunmuştur. Sakızimsılık değerlerinde en düşük 13,05 N ile %45 karabuğday unu içeren örneklerde iken, en yüksek değeri ise 15,09 ile kontrol örneklerinde tespit edilmiştir. Çiğnenebilirlik

en yüksek 300,99 g.sec ile %45 amarant unu içeren örneklerde, en düşük çignenebilirlik 250,09 g.sec ile kontrol örneklerinde belirlenmiştir. Dayanıklılık 0,75 oran ile en yüksek kontrol örneklerinde iken, en düşük dayanıklılık 0,44 oran ile %45 kinoa unu içeren örneklerde bulunmuştur.

**Çizelge 4.27** Tekstürel Analiz Verilerinin Varyans Değerlendirmesi

VK	SD	Sertlik		Esneklik		Yapışkanlık	
		KO	F	KO	F	KO	F
<b>Model</b>	6	339		0.054		0.002	
<b>Un</b>	2	27	5.224*	0.008	7.469*	0.000	0.334ns
<b>Oran</b>	3	1214	233.652***	0.192	176.232**	0.006	34.295**
<b>Hata</b>	18		5		0.01		0.000

\*p<0,05 düzeyinde önemli, \*\*p<0,01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz

**Çizelge 4.27 (Devamı)** Tekstürel Analiz Verilerinin Varyans Değerlendirmesi

VK	SD	Sakızimsılık		Çignenebilirlik		Dayanıklılık	
		KO	F	KO	F	KO	F
<b>Model</b>	6	0		368		0.011	
<b>Un</b>	2	0	8.463*	64	8.995*	0.003	7.594*
<b>Oran</b>	3	1	31.717**	1293	181.772**	0.038	106.398**
<b>Hata</b>	18		0		7		0.000

\*p<0,05 düzeyinde önemli. \*\*p<0,01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz

Ekmek örneklerine ait tekstürel analiz verilerinin varyans değerlendirme Çizelge 4.27’de sunulmuştur. Varyans analizine göre, un türünün yapışkanlık haricinde bütün tekstürel özellikleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkiler oluşturduğu belirlenmiştir (p<0,05 veya p<0,01). Yalancı tahıl oranı değişkeni incelendiğinde ise, bütün tekstürel parametrelerde anlamlı farklılıklar oluşturduğu görülmektedir (p<0.01).

Bu bulgular, formülasyonda kullanılan yalancı tahıl oranının ürünün doku özellikleri üzerinde belirleyici bir role sahip olduğunu göstermektedir. Özellikle daha yüksek yalancı tahıl oranlarının, çigneme direncinde önemli artışlara yol açtığı söylenebilir.

**Çizelge 4.28** Tekstürel Verilerin Duncan Testi Karşılaştırmaları

	n	Sertlik (N)	Esneklik (Oran)	Yapışkanlık (N)	Sakızimsılık (N)	Çiğnenebilirlik (g.sec)	Dayanıklılık (Oran)
<b>Un</b>							
<b>Amarant</b>	8	46.54 <sup>a</sup>	0.48 <sup>a</sup>	0.80	14.33 <sup>a</sup>	273.21 <sup>a</sup>	0.61 <sup>a</sup>
<b>Karabuğday</b>	8	41.34 <sup>b</sup>	0.53 <sup>b</sup>	0.80	13.91 <sup>b</sup>	269.20 <sup>b</sup>	0.61 <sup>a</sup>
<b>Kinoa</b>	8	44.05 <sup>c</sup>	0.57 <sup>c</sup>	0.80	14.52 <sup>a</sup>	265.21 <sup>c</sup>	0.57 <sup>b</sup>
<b>Yalancı Tahıl Oran (%)</b>							
<b>%0</b>	6	20.65 <sup>d</sup>	0.85 <sup>a</sup>	0.78 <sup>a</sup>	15.09 <sup>a</sup>	250.09 <sup>a</sup>	0.75 <sup>a</sup>
<b>%15</b>	6	36.14 <sup>c</sup>	0.59 <sup>b</sup>	0.75 <sup>a</sup>	14.49 <sup>b</sup>	255.49 <sup>b</sup>	0.61 <sup>b</sup>
<b>%30</b>	6	51.72 <sup>b</sup>	0.39 <sup>c</sup>	0.82 <sup>b</sup>	13.93 <sup>c</sup>	275.61 <sup>c</sup>	0.54 <sup>c</sup>
<b>%45</b>	6	67.39 <sup>a</sup>	0.27 <sup>d</sup>	0.85 <sup>b</sup>	13.50 <sup>d</sup>	295.64 <sup>d</sup>	0.49 <sup>d</sup>

\*Farklı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

Ekmek örneklerine ait tekstürel verilerin Duncan Testi karşılaştırmaları Çizelge 4.28’de verilmiştir. Duncan testine göre, kullanılan farklı un türleri arasında yapışkanlık açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir(p>0,05).

Yalancı tahıl oranlarına göre değerlendirme yapıldığında ise, birçok tekstürel özellik bakımından anlamlı farklılıklar belirlenmiştir. Sertlik değeri açısından kontrol örnekleri ile %45 yalancı tahıl oranına sahip örnekler arasında belirgin fark bulunmuş, sertlik değeri yalancı tahıl oranı arttıkça istatistiksel olarak anlamlı şekilde yükselmiştir. Benzer şekilde, çiğnenebilirlik açısından da yalancı tahıl oranı arttıkça değerlerin anlamlı şekilde yükseldiği ve grupların istatistiksel olarak farklılaştığı görülmüştür.

Lavaş ekmeği üretiminde farklı oranlarda (%0, %5, %10, %15 ve %20) kinoa unu kullanımına yönelik bir çalışmada, kinoa oranının artmasıyla birlikte ekmeklerin çiğnenebilirlik ve esneklik özelliklerinde belirgin bir artış gözlemlendiği bildirilmiştir (Akturfan 2018). Yapılan bir çalışmada, kinoa içermeyen buğday ununun en yüksek esneklik değerine sahip olduğu belirlenmiş, kinoa içeren hamurlar arasında gözlemlenen

esneklik farklılıklarının ise istatistiksel açıdan anlamlı olmadığı ifade edilmiştir (Kurnaz 2018).

Beyaz buğday ununa farklı oranlarda karabuğday unu ilave edilerek gerçekleştirilen bir çalışmada, karabuğday unu kullanımının ekmeklerin sertlik değerlerinde artışa neden olduğu bildirilmiştir (Scarini vd. 2019).

Buğday ekmeğine amarant unu ilavesiyle gerçekleştirilen bir çalışmada, sertlik, sakızımsılık, çiğnenebilirlik, koheziflik ve elastikiyet gibi tekstürel özelliklerde artış gözlemlendiği bildirilmiştir. Sertlik değerindeki bu yükselmenin, amarant unu katkısıyla ürünün nem içeriğinde meydana gelen azalma ve glüten ile diyet lifleri arasındaki etkileşimlerin yoğunlaşmasıyla ilişkili olduğu ifade edilmiştir (Nasir vd. 2020).

Buğday unu ile %10–50 oranlarında tam karabuğday unu karıştırılarak elde edilen hamurların reolojik özelliklerine ilişkin bir çalışmada, bu karışımlarla üretilen ekmeklerde aynı zamanda tekstürel, kimyasal ve duyu analizler de gerçekleştirilmiştir. Araştırma bulguları, tam karabuğday unu ilavesinin hamurun su absorpsiyon kapasitesi ile gelişme süresini artırırken; hamur direnci ve stabilitesi üzerinde olumsuz etkiler oluşturduğunu ortaya koymuştur (Bojnanska vd. 2009).

Ekmek üretimine yönelik gerçekleştirilen bir çalışmada, buğday unu oranının azalmasıyla hamurun yapışkanlık seviyesinde düşüş gözlemlendiği bildirilmiştir (Codina vd. 2016). Ekmek formülasyonuna kinoa unu ilavesinin, ürünün sertliğinde genel bir artışa yol açtığı, buna karşılık yapışkanlık ve çiğnenebilirlik özelliklerinde azalma meydana getirdiği bildirilmiştir. Ayrıca, kinoa unu katkısının ekmek yoğunluğunu artırdığı ve özellikle %60 oranında kullanımın, ekmek sertliğinde yaklaşık %24 oranında bir yükselmeye neden olduğu gözlemlenmiştir (Wang vd. 2015).

Buğday ununa %0, %30, %50 ve %100 oranlarında karabuğday unu ilave edilerek üretilen zahterli böreklerle yönelik bir çalışmada, karabuğday unu oranının artmasıyla birlikte bazı fiziksel ve tekstürel özelliklerde değişiklikler meydana geldiği bildirilmiştir. Bulgulara göre, un oranındaki artış hamurun nem içeriğinde belirgin bir azalmaya ve

ağırlık kaybı oranında düşüğe neden olmuştur. Ayrıca sertlik, esneklik, sakızimsılık, çiğnenebilirlik ve elastikiyet gibi özelliklerde artış gözlemlenirken, yapışkanlık değerinin ise belirgin şekilde azaldığı tespit edilmiştir (Dede 2022).

Amarant unu miktarındaki artış, glüten yapısını zayıflatarak hamurun daha sert bir kıvama ulaşmasına neden olmaktadır. Bu durum, nihai ürün olan ekmeğin fiziksel özelliklerini de olumsuz yönde etkilemektedir. Özellikle yüksek oranda ilave edilen amarant unu, ekmeğin hacmini azaltmakta ve iç yapısındaki gözeneklerin dağılımını değiştirmektedir. 280 µm boyutunda öğütülmüş amarant ununun %10 seviyesinde kullanımı teknolojik açıdan bazı dezavantajlar yaratırken, %25'e kadar olan ilavelerde ekmeğin besinsel içeriğinde iyileşme sağladığı ve amilopektin retrogradasyonunu yavaşlatarak bayatlama süresini geciktirdiği belirlenmiştir (Coțovanu ve Mironeasa 2022).

Buğday ununa %15, %30, %45, %60, %75 ve %90 oranlarında kinoa unu ilave edilerek ekmeğin ve bisküvi üretimi gerçekleştirilmiş, elde edilen ürünlerin tekstürel özellikleri değerlendirilmiştir. Yapılan analizler, kinoa unu oranındaki artışın çiğnenebilirlik değerlerinde anlamlı bir yükselmeye yol açtığını ortaya koymuştur. Ayrıca, çiğnenebilirlik düzeylerinin yüksek olmasının ürünün daha zor çiğnenmesiyle ilişkili olduğu ve kinoa unu katkısının bu özelliği olumsuz etkilediği bildirilmiştir (Wang vd. 2015).

#### **4.3.5 Spesifik Hacim**

Ekmeğe ait hacim ve özgül hacim değerleri Çizelge 4.29'da verilmiştir. En yüksek hacim değeri 425 mL ile kontrol örneklerinde iken en düşük hacim değeri 295 mL ile %45 kinoa unu içeren örneklerde belirlenmiştir.

Spesifik hacim değerleri incelendiğinde 1,65 mL/g ile en yüksek değer kontrol örneklerinde, en düşük spesifik hacim değeri ise 1,18 mL/g ile %45 amarant unu içeren örneklerde tespit edilmiştir. Pişme kaybı değerlerinde en yüksek pişme kaybı %18,50 ile %45 kinoa unu içeren örneklerde, en düşük pişme kaybı ise %14,22 ile kontrol

örneklerinde belirlenmiştir.

Ekmek örneklerinin hacim verilerinin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.30’da verilmiştir. Varyans analizine göre, un faktörü, hiçbir değişken üzerinde anlamlı bir etki göstermemiştir. Oran faktörü, hacim, spesifik hacim ve ekmekte ağırlık üzerinde anlamlı bir etkiye sahiptir ( $p < 0,05$ ) ancak pişme kaybı üzerinde etkisi önemsizdir.

Yapılan analizler sonucunda, kullanılan un türlerinin, ekmek hacmi, spesifik hacmi, pişme kaybı ve ekmek ağırlığı üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı belirlenmiştir ( $p > 0,05$ ). Bu durum, farklı un türlerinin ekmek özelliklerini benzer şekilde etkilediğini göstermektedir. Buna karşılık, yalancı tahıl oranı ekmek özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.

**Çizelge 4.29** Ekmeklerin Hacim ve Özgül Hacim Değerleri

Un	Oran	Hacim (ml)	Spesifik Hacim (ml/g)	Pişme Kaybı Değeri (%)	Ekmekte Ağırlık (g)
<b>Amarant</b>	%0	425.00±2.07	1.65±0.03	14.22±0.03	257.34±1.12
	%15	375.00±2.37	1.47±0.22	14.60±0.14	256.20±1.54
	%30	355.00±2.17	1.39±0.06	15.24±0.06	254.30±1.40
	%45	310.00±2.12	1.18±0.05	15.80±0.10	252.60±3.54
<b>Karabuğday</b>	%0	425.00±2.07	1.65±0.03	14.22±0.03	257.34±1.12
	%15	380.00±2.57	1.48±0.35	14.48±0.07	256.60±1.66
	%30	360.00±3.68	1.42±0.44	15.68±0.11	252.96±1.44
	%45	320.00±4.14	1.28±0.03	16.00±0.08	252.00±2.54
<b>Kinoa</b>	%0	425.00±2.07	1.65±0.03	14.22±0.03	257.34±1.12
	%15	360.00±3.51	1.44±0.52	16.45±0.09	250.65±1.54
	%30	340.00±2.33	1.33±0.34	17.53±0.22	247.41±2.00
	%45	295.00±1.97	1.20±0.44	18.50±0.54	244.50±1.41

**Çizelge 4.30** Hacim Verilerinin Varyans Analizi Sonuçları

VK	SD	Hacim		Spesifik Hacim		Pişme Kaybı		Ekmekte Ağırlık	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
<b>Model</b>	6	550179.167	4660.341**	8.274	1968.124**	952.487	281.667**	185319.486	2324.430**
<b>Un</b>	2	54.167	0.459 <sup>ns</sup>	0.001	0.019 <sup>ns</sup>	10.984	3.248 <sup>ns</sup>	17.792	0.223 <sup>ns</sup>
<b>Oran</b>	3	10050.000	85.129**	2.058	489.621**	3.656	1.081 <sup>ns</sup>	253.556	3.180*
<b>Hata</b>	18	118.056		0.004		3.382		79.727	

\*p<0,05 düzeyinde önemli, \*\*p<0,01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz

Ekmek örneklerinin hacim ve özgül hacim verilerinin duncan testi karşılaştırmaları Çizelge 4.31’de verilmiştir. Duncan testine göre, yalancı tahıl oranı arttıkça ekmek hacmi (p<0,01) ve spesifik hacim (p<0,01) anlamlı bir şekilde azalırken, pişme kaybında artış eğilimi gözlenmiş ancak bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (p>0,05). Ekmekte ağırlık ise yalancı tahıl oranı arttıkça anlamlı şekilde azalmıştır (p<0,05). Genel olarak, en iyi ekmek özellikleri, kontrol örneklerinde elde edilmiştir. Bu sonuçlar, un türlerinin alternatif kullanımı için uygun olduğunu, ancak yalancı tahıl oranının ekmek kalitesini optimize etmek için dikkatle düzenlenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

**Çizelge 4.31** Hacim ve Özgül Hacim Verilerinin Duncan Testi Karşılaştırmaları

	N	Hacim (ml)	Spesifik Hacim (ml/g)	Pişme Kaybı (%)	Ekmekte Ağırlık (g)
<b>Un</b>					
<b>Amarant</b>	8	366.25	1.42	14.97	255.11
<b>Karabuğday</b>	8	371.25	1.46	15.10	254.73
<b>Kinoa</b>	8	355.00	1.41	16.68	250.0
<b>Yalancı Tahıl Oranı (%)</b>					
<b>0%</b>	6	425.00 <sup>a</sup>	1.64 <sup>a</sup>	14.22	257.34 <sup>a</sup>
<b>15%</b>	6	371.67 <sup>b</sup>	1.46 <sup>b</sup>	15.18	254.48 <sup>ab</sup>
<b>30%</b>	6	351.67 <sup>b</sup>	1.38 <sup>c</sup>	16.15	251.22 <sup>bc</sup>
<b>45%</b>	6	308.33 <sup>d</sup>	1.22 <sup>d</sup>	16.77	249.70 <sup>c</sup>

\*Farklı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

Buğday unu ile üretilen ekmeklerde amarant unu ikamesinin, ürünün hacmini azalttığı bildirilmiştir (Venskutonis ve Kraujalis 2013). Buğday ununa %4, %8 ve %12 oranlarında amarant unu ilave edilmesiyle yapılan çalışmada, spesifik hacim değerlerinde kısmi bir azalma meydana geldiği bildirilmiştir (Tosi vd. 2002). Buğday ununa %0, %10 ve %15 oranlarında kinoa unu eklenerek üretilen ekmeklerin spesifik hacim değerlerinin, kinoa unu oranının artmasıyla azaldığı bildirilmiştir (Xu vd. 2019).

Amarant ve kinoa unu %10, %20 ve %30 oranlarında eklenerek hazırlanan ekmek örneklerinde, ikame un oranının artışıyla birlikte ekmek hacminde azalma olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, amarant ve kinoa unu kullanılan ekmek örneklerinin hacim sonuçlarının birbirine benzerlik gösterdiği ifade edilmiştir (Tömösközi vd. 2011).

%10–%40 oranlarında kinoa ve amarant unu içeren ekmeklerin pişme kayıplarının değerlendirildiği bir çalışmada, amarant ve kinoa unu içeren tüm ekmek numunelerinin, %100 buğday unu ile hazırlanan kontrol örneği ile benzer pişme kaybı değerlerine sahip olduğu bildirilmiştir (Duda, Jezowski, Radzikowska ve Kowalczewski 2019).

Amarant ununun ekmek üretiminde artan oranlarda kullanıldığı bir çalışmada, ekmeklerin ağırlıklarının kontrol grubundaki ekmeklerle benzer olduğu, ancak hacim ve özgül hacim değerlerinde azalma gözlemlendiği bildirilmiştir (Sanz-Penella vd.2013).

Beyaz ekmek formülasyonuna %10'a kadar kinoa unu eklenmesinin, ekmek hacmi üzerinde olumsuz bir etkisi olmadığı bildirilmiştir (Codina vd. 2016). Amarant ve kinoa ununun buğday hamuru ve ekmeği üzerindeki etkilerinin incelendiği bir çalışmada, %10 oranında kinoa unu ilavesinin reolojik özellikler üzerinde anlamlı bir değişiklik yaratmadığı belirlenmiştir. Ancak, %20 ve %30 oranlarında kinoa unu kullanımıyla hamurların su absorpsiyon kapasitesinde artış, ekmeklerin sertlik değerlerinde yükselme ve hacimlerinde azalma gözlemlenmiştir (Tömösközi vd. 2011).

Ancak, yüksek oranlarda kinoa ilavesi, glüten ağlarının yapısının bozulmasına yol açarak ekmek hacminin azalmasına neden olabilir. Özellikle kepekli kinoa ununun kullanımı, ekmek iç dokusunun sertleşmesine ve hacminin düşmesine sebep olmaktadır. Bu nedenle,

ekmek üretiminde kinoa katkısının %25 oranını aşmaması önerilmektedir (Iglesias-Puig vd. 2015, Suárez-Estrella vd. 2020).

Hamur reolojik özellikleri ve ekmek özellikleri üzerine yapılan bir araştırmada, buğday ununa %0, %10, %20 ve %30 oranlarında kinoa unu ilave edilmiştir. Elde edilen ekmekler incelendiğinde, kinoa unu oranı arttıkça ekmek hacminin azaldığı, %30 oranında kinoa unu içeren ekmeklerin hacminin katkısız ekmeklerin yalnızca %66'sı kadar olduğu rapor edilmiştir (Svec vd. 2011).

#### 4.3.6 Toplam Antioksidan Tayini

Ekmek örneklerinde belirlenen toplam antioksidan aktivite düzeyleri Çizelge 4.32'de verilmiştir. Ekmek örneklerinde en yüksek antioksidan değeri %14 ile %45 karabuğday unu içeren örneklerde, en düşük antioksidan içeriği %3,69 ile kontrol örneklerinde tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.32** Ekmek Örneklerinde Belirlenen Toplam Antioksidan Aktivite ve Toplam Fenolik Madde Düzeyleri

Un	Yalancı Tahıl Oranı (%)	Toplam Antioksidan Aktivite (%)	Toplam Fenolik Madde (mg GAE/ g)
<b>Amarant</b>	%0	3.69±0.98	1.92±0.88
	%15	6.56±0.54	2.00±0.45
	%30	9.97±0.44	2.03±0.56
	%45	12.32±0.50	2.66±0.48
<b>Karabuğday</b>	%0	3.69±0.98	1.92±0.88
	%15	7.82±0.44	2.10±0.66
	%30	9.46±0.71	2.35±0.57
	%45	14.00±0.76	3.00±0.68
<b>Kinoa</b>	%0	3.69±0.98	1.92±0.88
	%15	4.50±0.56	1.96±0.55
	%30	6.64±0.42	1.98±0.43
	%45	9.00±0.62	1.99±0.66

Ekmek örneklerinin toplam antioksidan aktivite değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.33'te verilmiştir. Varyans analizine göre, farklı un türünün, farklı oranların ve un ve oran etkileşiminin istatistiksel etkisinin  $p<0,01$  düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 4.33** Toplam Antioksidan Aktivite ve Toplam Fenolik Madde Değerlerine Ait Varyans Analizi Sonuçları

VK	SD	Toplam Antioksidan Aktivite		Toplam Fenolik Madde Miktarı	
		KO	F	KO	F
<b>Model</b>	6	269.748	297.367**	16.006	289.133**
<b>Un</b>	2	18.879	20.812**	0.918	16.589**
<b>Oran</b>	3	70.688	77.925**	0.980	17.705**
<b>Hata</b>	18		0.907		0.055

\* $p<0,05$  düzeyinde önemli, \*\* $p<0,01$  düzeyinde önemli, ns: önemsiz

Ekmek örneklerine ait toplam antioksidan aktivite düzeylerinin Duncan testi karşılaştırmaları Çizelge 4.34'te verilmiştir. Duncan testine göre, ekmek örneklerinde amarantın, karabuğday ve kinoa örneklerine göre istatistiksel olarak  $p<0,05$  düzeyinde farklı bulunmuştur. Farklı oranlarda kullanılan un türlerinin etkisi ise istatistiksel olarak  $p<0,05$  düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir.

Karabuğday taneleri ile zenginleştirilmiş ekmeklerde antioksidan aktivitenin anlamlı düzeyde arttığı rapor edilmiştir. Bu etkinin, karabuğdayın içerdiği başlıca polifenolik bileşik olan rutin ile ilişkili olduğu belirtilmiştir. Aynı araştırmada, formülasyona karabuğday unu yerine yaklaşık 40 kat daha az polifenol içeren pirinç unu eklendiğinde, antioksidan kapasitenin belirgin şekilde azaldığı da gözlemlenmiştir (Swieca vd. 2019).

Kurabiye üretiminde %7,5 ve %15 oranlarında kinoa unu kullanılarak hazırlanan örneklerde hem antioksidan kapasite hem de duyu özellikler değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçları, yalnızca buğday unu içeren kontrol grubu ile kıyaslandığında, kinoa unu katkısının antioksidan kapasitede artış sağladığını ve bu etkinin kinoa miktarının

artmasıyla daha da belirgin hale geldiğini göstermiştir (Watanabe vd. 2014).

**Çizelge 4. 34** Toplam Antioksidan Aktivite ve Toplam Fenolik Madde Düzeylerin Duncan Testi Karşılaştırmaları

	N	Toplam Antioksidan Aktivite (%)	Toplam Fenolik Madde Miktarı (mg GAE/ g)
<b>Un</b>			
<b>Amarant</b>	8	8.13 <sup>b</sup>	2.15 <sup>c</sup>
<b>Karabuğday</b>	8	8.74 <sup>a</sup>	2.34 <sup>b</sup>
<b>Kinoa</b>	8	5.95 <sup>c</sup>	1.96 <sup>a</sup>
<b>Yalancı Tahıl Oranı (%)</b>			
<b>%0</b>	6	3.69 <sup>d</sup>	1.91 <sup>b</sup>
<b>%15</b>	6	6.29 <sup>c</sup>	2.02 <sup>c</sup>
<b>%30</b>	6	8.69 <sup>b</sup>	2.11 <sup>b</sup>
<b>%45</b>	6	11.77 <sup>a</sup>	2.55 <sup>a</sup>

\*Farklı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

#### 4.3.7 Toplam Fenolik Madde Tayini

Ekmek örneklerinde belirlenen toplam fenolik madde düzeyleri Çizelge 4.32’de verilmiştir. Ekmek örneklerinde en yüksek toplam fenolik madde değeri 3,00 mg GAE/g ile %45 karabuğday unu içeren örneklerde, en düşük toplam fenolik madde 1,92 mg GAE/g içeriği ile kontrol örneklerinde tespit edilmiştir.

Ekmek örneklerinin toplam fenolik madde değerlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.33’te verilmiştir. Varyans analizine göre, farklı un türünün, farklı oranların ve un ve oran etkileşiminin istatistiksel etkisinin p<0,01 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir.

Ekmek örneklerine ait toplam fenolik madde düzeylerinin Duncan testi karşılaştırmaları Çizelge 4.34’te verilmiştir. Duncan testine göre, amarant, karabuğday ve kinoa unu içeren örneklerde istatistiksel olarak p<0,05 düzeyinde farklı bulunmuştur. Farklı oranlarda

kullanılan un türlerinin etkisi ise istatistiksel olarak  $p<0,05$  düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir.

Farklı oranlarda (%0, %10, %20, %30, %40 ve %50) kinoa unu kullanılarak hazırlanan kurabiyeler, toplam fenolik madde içeriği açısından incelenmiştir. Çalışmada, kinoa unu oranının artışıyla birlikte kurabiyelerin toplam fenolik madde miktarında bir artış gözlemlendiği belirtilmiştir (Demir ve Kılınç 2017). Kinoa ve karabuğday unu kullanılarak üretilen tarhana örneklerinde, artan yalancı tahıl oranının toplam fenolik madde içeriğinde belirgin bir artışa yol açtığı ve bu sonuçların literatürle uyumlu olduğu bildirilmiştir (Çevik ve Ertaş 2019).

#### 4.3.8 Mineral Madde Tayini

Ekmek örneklerine ait mineral madde içerikleri Çizelge 4.35'te verilmiştir. Ekmek örneklerine ait mineral madde içeriği varyans analizi sonuçları Çizelge 4.36'te verilmiştir.

**Çizelge 4.35** Ekmek Numunelerinde Saptanan Mineral İçerikleri

Un Çeşidi	Hamur Oranı (%)	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	P	Zn
<b>Un</b>	%0	15.75±0.81	0.44±0.98	2.03±0.56	261.15±0.29	33.83±0.69	0.71±0.63	315.51±0.53	0.86±0.96
	%15	26.25±0.48	0.55±0.67	3.34±0.92	275.40±0.10	64.07±0.62	0.83±0.89	330.16±0.96	0.92±0.69
<b>Amarant</b>	%30	44.97±0.36	0.57±0.61	3.92±0.36	282.89±0.69	78.29±0.91	1.05±0.79	340.18±0.84	1.09±0.87
	%45	53.81±0.56	0.74±0.69	5.44±0.96	279.25±0.89	87.79±0.41	1.40±0.85	360.50±0.47	1.24±0.39
<b>Un</b>	%0	15.75±0.81	0.44±0.98	2.03±0.56	261.15±0.29	33.83±0.69	0.71±0.63	315.51±0.53	0.86±0.96
	%15	17.50±0.92	0.45±0.36	2.14±0.69	272.30±0.14	51.52±0.65	0.72±0.68	340.60±0.97	0.87±0.97
<b>Karabuğday</b>	%30	22.53±0.69	0.48±0.86	2.35±0.52	285.86±0.98	64.15±0.98	0.73±0.99	360.35±0.44	0.88±0.91
	%45	25.72±0.54	0.47±0.88	2.40±0.01	291.15±0.96	69.15±0.94	0.76±0.04	375.23±0.15	0.96±0.94
<b>Un</b>	%0	15.75±0.81	0.44±0.98	2.03±0.56	261.15±0.29	33.83±0.69	0.71±0.63	315.51±0.53	0.86±0.96
	%15	16.50±0.82	0.52±0.99	2.34±0.69	280.11±0.73	51.98±1.24	0.82±0.92	318.22±0.99	1.04±0.88
<b>Kinoa</b>	%30	17.08±0.61	0.54±0.56	2.68±0.87	296.30±0.69	63.67±1.02	0.93±0.94	319.43±0.89	1.13±1.12
	%45	18.71±0.91	0.64±0.55	2.95±0.56	355.30±0.53	74.55±0.21	1.10±0.39	323.21±0.63	1.50±1.01

Varyans analizine göre, ekmeklerin mineral madde içerikleri üzerinde un çeşidi ve yalancı tahıl oranının önemli etkileri olduğu belirlenmiştir ( $p<0,01$ ). Model, tüm mineral maddeler (Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, P, Zn) için anlamlı bulunmuş, un çeşidi ve yalancı tahıl oranı faktörlerinin bu içerikler üzerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar yarattığı tespit edilmiştir.

Un çeşidi, kalsiyum (Ca), bakır (Cu), demir (Fe), potasyum (K), magnezyum (Mg), mangan (Mn), fosfor (P) ve çinko (Zn) içeriklerinde anlamlı farklılıklar göstermiştir ( $p<0,01$ ). Benzer şekilde, yalancı tahıl oranı da kalsiyum ( $p<0,01$ ), bakır ( $p<0,01$ ), demir ( $p<0,05$ ), potasyum ( $p<0,05$ ), magnezyum ( $p<0,01$ ), mangan ( $p<0,05$ ), fosfor ( $p<0,01$ ) ve çinko ( $p<0,01$ ) içeriklerinde anlamlı etkiler ortaya koymuştur.

**Çizelge 4.36** Mineral Analiz Sonuçlarına İlişkin Varyans Değerlendirmesi

VK	SD	Ca		Cu		Fe		K	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
<b>Model</b>	6	3038.179	43.148**	0.708	108.529**	27.520	48.47**	263828.424	94.713**
<b>Un</b>	2	1000.797	14.550**	0.131	20.868**	7.537	13.584**	21302.972	7.246**
<b>Oran</b>	3	747.508	10.599**	0.024	3.842**	2.441	3.651*	12119.752	4.390*
<b>Hata</b>	18	69.136		0.007		0.579		2790.002	

\* $p<0,05$  düzeyinde önemli, \*\* $p<0,01$  düzeyinde önemli, ns: önemsiz

**Çizelge 4.36 (Devamı)** Mineral Analiz Sonuçlarına İlişkin Varyans Değerlendirmesi

VK	SD	Mg		Mn		P		Zn	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
<b>Model</b>	6	15600,770	41,151**	3,625	55,852**	450992.128	5934.267**	4.785	127.404**
<b>Un</b>	2	4624.701	12.675**	0.385	6.628**	1479.015	19.403**	0.270	7.747**
<b>Oran</b>	3	3131.942	89.674**	0.358	5.207*	2571.470	33.274**	0.335	9.535**
<b>Hata</b>	18	376.456		0.063		75.272		0.037	

\* $p<0,05$  düzeyinde önemli, \*\* $p<0,01$  düzeyinde önemli, ns: önemsiz

**Çizelge 4.37** Mineral İçerik Verilerinin Duncan Testi ile Karşılaştırılması

	N	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	P	Zn
<b>Un</b>									
<b>Amarant</b>	8	35.19 <sup>a</sup>	0.57 <sup>a</sup>	3.68 <sup>b</sup>	274.67 <sup>b</sup>	65.99 <sup>b</sup>	0.99 <sup>ab</sup>	336.58 <sup>b</sup>	1.02 <sup>c</sup>
<b>Karabuğday</b>	8	20.37 <sup>b</sup>	0.45 <sup>b</sup>	2.23 <sup>a</sup>	277.61 <sup>b</sup>	54.66 <sup>a</sup>	0.73 <sup>b</sup>	347.92 <sup>a</sup>	0.89 <sup>b</sup>
<b>Kinoa</b>	8	17.00 <sup>c</sup>	0.53 <sup>a</sup>	2.5 <sup>a</sup>	298.21 <sup>a</sup>	56.00 <sup>a</sup>	0.89 <sup>a</sup>	319.09 <sup>c</sup>	1.32 <sup>a</sup>
<b>%0</b>	6	15.75 <sup>a</sup>	0.44 <sup>a</sup>	2.03 <sup>b</sup>	261.15 <sup>a</sup>	33.83 <sup>a</sup>	0.71 <sup>a</sup>	315.51 <sup>c</sup>	0.86 <sup>b</sup>
<b>%15</b>	6	20.08 <sup>b</sup>	0.50 <sup>b</sup>	2.60 <sup>b</sup>	275.93 <sup>b</sup>	55.85 <sup>b</sup>	0.79 <sup>a</sup>	329.66 <sup>c</sup>	0.94 <sup>b</sup>
<b>%30</b>	6	28.19 <sup>c</sup>	0.52 <sup>b</sup>	2.98 <sup>a</sup>	288.34 <sup>b</sup>	68.70 <sup>c</sup>	0.90 <sup>b</sup>	339.98 <sup>b</sup>	1.03 <sup>b</sup>
<b>%45</b>	6	32.74 <sup>d</sup>	0.61 <sup>d</sup>	3.5 <sup>a</sup>	308.56 <sup>c</sup>	77.16 <sup>d</sup>	1.08 <sup>c</sup>	352.98 <sup>a</sup>	1.23 <sup>a</sup>

\*Farklı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ( $p<0,05$ )

Ekmek örneklerine ait mineral madde değerlerinin Duncan testi sonuçları Çizelge 4.37’de verilmiştir. Duncan testine göre, ekmeklerin mineral madde içerikleri üzerinde un tipi ve yalancı tahıl oranının önemli bir etkisi olduğu görülmüştür ( $p<0,05$ ). Amarant unu içeren ekmekler, diğer unlardan yapılan ekmeklere kıyasla kalsiyum (Ca), bakır (Cu), demir (Fe), magnezyum (Mg) ve mangan (Mn) içerikleri açısından istatistiksel olarak daha yüksek değerler göstermiştir.

Bununla birlikte, karabuğday unlu ekmekler fosfor (P) açısından üstünlük gösterirken; kinoa unlu ekmekler, çinko (Zn) ve potasyum (K) içeriği bakımından diğer unlardan istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

Yalancı tahıl oranı açısından değerlendirildiğinde, %45 yalancı tahıl oranı ile hazırlanan ekmekler, tüm mineral maddelerde en yüksek değerlere ulaşmıştır. Özellikle magnezyum (Mg), kalsiyum (Ca), çinko (Zn), potasyum (K) ve fosfor (P) içerikleri bakımından %45 yalancı tahıl oranı, diğer oranlara kıyasla anlamlı farklılık göstermiştir ( $p<0,05$ ).

Farklı harflerle gösterilen ortalamaların istatistiksel olarak birbirinden farklı olduğu bu analiz sonuçları, mineral madde içeriklerinin hem un tipine hem de yalancı tahıl oranına bağlı olarak değiştiğini açıkça ortaya koymaktadır. Bu bulgular, fonksiyonel ekmek

üretiminde un seçimi yalancı tahıl oranının önemli bir parametre olduğunu göstermektedir.

#### **4.3.8.1 Kalsiyum**

Kalsiyum (Ca) içeriği açısından değerlendirildiğinde, en yüksek değer 53,81 mg/kg ile %45 oranında amarant unu içeren örneklerde belirlenmiş, en düşük değer ise 15,75 mg/kg ile kontrol örneklerinde tespit edilmiştir.

#### **4.3.8.2 Bakır**

Bakır (Cu) içeriği açısından değerlendirildiğinde, en yüksek değer 0,74 mg/kg ile %45 oranında amarant unu içeren örneklerde; en düşük değer ise 0,44 mg/kg ile kontrol örneklerinde tespit edilmiştir.

#### **4.3.8.3 Demir**

Demir (Fe) içeriğine ilişkin değerlendirmeler sonucunda, en yüksek değer 5,44 mg/kg olarak %45 oranında amarant unu içeren örneklerde elde edilirken; en düşük değer 2,03 mg/kg düzeyinde olup kontrol örneklerinde belirlenmiştir.

#### **4.3.8.4 Potasyum**

Potasyum (K) içeriği açısından yapılan analizlerde, en yüksek değer 355,30 mg/kg ile %45 oranında kinoa unu içeren örneklerde elde edilmiştir. Buna karşılık, en düşük potasyum değeri ise 261,15 mg/kg olup kontrol örneklerinde tespit edilmiştir.

#### **4.3.8.5 Magnezyum**

Magnezyum (Mg) içeriği bakımından yapılan değerlendirmede, en yüksek değer 87,79 mg/kg ile %45 oranında amarant unu içeren örneklerde belirlenmiştir. En düşük magnezyum düzeyi ise 33,83 mg/kg olup kontrol örneklerinde tespit edilmiştir.

#### **4.3.8.6 Mangan**

Mangan (Mn) içeriği açısından yapılan analizlerde, en yüksek değer 1,40 mg/kg ile %45 oranında amarant unu içeren örneklerde belirlenmiştir. En düşük mangan düzeyi ise 0,71 mg/kg olarak kontrol örneklerinde tespit edilmiştir.

#### **4.3.8.7 Fosfor**

Fosfor (P) içeriği bakımından değerlendirildiğinde, en yüksek değer 375,23 mg/kg ile %45 oranında karabuğday unu içeren örneklerde belirlenmiştir. En düşük fosfor düzeyi ise 315,51 mg/kg olup kontrol örneklerinde tespit edilmiştir.

#### **4.3.8.8 çinko**

Çinko (Zn) içeriği açısından yapılan değerlendirmede, en yüksek değer 1,50 mg/kg ile %45 oranında kinoa unu içeren örneklerinde belirlenmiştir. Buna karşılık, en düşük çinko değer 0,86 mg/kg olarak kontrol örneklerinde tespit edilmiştir.

Çalışmamızdaki ekmek örneklerinde yalancı tahıl oranı arttıkça mineral madde miktarının arttığı gözlenmiştir. Literatürdeki diğer çalışmalarda bulgularımızı desteklemektedir.

Keklerde karabuğday unu kullanımının, potasyum, fosfor, magnezyum, kalsiyum, demir, manganez, çinko ve bakır gibi makro ve mikro elementlerin artışına katkıda bulunduğu bildirilmiştir (Gambus vd. 2009).

Çölyak hastalarına uygun glütensiz ekmek üretiminde karabuğday unu kullanımının amaçlandığı bir çalışmada, ekmek formülasyonunda karabuğday unu oranının artmasıyla kül, protein, demir (Fe), inko (Zn), bakır (Cu) ve mangan (Mn) seviyelerinin yükseldiği belirlenmiştir (Krupa-Kozak vd. 2011).

Glütensiz pirinç ununa karabuğday unu ilave edilerek üretilen kurabiyelerin kimyasal analizlerinde, karabuğday unu içeren örneklerin Mg, K, Zn, Fe, Mn ve Cu içeriklerinin,

yalnızca pirinç unu kullanılan örneklere kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu mineral seviyelerinin yüksekliği, mevcut çalışmada elde edilen bulgularla uyumludur (Sakac vd. 2015).

Buğday ununa karabuğday unu ilave edilerek ekmeğe üretimine yönelik gerçekleştirilen bir çalışmada, karabuğday unu ikame oranındaki artışla birlikte ekmeklerin sodyum (Na), potasyum (K) ve bakır (Cu) içeriklerinde artış meydana geldiği belirlenmiştir (Mojahan vd. 2019).

Karabuğdayunun glutensiz bisküvi üretiminde kullanımının incelendiği bir çalışmada, artan karabuğday unu oranının son ürünlerdeki kalsiyum (Ca), demir (Fe), potasyum (K), magnezyum (Mg) ve fosfor (P) mineral içeriklerini artırdığı belirlenmiştir (Yıldız 2012).

Tam buğday ekmeklerinde bulunan çinko, demir, bakır ve magnezyum gibi minerallerin miktarlarının, %30–40 oranında amarant unu içeren ekmeklerde elde edilen değerlerle karşılaştırılabilir düzeyde olduğu bildirilmiştir (Skrbic ve Filipcev 2008).

Bu sonuç, çalışmamızda amarant unu ilavesiyle gözlemlenen mineral artış eğilimini destekler niteliktedir.

#### **4.4 Mikroyapı Analizi (SEM)**

Taramalı elektron mikroskobu, yüksek enerjili elektronların küçük bir alanı incelemesi prensibine dayanmaktadır. Bu yöntem sayesinde, taneciğin boyutu ve konumuyla ilgili bilgiler elde edilerek iki boyutlu görüntüler oluşturulmaktadır (Ateş 2018).

Pirinç ununa nar çekirdeği tozu ve transglutaminaz enzimi eklenerek yapılan bir çalışmada, SEM görüntüleri kullanılarak glutensiz keklerin içyapısı incelenmiştir. Araştırma sonucunda, nar çekirdeği tozu ve transglutaminaz enzimi eklenen numunelerin daha küçük gözeneklere sahip olduğu belirlenmiştir (Saeidi vd. 2018).

Geleneksel tahıl bazlı ekmeklere amarant, karabuğday ve kinoa unlarının eklenmesi sonucunda ortaya çıkan mikroyapısal değişimler, taramalı elektron mikroskobu (SEM)

analizleriyle ayrıntılı şekilde incelenmiştir. Elde edilen görüntüler, yalancı tahıl unlarının ekmek yapısındaki protein matrisi, partikül dağılımı ve gözenek oluşumu üzerindeki etkilerini açıkça ortaya koymuştur. Kontrol ekmekleri, homojen bir yüzey yapısına ve düzenli gözenek dağılımına sahip olup, iyi gelişmiş bir glüten matrisi sergilemiştir. Yüksek elastikiyet ve gaz tutma kapasitesi sayesinde iç yapının optimal düzeyde olduğu gözlemlenmiştir. Ancak, yalancı tahıl unlarının ilavesiyle bu yapı kademeli olarak değişim göstermiştir.

Amarant unu ilavesiyle yüzey morfolojisinde belirgin değişiklikler meydana gelmiştir. %15 seviyesinde eklenen amarant unu, partikül büyüklüğünde artışa ve yüzeyin daha pürüzlü hale gelmesine neden olmuştur. Protein matrisi ile nişasta partikülleri arasındaki etkileşimlerin farklılaştığı belirlenmiş olup, gözenek yapısı kısmen korunmuştur. %30 amarant unu içeren numunelerde partikül birikimi yoğunlaşmış, glüten matrisinde zayıflamalar gözlemlenmiştir. Bu durum, gözenek yapısında düzensizliklere ve ekmek iç dokusunun daha kompakt hale gelmesine yol açmıştır. %45 oranında amarant unu eklenmesiyle ise bu değişimler daha belirgin hale gelmiş, glüten-protein etkileşimlerinde ciddi bozulmalar meydana gelmiş ve yüzey morfolojisi daha düzensiz bir hâl almıştır.

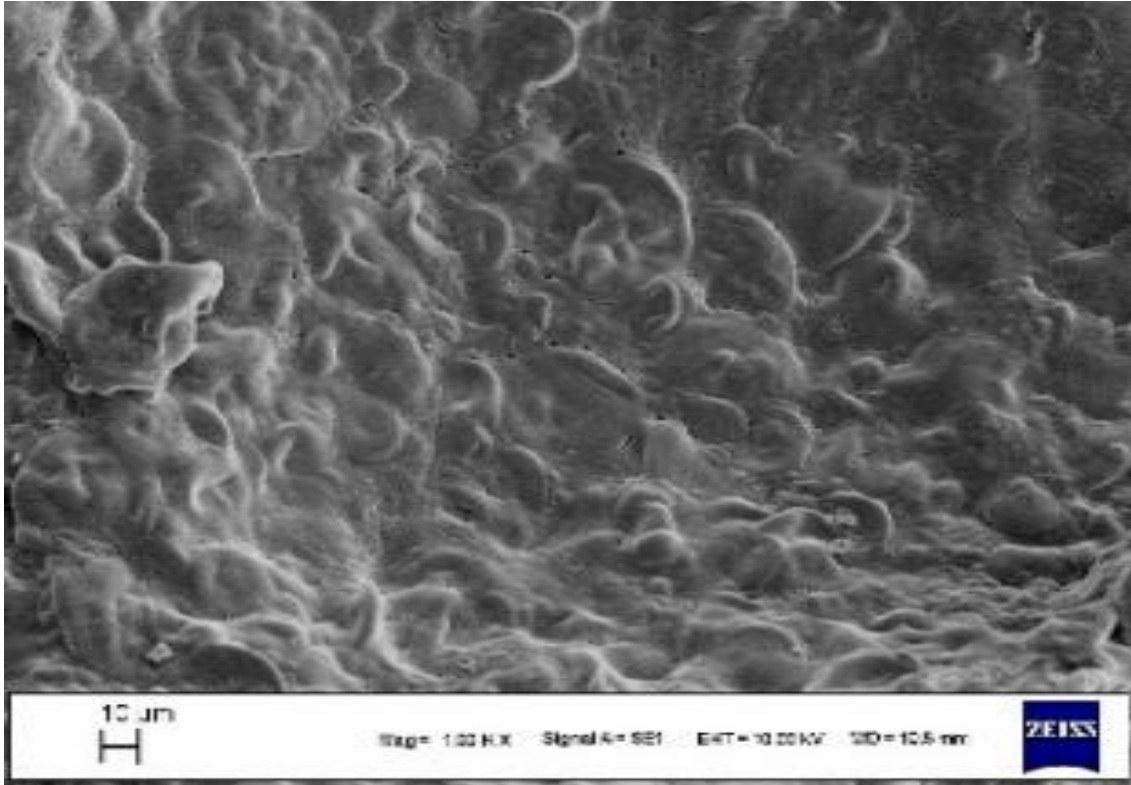
Karabuğday unu ilavesinin ekmek yapısına etkisi nispeten daha kontrollü bir değişim göstermiştir. %15 oranında eklenen karabuğday unu, yüzey morfolojisinde hafif değişikliklere neden olmuş ancak protein ve nişasta etkileşimleri büyük ölçüde korunmuştur. %30 seviyesinde, gözenek yapısında düzensizlikler başlamış ve yüzeyin daha heterojen bir form kazandığı gözlemlenmiştir. %45 oranında karabuğday unu ilavesinde ise glüten matrisinde parçalanmalar meydana gelmiş, partikül birikimi artmış ve gözenek yapısı belirgin şekilde bozulmuştur.

Kinoa ununun eklenmesiyle, yüzey pürüzlülüğünde belirgin artış meydana gelmiştir. %15 oranında kinoa unu ilavesi, gözenek yapısının büyük ölçüde korunmasını sağlarken, yüzeyde hafif pürüzlenmeler gözlemlenmiştir. %30 oranında, yüzey morfolojisinde belirgin düzensizlikler meydana gelmiş ve partikül büyüklüğü artmıştır. %45 seviyesinde ise gözenek yapısının bozulduğu, yoğun partikül birikimi meydana geldiği ve ekmek iç dokusunda kompaktlaşmanın arttığı tespit edilmiştir.

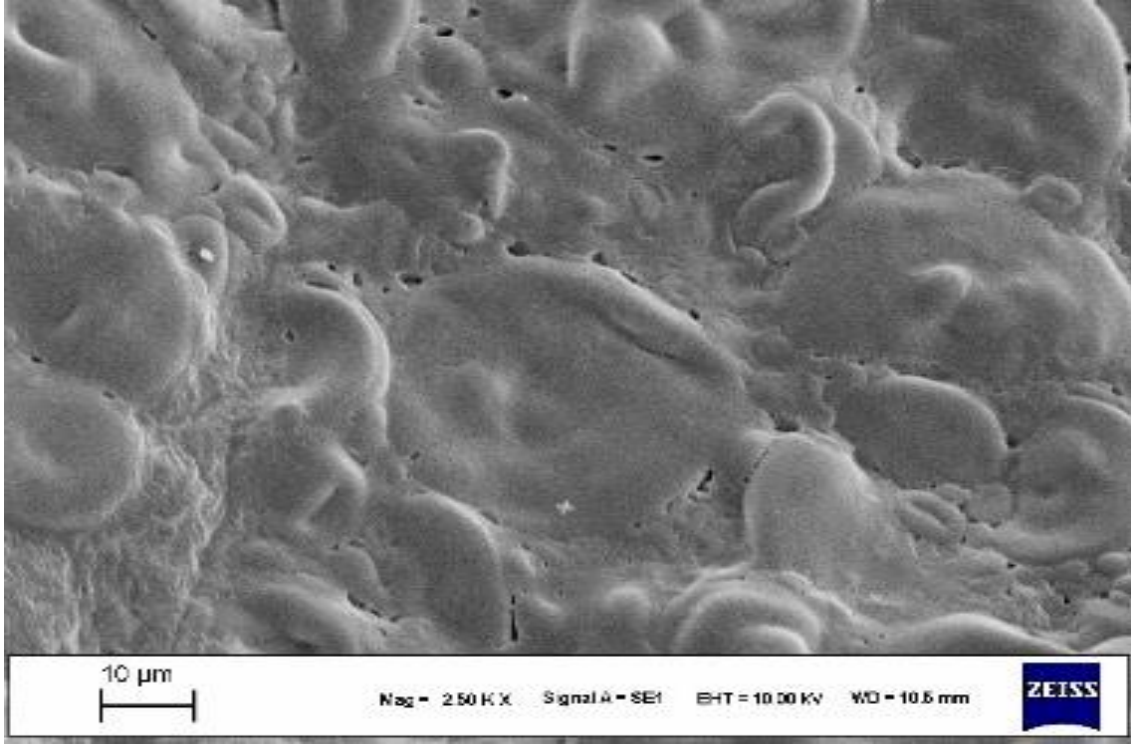
SEM analizleri, amarant, karabuğday ve kinoa unlarının ekmeklerin mikroyapısını önemli ölçüde değiştirdiğini ortaya koymaktadır.

Yalancı tahıl unu oranı arttıkça, yüzey morfolojisinde düzensizlikler meydana gelmekte, partikül birikimi yoğunlaşmakta ve gözenek yapısı giderek bozulmaktadır. %15 seviyesinde yalancı tahıl unlarının ilavesi, gözenek yapısının kabul edilebilir düzeyde korunmasına katkı sağlarken, %30 ve %45 oranlarında bu unların eklenmesi protein matrisinde belirgin bozulmalara yol açmaktadır.

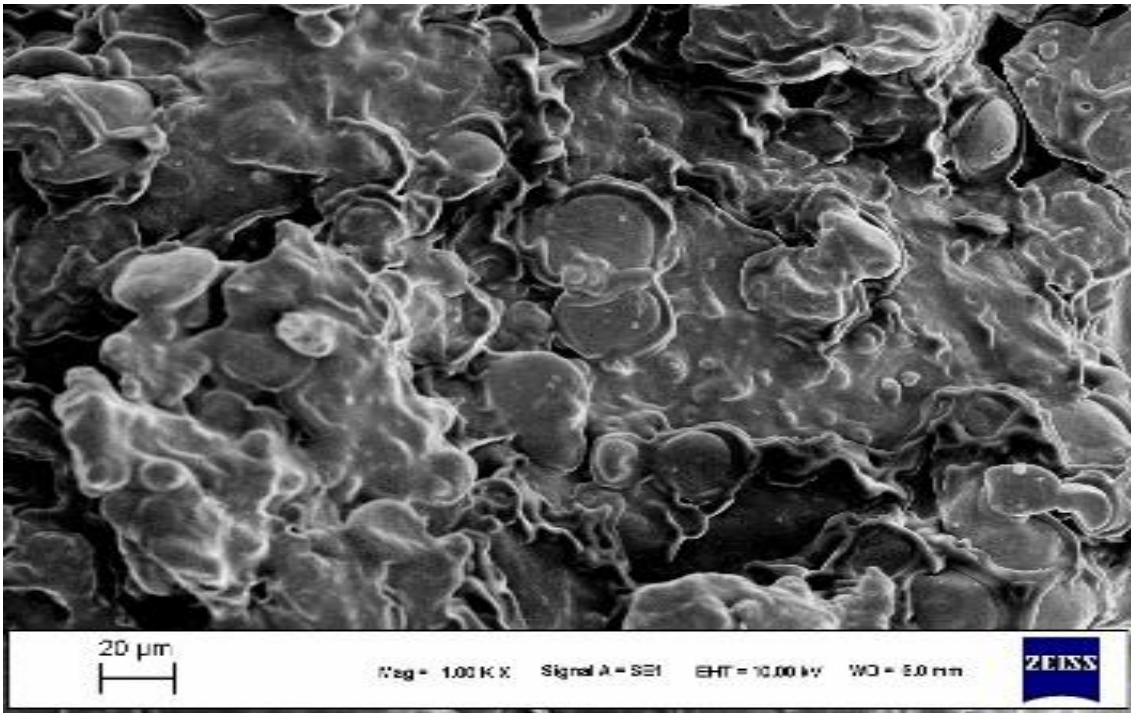
Bu sonuçlar, fonksiyonel ekmek formülasyonlarında yalancı tahıl unlarının kullanım oranının optimize edilmesi gerektiğini ve belirli bir seviyenin üzerinde kullanımının ekmek dokusunda istenmeyen yapısal değişikliklere neden olabileceğini göstermektedir.



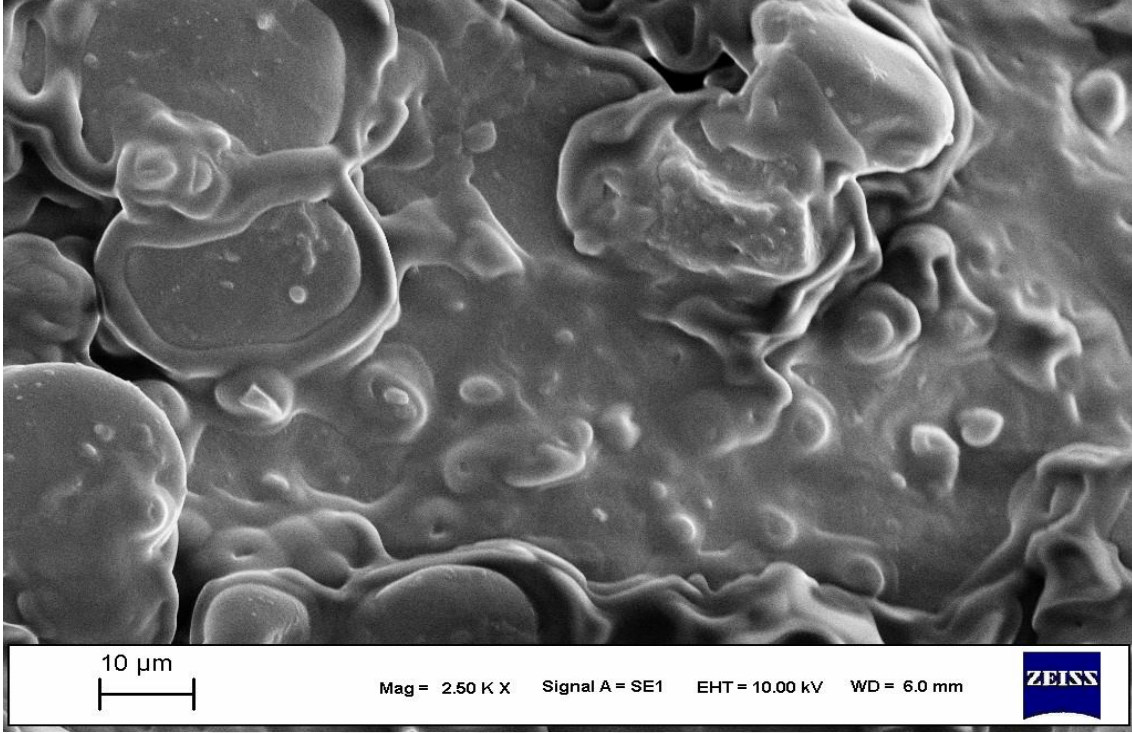
**Resim 4.4.1** %100 Buğday Unlu Ekmek 1000x SEM görüntüsü



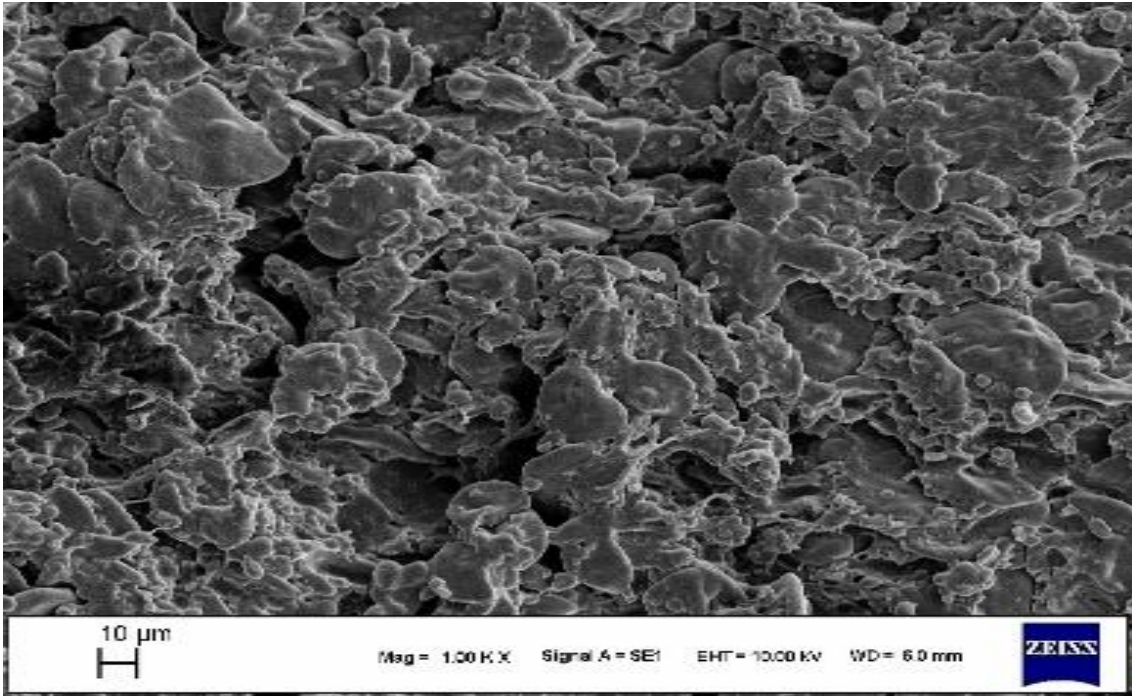
**Resim 4.4.2** %100 Buğday Unlu Ekmek 2500x SEM görüntüsü



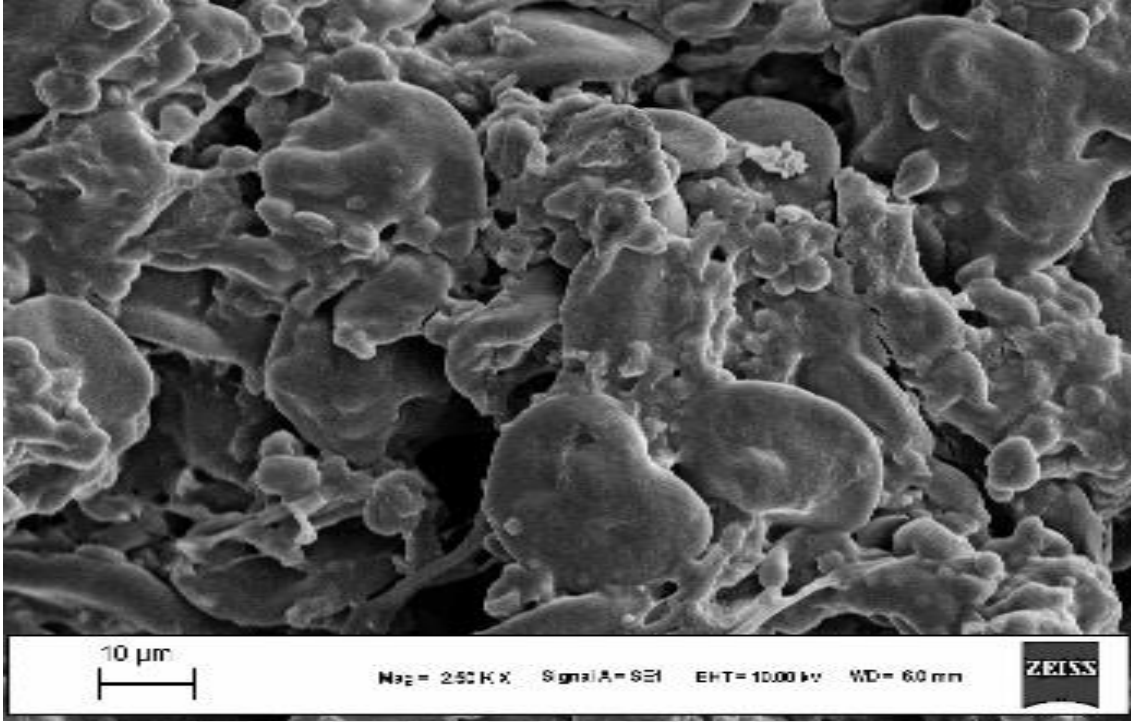
**Resim 4.4.3** %15 Amaranth Unlu Ekmek 1000x SEM Görüntüsü



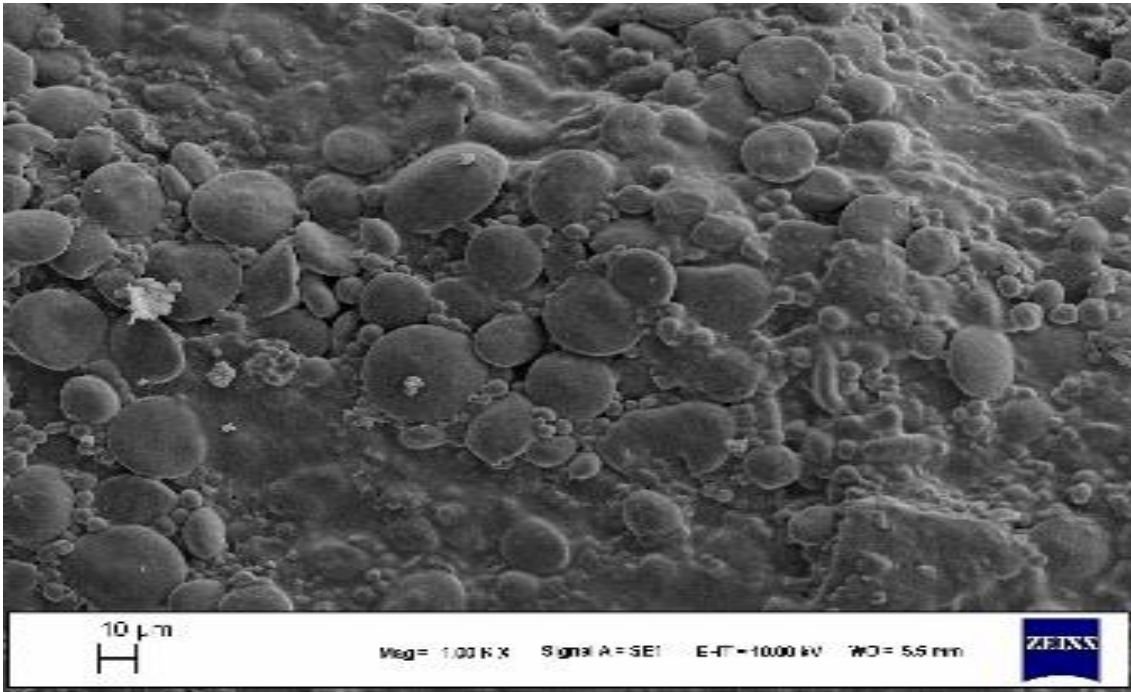
**Resim 4.4.4** %15 Amaranth Unlu Ekmek 2500x SEM görüntüsü



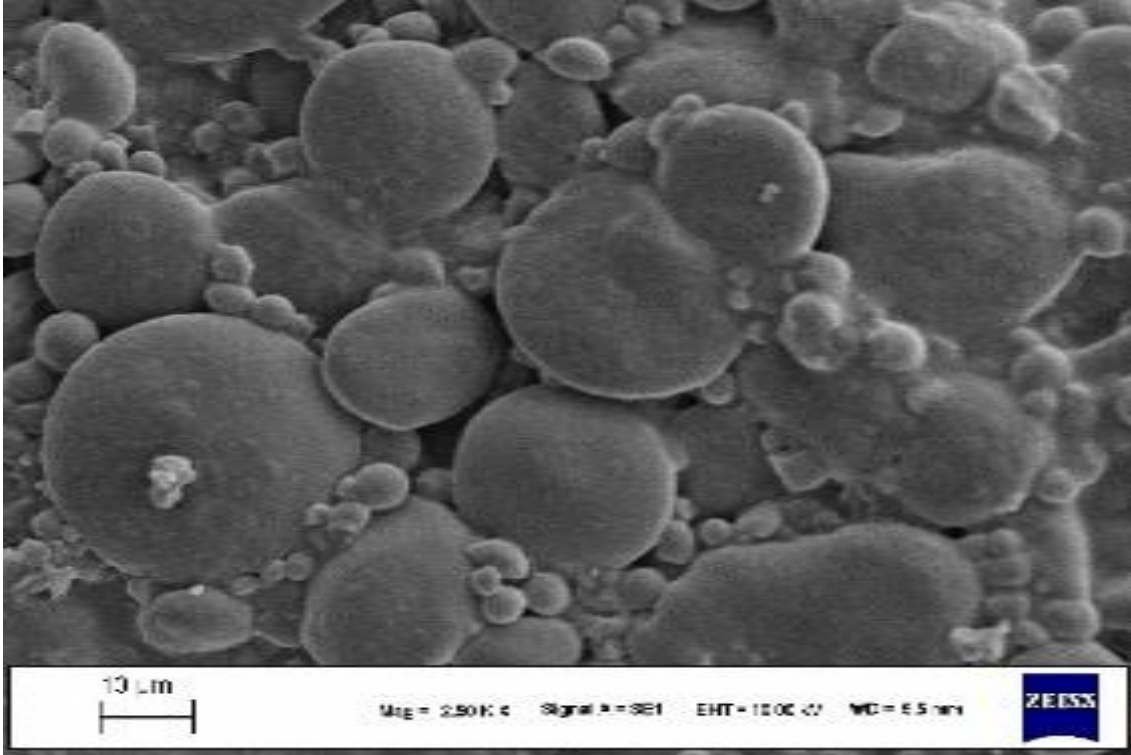
**Resim 4.4.5** %30 Amaranth Unlu Ekmek 1000x SEM Görüntüsü



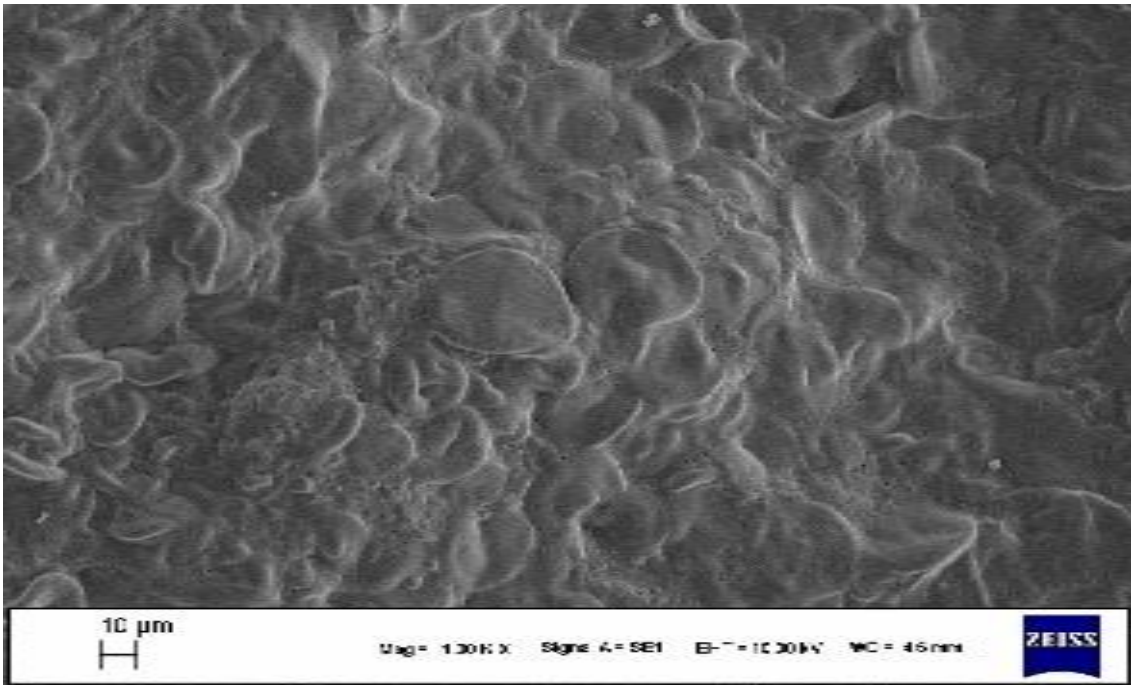
**Resim 4.4.6** %30 Amaranth Unlu Ekmek 2500x SEM Görüntüsü



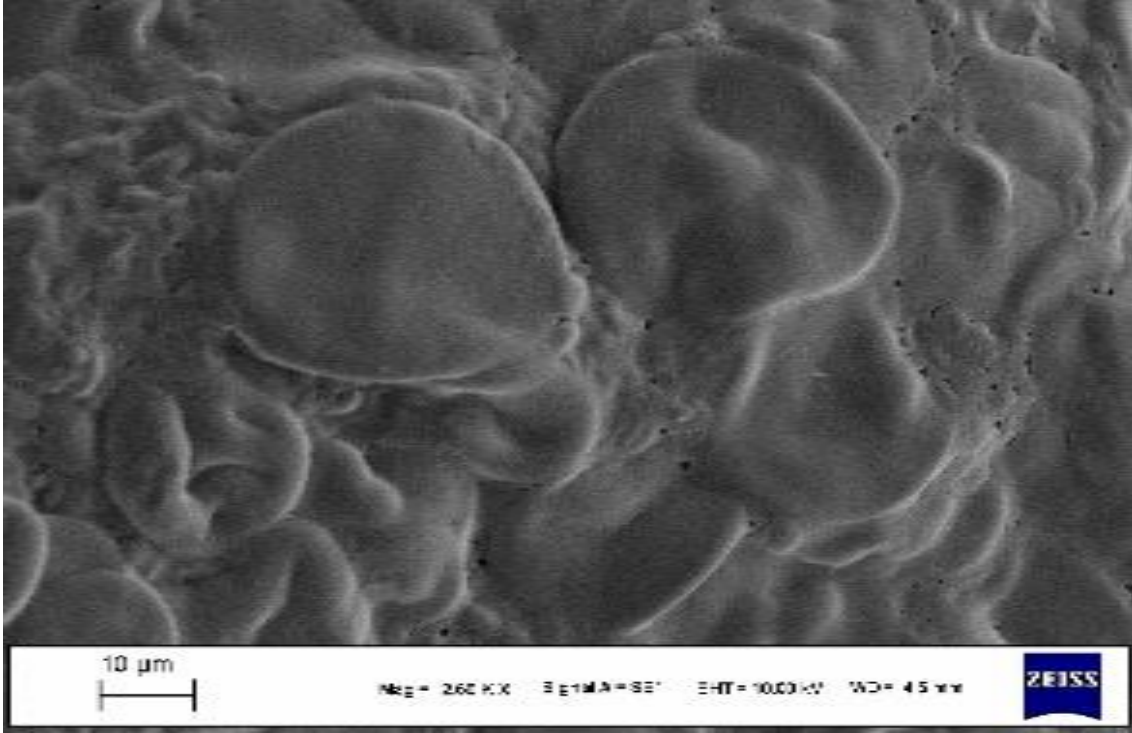
**Resim 4.4.7** %45 Amaranth Unlu Ekmek 1000x SEM Görüntüsü



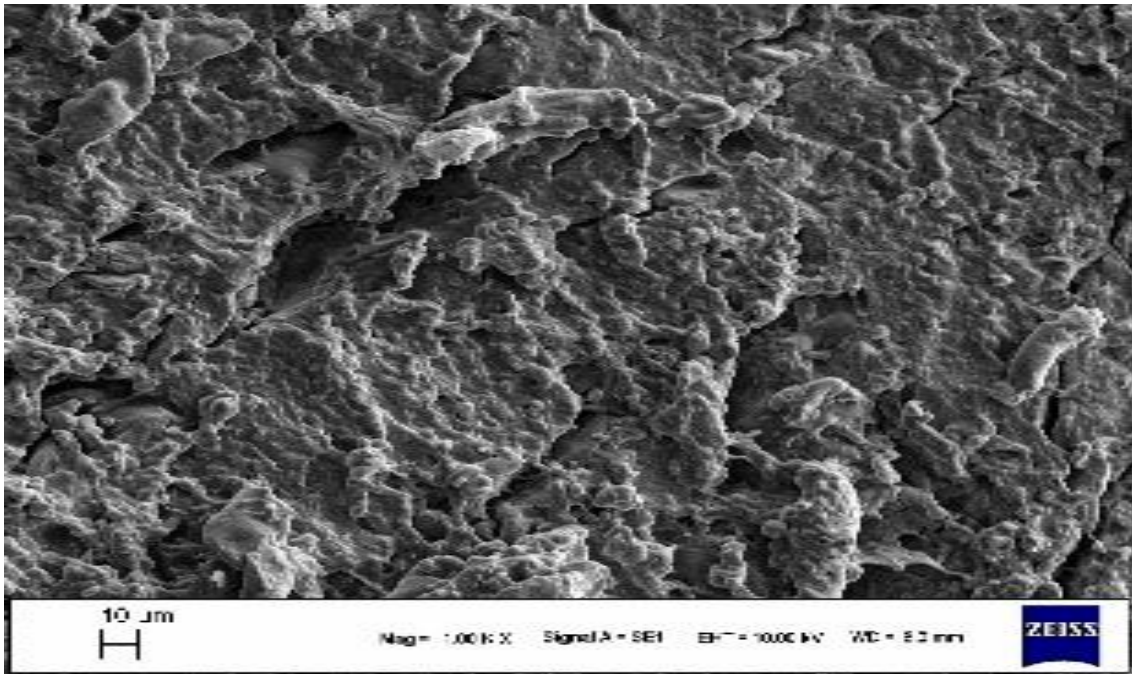
**Resim 4.4.8** %45 Amarant Unlu Ekmek 2500x SEM Görüntüsü



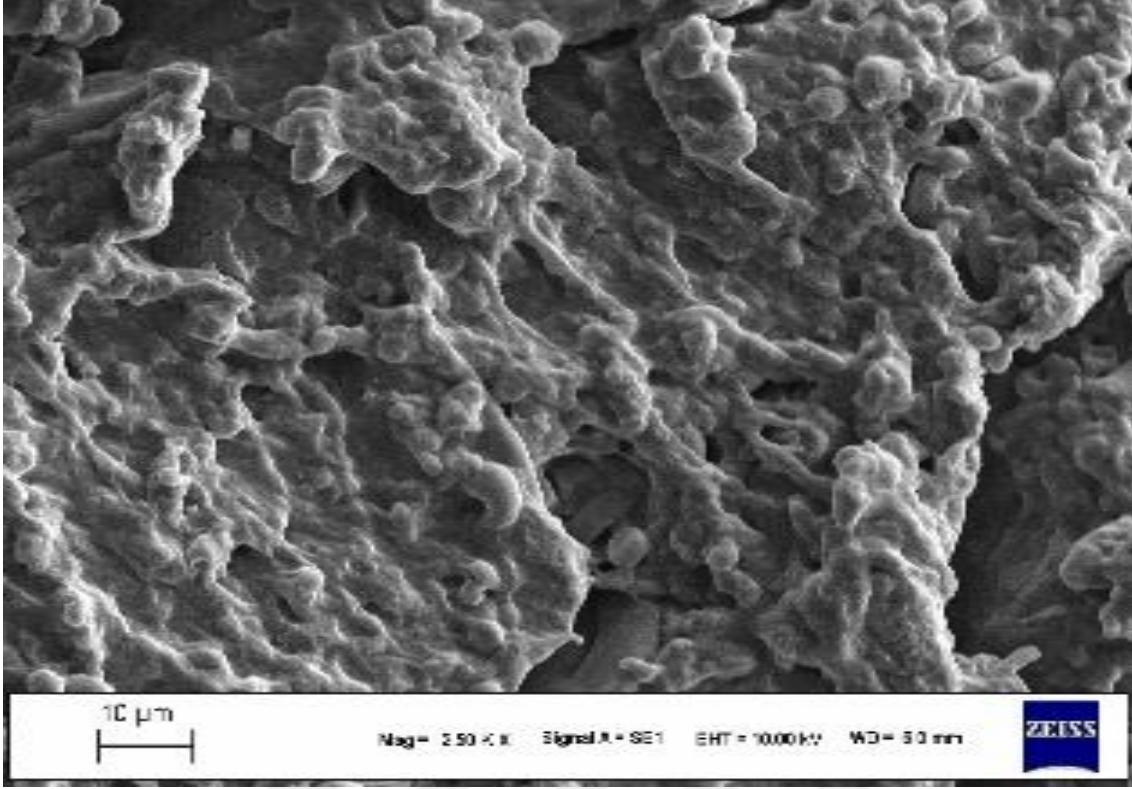
**Resim 4.4.9** %15 Karabuğday Unlu Ekmek 1000x SEM Görüntüsü



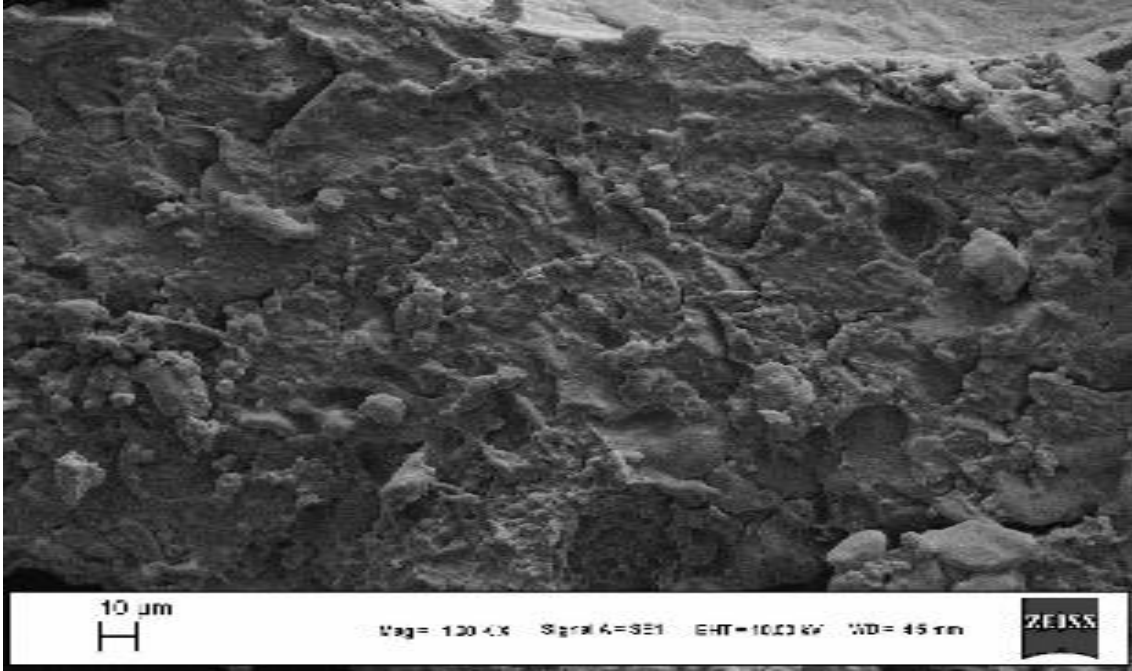
**Resim 4.4.10** %15 Karabuğday Unlu Ekmek 2500x SEM Görüntüsü



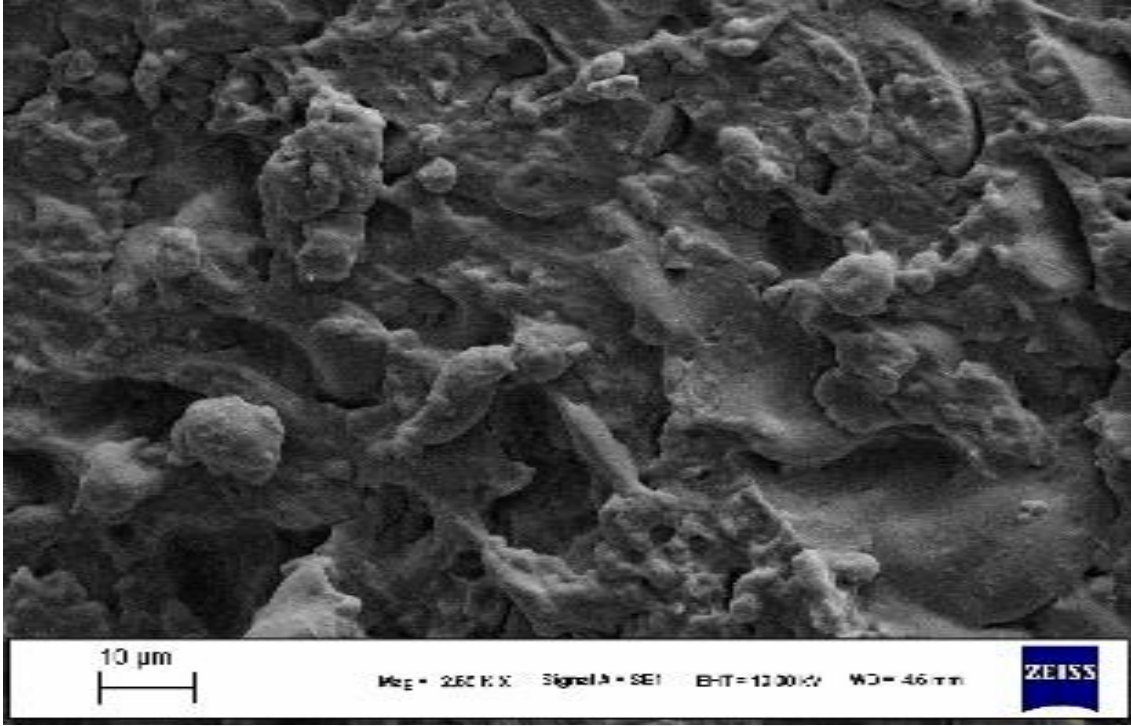
**Resim 4.4.11** %30 Karabuğday Unlu Ekmek 1000x SEM Görüntüsü



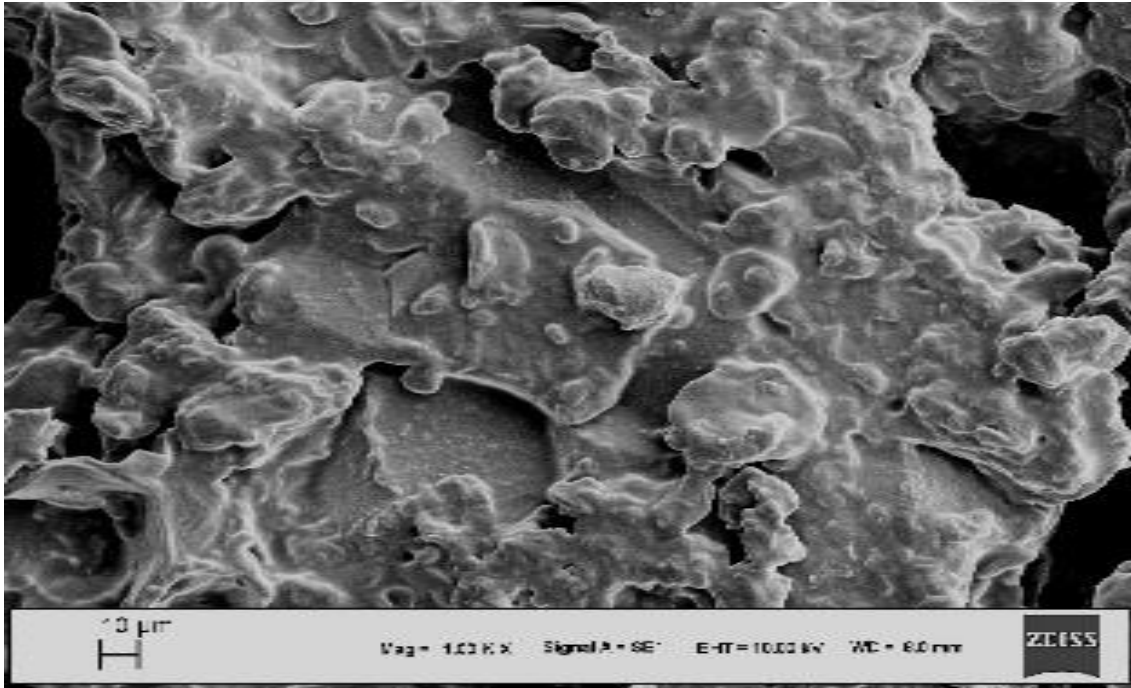
**Resim 4.4.12** %30 Karabuğday Unlu Ekmek 2500x SEM Görüntüsü



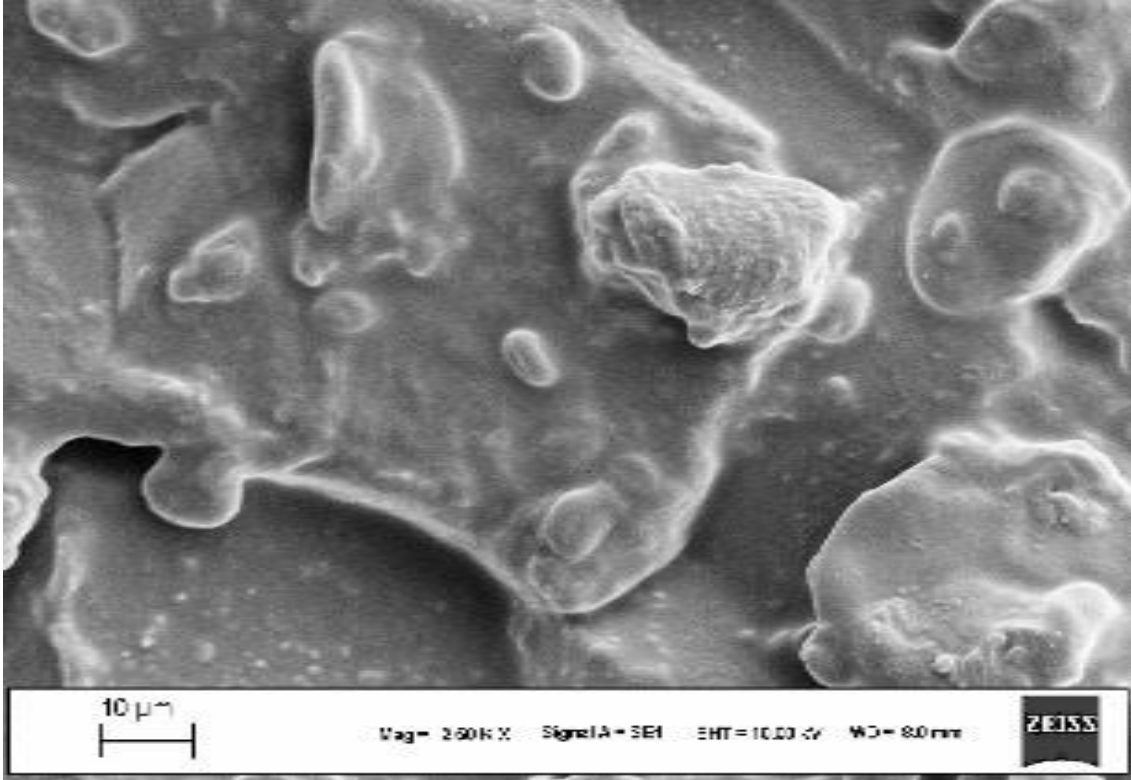
**Resim 4.4.13** %45 Karabuğday Unlu Ekmek 1000x SEM Görüntüsü



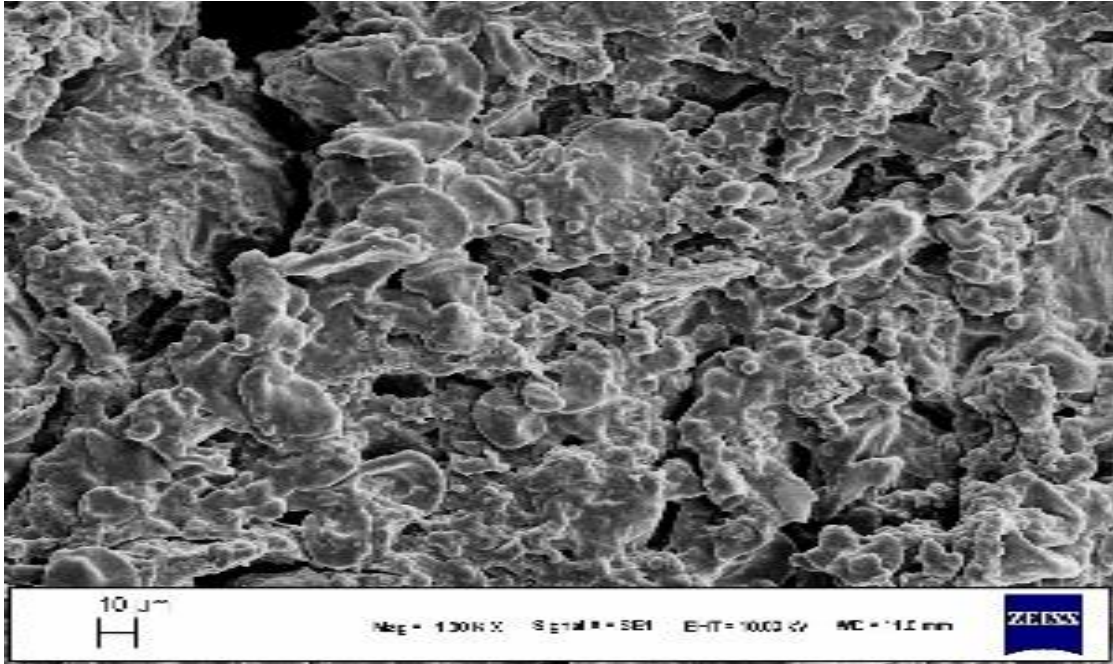
**Resim 4.4.14** %45 Karabuğday Unlu Ekmek 2500x SEM Görüntüsü



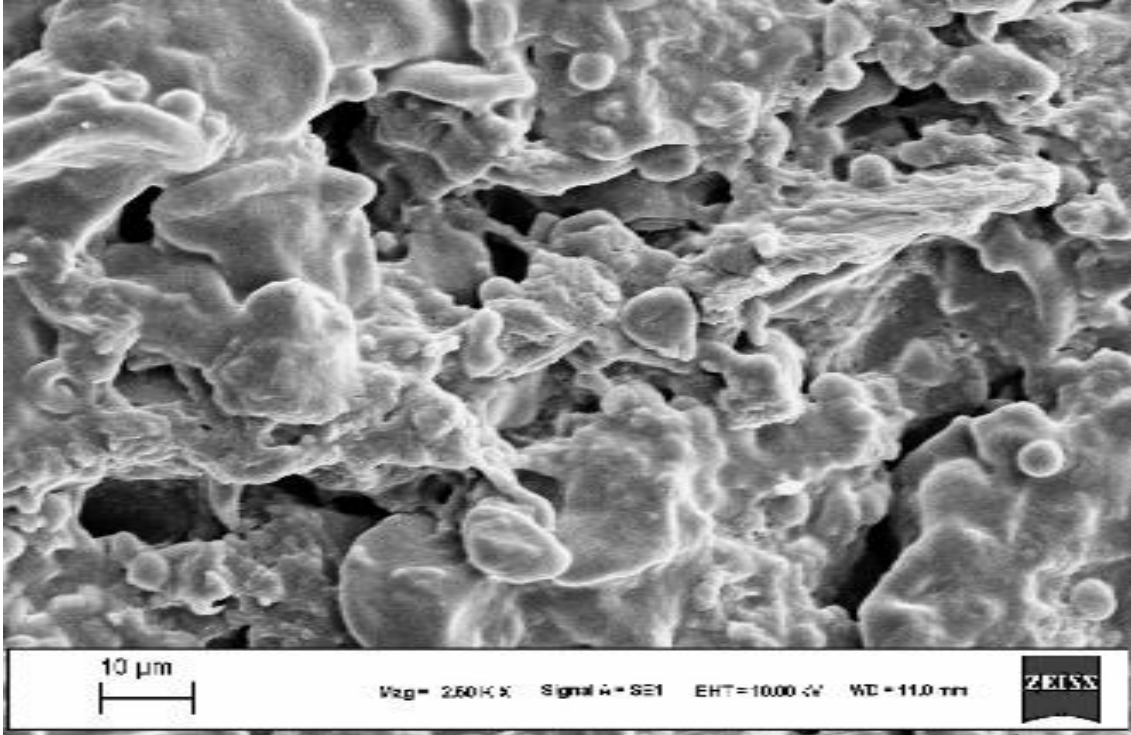
**Resim 4.4.15** %15 Kinoa Unlu Ekmek 1000x SEM Görüntüsü



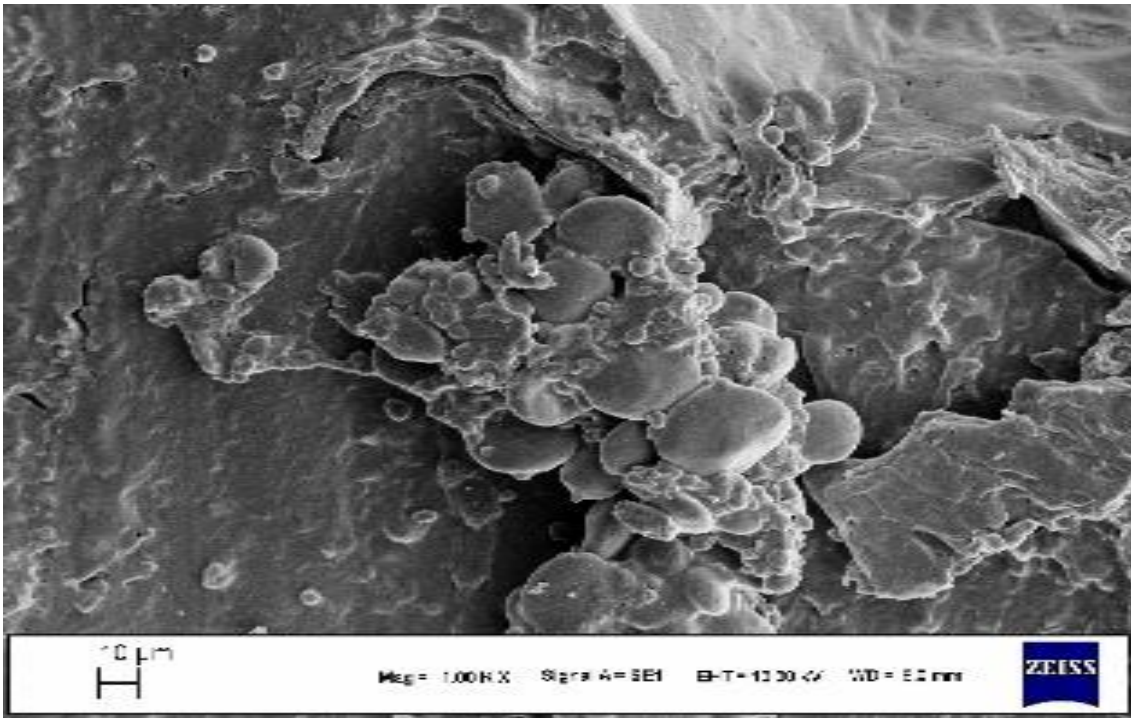
**Resim 4.4.16** %15 Kinoa Unlu Ekmek 2500x SEM Görüntüsü



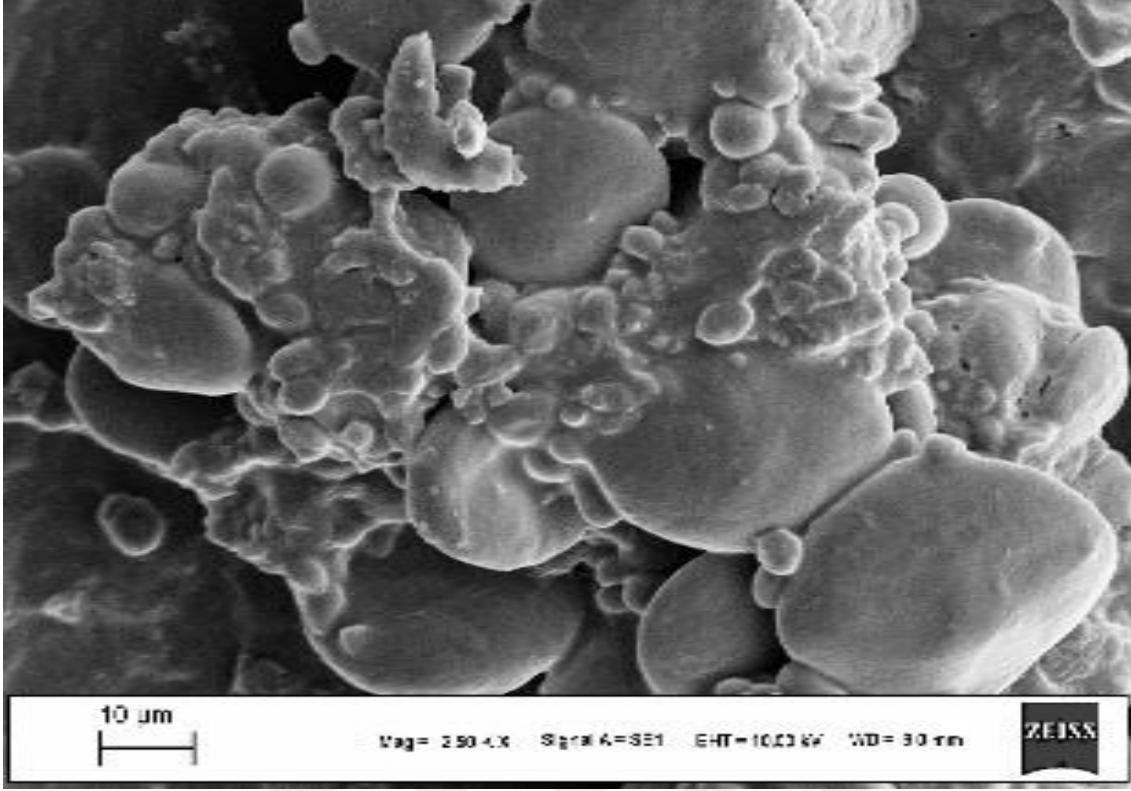
**Resim 4.4.17** %30 Kinoa Unlu Ekmek 1000x SEM Görüntüsü



**Resim 4.4.18** %30 Kinoa Unlu Ekmek 2500x SEM Görüntüsü



**Resim 4.4.19** %45 Kinoa Unlu Ekmek 1000x SEM Görüntüsü



**Resim 4.4.20** %45 Kinoa Unlu Ekmek 2500x SEM Görüntüsü

## 4.5 Duyusal Analiz

Ekmek örneklerine ait duyusal analiz sonuçları Çizelge 4.38’de verilmiştir.

### 4.5.1 Kabuk Renk

Ekmek örneklerine ait kabuk rengi değerleri Çizelge 4.38’de verilmiştir. Kabuk rengi ile ilgili en yüksek beğeni değeri 7,00 ile %30 karabuğday unu içeren örneklerde belirlenmişken, en düşük beğeni değeri ise 5,50 ile %45 amarant unu içeren örneklerde tespit edilmiştir.

Ekmek örneklerine ait kabuk rengi değerlerinin beğeni varyans analizi sonuçları Çizelge 4.39’da verilmiştir. Varyans analizine göre, kabuk rengi beğenisi üzerine un türünün etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ( $p>0,05$ ). Buna karşın, yalancı tahıl oranının etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0,01$ ).

Ekmek örneklerine ait kabuk rengi beğeni değerleri Duncan testi sonuçları Çizelge 4.40'ta verilmiştir. Duncan testine göre, un türlerinin kabuk rengi beğenisine etkisi istatistiksel olarak önemsizdir ( $p>0,05$ ). Öte yandan, yalancı tahıl oranı faktörü açısından, %15 ve %30 yalancı tahıl oranları, kontrol ve %45 örneklerine kıyasla istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir ( $p<0,05$ ).

**Çizelge 4.38** Duyusal Değerlendirme Sonuçlarının Ortalama Puanları

Un	Oran	Kabuk Renk	İç Renk	Gözenek Yapısı	Çiğnenebilirlik	Sertlik	Lezzet	Genel Kabul Edilebilirlik
<b>Amarant</b>	%0	5.80±1.99	6.70±0.67	6.10±0.99	6.30±0.67	6.60±0.52	6.20±0.79	6.20±1.03
	%15	6.60±0.52	7.00±1.05	6.50±0.97	6.60±1.26	5.70±0.95	6.00±1.25	6.20±0.79
	%30	6.50±0.53	6.10±0.99	6.10±1.20	6.50±1.18	5.40±1.07	6.20±1.03	5.60±1.26
	%45	5.50±0.53	5.60±1.07	6.10±1.20	5.80±1.23	5.00±1.20	5.10±1.20	5.50±0.53
<b>Karabuğday</b>	%0	5.80±1.99	6.70±0.67	6.10±0.99	6.30±0.67	6.60±0.52	6.20±0.79	6.20±1.03
	%15	6.70±1.25	7.40±0.52	6.90±1.10	7.00±0.67	6.10±0.99	6.60±0.52	6.90±0.74
	%30	7.00±1.33	7.60±0.52	6.90±1.20	7.20±1.23	6.40±0.70	7.20±0.92	7.50±0.97
	%45	6.50±1.33	6.20±0.63	6.10±1.20	6.80±1.05	6.00±0.82	6.00±0.67	6.80±1.08
<b>Kinoa</b>	%0	5.80±1.99	6.70±0.67	6.10±0.99	6.30±0.67	6.60±0.52	6.20±0.79	6.20±1.03
	%15	6.60±0.70	6.10±0.57	6.00±0.85	6.10±0.74	5.30±0.67	5.90±1.20	6.20±0.42
	%30	6.50±0.53	5.80±0.92	6.10±0.57	6.60±0.52	5.00±0.99	6.10±0.88	5.20±0.92
	%45	5.70±1.06	5.70±1.49	5.70±1.34	6.10±1.37	4.20±1.03	5.50±0.53	5.60±0.70

**Çizelge 4.39** Duyusal Analiz Verilerinin Varyans Analizi Sonuçları

VK	SD	Kabuk Renk		İç Renk		Gözenek Yapısı		Çiğnenebilirlik	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
<b>Model</b>	6	781.044	524.582**	842.147	1031.016**	766.589	669.835**	821.508	859.586**
<b>Un</b>	2	1.433	0.963ns	8.508	10.416**	4.233	3.699*	1.525	1.596ns
<b>Oran</b>	3	6.956	4.672**	5.911	7.237**	1.011	0.883ns	3.600	3.767*
<b>Hata</b>	114	1.489		0.817		1.144		0.956	

\* $p<0,05$  düzeyinde önemli, \*\* $p<0,01$  düzeyinde önemli, ns: önemsiz

**Çizelge 4.39 (Devamı) Duyusal Analiz Verilerinin Varyans Analizi Sonuçları**

VK	SD	Sertlik		Lezzet		Genel Kabul Edilebilirlik	
		KO	F	KO	F	KO	F
Model	6	658.942	787.827**	748.286	904.769**	757.558	825.243**
Un	2	11.108	13.281**	4.825	5.834**	12.508	13.626**
Oran	3	14.675	17.545**	4.956	5.992**	2.067	2.251ns
Hata	114		0.836		0.827		0.918

\*p<0,05 düzeyinde önemli, \*\*p<0,01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz

**Çizelge 4.40 Duyusal Değerlendirme Verilerinin Duncan Testi Karşılaştırmaları**

	N	Kabuk Renk	İç Renk	Gözenek Yapısı	Çiğnenebilirlik	Sertlik	Lezzet	Genel Kabul Edilebilirlik
<b>Un</b>								
Amarant	40	6.10	6.35 <sup>b</sup>	6.20 <sup>ab</sup>	6.30	5.55 <sup>b</sup>	5.88 <sup>b</sup>	5.88 <sup>b</sup>
Karabuğday	40	6.45	6.98 <sup>a</sup>	6.50 <sup>a</sup>	6.63	6.28 <sup>a</sup>	6.50 <sup>a</sup>	6.78 <sup>a</sup>
Kinoa	40	6.15	6.08 <sup>b</sup>	5.85 <sup>b</sup>	6.28	5.25 <sup>b</sup>	5.93 <sup>b</sup>	5.75 <sup>b</sup>
<b>Yalancı tahıl Oranı (%)</b>								
%0	30	5.80 <sup>b</sup>	6.70 <sup>a</sup>	6.10	6.30 <sup>a</sup>	6.60 <sup>a</sup>	6.20 <sup>a</sup>	6.20
%15	30	6.63 <sup>a</sup>	6.83 <sup>a</sup>	6.30	6.57 <sup>a</sup>	5.70 <sup>b</sup>	6.17 <sup>a</sup>	6.43
%30	30	6.67 <sup>a</sup>	6.50 <sup>a</sup>	6.37	6.77 <sup>a</sup>	5.57 <sup>b</sup>	6.50 <sup>a</sup>	6.10
%45	30	5.83 <sup>b</sup>	5.83 <sup>b</sup>	5.97	5.97 <sup>b</sup>	4.90 <sup>c</sup>	5.53 <sup>b</sup>	5.80

\*Farklı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0,05)

#### 4.5.2 İç Renk

Ekmek örneklerine ait iç renk beğeni değerleri Çizelge 4.38’de verilmiştir. İç renge ait beğeni değeri 7,60 ile %30 karabuğday unu içeren örneklerde belirlenmişken, en düşük iç rengi beğeni değeri ise 5,60 ile %45 amarant unu içeren örneklerde tespit edilmiştir.

Ekmek örneklerine ait iç renk beğeni değerlerinin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.39'da verilmiştir. Varyans analizine göre, İç renk beğenisi açısından hem un türünün hem de yalancı tahıl oranlarının etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p<0,01$ ).

Ekmek örneklerine ait iç renk beğeni değerleri Duncan testi sonuçları Çizelge 4.40'ta verilmiştir. Duncan testine göre, karabuğday unlu ekmeklerde iç renk beğenisi istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Kullanılan yalancı tahıl oranları değerlendirildiğinde, %45 oranındaki örneklerde iç renk beğenisi anlamlı derecede azalmış, diğer oranlar arasında ise istatistiksel fark gözlenmemiştir.

#### **4.5.3 Gözenek Yapısı**

Ekmek örneklerine ait gözenek yapısına beğeni değerleri Çizelge 4.38'de verilmiştir. Gözenek yapısına ilişkin beğeni değerlendirmelerinde, en yüksek puan olan 6,90, %15 ve %30 oranlarında karabuğday unu içeren örneklerde gözlemlenmiştir. Buna karşılık, %45 kinoa unu içeren örnekler 5,70 puan ile en düşük beğeni düzeyini göstermiştir. Ekmek örneklerine ait gözenek yapısı beğeni değerlerinin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.39'da verilmiştir. Varyans analizine göre, un türünün gözenek yapısı beğenisine etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunurken ( $p<0,05$ ), yalancı tahıl oranlarının etkisi istatistiksel olarak önemsizdir ( $p>0,05$ ).

Ekmek örneklerine ait gözenek yapısı beğeni değerleri Duncan testi sonuçları Çizelge 4.40'ta verilmiştir. Duncan testine göre, karabuğday unu içeren örneklerin gözenek yapısı beğeni puanları diğer un türlerine göre daha yüksek bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Yalancı tahıl oranları açısından istatistiksel fark bulunmamıştır.

#### **4.5.4 Çiğnenebilirlik**

Ekmek örneklerine ait çiğnenebilirlik beğeni değerleri Çizelge 4.38'de verilmiştir. Çiğnenebilirlik özelliğine yönelik beğeni değerlendirmesinde, 7,20 puan ile en yüksek değer %30 karabuğday unu içeren örneklerde saptanmıştır. Öte yandan, %45 oranında amarant unu içeren örnekler, 5,80 puanla en düşük çiğnenebilirlik beğeni skorunu

almıştır. Ekmek örneklerine ait çiğnenebilirlik değerlerinin beğeni varyans analizi sonuçları Çizelge 4.39'da verilmiştir.

Varyans analizine göre, un türünün etkisi istatistiksel olarak önemsiz, yalancı tahıl oranının etkisi ise anlamlı bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Ekmek örneklerine ait çiğnenebilirlik beğeni değerleri Duncan testi sonuçları Çizelge 4.40'ta verilmiştir. Duncan testine göre, yalancı tahıl oranı %45 olan örneklerde çiğnenebilirlik beğenisi diğer oranlara göre istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha düşük bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Un türleri arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir.

#### **4.5.5 Sertlik**

Ekmek örneklerine ait sertlik beğeni değerleri Çizelge 4.38'de verilmiştir. Sertlik özelliğine ilişkin değerlendirmede, en yüksek beğeni puanı 6,60 ile kontrol örneklerinde elde edilmiştir. Buna karşılık, %45 oranında kinoa unu içeren ekmek örnekleri, 4,20 puan ile en düşük değerlendirme sonucunu vermiştir. Ekmek örneklerine ait sertlik değerlerinin beğeni varyans analizi sonuçları Çizelge 4.39'da verilmiştir. Varyans analizine göre, hem un türü hem de yalancı tahıl oranının etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0,01$ ). Ekmek örneklerine ait sertlik beğeni değerleri Duncan testi sonuçları Çizelge 4.40'ta verilmiştir.

Duncan testine göre, karabuğday unlu ekmekler sertlik açısından diğer un türlerine kıyasla istatistiksel olarak daha yüksek beğeni puanı almıştır ( $p<0,05$ ). Yalancı tahıl oranı yönünden değerlendirildiğinde, en yüksek sertlik beğeni puanı kontrol örneklerinde bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

#### **4.5.6 Lezzet**

Ekmek örneklerine ait lezzet değerleri Çizelge 4.38'de verilmiştir. Lezzet puanları değerlendirildiğinde, 7,20 ile en yüksek değer %30 karabuğday unu içeren örneklerde görülürken, en düşük lezzet değerlendirmesi ise 5,10 puanla %45 amarant unu içeren

örneklerde kaydedilmiştir. Ekmek örneklerine ait lezzet değerlerinin beğeni varyans analizi sonuçları Çizelge 4.39'da verilmiştir.

Varyans analizine göre, lezzet parametresi açısından hem un türü hem de yalancı tahıl oranının etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p<0,01$ ). Ekmek örneklerine ait lezzet beğeni değerleri Duncan testi sonuçları Çizelge 4.40'ta verilmiştir.

Duncan testine göre, karabuğday unu ile hazırlanan örnekler, lezzet açısından diğer un türlerine göre istatistiksel olarak daha yüksek beğeni almıştır ( $p<0,05$ ). Ayrıca, %45 yalancı tahıl oranı ile hazırlanan örneklerde lezzet beğenisi diğer oranlara kıyasla istatistiksel olarak daha düşük bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

#### **4.5.7 Genel Kabul Edilebilirlik**

Ekmek örneklerine ait genel kabul edilebilirlik değerleri Çizelge 4.38'de verilmiştir. Genel kabul edilebilirlik açısından en yüksek puan, 7,50 ile %30 karabuğday unu içeren örneklerde saptanırken, en düşük değer ise 5,20 puanla %30 kinoa unu içeren örneklerde gözlenmiştir. Ekmek örneklerine ait genel kabul edilebilirlik değerlerinin beğeni varyans analizi sonuçları Çizelge 4.39'da verilmiştir.

Varyans analizine göre, genel kabul edilebilirlik beğenisi açısından un türünün etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p<0,01$ ), yalancı tahıl oranının etkisi ise istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

Ekmek örneklerine ait genel kabul edilebilirlik değerleri Duncan testi sonuçları Çizelge 4.40'ta verilmiştir. Duncan testine göre, karabuğday unlu ekmeklerin genel kabul edilebilirlik beğenisi diğer un türlerine göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksektir ( $p<0,05$ ). Yalancı tahıl oranları arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p>0,05$ ). Farklı oranlarda kinoa unu içeren glütensiz ekmeklerin üretildiği bir çalışmada, duyu analizler gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, %30'a kadar kinoa unu ilavesinin glütensiz ekmeklerin hacim, kabuk rengi, tekstür, ağızda hissedilen yumuşaklık, koku, aroma, tat ve genel kabul edilebilirlik değerleri üzerinde anlamlı bir

olumsuz etkiye yol açmadığını göstermiştir (Hayıt ve Gül 2019).

Farklı oranlarda (%10, %20 ve %30) karabuğday unu ile pirinç ununun karıştırılmasıyla elde edilen ekmeklerin reolojik, tekstürel ve duyuşal özelliklerinin incelendiğı bir çalışmada, artan karabuğday unu ilavesinin ekmeklerin genel görünüş ve kabuk yapısına ilişkin puanlarını önemli ölçüde azalttığı, ancak lezzet ve yumuşaklık özelliklerinde iyileşme sağladığı bildirilmiştir (Torbica vd. 2010).

Çalışmamıza benzer şekilde, ekmek üretiminde %15 ve %30 oranlarında karabuğday, kinoa ve amarant unları kullanılarak elde edilen örneklerin duyuşal özellikleri değerlendirilmiştir. Duyusal analiz sonuçlarına göre, karabuğday unu ilavesi, amarant ve kinoa unlarına kıyasla ekmeklerin tat, renk ve aroma gibi duyuşal özelliklerini daha olumlu yönde etkilemiştir (Chlopicka vd. 2012).

Patates nişastası ile kinoa, karabuğday ve pirinç unlarının belirli oranlarda bir araya getirilmesiyle glütensiz ekmek formülasyonları geliştirilmiştir. Bu formülasyonlarda, kütlece %50 pirinç unu ve patates nişastası sabit tutulmuş; kinoa ve karabuğday unları ise sırasıyla %0–50, %12,5–37,5, %25–25 ve %37,5–12,5 oranlarında kullanılmıştır. Elde edilen ekmeklerin reolojik, fiziksel ve duyuşal özellikleri değerlendirilmiştir. Duyusal analiz sonuçlarına göre, kontrol örneğı en düşük beğeni puanını alırken, en yüksek beğeni puanı eşit oranlarda (%25-%25) karabuğday ve kinoa unu içeren ekmek çeşidine verilmiştir (Turkut vd. 2016).

Kinoa ve amarant unları kullanılarak hazırlanan glütensiz keklerin duyuşal değerlendirme sonuçlarının yüksek puanlar aldığı; tat, aroma, renk ve görünüm açısından olumlu bulunduğu bir çalışmada, bu unların kullanımıyla glütensiz keklerin duyuşal ve fizikokimyasal özelliklerinin iyileştirilebileceğı bildirilmiştir (Hamzhepour ve Dastgerdi 2023).

Buğday ununa %5 ile %20 oranlarında amarant unu ilavesinin, ekmeklerin sertlik değerlerinde düzenli bir artışa yol açtığı bildirilmiştir (Morita, Kang, Hamazu ve Sugimoto 1999). Ayrıca, diğere çalışmalarda amarant unuyla yapılan ikame oranının

artmasıyla birlikte ekmeklerin somun özgül hacminde belirgin bir azalma ve sertlikte bir artış gözlemlenmiştir (Bodroza-Solarov vd. 2008).

Bu durum, amarant unu ilavesinin glüten içeriğini seyrelterek ekmek iç yapısında hafif bir sertleşmeye yol açmasından kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte, amarant ununun ekmek formülasyonundaki miktarına bağlı olarak ekmek özelliklerinde değişiklikler gözlemlendiği belirtilmiştir (Oszvald vd. 2009).

Farklı oranlarda (%30, %50 ve %70) karabuğday, kinoa ve amarant unları kullanılarak üretilen ekmeklerin sertlik değerleri incelenmiş ve yalancı tahıl unlarının artan oranlarda kullanımıyla ekmeklerin sertlik değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Ancak, amarant unu ilavesinin sertlik artışını daha az belirgin şekilde etkilediği bildirilmiştir (Burešová vd. 2017).

Buğday ununa %0, %5, %10, %15 ve %20 oranlarında kinoa unu ilave edilerek üretilen ekmeklerin değerlendirildiği bir çalışmada, kinoa unu oranındaki artışa paralel olarak ekmeklerin sertlik değerlerinde yükselme gözlemlenmiş ve en yüksek sertlik değeri %20 kinoa unu içeren örneklerde tespit edilmiştir (Demir vd. 2018).

Beyaz buğday ununa farklı düzeylerde karabuğday unu eklenerek hazırlanan ekmeklerin değerlendirildiği bir çalışmada, karabuğday unu katkısının sertlik değerlerinde artışa yol açtığı bildirilmiştir (Scarini vd. 2019). Glütensiz ekmeklerde %6, %9 ve %12 oranlarında karabuğday unu kullanımının değerlendirildiği bir çalışmada, artan katkı oranıyla birlikte özellikle %12 seviyesinde daha yüksek sertlik değerlerine ulaşıldığı ifade edilmiştir (Tümer ve Özer 2018).

Buğday ununa %15 ve %30 oranlarında kinoa unu ikame edilerek üretilen ekmeklerin değerlendirildiği bir çalışmada, duyu test sonuçlarına göre panelistlerin %30'u bu ürünleri beğenirken, %15'i özellikle %30 kinoa unu içeren örneklerde istenmeyen bir tat algıladıklarını belirtmiştir (Chlopicka vd. 2012). Buğday ununun farklı oranlarda (en fazla %15) karabuğday unu ile zenginleştirilmesiyle elde edilen ekmeklerin değerlendirildiği bir çalışmada; görünüm, renk ve genel kabul edilebilirlik özelliklerinde

istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşmadığı, ancak aroma ve lezzet açısından karabuğday unu içeren ekmeklerin daha yüksek puan aldığı bildirilmiştir (Lin vd. 2009).

Amarant unu %0, %10, %20, %30 ve %40 oranlarında kullanılarak hazırlanan glutensiz ekmeklerin değerlendirildiği bir çalışmada, en yüksek beğeni puanının kontrol grubuna ait örnekten elde edildiği; amarant unu ilavesinin ise ekmeklerde hafif acı bir tat oluşumuna yol açtığı ifade edilmiştir (Sanz-Penella vd. 2013).



## 5. SONUÇ

Bu tez çalışmasında, düşük glütenli fonksiyonel ekmek üretimi amacıyla karabuğday, kinoa ve amarant unlarının farklı oranlarda (%15, %30 ve %45) buğday unu ile yer değiştirilerek elde edilen ekmeklerin fiziksel, kimyasal, reolojik, mikroyapısal ve duyuşsal özellikleri değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, yalancı tahılların ekmek kalitesini farklı yönlerden etkilediğini ve yalancı tahıl oranlarının bu etkiler üzerinde belirleyici rol oynadığını ortaya koymuştur.

Kimyasal analizlerde, yalancı tahıl oranı arttıkça kül, protein, toplam fenolik madde ve toplam antioksidan aktivite düzeylerinde istatistiksel olarak anlamlı artışlar gözlenmiştir ( $p < 0,05$ ). En yüksek protein içeriği %45 amarant unlu örneklerde (%14,33), en düşük ise kontrol örneklerinde (%6,12) bulunmuştur. Toplam fenolik madde açısından %45 karabuğday unlu örnekler (3,00 mg GAE/g) en yüksek değeri gösterirken, kontrol örneklerinde bu değer 1,92 mg GAE/g olarak ölçülmüştür. Toplam antioksidan aktivite düzeyleri de benzer şekilde yalancı tahıl oranı ile paralel artış göstermiştir. Bu sonuçlar, yalancı tahılların fonksiyonel bileşen içeriği açısından önemli kaynaklar olduğunu doğrulamaktadır.

Mineral madde analizlerinde; amarant unu içeren ekmekler kalsiyum, magnezyum, mangan, demir ve bakır açısından; karabuğday unu içeren ekmekler fosfor; kinoa unu içeren ekmekler ise çinko ve potasyum bakımından en yüksek değerlere ulaşmıştır. Bu veriler, her bir yalancı tahılın belirli mineraller açısından özgül katkılar sunduğunu ortaya koymuştur.

Fiziksel değerlendirmelerde, yalancı tahıl oranı arttıkça ekmeklerin spesifik hacim değerlerinde anlamlı azalmalar gözlenmiştir. Kontrol örneklerinde 1,65 mL/g olan spesifik hacim, %45 amarant unlu örneklerde 1,18 mL/g'ye kadar düşmüştür. Bu düşüş, glüten yapısının zayıflamasına bağlı olarak hamurun gaz tutma kapasitesinin azalmasından kaynaklanmıştır. Renk analizlerinde karabuğday unu artışı, en düşük parlaklık ( $L^*$ ) ve en yüksek kırmızılık ( $a^*$ ) değerleri ile ekmeklerin rengine belirgin bir koyulaşmaya yol açmıştır. Kinoa unu artışı ise sarılık ( $b^*$ ) değerlerini artırarak görsel farklılık oluşturmuştur.

Reolojik özellikler açısından yapılan, amilograf analizleri, kullanılan un türü ve uygulama oranlarının nişastanın jelatinizasyon davranışı üzerinde önemli etkiler oluşturduğunu ortaya koymuştur. Özellikle karabuğday unu, yüksek su bağlama kapasitesi ve pişirme sürecinde daha fazla viskozite üretme eğilimi ile dikkat çekmiştir. Bu durum, buğday ununa göre farklı bir nişasta yapısına sahip olan karabuğday ununun, pişirme esnasında daha belirgin bir jelatinizasyon ve kıvam gelişimi sağladığını göstermektedir.

Farinograf analizlerinde, yalancı tahıl oranı arttıkça hamurun tutarlılığı, geliştirme süresi ve kararlılığı azalmış, yumuşama derecesi artmıştır. Bu durum, yalancı tahıl oranıyla birlikte zayıflayan gluten ağının yoğurma dayanımını düşürdüğünü göstermektedir.

Ekstensograf analizleri ise yalancı tahıl oranı arttıkça uzamaya direnç, uzama ve enerji değerlerinde anlamlı düşüşler olduğunu, buna karşılık direnç/uzama oranının ( $R_{max}/E$ ) arttığını ortaya koymuştur. Bu sonuçlar, yalancı tahıl oranı arttıkça hamurun daha az esnek ve daha kolay kopabilir hale geldiğini göstermektedir.

Mikroyapı (SEM) analizleri, yalancı tahıl oranı arttıkça ekmeklerin gözenek yapılarının sıkılaştığını ve daha düzensiz hale geldiğini ortaya koymuştur. Bu bulgular, reolojik ve duyu analizlerle örtüşmekte olup, yüksek yalancı tahıl oranlarının yapı bütünlüğünü olumsuz etkilediğini desteklemektedir.

Duyusal değerlendirmelerde, %15 ve %30 yalancı tahıl oranlarıyla hazırlanan örnekler, kontrol örneklerine benzer veya daha yüksek kabul edilebilirlik puanları almıştır. Özellikle gözenek yapısı, görünüm, lezzet ve çiğnenebilirlik açısından %15 yalancı tahıl oranına sahip örnekler öne çıkmıştır. %45 yalancı tahıl oranındaki örneklerde ise aroma ve tat değerlerinde belirgin düşüşler gözlenmiştir. Amarant unu içeren ekmekler görünüm ve simetri açısından yüksek puanlar alırken, tat ve koku açısından nispeten daha düşük değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak, karabuğday, kinoa ve amarant unlarının ekmek üretiminde %15–30 oranlarında kullanılması, hem teknolojik hem de besinsel ve duyu açıdan tatmin edici

sonuçlar vermektedir. Ancak %45 oranındaki örnekler birçok parametrede kaliteyi düşürmüş, bu da yüksek oranların tek başına uygulanabilirliğini sınırlamıştır.

Bu bağlamda, yalancı tahılların uygun oranlarda kullanımı ile fonksiyonel değeri yüksek, düşük glütenli ürünlerin geliştirilmesi mümkündür. Bu tez, fonksiyonel unlu mamul üretimine katkı sunmakla birlikte, beslenme açısından zengin ve alternatif ürünlerin geliştirilmesi için bilimsel bir temel sağlamaktadır.



## 6. KAYNAKLAR

- AACC, 1990, Approved methods of the American Association of Cereal Chemists (8th ed), St. Paul MN, AACC.
- AACC, 2010, Approved Methods of Analysis 11th Edition Method 08-01, St. Paul MN USA, AACC International.
- AACCI, 2010, AACC Approved Methods (10th ed), American Association of Cereal Chemists International (AACC), St. Paul MN.
- Adamczyk G, Ivanišová E, Kaszuba J, Bobel I, Khvostenko K, Chmiel M, Falendysh N, 2021, Quality assessment of wheat bread incorporating chia seeds, *Foods*, 10(10), 2376.
- Ahmetoğlu F, 2020, Yerelması (Helianthus tuberosus) ilavesi ile glütensiz ekmek üretimi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Aydın Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Akanbi O D, Folorunso A A, 2022, Organoleptic profiles of bread produced using various natural flavours, *African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development*, 22(4), 20053–20066.
- Akgün F B, 2007, Ekşi hamur tozu eldesi ve ekmek üretiminde kullanılabilme olanakları, Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış), Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Akturfan M, 2018, Lavaş ekmeğine farklı düzeylerde kinoa tohumu unu katılmasının hamur ve ekmek özellikleri ile kimyasal bileşimi üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Alencar N M M, Steel C J, Alvim I D, de Morais E C, Bolini H M A, 2015, Addition of quinoa and amaranth flour in gluten-free breads Temporal profile and instrumental analysis, *LWT-Food Science and Technology*, 62(2), 1011–1018.
- Al-Mussalii M S, Al-Gahri M A, 2009, Nutritive value of commonly consumed bread in Yemen, *E-Journal of Chemistry*, 6(2), 437–444.
- Alvarez-Jubete L, Holse M, Hansen A, Arendt E K, Gallagher E, 2009a, Impact of baking on vitamin E content of pseudocereals amaranth quinoa and buckwheat, *Cereal*

Chemistry, 86(5), 511–515.

Alvarez-Jubete L, Wijngaard H, Arendt E K, Gallagher E, 2010a, Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking, *Food Chemistry*, 119(2), 770–778.

Alvarez-Jubete L, Arendt E K, Gallagher E, 2010a, Nutritive value and chemical composition of pseudocereals as gluten-free ingredients, *Trends in Food Science and Technology*, 21(1), 106–113.

Alvarez-Jubete L, Arendt E K, Gallagher E, 2010b, Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients, *Trends in Food Science and Technology*, 21(2), 106–113.

Amare E, Mouquet-Rivier C, Rochette I, Adish A, Haki G D, 2016, Effect of popping and fermentation on proximate composition minerals and absorption inhibitors and mineral bioavailability of *Amaranthus caudatus* grain cultivated in Ethiopia, *Journal of Food Science and Technology*, 13, 259–263.

Amare E, Mouquet-Rivier C, Rochette I, Adish A, Haki G D, 2016, Effect of popping and fermentation on proximate composition minerals and absorption inhibitors and mineral bioavailability of *Amaranthus caudatus* grain cultivated in Ethiopia, *Journal of Food Science and Technology*, 53(7), 2987–2994.

Amicarelli V, Camaggio G, 2012, *Amaranthus* a crop to rediscover, *Forum Ware International*, 2, 4–11.

Anonim, 2002, *Approved methods of the American Association of Cereal Chemists*, St. Paul, AACC.

Anonim, 2012, T C Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Türk Gıda Kodeksi Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği, *Resmi Gazete*, Tebliğ No 2012/2, Ankara.

Antoniewska A, Rutkowska J, Pineda M M, Adamska A, 2018, Antioxidative nutritional and sensory properties of muffins with buckwheat flakes and amaranth flour blend partially substituting for wheat flour, *LWT - Food Science and Technology*, 89, 217–223.

Arendt E, Zannini E, 2013, *Cereal grains for the food and beverage industries*, Elsevier,

ISBN 0857098926 9780857098924.

- Argan E B, 2019, Ekmeklik buğday ununa kinoa unu karıştırılarak üretilen eriştelerin bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Atalay M H, 2009, Karabuğday (*Fagopyrum esculentum*) öğütme ürünlerinin ekmek üretiminde kullanılma imkanları, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Ateş M, 2018, Nanoparçacıkların ölçme ve inceleme teknikleri, Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 11(1), 63–69.
- Aygün G, 2021, Kinoa ve amarant unu ilavesinin Türk mantısının kalite özelliklerine etkilerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Bağdatlı A, 2018, The influence of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) flour on the physicochemical textural and sensorial properties of beef meatball, *Journal of Food Science*, 30, 280–288.
- Barba de la Rosa A P, Fomsgaard I S, Laursen B, Mortensen A G, Olvera-Martínez L, Silva-Sánchez C, Mendoza-Herrera A, Gonzalez-Castaneda J, De León-Rodríguez A, 2009, Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) as an alternative crop for sustainable food production Phenolic acids and flavonoids with potential impact on its nutraceutical quality, *Journal of Cereal Science*, 49(1), 117–121.
- Baykara P, 2006, Geleneksel nohut mayasının endüstriyel beyaz buğday unu ekmeği üretiminde kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Bhatt S, Kumari N, Abhishek V, Gupta M, 2020, Elucidating the role of amaranth flour in formulation of gluten-free black rice muffins and its premix nutritional physico-chemical and textural characteristics, *Journal of Food Measurement and Characterization*, 1, 1–11.
- Berghofer E, Schoenlechner R, 2002, Grain amaranth, In *Pseudocereals and Less Common Cereals*, 219–260, Springer, Berlin, Heidelberg.

- Beta T, Nam S, Dexter J E, Sapirstein H D, 2005, Phenolic content and antioxidant activity of pearled wheat and roller-milled fractions, *Cereal Chemistry*, 82(4), 390–393.
- Biçer Ü N S, 2018, Karaman’da üretilen bazı pekmez çeşitlerinde ağır metal içeriklerinin ICP-OES ve AAS metotlarıyla belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karaman.
- Bobkov S, 2016, Biochemical and technological properties of buckwheat grains, In *Molecular Breeding and Nutritional Aspects of Buckwheat*, 423–440.
- Bodroza-Solarov M, Filiocev B, Kevresan Z, Mandic A, Simurina O, 2008, Quality of bread supplemented with popped *Amaranthus cruentus* grain, *Journal of Food Process Engineering*, 31, 602–618.
- Bojnanska T, Francakova H, Gazar R, 2009, Influence of buckwheat addition on technological and nutrition quality of bread, *Acta Fytotechnica Et Zootechnica – Mimoriadne Číslo*, 57–63, Nitra Slovaca Universitas Agriculture Nitriae.
- Bolarinwa I F, Aruna T E, Raji A O, 2019, Nutritive value and acceptability of bread fortified with moringa seed powder, *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 18(2), 195–200.
- Bonafaccia G, Marocchini M, Kreft I, 2003, Composition and technological properties of the flour and bran from common and tartary buckwheat, *Journal of Food Chemistry*, 80(1), 9–15.
- Bozdogan N, Kumcuoglu S, Tavman S, 2019, Investigation of the effects of using quinoa flour on gluten-free cake batters and cake properties, *Journal of Food Science and Technology*, 56(2), 683–694.
- Buresova I, Tokar M, Marecek J, Hrivna L, Famera O, Sotnikova 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(2), 158–164.
- Cai Y Z, Corke H, Li W D, 2004, Buckwheat, In *Encyclopedia of Grain Science*, Wrigley C (Chief Ed), Oxford Elsevier Academic Press, 120–128.

- Caselato-Sousa V M, Amaya-Farfan J, 2012, State of knowledge on amaranth grain a comprehensive review, *Journal of Food Science*, 77(4), 93–104.
- Cazarin C B B, Chang Y K, Depieri M, Carneiro E M, Sônia de Souza A, Amaya-Farfan J, 2012, Amaranth grain brings health benefits to young normolipidemic rats, *Food and Public Health*, 2(5), 178–183.
- Chlopicka J, Pasko P, Gorinstein S, Jedryas A, Zagrodzki P, 2012, Total phenolic and total flavonoid content antioxidant activity and sensory evaluation of pseudocereal breads, *LWT-Food Science and Technology*, 46(2), 548–555.
- Codina G G, Geanina F S, Todosi E S, 2016, Studies on the influence of quinoa flour addition on bread quality, *Journal of Faculty of Food Engineering*, 15, 165–174.
- Condés M C, Añón M C, Mauri A N, Dufresne A, 2015, Amaranth protein films reinforced with maize starch nanocrystals, *Food Hydrocolloids*, 47(2), 146–157.
- Condés M C, Añón M C, Dufresne A, Mauri A N, 2018, Composite and nanocomposite films based on amaranth biopolymers, *Food Hydrocolloids*, 74, 159–167.
- Conforti F, Giancarlo A, Statti A, Loizzo M R, Gianni A, Sacchetti B, Poli F, Menichini F, 2005, In vitro antioxidant effect and inhibition of alpha-amylase of two varieties of *Amaranthus caudatus* seeds, *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 28, 1098–1102.
- Cooper R, 2015, Re-discovering ancient wheat varieties as functional foods, *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 1, 1–6.
- Coțovanu I, Batariuc A, Mironeasa S, 2020, Characterization of quinoa seeds milling fractions and their effect on the rheological properties of wheat flour dough, *Applied Sciences*, 10(20), 7225.
- Coțovanu I, Stoenescu G, Mironeasa S, 2021, Amaranth influence on wheat flour dough rheology optimal particle size and amount of flour replacement, *Journal of Microbiology Biotechnology and Food Sciences*, 2021, 366–373.
- Coțovanu I, Mironeasa S, 2022, Effects of molecular characteristics and microstructure of amaranth particle sizes on dough rheology and wheat bread characteristics, *Scientific Reports*, 12(1), 1–14.

- Costantini L, Luksic L, Molinari R, Kreft I, Bonafaccia G, Manzi L, Merendino N, 2014, Development of gluten-free bread using tartary buckwheat and chia flour rich in flavonoids and omega-3 fatty acids as ingredients, *Food Chemistry*, 165, 232–240.
- Çeliker G, 2019, Buğday standardına göre aynı kategoride yer alan ekmeklik buğday çeşitlerinin farinograf ve ekstensograf özelliklerinin belirlenerek TMO hububat alım kriterleri ile uyumluluğunun incelenmesi ve glutopik analizinin bu sınıflandırma ve değerlendirme çerçevesinde kullanılabilirliğinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Korkut Ata Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Osmaniye.
- Çevik A, Ertaş N, 2019, Effect of quinoa buckwheat and lupine on nutritional properties and consumer preferences of tarhana, *Quality Assurance and Safety of Crops and Foods*, 11(2), 145–155.
- Debonne E, Van Bockstaele F, Philips E, De Leyn I, Eeckhout M, 2017, Impact of par-baking and storage conditions on the quality of par-baked and fully baked bread, *LWT-Food Science and Technology*, 78, 16–22.
- Dede V, 2022, Karabuğdayın Zahterli Börek (Fatayer) üretiminde kullanımı, Gıda Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Osmanbey Kampüsü, Danışman Doç Dr Ali Yıldırım.
- Demir M K, 2014, Use of quinoa flour in the production of gluten-free tarhana, *Food Science and Technology Research*, 20(5), 1087–1092.
- Demir M K, Kılınç M, 2016, Kinoa besinsel ve antibesinsel özellikleri, *Journal of Food and Health Science*, 2(3), 104–111.
- Demir M K, Kılınç M, 2017, Utilization of quinoa flour in cookie production, *International Food Research Journal*, 24(6), 1087–1092.
- Demir B, 2018, Çimlendirilmiş kinoa ununun glutenli ve glütensiz makarna üretiminde kullanım imkanları, Doktora Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Dini I, Carlo Tenore G, Dini A, 2004, Phenolic constituents of *Kancolla* seeds, *Food Chemistry*, 84(2), 163–168.
- Dini I, Tenore G C, Dini A, 2010, Antioxidant compound contents and antioxidant

- activity before and after cooking in sweet and bitter *Chenopodium quinoa* seeds, *LWT - Food Science and Technology*, 43(3), 447–451.
- Dirim S N, Ergün K, Çalışkan G, Özalp H, Balkesen N, 2014, Farklı unların ekmeğin kalite özellikleri üzerine etkisi, *Akademik Gıda*, 12(4), 27–35.
- Dizlek H, Özer S M, İnanç E, Gül H, 2009, Karabuğdayın (*Fagopyrum esculentum* Moench) bileşimi ve gıda sanayiinde kullanım olanakları, *Gıda*, 34(5), 317–324.
- Doğan H, Karwe M V, 2003, Physicochemical properties of quinoa extrudates, *Food Science and Technology International*, 9(2), 101–114.
- Duda A, Jezowski P, Radzikowska D, Kowalczewski P Ł, 2019, Partial wheat flour replacement with gluten-free flours in bread-quality texture and antioxidant activity, *Journal of Microbiology Biotechnology and Food Sciences*, 9(3), 505–509.
- Elgeti D, Nordlohne S D, Föste M, Besl M, Linden M H, Heinz V, Becker T, 2014, Volume and texture improvement of gluten-free bread using quinoa white flour, *Journal of Cereal Science*, 59(1), 41–47.
- Elgün A, Türker S, Bilgiçli N, 2001, Tahıl ve ürünlerinde analitik kalite kontrolü, Konya Ticaret Borsası Yayınları, Yayın No 2, Konya.
- Eren E, 2020, Karabuğday katkılı ekmeğin yapma olanaklarının araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Enriquez N, Peltzer M A, Raimundi V, Tosi M L, 2003, Ekmek yapım kalitesiyle ilişkili olarak buğday ve kinoa unu karışımlarının karakterizasyonu, *Arjantin Kimya Derneği Dergisi*, 91(1), 47–54.
- Escudero N L, De Arellano M L, Luco J M, Giménez M S, Mucciarelli S I, 2004, Comparison of the chemical composition and nutritional value of *Amaranthus cruentus* flour and its protein concentrate, *Plant Foods for Human Nutrition*, 59(1), 15–21.
- Fasuan T O, Akanbi C T, 2018, Oxidation of *Amaranthus viridis* starch amylose content evaluation, *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(11), 13–18.

- Filipčev B, Šimurina O, Sakač M, Sedej I, Jovanov P, Pestorić M, Bodroža-Solarov M, 2011, Feasibility of use of buckwheat flour as an ingredient in ginger nut biscuit formulation, *Food Chemistry*, 125(1), 164–170.
- Fiorda F A, Soares M S, da Silva F A, Grosmann M V E, Souto L R F, 2013, Microstructure texture and colour of gluten-free pasta made with amaranth flour cassava starch and cassava bagasse, *LWT - Food Science and Technology*, 54(1), 132–138.
- Francis F J, 1998, Colour analysis, In *Food Analysis*, Nielsen S S (Ed), An Aspen Publishers, Maryland Gaithersburg USA, 599–612.
- Gambus H, Gambus F, Sabat R, 2002, The research on quality improvement of gluten-free bread by *Amaranthus* flour addition, *Zywnosc*, 9(2), 99–112.
- Gambus H, Gambus F, Pastuszka D, Wrona P, Ziobro R, Sabat R, Mickowska B, Nowotna A, Sikora M, 2009, Quality of gluten-free supplemented cakes and biscuits, *International Journal of Food Science and Nutrition*, 60, 31–50.
- Gamez-Meza N, Noriega-Rodriguez J A, Medina-Juarez L A, Ortega-Garcia J, Cazarez-Casanova R, Angulo-Guerrero O, 1999, Antioxidant activity in soybean oil of extracts from Thompson grape bagasse, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 76(12), 1445.
- Gimenez-Bastida J A, Zieliński H, 2015, Buckwheat as a functional food and its effects on health, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(36), 7896–7913.
- Gimenez M A, Drago S R, Bassett M N, Lobo M O, Sammán N C, 2016, Nutritional improvement of corn pasta-like product with broad bean (*Vicia faba*) and quinoa (*Chenopodium quinoa*), *Food Chemistry*, 199, 150–156.
- Göçmen D, 1996, Hamur hazırlanmasında şerbetçiotu ve laktik starter kullanımının hamur ve ekmeğin özelliklerine etkileri, Doktora Tezi (Basılmamış), Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği ABD, Bursa.
- Graf B L, Poulev A, Kuhn P, Grace M H, Lila M A, Raskin I, 2014, Quinoa seeds leach phytoecdysteroids and other compounds with anti-diabetic properties, *Food Chemistry*, 163, 178–185.

- Guzmán-Maldonado S H, Paredes-Lopez O, 1998, Functional products of plants indigenous to Latin America amaranth quinoa common beans and botanicals, In *Functional Foods Biochemical and Processing Aspects*, 293–328.
- Gyamfi M A, Yonamine M, Aniya Y, 1999, Free-radical scavenging action of medicinal herbs from Ghana *Thonningia sanguinea* on experimentally-induced liver injuries, *General Pharmacology The Vascular System*, 32(6), 661–667.
- Hamzhepour R, Dastgerdi A A, 2023, The effects of quinoa and amaranth flour on the qualitative characteristics of gluten-free cakes, *International Journal of Food Science*, 6, 6042636.
- Hassan E G, Mustafa A M I, Elfaki A A, 2015, Effect of different starches on dough rheological properties of wheat flour, *Journal of Agri-Food and Applied Sciences*, 3(4), 110–117.
- Hayıt F, Gül H, 2015, Karabuğdayın sağlık açısından önemi ve unlu mamüllerde kullanımı, *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 29(1), 123–131.
- Hayıt F, Gül H, 2019, Kinoa ununun ve kısmi pişirilerek dondurma yönteminin glütensiz ekmek kalitesi üzerine etkisi, *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 9(2), 406–427.
- Hooda S, Jood S, 2005, Organoleptic and nutritional evaluation of wheat biscuits supplemented with untreated and treated fenugreek flour, *Food Chemistry*, 90(3), 427–435.
- Hung P V, Morita N, 2008, Distribution of phenolic compounds in the graded flours milled from whole buckwheat grains and their antioxidant capacities, *Food Chemistry*, 109, 325–331.
- ICC, 2002, International Association for Cereal Science and Technology, ICC-Vienna.
- ICC, 2006, Standard No 104/1 Determination of ash in cereals and cereal products, Vienna Austria, ICC.
- Iglesias-Puig E, Monederob V, Haros M, 2015, Bread with whole quinoa flour and bifidobacterial phytases increases dietary mineral intake and bioavailability, *LWT – Food Science and Technology*, 60(1), 71–77.
- Ikeda K, 2002, Buckwheat composition chemistry and processing, *Advances in Food and*

Nutrition Research, 44, Academic Press, Kobe Gakuin University, Nishi-ku Kobe Japan, ISBN 0-12-016444-2.

Ildız N, 2015, Farklı emülgatörlerin glütensiz ekmek üretiminde kullanılma olanaklarının araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Iğdır Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Iğdır.

Islas-Rubio A R, Calderón de la Barca A M, Cabrera-Chávez F, Cota-Gastélum A G, Beta T, 2014, Effect of semolina replacement with a raw popped amaranth flour blend on cooking quality and texture of pasta, LWT - Food Science and Technology, 57(1), 217–222.

Jancurová M, Minarovičová L, Dandár A, 2009, Quinoa – a review, Czech Journal of Food Science, 27(2), 71–79.

Jimenez M D, Lobo M, Sammán N, 2019, Influence of germination of quinoa (*Chenopodium quinoa*) and amaranth (*Amaranthus*) grains on nutritional and techno-functional properties of their flours, Journal of Food Composition and Analysis, 84, 103290.

Kahlon T S, Chiu M C M, 2015, Teff buckwheat quinoa and amaranth ancient whole grain gluten-free egg-free pasta, Food and Nutrition Sciences, 6(15), 1460–1467.

Kara N, 2014, Yield and mineral nutrition content of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) the effect of harvest times, Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 9(1), 85–94.

Kaya E, 2018, Kütahya - Altıntaş koşullarında farklı ekim normları ve zamanlarının karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench)'da verim ve bazı verim unsurları üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Eskişehir.

Keskin Ş, Kaplan Evlice A, 2015, Fırın ürünlerinde kinoa kullanımı, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 24(2), 150–156.

Kılıç B E, 2023, Kudret narı ekstraktı ve karabuğday unu ilaveli ekmek üretiminin optimizasyonu ve kalite özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kocaeli.

- Kıtan S, 2017, Glütensiz tarhana üretiminde kinoa kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Kihlberg I, Johansson L, Langsrud Q, Risvik E, 2005, Effects of information on liking of bread, *Food Quality and Preference*, 16(1), 25–35.
- Koyun S, 2013, Güvenli gıda quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), *Mesleki Bilimler Dergisi*, 2(2), 85–88.
- Koziol M J, 1992, Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), *Journal of Food Composition and Analysis*, 5(1), 35–68.
- Komlenić D K, Ugarčić-Hardi Ž, Jukić M, Planinić M, Bucić-Kojić A, Strelec I, 2010, Wheat dough rheology and bread quality affected by *Lactobacillus brevis* preferment dry sourdough and lactic acid addition, *International Journal of Food Science and Technology*, 45(4), 1417–1425.
- Krkokova B, Mrazova Z, 2005, Prophylactic components of buckwheat, *Food Research International*, 38(5), 561–568.
- Krpa-Koza U, Wronkowska M, Soral-Śmietana M, 2011, Effect of buckwheat flour on microelements and proteins contents in gluten-free bread, *Czech Journal of Food Sciences*, 29(2), 103–108.
- Lamacchia C, Chillo S, Lamparelli S, Suriano N, La Notte E, Del Nobile M A, 2010, Amaranth quinoa and oat doughs mechanical and rheological behaviour polymeric protein size distribution and extractability, *Journal of Food Engineering*, 96(1), 97–106.
- Lamothe L M, Srichuwong S, Reuhs B L, Hamaker B R, 2015, Quinoa (*Chenopodium quinoa* W) and amaranth (*Amaranthus caudatus* L) provide dietary fibres high in pectic substances and xyloglucans, *Food Chemistry*, 167, 490–496.
- Levent H, Aktaş T, 2018, The effects of chia (*Salvia hispanica* L) and quinoa flours on the quality of rice flour and starch-based cakes, *Gıda The Journal of Food*, 43, 644–654.
- Lindeboom N, 2005, Studies on the characterization biosynthesis and isolation of starch

and protein from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), Doktora Tezi, University of Saskatchewan, Department of Applied Microbiology and Food Science, Saskatoon.

Lin L Y, Hsieh Y J, Liu H M, Lee C C, Mau J L, 2009, Flavor components in buckwheat bread, *Journal of Food Process and Preservation*, 33(6), 814–826.

Liu D, Song S, Tao L, Yu L, Wang J, 2022, Effects of common buckwheat bran on wheat dough properties and noodle quality compared with common buckwheat hull, *LWT - Food Science and Technology*, 155, 112971.

Lorenz K, Coulter L, 1991, Quinoa flour in baked products, *Plant Foods for Human Nutrition*, 41, 213–223.

Lorusso A, Verni M, Montemurro M, Coda R, Gobbetti M, Rizzello C G, 2017, Use of fermented quinoa flour for pasta making and evaluation of the technological and nutritional features, *LWT - Food Science and Technology*, 78(1), 215–222.

Ludena Urquizo F E, García Torres S M, Tolonen T, Jaakkola M, Pena-Niebuhr M G, von Wright A, Plumed-Ferrer C, 2017, Development of a fermented quinoa-based beverage, *Food Science and Nutrition*, 5(3), 602–608.

Makdoud S, Rosentrater K A, 2017, Development and testing of gluten-free pasta based on rice quinoa and amaranth flours, *Journal of Food Research*, 6(4), 91–110.

Mariotti M, Pagani M A, Lucisano M, 2013, The role of buckwheat and HPMC on the breadmaking properties of some commercial gluten-free bread mixtures, *Food Hydrocolloids*, 30(1), 393–400.

Mikulikova D, Kraic J, 2006, Natural sources of health-promoting starch, *Journal of Food and Nutrition Research*, 45(2), 69–76.

Miranda M, Vega-Gálvez A, López J, Parada G, Sanders M, Aranda M, Di Scala K, 2010, Impact of air-drying temperature on nutritional properties total phenolic content and antioxidant capacity of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd), *Industrial Crops and Products*, 32(3), 258–263.

Miranda M, Vega-Gálvez A, Quispe-Fuentes I, Rodriguez M J, Maureira H, Martinez E A, 2012, Nutritional aspects of six quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) ecotypes

- from three geographic areas of Chile, *Chilean Journal of Agricultural Research*, 72(2), 175–181.
- Miranda-Ramos K C, Sanz-Ponce N, Haros C M, 2019, Evaluation of technological and nutritional quality of bread enriched with amaranth flour, *LWT - Food Science and Technology*, 108418, 1–8.
- Mlakar S G, Turinek M, Jakop M, Bavec M, Bavec F, 2010, Grain amaranth as an alternative and perspective crop in temperate climate, *Journal for Geography*, 5(1), 135–145.
- Mohajan S, Munna M, Orchy T, Hoque M, 2019, Buckwheat flour fortified bread, *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research*, 54(4), 347–356.
- Morita N, Kang W W, Hamazu Z, Sugimoto Y, 1999, Effect of amaranth flour on some properties of wheat dough and bread, *The Japanese Society of Applied Glycoscience*, 26, 23–30.
- Morita N, Hirata C, Park S H, Mitsunaga T, 2001, Quinoa flour as a new foodstuff for improving dough and bread, *Journal of Applied Glycoscience*, 48(3), 263–270.
- Morris A L, Mohiuddin Ş S, 2025, *Biochemistry Nutrients* [Internet], Treasure Island FL, StatPearls Publishing.
- Mota C, Nascimento A C, Santos M, Delgado I, Coelho I, Rego A, Castanheira I, 2016, The effect of cooking methods on the mineral content of quinoa (*Chenopodium quinoa*) amaranth (*Amaranthus* sp) and buckwheat (*Fagopyrum esculentum*), *Journal of Food Composition and Analysis*, 49, 57–64.
- Nasirpour-Tabrizi P, Azadmard-Damirchi S, Hesari J, Piravi-Vanak Z, 2020, Amaranth seed oil composition Nutritional value of amaranth, *C 32*, ss 137–144.
- Ng S C, Anderson A, Coker J, Ondrus M, 2007, Characterization of lipid oxidation products in quinoa (*Chenopodium quinoa*), *Food Chemistry*, 101(1), 185–192.
- O'Brien G K, Price M L, 2008, Amaranth grain and vegetable types, *Echo Technical Note*.
- Oelke E A, Putnam D H, Teynor T M, Oplinger E S, 1992, *Alternative field crops manual*, University of Minnesota Extension.

- Oszvald M, Tamás C, Rakszegi M, Tömösközi S, Békés F, Tamás L, 2009, Effects of incorporated amaranth albumins on the functional properties of wheat dough, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89, 882–889.
- Öncel E, 2017, Erişte üretiminde farklı oran ve kombinasyonlarda karabuğday amarant ve kinoa unlarının kullanım imkanları, Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Park H S, Morita N, 2004, Changes of bound lipids and composition of fatty acids in germination of quinoa seed, *Food Science and Technology Research*, 10(3), 303–306.
- Paško P, Bartoń H, Zagrodzki P, Gorinstein S, Fołta M, Zachwieja Z, 2009, Anthocyanins total polyphenols and antioxidant activity in amaranth and quinoa seeds and sprouts during their growth, *Food Chemistry*, 115(3), 994–998.
- Preedy V R, Watson R R (Eds), 2019, *Flour and breads and their fortification in health and disease prevention*, Academic Press.
- Rajbhandari B P, 2004, Eco-physiological aspects of common buckwheat, In *Proceedings of the 9th International Symposium on Buckwheat*, 101–108.
- Ramos Diaz J M, Kirjoranta S, Tenitz S, Penttilä P A, Serimaa R, Lampi A M, Jouppila K, 2013, Use of amaranth quinoa and kañiwa in extruded corn-based snacks, *Journal of Cereal Science*, 58(1), 59–67.
- Rastogi A, Shukla S, 2013, Amaranth a new millennium crop of nutraceutical values, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(2), 109–125.
- Repo-Carrasco R, Espinoza C, Jacobsen S E, 2003, Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*), *Food Reviews International*, 19(1–2), 179–189.
- Repo-Carrasco-Valencia R A M, Serna L A, 2011, Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) as a source of dietary fiber and other functional components, *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 31(1), 225–230.
- Rodriguez-Sandoval E, Sandoval G, Cortes-Rodríguez M, 2012, Effect of quinoa and potato flours on the thermomechanical and breadmaking properties of wheat flour,

- Brazilian Journal of Chemical Engineering, 29(3), 503–510.
- Rojas J A, Rosell C M, Benedito de Barber C, 1999, Pasting properties of different wheat flour-hydrocolloid systems, *Food Hydrocolloids*, 13(1), 27–33.
- Romano N, Ureta M M, Guerrero-Sánchez M, Gómez-Zavaglia A, 2020, Nutritional and technological properties of a quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) spray-dried powdered extract, *Food Research International*, 129, 108–149.
- Rothschild J, Rosentrater K A, Onwulata C, Singh M, Menutti L, Jambazian P, Omary M B, 2015, Influence of quinoa roasting on sensory and physicochemical properties of allergen-free gluten-free cakes, *International Journal of Food Science and Technology*, 50(8), 1873–1881.
- Saeidi Z, Nasehi B, Jooyandeh H, 2018, Optimization of gluten-free cake formulation enriched with pomegranate seed powder and transglutaminase enzyme, *Journal of Food Science and Technology*, 55, 3110–3118.
- Sakač M, Pestorić M, Mišan A, Nedeljković N, Jambrec D, Jovanov P, Mandić A, 2015, Antioxidant capacity mineral content and sensory properties of gluten-free rice and buckwheat cookies, *Food Technology and Biotechnology*, 53(1), 38.
- Salazar D M, Naranjo M, Pérez L V, Valencia A F, Acurio L P, Gallegos D M, Alvarez F C, Amancha P I, Valencia M P, Rodriguez C A, Arancibia M Y, 2017, Development of newly enriched bread with quinoa flour and whey, *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 77, 7.
- Salmeron I, Thomas K, Pandiella S, 2015, Effect of potentially probiotic lactic acid bacteria on the physicochemical composition and acceptance of fermented cereal beverages, *Journal of Functional Foods*.
- Sanz-Penella J M, Wronkowska M, Soral-Smietana M, Haros M, 2013, Effect of whole amaranth flour on bread properties and nutritive value, *LWT - Food Science and Technology*, 50(2), 679–685.
- Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventos RM, 1999, Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of FolinCiocalteu reagent, *Methods in Enzymology*, 299, 152- 178.

- Skrbic B, Filipcev B, 2008, Nutritional and sensory evaluation of wheat breads supplemented with oleic-rich sunflower seed, *Food Chemistry*, 108, 119–129.
- Sciarini L, Steffolani M, Fernández A, Paesani C, Pérez G, 2019, Gluten-free breadmaking affected by the particle size and chemical composition of quinoa and buckwheat flour fractions, *Food Science and Technology International*, 26.
- Schoenlechner R, Siebendhandl S, Berghofer E, 2008, Pseudocereals, In Arendt E K, Bello D F (Eds), *Gluten-Free Cereal Products*, Food Science and Technology International Series, 161–189.
- Schoenlechner R, Drausinger J, Ottenschlaeger V, Jurackova K, 2010, Functional properties of gluten-free pasta produced from amaranth quinoa and buckwheat, *Plant Foods for Human Nutrition*, 65, 339–349.
- Schumacher A B, Brandelli A, Macedo F C, Pieta L, Klug T V, De Jong E V, 2010, Chemical and sensory evaluation of dark chocolate with addition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), *Journal of Food Science and Technology*, 47(2), 202–206.
- Shevkani K, Singh N, Kaur A, Rana J C, 2014, Physicochemical pasting and functional properties of amaranth seed flours Effects of lipids removal, *Journal of Food Science*, 79(7), 1271–1277.
- Shevkani K, Singh N, Bajaj R, Kaur A, 2017, Wheat starch production structure functionality and applications—a review, *International Journal of Food Science and Technology*, 52(1), 38–58.
- Shuey W C, Tipples K H, 1980, *Amylograph handbook*, American Association of Cereal Chemists, St Paul Minnesota ABD.
- Sohaimy S A, Shehata M G, Mehany T, Zeytun M A, 2019, Influence of quinoa flour on the properties of wheat flour dough, *International Journal of Food Science*, 2019, Article ID 4686727.
- Slinkard K, Singleton V L, 1977, Total phenol analysis Automation and comparison with manual methods, *American Journal of Enology and Viticulture*, 28(1), 49–55.

- Srichuwong S, Curti D, Austin S, King R, Lamothe L, Gloria-Hernandez H, 2017, Physicochemical properties and starch digestibility of whole grain sorghums millet quinoa and amaranth flours as affected by starch and non-starch constituents, *Food Chemistry*, 233, 1–10.
- Steadman K J, Burgoon M S, Lewis B A, Edwardson S E, Obendorf R L, 2001, Buckwheat seed milling fractions Description macronutrient composition and dietary fibre, *Journal of Cereal Science*, 33(3), 271–278.
- Stikic R, Glamoclija D, Demin M, Vucelic-Radovic B, Jovanovic Z, Milojkovic Opsenica D, Jacobsen S E, Milovanovic M, 2012, Agronomical and nutritional evaluation of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd) as an ingredient in bread formulations, *Journal of Cereal Science*, 55(2), 132–138.
- Svec I, Hruskova M, Hofmanova T, Vitova M, 2011, Quinoa – Wholemeal flour for cereal products, *Proceedings of the 6th CIGR Section VI International Symposium Towards a Sustainable Food Chain Food Process Bioprocessing and Food Quality Management*, April 18–20, Nantes France, 1–4.
- Swieca M, Regula J, Suliburska J, Zlotek U, Gawlik-Diziki U, Ferreira I, 2019, Safeness of diets based on gluten-free buckwheat bread enriched with seeds and nuts effect on oxidative and biochemical parameters in rat serum, *Nutrients*, 12(1), 41.
- Tanrıkulu E, 2023, Farklı lokasyonlarda yetiştirilen karabuğdayların öğütme fraksiyonlarının bazı kalite özelliklerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Bolu Abant İzzet Baysal Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bolu.
- Taşkırdı Y, 2011, Karabuğday ile zenginleştirilmiş buğday cipslerinin tekstürel ve duyuşal özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Kayseri.
- Taverna L G, Leonel M, Mischán M M, 2012, Changes in physical properties of extruded sour cassava starch and quinoa flour blend snacks, *Food Science and Technology*, 32(4), 826–834.
- Taylor J R N, Parker M L, 2002, Kinoa, In *Pseudocereals and Less Common Cereals Grain Properties and Utilization Potential*, 1st ed, 93–122.
- Torbica A, Dapcevic T, 2010, Rheological textural and sensory properties of gluten-free

- bread formulations based on rice and buckwheat flour, *Food Hydrocolloids*, 24, 626–632.
- Tosi E A, Re E D, Masciarelli R, Sanchez H, Osella C, De La Torre M A, 2002, Whole and defatted hyperproteic amaranth flours tested as wheat flour supplementation in mold breads, *LWT - Food Science and Technology*, 35(5), 472–475.
- Tömösközi S, Gyenge L, Pelcéder Á, Abonyi T, Schönlechner R, Lásztity R, 2011, Effects of flour and protein preparations from amaranth and quinoa seeds on the rheological properties of wheat-flour dough and bread crumb, *Czech Journal of Food Sciences*, 29(2), 109–116.
- Turkut G M, Cakmak H, Kumcuoglu S, Tavman S, 2016, Effect of quinoa flour on gluten-free bread batter rheology and bread quality, *Journal of Cereal Science*, 69, 174–181.
- Tümer E, Özer S, 2018, Bazı fonksiyonel ürünlerin glutensiz ekmek üretiminde ekmek nitelikleri üzerine etkisi, *Ç Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 36(6).
- Uylaşer V, Başoğlu F, 2016, *Temel Gıda Analizleri*. Dora Yayıncılık, Bursa, 125s.
- Valcárcel-Yamani B, Lannes S C D S, 2012, Applications of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) and amaranth (*Amaranthus* spp) and their influence in the nutritional value of cereal-based foods, *Food and Public Health*, 2(6), 265–275.
- Valencia-Chamorro S A, 2003, Quinoa, In *Encyclopedia of Food Science and Nutrition*, Caballero B (Ed), Academic Press, Amsterdam, 4985–4902.
- Vega-Gálvez A, Miranda M, Vergara J, Uribe E, Puente L, Martínez E A, 2010, Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) an ancient Andean grain a review, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(15), 2541–2547.
- Ventureira J L, Bolontrade A J, Speroni F, David-Briand E, Scilingo A A, Ropers M H, Anton M, 2012, Interfacial and emulsifying properties of amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) protein isolates under different conditions of pH, *LWT - Food Science and Technology*, 45(1), 1–7.
- Venskutonis P R, Kraujalis P, 2013, Nutritional components of amaranth seeds and

- vegetables a review on composition properties and uses, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(4), 381–412.
- Verardo V, Glicerina V, Cocci E, Frenich A, Romani S, Caboni M, 2017, Determination of free and bound phenolic compounds and their antioxidant activity in buckwheat bread loaf crust and crumb, *LWT - Food Science and Technology*, 87.
- Vilcacundo R, Hernández-Ledesma B, 2017, Nutritional and biological value of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), *Current Opinion in Food Science*, 14, 1–6.
- Vollmannová A, Margitanová E, Tòth T, Timoracká M, Urminská D, Bojňanská T, Šišová I, 2013, Cultivar influence on total polyphenol and rutin contents and total antioxidant capacity in buckwheat amaranth and quinoa seeds, *Czech Journal of Food Sciences*, 31(6), 589–595.
- Wang S, Opassathavorn A, Zhu F, 2015, Influence of quinoa flour on quality characteristics of cookie bread and Chinese steamed bread, *Journal of Texture Studies*, 46, 281–292.
- Watanabe K, Kawanishi-Asaoka M, Myojin C, Awata S, Ofusa K, Kodama K, 2014, Amino acid composition oxidative stability and consumer acceptance of cookies made with quinoa flour, *Food Science and Technology Research*, 20(3), 687–691.
- Wei F, Yano H, 2020, Development of “new” bread and cheese, *Processes*, 8(12), 1541.
- Wilhelm E, Aberle T, Burchard W, Landers R, 2002, Peculiarities of aqueous amaranth starch suspensions, *Biomacromolecules*, 3(1), 17–26.
- Wood S G, Lawson L D, Fairbanks D J, Robison L R, Andersen W R, 1993, Seed lipid content and fatty acid composition of three quinoa cultivars, *Journal of Food Composition and Analysis*, 6(1), 41–44.
- Wronkowska M, Soral-Śmietana M, Krupa-Kozak U, 2010, Buckwheat as a food component of a high nutritional value used in the prophylaxis of gastrointestinal diseases, *The European Journal of Plant Science and Biotechnology*, 4(Special Issue 1), 64–70.
- Xu X, Luo Z, Yang Q, Xiao Z, Lu X, 2019, Effect of quinoa flour on baking performance antioxidant properties and digestibility of wheat bread, *Food Chemistry*, 294, 87–

- Yalçın E B, 2014, Pişmemiş ve buharda pişirilmiş karabuğday kara nohut ve kahverengi mercimeğin fenolik madde antioksidan aktivitesi ve biyoyararlılıklarının incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Yarpuz D, 2011, Glütensiz ekmek üretimi üzerine araştırmalar, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Yeşil S, 2021, Fermente edilmiş karabuğday kinoa ve amarant unlarının ve farklı emülgatörlerin glütensiz ekmek kalitesi üzerine etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karaman.
- Yıldız G, 2009, Karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench) ununun geleneksel Türk ekmeklerinde kullanılma imkanları üzerine araştırmalar, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Yıldız M, 2012, Karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench) ve Lüpen (*Lupinus albus* L) unlarının glütensiz bisküvi üretiminde kullanımı üzerine bir araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Yıldız N, Yalçın E, 2013, Karabuğday kimyasal besinsel ve teknolojik özellikleri, Gıda, 38(6), 383–390.
- Yıldız M, Tansı S, Sezen S M, 2014, New plants with commercial potent, Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences, Special Issue 1, 1036–1042.
- Yılmaz Y, 2014, Piyasaya sunulan glütensiz ekmek yapımına uygun karışımların kalite ve alma yönünden değerlendirmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Yılmaz M S, 2019, Farklı ekmeklik unların bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Zhang Z L, Zhou M L, Tang Y, Li F L, Tang Y X, Shao J R, Wu Y M, 2012, Bioactive compounds in functional buckwheat food, Food Research International, 49(1), 389–395.
- Zhao M, Zhu D, Sun-Waterhouse D, Guowan S, Lianzhu L, Xiao W, Yi D, 2014, In vitro

and in vivo studies on adlay-derived seed extracts phenolic profiles antioxidant activities serum uric acid suppression and xanthine oxidase inhibitory effects, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(31), 7771–7778.

Zhou M, Kreft I, Sun-Hee W, Nikhil C, Gunilla W, 2016, *Molecular breeding and nutritional aspects of buckwheat*, 1st ed, Academic Press, ISBN 9780128036921.



## **İnternet Kaynakları**

1- Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2019. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <http://fenbil.aku.edu.tr>, Erişim tarihi: 01.01.2025.



## EKLER

