



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN
ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



ENDÜSTRİYEL BULGUR ÜRETİM
AŞAMALARINDAN ELDE EDİLEN ÜRÜN VE YAN
ÜRÜNLERİN KALİTATİF ÖZELLİKLERİNİN
BELİRLENMESİ VE YAN ÜRÜNLERİN KRAKER
VE TARHANA ÜRETİMİNDE KULLANIMI

Öznur EYMİR

DOKTORA TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Kasım-2024
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Öznur EYMİR

Tarih: 26/11/2024

ÖZET

DOKTORA TEZİ

ENDÜSTRİYEL BULGUR ÜRETİM AŞAMALARINDAN ELDE EDİLEN ÜRÜN VE YAN ÜRÜNLERİN KALİTATİF ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ VE YAN ÜRÜNLERİN KRAKER VE TARHANA ÜRETİMİNDE KULLANIMI

Öznur EYMİR

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Selman TÜRKER

2024, 137 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Selman TÜRKER
Prof. Dr. Nermin BİLGİÇLİ
Prof. Dr. Cemalettin SARIÇOBAN
Prof. Dr. Nilgün ERTAŞ
Doç. Dr. Sultan ARSLAN TONTUL

Bu çalışmanın ilk aşamasında, bulgur prosesinde hammaddeden son ürüne kadar çeşitli aşamalarda elde edilen ürün/yan ürünlerin kimyasal ve fonksiyonel özelliklerindeki değişimin ortaya konması amaçlanmıştır. Bu amaçla 4 farklı bulgur fabrikasından temin edilen hammadde (durum buğdayı), ürün/yan ürünler (iri pilavlık bulgur, pilavlık bulgur, köftelik bulgur, pişirilmiş-kurutulmuş buğday, kabuğu soyulmuş tane buğday, bulgur kepeği, bulgur unu) bazı fiziksel (renk), kimyasal (kül, protein, yağ ve mineral madde), fonksiyonel (toplam fenolik madde, antioksidan aktivite) ve antibesinsel (fitik asit) özellikler açısından karşılaştırılmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında ise ilk aşamada besinsel ve fonksiyonel özellikleri üstün bulunan bulgur unu (%0, 10, 20, 30 ve 40) ve bulgur kepeği (%0, 5, 10, 15 ve 20) farklı oranlarda kraker ve tarhana üretiminde kullanılmıştır. Üretilen kraker ve tarhanaların bazı fiziksel, kimyasal, fonksiyonel ve duyuşal özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca buğday, son ürün olan bulgur örnekleri (iri pilavlık bulgur, pilavlık bulgur, köftelik bulgur) ile en yüksek beğeni alan kraker ve tarhana örneklerinde *in vitro* sindirim gerçekleştirilmiştir. *In vitro* sindirim başlangıcında ve sonrasında elde edilen örneklerde; nişasta, protein, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite analizleri yapılmış ve % biyoerişilebilirlik değerleri hesaplanmıştır.

Bulgur üretim aşamalarında incelenen ürün / yan ürünlerin kül, protein, yağ, Ca, Cu, Fe, K, Mg ve Zn miktarları sırasıyla %0.90-2.96, % 11.40-14.37, %0.88-5.88, 31.64-134.09 mg/100 g, 0.18-0.51 mg/100 g, 1.16-7.89 mg/100 g, 303.41-640.48 mg/100 g, 59.83-303.12 mg/100 g ve 0.92-5.31 mg/100 g arasında değişim göstermiştir. Bulgur kepeği en yüksek kül, yağ, Ca, Cu, Fe, K, Mg ve Zn miktarına sahip yan ürün olurken, bulgur unu en yüksek protein miktarı ile dikkat çekici bulunmuştur. Bulgur kepeği toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite açısından da en zengin bileşime sahip yan ürün olarak belirlenmiş bunu bulgur unu takip etmiştir.

Buğdayın bulgura dönüşüm aşamalarından pişirme-kurutma, kabuk soyma, boyut küçültülerek pilavlık bulgura dönüşümü ile fitik asit miktarında sırasıyla ortalama %7.45, %20.95, %47.08'lik kayıp gerçekleşmiştir.

Buğday, iri pilavlık bulgur, pilavlık bulgur ve köftelik bulgur örneklerinde ortalama % biyoerişilebilir glukoz değerleri sırasıyla %93.22, %87.48, %94.30 ve %96.40 olarak belirlenmiştir ve bu örneklerin % biyoerişilebilir protein değeri ise istatistiki olarak aynı grupta yer almıştır. Toplam antioksidan aktivite (DPPH) % biyoerişilebilirlik en yüksek %131.20 ile köftelik bulgurdan elde edilmiştir.

Krakerlerde %30 ve üzerinde bulgur unu kullanımıyla tüm renk değerleri (L^* , a^* ve b^*) düşüş göstermiştir. %5 ve üzerinde bulgur kepeği kullanımı ile L^* ve b^* değerleri düşerken a^* değeri en yüksek kullanım oranı olan %20'de azalma olduğu görülmüştür. Bulgur unu ve bulgur kepeği kullanımı ile krakerlerin kalınlığı düşerken, yayılma oranlarının arttığı belirlenmiştir. Krakerlerin çap değeri en yüksek ilave oranlarında bulgur unu (%40) ilavesiyle azalmış, bulgur kepeği (%20) kullanımıyla artmıştır. Krakerlerin sertlik ve kırılabilirlik değerleri, bulgur unu ilavesiyle düşmüş, bulgur kepeği ilavesiyle artış göstermiştir. Bulgur ununun tüm kullanım oranlarında krakerlerin kül, yağ ve protein miktarlarının arttığı belirlenmiştir. Bulgur kepeği kullanımında ise %5 oranında kül miktarında artış olmazken, protein ve yağ miktarları artmış, en yüksek kül, protein ve yağ oranlarına %20 bulgur kepeği kullanımında ulaşılmıştır. Bulgur unu ve bulgur kepeği kullanımıyla krakerlerin Ca, Fe, K, Mg ve Zn miktarı yükselirken, Cu miktarında önemli bir fark oluşmamıştır. Krakerlerde toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve fitik asit miktarı, bulgur unu ve bulgur kepeği ilavesi ile artmış, en yüksek değerler %40 bulgur unu, %20 bulgur kepeği ilaveli kraker örneklerinde elde edilmiştir. Glukoz ve protein % biyoerişilebilirlik değeri en yüksek %10 bulgur kepeği ilaveli krakerde belirlenmiştir. Toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite % biyoerişilebilirlik değerleri ise en yüksek bulgur kepeğinde bulunmuştur. %40 bulgur unu ve %20 bulgur kepeği ilaveli kraker örnekleri duyuşsal değerlendirmede en düşük genel beğeni puanını almıştır.

Tarhana üretiminde bulgur unu ve bulgur kepeği ilavesi ile L^* değerlerinin düştüğü, a^* ve b^* değerlerinin bulgur unu ilaveli tarhanada arttığı, bulgur kepeği ilaveli tarhananın b^* değerinde önemli bir fark oluşmadığı, a^* değerinin ise düştüğü belirlenmiştir. Bulgur unu ve bulgur kepeğinin tüm kullanım oranlarında tarhanaların kül ve protein miktarları artmış, yağ miktarı ise %30, %40 bulgur unu ve %15, %20 bulgur kepeği kullanım oranlarında aynı grupta yer almıştır. Tarhanalarda en yüksek Ca, Fe, K, Mg ve Zn miktarları, bulgur unu ve bulgur kepeğinin en yüksek kullanım oranlarında belirlenmiştir. Tarhanada %0, 10, 20, 30 ve 40 oranlarında bulgur unu ilavesiyle, sırasıyla toplam fenolik madde, DPPH, FRAP, CUPRAC ve fitik asit değerleri 781.23-1082.35 mg GAE/kg, 377.92-569.25 mg TE/kg, 2.76-3.58 μ mol TE/g, 2.16-4.24 μ mol TE/g ve 22.51-112.57 mg/100 g arasında değişmiştir. %0, 5, 10, 15 ve 20 oranlarında bulgur kepeği ilavesiyle tarhanalarda, sırasıyla toplam fenolik madde, DPPH, FRAP, CUPRAC ve fitik asit değerleri 783.49-1022.96 mg GAE/kg, 378.33-501.32 mg TE/kg, 2.73-3.14 μ mol TE/g, 2.12-3.79 μ mol TE/g ve 26.14-163.23 mg/100 g arasında değişim göstermiştir. Bulgur kepeği, bulgur unu, kontrol tarhana, %20 bulgur unlu tarhana, %10 bulgur kepekli tarhana örneklerinde glukoz biyoerişilebilirlik değerleri %51.24-55.68 arasında değişmiş olup, istatistiki açıdan aynı grupta yer almışlardır. Protein biyoerişilebilirliği; kontrol tarhana örneği (%83.27), bulgur unu (%82.00), %10 bulgur kepekli tarhana (%80.70), %20 bulgur unlu tarhana (%79.00) ve bulgur kepeği (%70.00) olarak bulunmuştur. Toplam fenolik madde biyoerişilebilirliği, bulgur kepeği, bulgur unu, kontrol tarhana örneği, %20 bulgur unlu tarhana, %10 bulgur kepekli tarhana için %18.98-42.12 arasında değişim göstermiştir. Tarhana üretiminde bulgur unu (%30 ve %40) ve bulgur kepeğinin (%15 ve %20) yüksek kullanım oranları; tarhananın genel beğeni puanlarının düşmesine neden olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Bulgur, bulgur kepeği, bulgur unu, kraker, tarhana

ABSTRACT

Ph.D THESIS

DETERMINATION OF QUALITATIVE PROPERTIES OF PRODUCTS AND BY-PRODUCTS OBTAINED FROM INDUSTRIAL BULGUR PRODUCTION STAGES AND USE OF BY-PRODUCTS IN CRACKER AND TARHANA PRODUCTION

Öznur EYMİR

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY
IN FOOD ENGINEERING

Advisor: Prof. Selman TÜRKER

2024, 137 Pages

Jury

Prof. Dr. Selman TÜRKER
Prof. Dr. Nermin BİLGİÇLİ
Prof. Dr. Cemalettin SARIÇOBAN
Prof. Dr. Nilgün ERTAŞ
Doç. Dr. Sultan ARSLAN TONTUL

In the first stage of this study, it was aimed to reveal the changes in the chemical and functional properties of the product / by-products obtained at various stages from raw material to the final product in the bulgur process. For this purpose, raw materials (durum wheat), products/by-products (extra coarse bulgur, coarse bulgur, extra fine bulgur, cooked-dried wheat, hulled grain wheat, bulgur bran and bulgur flour) obtained from 4 different bulgur factories were compared in terms of some physical (color), chemical (ash, protein, fat and mineral matter) functional (total phenolic matter and antioxidant activity) and antinutritional (phytic acid) properties. In the second stage of the study, bulgur flour (0, 10, 20, 30 and 40 %) and bulgur bran (0, 5, 10, 15 and 20 %), which were found to have superior nutritional and functional properties in the first phase, were used in cracker and tarhana production at different ratios. Some physical, chemical, functional and sensory properties of the crackers and tarhana were determined. Furthermore, *in vitro* digestion was conducted on wheat samples, including end-product bulgur samples (extra coarse bulgur, coarse bulgur, extra fine bulgur) and also cracker and tarhana samples, which were the most highly rated. The samples obtained at the outset and following *in vitro* digestion were subjected to analysis for starch, protein, total phenolic matter and antioxidant activity and also the % bioaccessibility values were calculated. The amounts of ash, protein, fat, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Fe, K, Mg and Zn of the products / by-products examined in bulgur production stages varied between 0.90-2.96%, 11.40-14.37%, 0.88-5.88%, 31.64-134.09 mg/100g, 0.18-0.51 mg/100g, 1.16-7.89 mg/100g, 303.41-640.48 mg/100g, 59.83-303.12 mg/100g and 0.92-5.31 mg/100g, respectively. Bulgur bran was the by-product with the highest ash, fat, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Fe, K, Mg and Zn content, while bulgur flour was the by-product with the highest protein content. Bulgur bran was determined as the by-product with the richest composition in terms of total phenolic matter and antioxidant activity, followed by bulgur flour.

An average of 7.45%, 20.95%, 47.08% loss was realized in the amount of phytic acid by cooking-drying, peeling, size reduction and transformation of wheat into coarse bulgur, respectively.

The mean percentage of bioaccessible glucose in wheat, extra coarse bulgur, coarse bulgur and extra fine bulgur samples was 93.22%, 87.48%, 94.30% and 96.40%, respectively. The mean percentage

of bioaccessible protein in these samples was also statistically similar. The highest total antioxidant activity (DPPH) % bioaccessibility was observed in the extra fine bulgur sample, with a value of 131.20%.

All color values (L^* , a^* , b^*) decreased with the use of 30% or more bulgur flour in crackers. L^* and b^* values decreased with the use of 5% or more bulgur bran, while a^* value decreased at the highest usage rate of 20%. While the thickness of the crackers decreased with the use of bulgur flour and bulgur bran, it was determined that the spread ratio increased. The diameter value of the crackers decreased with the addition of bulgur flour (40%) at the highest addition rates and increased with the use of bulgur bran (20%). Hardness and crushability values of crackers decreased with the addition of bulgur flour and increased with the addition of bulgur bran. It was determined that ash, fat and protein amounts of crackers increased at all usage rates of bulgur flour. In the use of bulgur bran, while there was no increase in the amount of ash at 5%, the amounts of protein and fat increased, and the highest ash, protein and fat ratios were reached with the use of 20% bulgur bran. While Ca, Fe, K, Mg and Zn content of crackers increased with the use of bulgur flour and bulgur bran, there was no significant difference in Cu content. Total phenolic matter, antioxidant activity and phytic acid content of crackers increased with the addition of bulgur flour and bulgur bran, and the highest values were obtained in cracker samples with 40% bulgur flour and 20% bulgur bran. Glucose and protein % bioaccessibility values were highest in crackers with 10% bulgur bran. Total phenolic matter and antioxidant activity % bioaccessibility values were highest in bulgur bran. 40% bulgur flour and 20% bulgur bran added cracker samples received the lowest general appreciation score in sensory evaluation.

It was determined that L^* values decreased with the addition of bulgur flour and bulgur bran in tarhana production, a^* and b^* values increased in tarhana with bulgur flour addition, there was no significant difference in the b^* value of tarhana with bulgur bran addition, while a^* value decreased. The ash and protein amounts of the tarhanas increased in all usage ratios of bulgur flour and bulgur bran, while the fat amount was in the same group in 30%, 40% bulgur flour and 15%, 20% bulgur bran usage ratios. The highest amounts of Ca, Fe, K, Mg and Zn were determined at the highest usage rates of bulgur flour and bulgur bran. Total phenolic matter, DPPH, FRAP, CUPRAC and phytic acid values ranged between 781.23-1082.35 mg GAE/kg, 377.92-569.25 mg TE/kg, 2.76-3.58 $\mu\text{mol TE/g}$, 2.16-4.24 $\mu\text{mol TE/g}$ and 22.51-112.57 mg/100 g, respectively, with the addition of 0, 10, 20, 30 and 40% bulgur flour. Total phenolic matter, DPPH, FRAP, CUPRAC and phytic acid values of tarhana with 0, 5, 10, 15 and 20% addition of bulgur bran varied between 783.49-1022.96 mg GAE/kg, 378.33-501.32 mg TE/kg, 2.73-3.14 $\mu\text{mol TE/g}$, 2.12-3.79 $\mu\text{mol TE/g}$ and 26.14-163.23 mg/100 g, respectively. Glucose bioaccessibility values of bulgur bran, bulgur flour, control tarhana, tarhana with 20% bulgur flour and tarhana with 10% bulgur bran varied between 51.24-55.68% and they were in the same group statistically. Protein bioaccessibility was found as control tarhana sample (83.27%), bulgur flour (82.00%), tarhana with 10% bulgur bran (80.70%), tarhana with 20% bulgur flour (79.00%) and bulgur bran (70.00%). Bioaccessibility of total phenolic matter varied between 18.98-42.12% for bulgur bran, bulgur flour, control tarhana sample, tarhana with 20% bulgur flour and tarhana with 10% bulgur bran. The high utilization rates of bulgur flour (30% and 40%) and bulgur bran (15% and 20%) in tarhana production caused a decrease in the overall appreciation scores of tarhana.

Keywords: Bulgur, bulgur flour, bulgur bran, crackers, tarhana

ÖNSÖZ

Bu çalışma da geleneksel gıdamız olan bulgurun üretim aşamalarında uygulanan işlemler sonucu adım adım besin öğelerince değişimini ortaya koymak ve açığa çıkan yan ürünlerin tahıl ürünlerinde değerlendirilme olanaklarının belirlenmesi hedeflenmiştir. Buna ilaveten bulgur üretim prosesinin yan ürünleri olan bulgur kepeği ve bulgur ununun kullanımı ile fonksiyonel yeni ürünlerin geliştirilmesi hedeflenmiştir.

Bu tezin ortaya çıkmasında büyük emeği olan, birikimleriyle yolumu aydınlatan, en zor günlerimde beni destekleyen, danışmanım olmalarından gurur duyduğum, değerli hocalarım Prof. Dr. Selman TÜRKER ve Prof. Dr. Nermin BİLGİÇLİ'ye çok teşekkür ederim.

Tez süresince her zaman yanımda olan Tez İzleme Komitesi üyeleri saygıdeğer hocalarım Prof. Dr. Âdem ELGÜN ve Doç. Dr. Sultan ARSLAN TONTUL hocalarıma teşekkür ederim.

Necmettin Erbakan Üniversitesi Gıda Mühendisliği bölümü öğretim elemanlarına, tez çalışmamda ve laboratuvar çalışmalarım sırasında yardımını esirgemeyen arkadaşlarım Doç. Dr. Tekmile CANKURTARAN KÖMÜRCÜ, Öğr. Gör. Dr. Nihat ÇANKAYA ve Dr. Merve AYDIN'a çok teşekkür ederim. Ayrıca destek ve yardımlarından dolayı Dr. Öğr. Üyesi Sadiye Ayşe ÇELİK'e teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatımın en zor zamanlarında büyük emeklerle son halini verdiğim bu çalışmamı aileme ithaf ediyorum. Hasretini çektiğim, üzerimde sonsuz emeği olan CANIM ANNEM'e, desteklerini her zaman hissettiğim kıymetli babama ve sevgili eşime teşekkürü bir borç bilirim. Kızlarım Dilara ve Didem'e gösterdikleri sabır, anlayış ve destekleri için çok teşekkür ederim. Sevgiyle...

Öznur EYMİR
KONYA-2024

İÇİNDEKİLER

ÖZET	vi
ABSTRACT.....	viii
ÖNSÖZ	x
İÇİNDEKİLER	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiv
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
2.1. Bulgurun Tanımı, Önemi ve Tarihçesi	4
2.2. Bulgurun Beslenme ve Sağlık Açısından Önemi	6
2.3. Bulgur Üretimi	8
2.4. Bulgur Prosesinde Elde Edilen Ara ve Yan Ürünler	10
2.4.1. Bulgur unu	10
2.4.2. Bulgur kepeği.....	10
2.4.3. Dügürcük	11
2.4.4. İri pilavlık, pilavlık, köftelik bulgur	11
2.4.5. Bulgur yan ürünleri ile yapılan çalışmalar.....	12
2.5. Kraker	13
2.6. Tarhana	16
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	22
3.1. Materyal	22
3.2. Yöntem.....	22
3.2.1. Deneme deseni	22
3.2.2. Buğdaya uygulanan fiziksel analizler	23
3.2.2.1. Bin tane ağırlığı	23
3.2.2.2. Hektolitreye ağırlığı.....	23
3.2.2.3. Tane sertliği	23
3.2.2.4. Tane iriliği.....	24
3.2.3. Bulgur prosesi yan ürün ve son ürünlerine uygulanan analizler.....	24
3.2.3.1. Renk	24
3.2.3.2. Nem.....	24
3.2.3.3. Kül	24
3.2.3.4. Protein	24
3.2.3.5. Yağ.....	25
3.2.3.6. Mineral madde	25
3.2.3.7. Toplam fenolik madde	25
3.2.3.8. Antioksidan aktivite	26
3.2.3.9. Fitik asit	26
3.2.3.10. <i>İn vitro</i> analiz	27
3.2.3.11. Glukoz.....	28
3.2.4. Kraker üretimi	28

3.2.5. Kraker analizleri	29
3.2.5.1. Renk	29
3.2.5.2. Çap, kalınlık ve yayılma oranı	29
3.2.5.3. Tekstür	29
3.2.5.4. Kimyasal analizler	29
3.2.5.5. Duyusal analizler	30
3.2.6. Tarhana üretimi	30
3.2.7. Tarhana analizleri	31
3.2.7.1. Renk	31
3.2.7.2. Kimyasal analizler	31
3.2.7.3. Duyusal analizler	31
3.2.8. İstatistiki analizler	31
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	32
4.1. Buğday Analiz Sonuçları	32
4.2. Bulgur Prosesinde Elde Edilen Ürün ve Yan Ürünlere Ait Analiz Sonuçları	33
4.2.1. Renk	33
4.2.2. Nem	36
4.2.3. Kül	37
4.2.4. Protein	38
4.2.5. Yağ	39
4.2.6. Mineral madde miktarı	40
4.2.6.1. Ca (Kalsiyum)	40
4.2.6.2. Cu (Bakır)	41
4.2.6.3. Fe (Demir)	42
4.2.6.4. K (Potasyum)	43
4.2.6.5. Mg (Magnezyum)	44
4.2.6.6. Zn (Çinko)	45
4.2.7. Toplam fenolik madde	47
4.2.8. Antioksidan aktivite	49
4.2.9. Fitik asit	52
4.2.10. Nişasta sindirilebilirliği	54
4.2.11. Protein sindirilebilirliği	55
4.2.12. Toplam fenolik madde biyoerişilebilirliği	55
4.2.13. Toplam antioksidan aktivite biyoerişilebilirliği	56
4.3. Bulgur Unu ve Bulgur Kepeği İlaveli Kraker Sonuçları	58
4.3.1. Renk	58
4.3.2. Çap, kalınlık ve yayılma oranı	61
4.3.3. Tekstür	64
4.3.4. Nem, kül, protein ve yağ	66
4.3.5. Mineral madde	69
4.3.6. Toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve fitik asit	72
4.3.7. <i>In vitro</i> sindirim sonrası biyoerişilebilirlik	75
4.3.8. Duyusal analiz	77
4.4. Bulgur Unu ve Bulgur Kepeği İlaveli Tarhana Sonuçları	80
4.4.1. Renk	80
4.4.2. Nem, kül, protein ve yağ	82
4.4.3. Mineral madde	84
4.4.4. Toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve fitik asit	87

4.4.5. <i>In vitro</i> sindirim sonrası biyoerişilebilirlik	90
4.4.6. Duyusal analiz.....	92
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	96
5.1. Sonuçlar	96
5.2. Öneriler	102
KAYNAKLAR	103
EKLER	123



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

a^* : (+) kırmızı, (-) yeşil renk değeri

b^* : (+) sarı, (-) mavi renk değeri

Ca : Kalsiyum

cm : Santimetre

cm² : Santimetre kare

Cu : Bakır

dk : Dakika

Fe : Demir

g : Gram

hL : Hektolitre

K : Potasyum

kg : Kilogram

L^* : (0) siyah-(100) beyaz

M : Molar

mg : Miligram

Mg : Magnezyum

ml : Mililitre

mm : Milimetre

mmol : milimol

nm : Nanometre

rpm : Devir sayısı/Dakika

sn : Saniye

Zn : Çinko

μ : Mikron

μ M : MikroMolar

μ g : Mikrogram

μ mol : Mikromol

Fe⁺² equiv : Fe (II) eşdeğeri

Kısaltmalar

CUPRAC : Bakır iyonlarını indirgeme kuvveti

DPPH : 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl radikalinin inhibisyonu

FRAP : Ferrik iyonlarını indirgeme kuvveti

GAE : Gallik asit eşdeğeri

Std : Standart sapma

TE : Troloks eşdeğeri

TPA : Tekstür profil analizi

1. GİRİŞ

Türk Gıda Kodeksi Bulgur Tebliği'nde (Tebliğ No: 2016/49) bulgur; buğdayların (*Triticum durum*, *Triticum aestivum*, *Triticum monococcum*, *Triticum dicoccum*) tekniğine uygun olarak temizlenmesi, pişirilmesi, kurutulması ve istendiğinde kabuğundan ayrılarak kırılması ve sınıflandırılması ile elde edilen ürün şeklinde tanımlanmıştır.

Günümüzde bulgur, genellikle *Triticum durum* buğdayından temizleme, pişirme, kurutma, tavlama, kepek ayırma, öğütme, parlatma (isteğe bağlı) ve boyut sınıflandırması yapılarak üretilmektedir. Türkiye'de her yıl yaklaşık olarak bir milyon tonun üzerinde bulgur üretilmektedir. Bulgur üretim miktarı makarna ve pirinç üretiminden sırasıyla 2.5 kat (Hayta ve ark., 2003; Bayram ve Öner, 2005; Bayram ve Öner, 2007; Yıldırım ve ark., 2008a, 2008b) ve ~1.2 kat, tüketim miktarlarından ise sırasıyla 2.3 ve 1.2 kat daha fazladır (Bayram ve Öner, 2007; Yıldırım ve ark., 2008b).

Bulgur, yüzyıllardır Türkiye ve Orta Doğu ülkelerinin en önemli geleneksel durum buğdayı ürünlerinden biri olmuştur. Antik Çağ'dan bu yana insanlar buğday üretimiyle ilgilenmiş ve buğday bazlı ürünler üretmek için yenilikçi yaklaşımlar bulmuşlardır. Buğdayın bulgura dönüştürülmesi, günümüz Türkiye'sinin Anadolu bölgesinde, Orta Doğu'da ve Akdeniz'de başlayan eski bir tekniktir (Evlice ve Özkaya, 2019). Bulgurun, Moğol İmparatoru Cengiz Han'ın askerlerinin en sevdiği yemeklerden olduğu bildirilmekte ve aynı zamanda dünyanın ilk "işlenmiş gıdalarından" biri olarak kabul edilmektedir (Bayram, 2007).

Bulgur doğaldır, işlenmesinde hiçbir kimyasal madde veya katkı maddesi kullanılmamaktadır. Aynı zamanda bulgur, ekmeke ve makarna gibi diğer tahıl ürünlerine göre daha yüksek protein, kalsiyum, demir, tiamin ve niasine sahiptir (Yousif ve ark., 2018).

Türkiye'de yıllık bulgur tüketim miktarı ortalama kişi başı 12 kg iken, bu oran Türkiye'nin doğu ve güney bölgelerinde yaklaşık 25 kg'a kadar çıkmaktadır. Suriye, Irak, İran, İsrail, Lübnan gibi Ortadoğu ülkelerinde yaklaşık olarak 30-35 kg'a yükselmektedir. Gıda yardım programları (UN/WFP) için yıllık ortalama bulgur miktarı 60-80 bin tona ulaşmış ve bu miktar her yıl kademeli olarak artmaktadır (Köksel, 2021). Bulgurun rakibi olarak bilinen pirinç ve makarnanın ülkemizdeki yıllık tüketim miktarı kişi başına sırasıyla 7 ve 6 kg'dır (Kenar, 2016).

Bulgurun üretim sürecinden kaynaklanan özellikleri bulguru özel bir tahıl ürünü haline getirmektedir. Pişirme aşamasında, pişme suyuna geçen vitamin ve diğer besin maddelerinin yeniden buğday tanesinin içine emilmesiyle besin kaybı kısmi olarak engellenmiş olur. Tam tahıl ürünlerinin dezavantajı olan yüksek fitik asit miktarı, bulgur prosesinde pişirme, kurutma ve kepek ayırma aşamalarıyla azalır. Bulgur üretimi sırasında pişirildiği için tüketim aşamasında uzun süre pişirmeye ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu özelliği ile bulgur yarı mamul ürünler arasında yer aldığından pilav ve çorba gibi yemeklerde pişirilerek; kısır, çiğ köfte, batırık gibi yemeklerde ise pişirilmeden tüketilebilmektedir. Yine pişirme aşamasında buğday tanesinin biyolojik, mikrobiyolojik ve biyokimyasal reaksiyonları son bulduğu için; bulgur, kolay muhafaza edilebilen, ucuz, uzun raf ömrüne sahip ve besinsel açıdan zengin bir gıda maddesi olmaktadır. Bulgurun bu özellikleri dünya çapında üretim ve tüketim miktarını artırmaktadır (Köksel, 2021).

Bulgurun partikül boyutu 3.5 – 0.5 mm arasında değişmekte olup, sınıflandırma aşamasından sonra bulgur; tane bulgur (%90'ı >2.8 mm), iri pilavlık (%80'i < 3.5 mm), pilavlık (%80'i < 3.0 mm), ince pilavlık (%80'i < 2.5 mm), köftelik bulgur (%90'ı < 2.5 mm), ince köftelik (%80'i < 1.6 mm) ve 0.5 mm altı yan ürün olarak ayrılmaktadır (Anon., 2017). Kırma ve eleme işlemi ile bulgur kepeği, bulgur unu ve düğürcük gibi besinsel açıdan değerli yan ürünler ortaya çıkmaktadır. Bu yan ürünler çoğunlukla hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir (Yıldırım ve ark., 2008a, 2008b).

Gıda israfının tanımı “insan tüketimi için üretilen bir gıdanın insan tüketiminde kullanılamaması” olarak yapılmaktadır. Buna göre gıda olarak üretilen bir ürünün, insanlar tarafından tüketilememesi halinde, hayvanlara yem olarak verilmesinde bile o gıdanın israf edildiği kabul edilmektedir. Bu bağlamda gıda arzının azaldığı, Dünya nüfusunun, kuraklığın, savaşların, karbon ayak izinin arttığı günümüz Dünyasında gıdaların israf edilmemesi, gıda atık ve yan ürünlerinin değerlendirilmesi gitgide önem kazanmaktadır. Bulgur üretimi sonucunda %20 oranında yan ürün elde edilmektedir. Bulgur kepeği ile un değirmenciliğinde açığa çıkan buğday kepeği birbirinden çok farklı özelliklerde olup, en büyük farklılık da bulgur kepeğinin tanenin aleuron tabakasını içermemesidir. Bulgur kepeği, bulgur üretiminde kabuk soyma aşamasında, pişirilmiş ve kurutulmuş buğdaydan ayrılan kabuk kısmıdır (Baumgartner, 2018).

Tahıl kepekleri, yalnızca yüksek diyet lifi içeriğinden dolayı değil aynı zamanda yüksek fenolik madde içeriğinden dolayı da son yıllarda büyük ilgi görmektedir. Fenolik

maddeler bitkilerin ikincil metabolizma ürünleridir ve sağlık açısından çok sayıda faydalı etkileri rapor edilmiştir (Baumgartner ve ark., 2023).

Bulgur unu ve düğürcük; bulgura işlenmek üzere pişirilmiş, kurutulmuş buğdayın, kabuk soyma işleminden sonra kırılma ve sınıflandırılma aşamalarında açığa çıkan, elek altı yan ürünlerdir. Bulgur üretimi sırasında %2-3 oranında bulgur unu açığa çıkar. Bulgur unu şalgam suyu yapımında ve hayvan rasyonlarında karbonhidrat kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Rasyonlarda aynı zamanda düğürcükte kullanılmaktadır.

Kraker, yemeye hazır, raf ömrü uzun, fiyatı düşük ve farklı çeşitleri bulunan bisküvi çeşididir. Üretiminde fonksiyonel bileşenler eklenerek, besinsel kalitesini artırma konusunda büyük potansiyele sahip bir tahıl ürünüdür (Nicole ve ark., 2021). Sağlıklı gıdaların yaygınlaşması nedeniyle fonksiyonel krakerler popülerlik kazanmaktadır. Bu tür ürünlerin yapıları, tatları ve şekilleri arasındaki farklılıklar, uygulanan farklı formülasyonlar (tuzlu ve mayalı) ve işleme aşamalarından (şekil verme ve fermentasyon) kaynaklanmaktadır (Altiner ve ark., 2021).

Tarhana, tarhana standardında (TS 2282) “buğday unu, kırması, irmik veya bunların karışımı ile yoğurt, biber, tuz, soğan, domates ve tat, koku verici, sağlığa zararsız bitkisel maddelerin karıştırılıp yoğrulduktan ve fermente edildikten sonra kurutulması, öğütülmesi ve elenmesiyle elde edilen bir besin maddesidir” şeklinde tanımlanmıştır (Anonim, 2004). Tarhana üretiminde buğday ürünleri (un, kırma ya da yarma), yoğurt, bazı sebze ve baharatlar bir arada yoğurularak hamur haline getirilir ve elde edilen hamur fermentasyona bırakılır (Bilgiçli, 2009). Fermentasyondan sonra hamur kurutulur ve parçacık boyutu <1 mm olana kadar öğütülür (İbanoğlu ve ark., 1995). Türkiye’de tüketilen tarhananın büyük bir kısmı ev yapımıdır. Aynı zamanda endüstriyel düzeyde de üretilmektedir. Tarhananın endüstriyel ölçekte, özellikle de kullanıma hazır biçimde üretilmesine yönelik ticari ilgi giderek artmaktadır (Maskan ve İbanoğlu, 2002).

Bu çalışmada bulgur üretim prosesinde hammadde olarak kullanılan buğdaydan başlanarak elde edilen ara ürün (pişirilmiş-kurutulmuş buğday, kabuğu soyulmuş tane buğday), son ürün (iri pilavlık, pilavlık ve köftelik bulgur) ve yan ürünlerin (bulgur unu, bulgur kepeği) fiziksel, kimyasal ve fonksiyonel özelliklerini belirlemek üzere bazı analizler gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlara göre üstün özellik sergileyen yan ürünler belirlenmiştir. Bu yan ürünlerden bulgur unu ve bulgur kepeği farklı oranlarda kraker ve tarhana üretiminde kullanılarak, son ürün özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Bulgurun Tanımı, Önemi ve Tarihçesi

Bulgur; buğday temizleme, ıslatma, pişirme, kurutma, kabuk soyma, kırma ve eleme-sınıflandırma aşamalarından geçerek üretilen geleneksel bir tam tahıl ürünüdür (Özkaya ve Özkaya, 1998; Özkaya ve ark., 2000).

Bulgur, Türklere has bir gıdadır. Osmanlı devletinin egemen olduğu bölgelerdeki halklar tarafından bilinmekte ve tüketilmektedir (Elgün ve ark., 2015).

Günümüzde Amerika Birleşik Devletleri, Avrupa, Avustralya, Japonya, Çin ve Rusya dahil olmak üzere tüm dünyada bilinen bir buğday ürünüdür (Yousif ve ark., 2018). Bulgur, uzun raf ömrü, düşük maliyeti, hazırlama kolaylığı, yüksek besin değeri ve lezzeti ile yemeye hazır veya yarı hazır gıda kategorisine ait olduğu için dünya çapında ticari olarak üretilmektedir. Bulgur; Orta Asya, Türkiye, Orta Doğu ve Kuzey Afrika mutfaklarında popüler olan, yarı haşlanmış, kurutulmuş, kısmen kepeği alınmış eski bir buğday ürünüdür (Miskelly, 2017).

Ekmeklik buğday (*Triticum aestivum*), durum buğdayı, kavuzlu buğday (siyez ve emmer), arpa, mısır ve baklagillerin hepsi bulgur yapımında kullanılabilir, ancak durum buğdayı (*Triticum durum*) sertliği ve kehribar rengi nedeniyle tercih edilir (Evlice ve Özkaya, 2019).

Durum buğdayı protein oranının yüksek olması, renk maddelerince diğer buğday türlerine göre daha zengin olması ve kalite özelliklerinin bulgur üretimine uygun olması gibi sebeplerle bulgur üretiminde yaygın olarak kullanılır. Yüksek protein miktarı, proteinlerin nişasta ile daha sert ve sıkı bir yapı oluşumunu, yüksek sarı pigment içeriği ise bulgurlarda arzu edilen parlak sarı rengin elde edilmesini ve dolayısıyla tüketici tercihini etkilemektedir (Elgün ve Ertugay, 1995).

Esmer (kahverengi) bulgur, sarı bulgurla aynı üretim sürecini paylaşır, ancak farklı bir buğday türü olan *Triticum aestivum*'dan (ekmeklik buğday) yapılır ve durum buğdayı bulguru ile karşılaştırıldığında düşük miktarlarda üretilir. Esmer bulgur üretiminde en tipik olarak kırmızı ekmeklik buğday türleri kullanılmaktadır (Türk Gıda Kodeksi-Bulgur Tebliği, 2017).

Uzun raf ömrü, yüksek besin değeri, düşük maliyeti, çabuk pişmesi, fitik asit gibi antibesinsel faktörlerin düşük seviyelerde olması, enzimatik aktivitenin olmaması ve depolama sırasındaki mikrobiyal reaksiyonların yanı sıra küf kontaminasyonu ve

istilasına karşı direnç gibi değerli özellikleri dünyada bulgura olan talep ve ilgiyi artırmaktadır (Bayram, 2005).

Bulgur eski Hitit ve Babillilerden beri bilinen ve yaklaşık 4000 Yıllık geçmişi bulunan bir gıda maddesidir. Başta ülkemiz olmak üzere Orta Doğu ve Balkan ülkelerinde yaygın olarak tüketilmektedir (Özkaya ve ark., 1993). Anadolu'nun temel gıda maddelerinden birisi olan bulgur, Dünya'da ilk işlenen gıda maddelerinden bir tanesidir. Moğol imparatoru Cengiz Han'ın seferlerinde muhafazası ve taşınması kolay olan bulguru, ordu erzakları arasında bulundurduğu bilinmektedir (Dönmez ve ark., 2004). M.Ö. 2800'de Çin imparatoru Shen Nung, bulgurun hammaddesi olan buğdayı; pirinç, darı, arpa ve soya fasulyesiyle birlikte beş kutsal bitkiden biri olarak belirlemiştir (Bayram ve ark., 2004; Bayram ve ark., 2010). Bulgur, tarih öncesi dönemlere kadar uzanan tüketim kanıtları ile kayıtlara geçen en eski "işlenmiş gıdalardan" biridir ve Mısır ve Roma medeniyetlerinden belgelenmiş bir hazır gıdadır (Valamoti, 2011; Singh ve ark., 2014).

Türkiye en büyük bulgur üreticisidir ve yıllık 1 milyon ton (metrik) kapasiteye katkıda bulunan çok sayıda üretim tesisine (~500) sahiptir (Serna-Saldivar, 2010). Türkiye'nin yanı sıra Amerika Birleşik Devletleri (Türkiye'den sonra en büyük ikinci ihracatçı), Kanada ve Fransa gibi ülkeler de son yirmi yılda bulgur üretimi için kendi bulgur fabrikalarını kurmuşlardır. Tam Tahıl Konseyi (WGC) tarafından bulgurun tam tahıl olarak kabul etmesiyle birlikte Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ve Avrupa'da tüketimi artmaya başlamıştır (Erbaş ve ark., 2016). Bulgur, ABD'deki restoran menülerinde %24'lük bir artış göstermiştir (Stone ve ark., 2020). ABD'de kişi başına pirinç tüketimi yaklaşık 9-11 kg iken bulgur tüketimine ilişkin herhangi bir bilgiye rastlanmamıştır (Batres-Marquez ve Jensen, 2005; USA Rice, 2015). Bulgur tüketimindeki artışın etkenleri arasında, beslenme konusundaki sağlık bilinci ve hayvansal bazlı ürünlerin çevresel sürdürülebilirlik kaygıları nedeniyle bitki bazlı gıda pazarının genişlemesiyle ilgili faktörler de yer almaktadır (Persistence Market Research Pvt. Ltd., 2017). Kanada, bulgurun hammaddesi olan durum buğdayında dünyanın en büyük üreticisi olmasına rağmen 2 milyon doların üzerinde bulgur ithal etmektedir (Government of Canada, 2017; Sopiwnyk, 2019). Lübnan, İsveç, Arjantin ve Suriye'deki bulgur fabrikaları da son yıllarda artış göstermektedir. Durum buğdayı üreticisi olan İtalya, Cezayir ve Kazakistan'da geleneksel mutfaklarında bulgur olmamasına rağmen bulgur üretmektedir.

TMO Hububat Sektör Raporu (2020)'e göre Türkiye'de 93 adet bulgur fabrikası bulunmakta olup; kurulu kapasite 2.006.071 ton/yıl iken fiili kapasite 1.063.242 ton/yıl'dır (Anonim, 2021). Diğer ülkelere baktığımızda ABD ve Kanada'da 20 adet, AB ülkelerinde 6 adet ve Ortadoğu'da ise 15 adet bulgur fabrikası bulunmaktadır. Dünya toplam bulgur üretim miktarının yaklaşık olarak 1.5 milyon ton dolaylarında olduğu tahmin edilmektedir. Rakamlardan da görüldüğü üzere Türkiye dünyanın en büyük bulgur ihracatçısı ve üreticisi konumundadır (Anonim, 2016).

2.2. Bulgurun Beslenme ve Sağlık Açısından Önemi

Tahıllar insan beslenmesinin önemli bir kaynağı olup, son yıllarda artan nüfusun taleplerini karşılamak için üretimleri giderek artmıştır. Hem gelişmekte olan hem de sanayileşmiş ülkelerde tahıllar temel besin kaynaklarıdır (Oso ve Ashafa, 2021).

Bulgur %9-13 su, %10-16 protein, %1.2-1.5 yağ, %76-78 karbonhidrat, %1.2-1.4 kül ve %1.1-1.3 lif oranına sahiptir. Bulgur, ekmeke ve makarnadan daha fazla protein, kalsiyum, demir, B1 vitamini ve niasin içerir (Ertaş, 2017). Bulgur, yüksek diyet lifi içeriği (18.3 g/100g) ve glisemik indeksinin düşüklüğü nedeniyle de önemli bir buğday ürünüdür. Bulgurun diyet lif içeriği; pirinç, buğday unu, arpa, yulaf unu, tam buğday ekmeği, soya fasulyesi ve makarnaya göre sırasıyla; 3.5, 6.8, 1.1, 1.8, 2.3, 1.3 ve 4.3 kat daha fazladır (Dreher, 2001; Bayram ve Öner, 2007). Bulgur besinsel açıdan; nispeten yüksek oranda dirençli nişasta, B vitaminleri, mineraller, lutein ve ferulik asit gibi fitokimyasalları içermektedir (Stone ve ark., 2020).

Bulgur, yaklaşık 250 çeşit yemeğin ana hammaddesidir (Khan, 2016). Vejetaryen yemeklerinde mükemmel bir et alternatifini oluşturur ve dünyanın her yerindeki market raflarında bulunabilen çeşitli etsiz burgerlerin önemli bir bileşenidir (Bayat, 2021). Orta Doğu'da en yaygın tüketilen yemeklerden biri, çeşitli şekillerde hazırlanabilen bulgur ve et karışımı olan içli köftedir. Et köftelik bulgurla birleştirilir. Bulgurdan tabbouleh/tabouli gibi salataların yapımında da yararlanılabilir. Orta Doğu'da bulgur ve bakladan oluşan derin yağda kızartılmış bir karışım olan falafel, her kesimden insanın sevdiği ortak bir yemektir (Havemeier, 2018). Ayrıca yaygın şekilde pilav olarak yenir ve pirinç yerine kullanılabilir.

Bulgurun pişirilme şekli nedeniyle başlangıçtaki besin maddelerinin çoğunu korur. Buğdayın bulgura işlenmesi (ıslatma ve pişirme) sırasında, ruşeym, kepek ve aleuron katmanlarında bulunan suda çözünebilir besin maddelerinin çoğu, endosperme

yayılır ve böylece buğdayda başlangıçta bulunan besin maddelerinin yüksek bir kısmı bulgurda kalmaktadır. Buna karşılık, dış katmanlardaki mineraller kepek ayırma aşamasında ayrılan kısım ile birlikte gitmektedir (Singh ve Dodda, 1979; Rocha-Villarreal, ve ark., 2018; Rosentrater ve Evers, 2018).

Tam buğday ürünlerinin sağlığa faydalı etkileri, fitokimyasallar ve diyet lifi gibi biyoaktif bileşenleri içermesine bağlanmaktadır (Liu ve ark., 2020). Bulgurda yüksek oranda lif ve posa bulunmakta olup, dünya sağlık örgütü günlük 25-30 g posa alınması gerektiğini vurgulamaktadır. Diyet lifinin faydalarına dair artan kanıtlar ve tüketicilerin sağlıklı gıdalara olan ilgisi, diyet lif içeriği yüksek gıdalara olan talebin artmasını sağlamıştır (Jacobs ve ark., 2016). Bulgur gibi posa içeriği yüksek gıdaların sindirim ve emilimleri yavaş olup, kan şekeri ve insülin seviyelerinde ani artışa sebep olmamaktadır (Gürcan, 1994). Bulgur üretiminde, kepek ayırma ve kırma işlemleri sırasında diyet lifinin önemli bir kısmının uzaklaştırılmasına rağmen, bulgurda kalan diyet lif oranının diğer pek çok gıdaya göre hala daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Savaş ve Basman, 2016).

Fitik asit myo-inositol 1,2,3,4,5,6-hexakis (dihidrojen fosfat) tahıl, baklagil ve yağlı tohumlarda bulunan doğal bir bileşendir. Fitik asit minerallerle kompleks oluşturarak beslenme için önemli minerallerin emilimini engellemekte, ayrıca minerallerle birleşmesiyle ortaya çıkan fitatlar, protein emilimini de olumsuz yönde etkilemektedir. Bulgur yapımında fitik asit miktarında azalma olduğu ve bu azalmanın otoklavda pişirilen bulgurlarda daha fazla olduğu bildirilmiştir (Bilgiçli, 2002). Diğer taraftan fitik asit, antikanser ve antioksidan özellikleriyle önemli bir fonksiyonel besindir (Ertaş, 2017).

Buğdayın başlıca tiamin (B1), riboflavin (B2), niasin (B3), pantotenik asit (B5) ve piridoksin (B6) olmak üzere önemli bir B vitamini kaynağı olduğu ve yoğun olarak ruşeym ve aleuron tabakalarında toplandığı bilinmektedir (Kamal-Eldin, 2008). Bulgur üretiminde ruşeym ve aleuron tabakası ayrılmadığı için bu vitaminler bulgurda yoğun olarak bulunmakta, ancak üretim tekniği vitaminlerin miktarını etkilemektedir. Otoklavda 115-120°C'de pişirmenin, 90-100°C'de atmosferik pişirmeye göre bulgurun vitamin (tiamin, niasin, pantotenik asit, piridoksin ve riboflavin) içeriğinde önemli bir azalmaya neden olduğu ve pişirme sıcaklığı arttıkça vitaminlerin konsantrasyonunun düştüğü belirlenmiştir (Kadalkal ve ark., 2007).

Buğdayda fenolik asit, fitosteroller-fitostanoller, karotenoidler, tokotrienoller-tokoferoller gibi fitokimyasallar bulunmaktadır (Yılmaz ve Koca, 2017). Buğdayda

bulunan fenolik madde ve antioksidanların aleuron tabakasında yoğunlaştığı tespit edilmiş olup, Ferulik asit, 99–231 µg/g konsantrasyon aralığıyla, test edilen tüm kepek numunelerinde baskın fenolik asit olduğu ve ağırlık bazında toplam fenolik asitlerin yaklaşık %46–67'sini oluşturduğu bildirilmiştir (Zhou ve ark., 2004a).

Bulgur, yüksek folik asit ve folat konsantrasyonu nedeniyle vejetaryen beslenmede, anne adaylarında ve bebeklerde kullanım avantajına sahiptir (Chellino ve ark., 2016). Ayrıca selüloz, özellikle fosfor, çinko, magnezyum ve selenyum gibi yüksek mineral içeriğiyle kolon kanseri riskini azaltır ve kabızlık sorunlarını önler.

2.3. Bulgur Üretimi

Bulgur üretiminde tercihen *Triticum durum* buğdayı kullanılmaktadır (Balcı ve Bayram, 2020).

Durum buğdayı, sertliği, kehribar rengi ve diğer buğday türlerine göre daha yüksek protein içeriği nedeniyle dünya çapında bulgurun üretiminde tercih edilen hammaddedir (Carcea, 2020; Dorra ve ark., 2022).

Bulgur üretiminde evlerde, imalathanelerde ve fabrikalarda kullanılan sistemler, maliyet ve kaliteyi değiştirmektedir. Geleneksel üretimde, buğday miktarının yaklaşık 2 katı su ilave edilerek, 1-2 saat pişirilen buğdaya hedik denilmekte ve ardından güneş altında kurutulmaktadır. Kurutulan pişmiş buğday; farklı öğütücülerde ve değirmenlerde kırılmaktadır. Daha sonra kepeği rüzgârdan yararlanılıp savrulularak ayrılmakta ve bulgur elde edilmektedir (Bayram ve Öner, 2003).

Türkiye’de bulgur fabrikalarında genel olarak iki tür bulgur üretim sistemi kullanılmaktadır. “Antep” ve “Karaman (Mut)”, adını Türkiye'deki başlıca bulgur üreten şehirlerden alan iki ana ticari bulgur üretim tekniğidir. Bulgurun genel üretimi şu işlemleri içerir: temizleme, pişirme, kurutma, kısmen kepek ayırmadan önce tavlama ve ardından kırma/öğütme ve boyut sınıflandırması. İki farklı teknik esas olarak kepek ayırma öncesindeki tavlama işleminde farklılık gösterir. Antep üretim yöntemi, 15-30 dakika gibi nispeten kısa bir tavlama süresi içerir ve bulgurun nem seviyesi %15-17 arasında olmakta (Yousif ve ark., 2018), buna karşılık Karaman (Mut) tekniğinde nem seviyesinin %20-24'e çıkmasına olanak tanıyan çok uzun bir tavlama süresi (8-14 saat) kullanılmaktadır (Bayram ve Öner, 2005). Her iki durumda da pişirilmiş tanelerin tavlama, kepek ayırma adımı kepeğin ayrılmasını kolaylaştırır. Karaman (Mut) tekniğinde kepek ayırma ve öğütme geleneksel olarak taş değirmen kullanılarak tek bir

işlem adımı olarak gerçekleşirken, Antep tekniğinde kepeği ayrılmış bulgur üzerinde öğütme işlemi bağımsız işleme adımlarında gerçekleştirilir (Ünal ve Sacilik, 2011). Kısmen gerekli olan daha yüksek nem nedeniyle Karaman yöntemini kullanarak yüksek kaliteli bir son ürün elde etmek daha zor olduğu için Antep tarzı üretim daha yaygın olarak kullanılmaktadır (Bayram ve Öner, 2005).

Bulgur üretiminde önemli aşamalardan birisi de kurutmadır. Bulgur geleneksel olarak pişirildikten sonra açık havada güneşte kurutulmakta, ancak bu kurutma yöntemi bulgurun kirlenmesine ve kalitesinin bozulmasına neden olabilmektedir. Modern bulgur tesislerinde sıcak havayla kurutma yapılmakta, bu yöntem hem üretim kapasitesini artırmak hem de kontaminasyonu önlemek için sıklıkla kullanılmaktadır (Savaş ve Basman, 2016).

Bulgurdaki parlak sarı renk, geleneksel pişirme yöntemiyle elde edilen, tüketicilerin arzu ettiği bir kalite kriteridir. Geleneksel yöntemle taneler deforme olabilmekte, Otoklavda pişirme yöntemi ise bulgurun renginin koyulaşmasına neden olmaktadır (Evlice ve Özkaya, 2020).

Tüketicinin bulgurda görmek istediği sarı renk, bulgur üreticilerinin üretimde değişik metotlar deneyerek farklı bulgur üretim tekniklerini kullanmasına neden olmuştur. Bulgur prosesinde yapılan işlemlerden kabuk (kepek) soyma işlemi; bulgurda sarı rengi elde edebilmek için aşırı yapılarak buğdayın dış kısmında yer alan renk tabakası uzaklaştırılmaktadır. Bu işlemin bazı dezavantajları bulunmaktadır. Üretici açısından; bulgur verimi düşmekte (%80-85 olan randımanın %70-72'ye düşmesi), yan ürün (bulgur unu ve bulgur kepeği gibi) miktarı artmaktadır. Tüketici açısından ise: kepek ve kepek altı tabakalarda bulunan mineraller, fenolik ve antioksidan maddeler gibi besinsel bileşenler taneden atılmaktadır. Beslenmede fonksiyonel özelliğe sahip besinsel lifler, özellikle tahıl kepeklerinde (kabuk+aleuron) yoğun olarak bulunmaktadır (Bayram ve Öner, 2003).

Bulgur elde etmek için evrensel olarak kullanılan standart bir prosedür mevcut değildir (Evlice ve Özkaya, 2019). Ürün kalitesini sağlamak için, pişirme işlemi sırasında nişastanın tam jelatinleşmesi, deformasyonun olmaması, optimal renk ve boyut açısından standartların karşılanması gerekir (Bayram ve ark., 2004).

Son yıllarda yoğun olarak üretilen esmer bulgur, kırmızı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum*) çeşitlerinden üretilmektedir. Genellikle yoğrularak hazırlanan kısır, çiğ köfte gibi ürünlerde tercih edilmektedir. Esmer bulgurun *Triticum durum*

buğdayından elde edilen bulgura göre protein oranı daha düşük olduğu için yoğurma işlemi kolaylaşmaktadır (Köksel, 2021).

2.4. Bulgur Prosesinde Elde Edilen Ara ve Yan Ürünler

Bulgur üretiminde, bulgur randımanı yaklaşık olarak %80 olup, yaklaşık olarak %20 oranında da yan ürün açığa çıkmakta, bunun büyük kısmını da kepek oluşturmaktadır. Bulgur kepeğine kıyasla daha düşük miktarlarda bulgur unu ve düğürçük yan ürünleri elde edilmektedir.

2.4.1. Bulgur unu

Bulgur üretiminde tanenin kabuk kısmının uzaklaştırılması amacıyla, pişirilip kurutulmuş bulgur kabuk soyucudan geçirilmekte ve bu sırada bulgur unu adı verilen ince bir fraksiyon açığa çıkmaktadır (Türksoy ve Özkaya, 2004). Ayrıca bulgur kırma işlemi sonrasında sınıflandırma işleminde 0.25 mm elek altına geçen ürün de bulgur unu/elek altı unu olarak adlandırılmaktadır. Besin değeri yüksek olan bu ürün günümüzde genellikle hayvan yemi olarak kullanılmaktadır (Bayram ve Öner, 2005). Bulgur unu tanenin protein açısından zengin dış tabakalarını içermesi nedeniyle protein miktarı ve kabuk kısmının kolaylıkla ezilmesiyle una dönüştüğünden kül miktarı yüksektir. Üretim süreci değerlendirildiğinde bulgur unu beslenme ve sağlık açısından önemli bileşenlere sahiptir (Ünüvar, 2009).

2.4.2. Bulgur kepeği

Bulgur kepeği, bulgur prosesinde kabuk ayırma aşamasında ayrılan bir yan ürün olup, kompozit bir yapıdadır ve sırasıyla dış perikarp, iç perikarp, testa, hyalin, aleuron (kepeğe yapışık giden az bir miktar) tabakaları ve bazı bağlı nişastalı endosperm kalıntılarından oluşur (Hemery ve ark., 2011). Bulgur kepeği, buğday tanesinin dış katmanlarından elde edilir ancak buğday kepeğinin aksine aleuron tabakasını içermez ve bulgur üretim sürecinde uygulanan ısı işleminden dolayı fitik asit içeriği düşükken (Balcı ve Bayram, 2015), diyet lifi içeriği diğer tahıl kepeklerine göre oldukça yüksektir (Saka ve ark., 2020).

Karaman tipi bulgur üretiminde kırma aşamasında %3-4 civarında ve kabuk soyma aşamasında %7-8 civarında, kepek açığa çıkmakta olup, yaklaşık olarak toplam %11 oranında kepek elde edilmektedir. Antep tipi üretimde ise sadece kırma aşamasında kepek elde edilmekte ve bu oran %7-8 civarındadır (Karaman Ticaret Borsası, 2018).

Bulgur prosesinde açığa çıkan besinsel açıdan oldukça önemli bir yan ürün olan kepeğin bulgurdaki oranı yaklaşık olarak %11-15 civarındadır (Yüksel ve ark., 2017). Bu düşük değerli fraksiyonların nispeten yüksek konsantrasyonlarda potansiyel doğal antioksidan kaynakları olarak kullanılabileceği belirtilmektedir (Liyana-Pathirana ve Shahidi, 2007a). Günümüzde tahılların işlenmesi sırasında ayrılan kepeğin hem besinsel lif içeriği hem de antioksidan açısından önemli bir kaynak olduğu kesin bir şekilde bildirilmiştir (Fogliano ve ark., 2008).

2.4.3. Dügürçük

İç Anadolu bölgesinde “dügürçük”, Güneydoğu Anadolu bölgesinde “simit” olarak bilinmektedir. Bulgur prosesinde boyutuna göre sınıflandırma aşamasında 0.5 mm elek altından alınan yan üründür. Dügü, dügürçük, simit, samdo, ismeyt, setik gibi isimler de verilmektedir. Dügürçük; ağırlıklı olarak ruşeym parçacıklarından oluştuğu için kül, yağ, selüloz ve fitik asit bakımından zengin besinsel içeriğe sahiptir (Ertaş, 2017). Dügürçük, buğday unu ile karşılaştırıldığında, dügürçüğün kül ve protein miktarı daha yüksek olup, besinsel açıdan önemlidir (Yurddaş ve ark., 2003).

2.4.4. İri pilavlık, pilavlık, köftelik bulgur

Türk Gıda Kodeksi Bulgur Tebliği (Tebliğ No: 2016/49)’ne göre bulgur, pilavlık ve köftelik bulgur olarak ikiye ayrılır. Pilavlık bulgur tane iriliğine göre; tane bulgur, iri pilavlık bulgur, pilavlık bulgur ve ince pilavlık bulgur olmak üzere dört, köftelik bulgur ise tane iriliğine göre; köftelik bulgur ve ince köftelik bulgur olmak üzere iki gruba ayrılır (Anonim, 2017).

Türk Gıda Kodeksi Bulgur Tebliği ve TS 2284 Türk Bulgur Standardında bulgur ile ilgili tanımlar, sınıflandırma, kimyasal özellikler, toleranslar ve çeşit özellikleri verilmiştir (Anon., 2009; Anon., 2017).

Her çeşit bulgur, belirli bir yemek çeşidinde kullanılabilir ve kullanımda çeşitlilik sağlar. Örneğin Orta Doğu'da pilavlarda orta, iri ve çok iri bulgur kullanılırken, tabbouleh

ve içli köfte yapımında genellikle ince bulgur kullanılır. Orta öğütülmüş bulgur da lapa olarak pişirilebilir. Bulgurun kepeği tamamen ayrılmamış veya kırılmamış ekstra iri bulgur, yüksek diyet lifi içeriği nedeniyle tüketiciler arasında giderek daha popüler hale gelmektedir (Savaş ve Basman, 2016).

2.4.5. Bulgur yan ürünleri ile yapılan çalışmalar

Okuroğlu (2019) yaptığı çalışmada, mısır irmiğine farklı oranlarda (%0, 25, 50, 75 ve 100) bulgur altı unu ilave ederek ekstrüde çerez üretimi gerçekleştirmiştir. Artan bulgur altı unu oranının ekstrüde ürünlerde; genleşmeyi azalttığı ancak toplam diyet lif miktarını artırdığı bildirilmiştir.

Saka ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışmada, 3 farklı (200 µm, 400 µm ve 850 µm) partikül iriliğinde öğütülen bulgur kepeği %0, 5, 10, 15 ve 20 oranlarında bisküvilik buğday ununa ilave edilerek bisküvide lif kaynağı olarak kullanılabilirliği incelenmiştir. Bulgur kepeği partikül iriliği ve ilave oranına göre bisküvilerin toplam, çözünen ve çözünmeyen diyet lif miktarlarını önemli oranda artırdığı, en yüksek değerlerin 850µm granülasyonda ve %20 oranında elde edildiği belirtilmiştir. Bulgur kepeğinin diyet lif içeriğinin %70.48 ile % 80.56 arasında değiştiği belirlenmiştir.

Bulgur yan ürünlerinin (bulgur unu: BU, bulgur kepeği: BK, düğürcük: D) tarhana kalitesine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada; farklı oranlarda (%0, 5, 10, 15, 20, 25 ve 30) bulgur yan ürünleri kullanılmış; tarhanada BU, BK ve D kullanımıyla tarhananın protein ve kül içeriklerini artırdığı, %20 BU ve %15 BK içeren tarhanaların duyusal olarak kabul edilebilir olduğu belirtilmiştir. %20 BU ve %15 BK ilaveli tarhanaların; toplam besinsel lif içeriklerinin, kontrol örneğinden 4 kat daha fazla olduğu bildirilmiştir (Özboy ve ark., 2014).

İnstant çorba üretiminin amaçlandığı bir çalışmada; iki farklı un/düğürcük oranında (100/0 ve 50/50) tarhana üretilmiş, öğütmeden sonra, asit hidrolizi, ısı işlem ve lesitin uygulanarak üretilen instant tarhanalarda bazı analizler gerçekleştirilmiş olup, 100°C' de kurutulmuş lesitin ilaveli un/düğürcük (50/50) tarhana örneğinin; görünüş, kıvam ve ağız hissiyatı açısından kabul edilebilir olduğu, instant çorba olarak kullanılabilirliği sonucuna ulaşılmıştır (Yurttaş ve ark., 2003).

Tetik (2018) yaptığı çalışmada, kepek, ruşeym, düğürcük, üzüm posası kurusu, elma posası kurusu gibi fabrika yan ürünlerini, iki farklı partikül boyutunda (250 µm üstü ve 250 µm altı), farklı oranlarda (%0, 5, 10, 15 ve 20) buğday ununa ilave ederek bisküvi

üretmiş; ruşeym ve düğürçük ilaveli bisküvi örneklerinin en yüksek parlaklık (L^*) değerine sahip olduğunu, artan yan ürün ilave oranına bağlı olarak bisküvilerin diyet lif oranının da arttığını bildirmiştir.

Yüksel ve ark. (2017) yaptığı çalışmada, bulgur ununu farklı oranlarda (%25, 50, 75 ve 100) *Triticum durum* buğdayı irmiği ile yer değiştirme esası uygulayarak kuskus üretmişler, bulgur unu ilavesinin kuskus örneklerinde; hacim yoğunluğu, pişme kaybı, hacim ve ağırlık artışları, protein ve kül içerikleri üzerinde önemli ($p \leq 0,05$) etkisi olduğu bulunmuştur.

Yağcı (2019) çalışmasında; buğday, arpa, yulaf ve bulgur kepekleri, haşhaş küspesi, ruşeym gibi tahıl yan ürünlerini %10 oranında buğday ununa ikame ederek bisküvi yapımında kullanmış, bisküvilerin bazı fiziksel ve duyuşsal özelliklerini incelemiştir. Yan ürün ilavesinin su tutma oranı ve hamur gelişim zamanını etkilediği, ruşeym ilavesi dışında diğer yan ürünlerin bisküvi örneklerinin rengini, yayılma oranını ve genel kabul edilebilirliğini azalttığı, sertliğini ise artırdığı belirtilmiştir.

Baumgartner (2018) tarafından yapılan çalışmada, bulgur kepeği ve nohut kepeğine mikrofludizasyon işlemi uygulanarak ekmeğe katılmış, artan kepek ilave oranı, hamurun reolojik özellikleri, ekmeğin tekstürel ve duyuşsal özelliklerini olumsuz etkilemiş ancak mikrofludizasyon işlemi uygulanarak ilave edilen kepeklerin olumsuz etkilerinin azaldığı bildirilmiştir. Ekmeğe kepek ilavesi; diyet lif, fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivitelerini ilave oranına bağlı olarak artırmış, mikrofludizasyon işlemi uygulanan kepeklerde bu etkinin daha belirgin olduğu bildirilmiştir.

Yağcı ve ark. (2022) yaptıkları çalışmada, bulgur kepeğini çift vidalı ekstrüder kullanarak ön işlemden geçirmiş, enzimatik yolla nişasta giderme işlemi yapıp, hemiselüloz verimlerini belirlemişler, bulgur kepeği hemiselülozunun yüksek potansiyelli bir ksilooligosakkarit kaynağı olduğunu ortaya koymuşlardır.

Erkoç (2020) tarafından yapılan çalışmada, lignoselülozik kaynak olarak, bulgur kepeği kullanılmış; hemiselüloz fraksiyonu alkali özütleme tekniği ile bulgur kepeği yapısından ayrılmış ve biyobozunur film hammaddesi olarak kullanılmıştır.

2.5. Kraker

Kraker, bisküvilik undan daha yüksek protein (orta gluten kalitesine sahip) içeriğine sahip unlardan yapılan tuzlu, sert hamur bisküvisi olarak tarif edilmektedir. Hamuru ve işlenmesi kesme hamur bisküvi üretim tekniğine çok benzemektedir. Kesme

hamurlarında kabartıcı olarak maya kullanılması halinde kraker hamurları elde edilmektedir. Kraker üretiminde, genel olarak sert ve yumuşak buğday unu paçalları kullanılmakta olup, *Triticum aestivum* türüne ait orta sert buğdaydan elde edilen unların kullanımı önerilmektedir.

Kraker kalitesi, diğer tahıl ürünlerinde de olduğu gibi un kalitesine bağlıdır (Perez ve ark., 2003). Bisküvi üretiminde tercih edilen unlara göre, gluten miktarı ve gluten kalitesi daha yüksek, %10 civarında protein içeriğine sahip unlar kullanıldığında, arzu edilen özellikte krakerler üretilebilmektedir (Gabriela ve ark., 2003).

Hamur hazırlama işlemi iki şekilde yapılmaktadır:

a. Direkt Mayalama: Maya hamura katılır ve belirlenen şartlarda bekletilip işlenir.

b. İndirekt Mayalama: Maya ile hazırlanıp fermentasyonu tamamlamış hamur belirli oranlarda yeni hazırlanan hamura katılır ve oluşan karışım işlenir (Elgün ve ark., 2015).

Fermentasyon işlemi ürünün tüm karakterini (kabarması, aroma gelişimi, gevreklik, çıtırılık, ağızda dağılma vb.) doğrudan etkiler.

Krakerler lezzetli tadı, uzun raf ömrü ve kolay erişilebilirliği nedeniyle tüketici talebinin yoğun olduğu ürün grupları arasında yer almaktadır (Maneerote ve ark., 2009; Venkatachalam ve Nagarajan, 2017; Lekjing ve Venkatachalam, 2019).

Kraker üretiminde, çeşide göre, farklı miktarlarda un, su, maya veya kimyasal kabartıcılar, bitkisel shortening, tuz, şeker, süt, süt tozu, peynir altı suyu tozu, etil vanilin ve gluten kalitesi istenilenden yüksek olduğunda proteaz enzimi kullanılmaktadır (Gündoğdu, 2006).

Kraker üretimi; yoğurma, dinlendirme (kimyasal kabartıcı ilavelilerde) veya fermentasyon (maya ilavelilerde), inceltme (levhalama), hamur gerginliğini gidermek için tekrar dinlendirme, şekil verme ve pişirme adımlarında gerçekleşmektedir (Elgün ve ark., 2015). Günümüzde üretimi yapılan krem kraker, soda kraker, snack kraker ve çubuk kraker çeşitleri bulunmaktadır. Bu kraker çeşitlerini üretim basamaklarındaki küçük farklılıklar ve şekilsel özellikleri birbirinden ayırmaktadır.

Son zamanlarda besinsel ve fonksiyonel açıdan tahıl ürünlerini geliştirmek amacıyla; farklı unlar, yan ürünler kullanılarak yeni tahıl ürünleri geliştirilmesi üzerine yoğunlaşmıştır.

Endüstriyel olarak üretilen bisküvi ve çay kurabiyelerinin genel bileşimi; protein, yağ, karbonhidrat, diyet lif ve nem miktarı olarak sırasıyla, % 5.3-15.4, %3.1-30, %51-78, %2.2-3.1 ve %2.0-7.5 aralığında değişmektedir (Altner, 2015).

Mikro-akışkanlaştırma metoduyla elde edilen iki çeşit buğday kepeği lifi (ince ve kalın lifler) farklı miktarlarda (0, 15, 25, 35, 45, 55, 65 ve 75 g) kraker üretiminde kullanılmış; buğday kepeği lifi ilave oranı arttıkça, krakerin elastik özelliklerinin arttığı, buğday kepeği lifi içeren hamurların içermeyen ya da daha az içerenlere göre yüksek sertlik değerlerine sahip olduğu ve lifteki ferulik asit miktarının, buğday kepeğinde bulunandan daha yüksek çıktığı belirtilmiştir (Şahin, 2011).

Nandeesh ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada, farklı işlemlere tabi tutulmuş buğday kepeğinin (ham kepek, kavrulmuş kepek, buharda pişirilip-kavrulmuş kepek ve mikrodalgada işlenmiş kepek) %30 oranında buğday ununa ilavesi ile yumuşak bisküvi hamuru üretilerek, bisküvi hamurunun reolojik ve kalite özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Buğday kepeği ilavesi ile hazırlanan yüksek lifli bisküvi hamurunun; hamur stabilitesi, ekstensograf uzama direnci artmış; fakat uzayabilirlik, karıştırma tolerans indeksi ve alan değerleri, kohezifliği, elastikliği ve yapışkanlığı ise azalmıştır.

Levent (2005) yaptığı çalışmada, farklı besinsel lifleri (elma, limon ve buğday lifi, buğday kepeği) farklı oranlarda (%0, 15, 20 ve 30) bisküvilik buğday ununa karıştırıp, ksilnaz enzimi ilaveli (%0.4) ve ilavesiz olarak bisküvi üretmiştir. Buğday kepeği ve elma lifi ilaveli bisküviler tekstür, renk, görünüş ve besinsel açıdan en yüksek beğeniyi; limon lifi en düşük beğeniyi almıştır. Katkı oranı arttıkça bisküvi kalitesi düşerken, ksilnaz ilavesi bisküvilerde tekstür ve kaliteyi artırıcı etkide bulunmuştur.

İlkel buğday unlarının krakerlerde kullanılabilirliğinin araştırıldığı çalışmada, siyez (*Triticum monococcum*), dinkel (*Triticum spelta*), kavlca (*Triticum dicoccum*) tam buğday unları, tam buğday unu (*Triticum aestivum*) ve buğday unu (*Triticum aestivum*) kullanılarak krakerler üretilip, fiziksel ve kimyasal özellikleri karşılaştırılmıştır. İlkel buğday unlarından üretilen krakerlerin yüksek protein (%11.56-14.13) ve kül (%2.05-2.72) içeriğine sahip olduğu, tam buğday unlarından üretilen krakerlerin hepsinin çözünür (%2.19-2.77), çözünmez (%5.97-7.60) ve toplam diyet lif (%8.38-9.94) içeriklerinin daha yüksek, renklerinin daha koyu (58.85-68.12) ve sertliklerinin daha düşük (1125.6-1611.7 g) olduğu belirlenmiştir. Antik buğday unlarından üretilen krakerlerin kırmızılık değerleri (10.89-11.94) daha yüksek bulunmuş olup, duyuusal açıdan, krakerlerin hepsinin gevreklik, lezzet, genel kabul edilebilirlik puanlarının yakın olduğu bildirilmiştir (Aslan Türk ve ark., 2024).

Demir (2015), farklı oranlarda (%0, 20, 40, 60, 80 ve 100) tam buğday ununu, bisküvilik unla yer değiştirerek bisküvi üretimi yapmış, artan tam buğday unu ilavesiyle bisküvinin nem, kül, protein ve diyet lif miktarının arttığı belirtilmiştir.

Yulaf kepekli ve yulaftan üretilen krakerlerin enzimatik β -glukan ekstraksiyonu üzerine yapılan bir araştırmada, tam tahıllı krakerlerin önemli bir diyet lifi kaynağı ve oldukça büyük bir β -glukan içeriğine sahip olduğu bildirilmiştir (Gamel ve ark., 2014).

Sudha ve ark. (2007) yaptıkları çalışmada, buğday, pirinç, yulaf ve arpa kepeğini kullanarak bisküvi üretmişler, arpa ve yulaf kepeği kullanılarak üretilen bisküvilerin kabul edilebilirlik düzeyinin en yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Bilgiçli ve Türker (1999) yaptıkları çalışmada, farklı oranlarda tarhana tozu (%50, 75 ve 90) ve yağ (%12, 15 ve 20) ilave ederek kraker üretmişler; üretilen krakerlerde, %75 tarhana tozu ve %20 yağ ilaveli kraker en fazla beğeniyi almıştır.

Cucurbita pepo L. (kabak çekirdeği unu) %5, 10, 20 ve 30 oranlarında buğday ununa ilave edilerek kraker formülasyonunda kullanılmıştır. Kabak çekirdeği unu ilaveli krakerlerin toplam diyet lifi, protein ve kül içeriğinin arttığı, mineral içeriğinde ise en fazla artışın $P > K > Mg > Ca > Zn > Fe > Cu$ 'da olduğu görülmüştür (Altınar ve ark., 2021).

Altınar ve Şahan (2021) tarafından yapılan çalışmada, *Scolymus hispanicus* L. bitkisinin kök kısımları kurutulup, öğütülerek un haline getirilmiş ve farklı oranlarda (%5, 10, 20, 30 ve 40) buğday unu ile yer değiştirme esasıyla kullanılarak kraker üretimi gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan krakerlerin diyet lif oranları artarken, karbonhidrat ve enerji değerlerinin düştüğü bildirilmiştir. *Scolymus hispanicus* L. unu (SHU) ilavesi, krakerlerin kontrol örneğine göre toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve mineral madde içeriklerini yükseltmiş, krakerlerin renginde ise L^* değeri azalmış, a^* ve b^* değerleri ise artış göstermiştir. %20 oranında SHU kullanımıyla üretilen krakerler kabul edilebilir olarak değerlendirilmiştir.

2.6. Tarhana

Tarhana, Türkiye'de genellikle çorba yapımında kullanılan popüler bir geleneksel fermente gıda ürünüdür (Erbaş ve ark., 2005; Bilgiçli, 2009). Yoğurt, buğday unu, maya, çeşitli sebzeler (domates ve soğan) ve baharatlar (tuz, nane ve kırmızı biber) ile formüle edilir. Malzemeler karıştırılır, yoğrulur ve uygun bir süre (1-7 gün; Erbaş ve ark., 2005) fermantasyona bırakılır. Fermente edilen hamur güneş altında veya fırında kurutulduktan sonra 1 mm'den küçük parçacık boyutuna kadar öğütülür (Bilgiçli, 2009; Ertaş ve ark., 2014). Uzun tarhana fermantasyon süreci boyunca laktik asit bakterileri ve maya, tarhanaya mayamsı, asidik ve ekşi bir tat verir. Tarhana yüksek besin değerine sahiptir ve yüksek proteinli (ortalama %15; Koca ve ark., 2015) bir gıda olarak kabul edilir.

Fermantasyon sonucunda tarhanadaki riboflavin, niasin ve pantotenik asit önemli ölçüde artmaktadır. Tarhana üretiminde kullanılan bileşenler, tarhananın besin içeriğinin yanı sıra duyuşal özelliklerini de etkileyebilmektedir (Bilgiçli, 2009). Fermantasyon, tarhananın riboflavin, niasin, pantotenik asit, askorbik asit ve folik asit içeriklerinde önemli artışlara neden olmaktadır (Ekinci, 2005). Uzun tarhana fermantasyon süreci boyunca fitik asidin neredeyse %95'i kaybolmaktadır (Bilgiçli ve ark., 2006). Fitik asit, mineralleri ve proteinleri doğrudan veya dolaylı olarak bağlama ve böylece çözünürlüklerini, işlevselliklerini, sindirilebilirliklerini ve emilimlerini değiştirme kabiliyeti nedeniyle antibesinsel bir maddedir (Rickard ve Thompson, 1997).

Ülkemizin farklı bölgelerinde değişik isimlerde tarhanalar üretilmektedir. Bunlardan bazıları; un tarhanası, irmik tarhanası, göce tarhanası, karışık tarhana, kızılıık tarhanası, Maraş tarhanası, Trakya tarhanası, Beyşehir tarhanası, göçmen tarhanası, üzüm tarhanası, süt tarhanası vb. isimlerle tanımlanan tarhana çeşitleridir (Coşkun, 2014; Bal Yıldırım ve ark., 2021). Tarhananın birçok çeşidi olmakla birlikte temelde iki çeşidi vardır. Bunlardan birincisi ve en yaygını, buğday unu veya irmiği kullanılarak granüler/toz formda hazırlanan ve ağırlıklı olarak çorba tarzında tüketilen tarhanadır. İkinci tarhana çeşidi ise, daha çok kırsal kesimlerde yaygın tüketilen, çoğunlukla buğday kırması (yarma, dövme, göce) kullanılarak düz veya top şeklinde ve gevrek yapıda üretilir. İkinci tarhana çeşidi hem çerez hem de çorba olarak tüketilmektedir (Yönel ve ark., 2018; Aras ve Tan, 2020; Başlar ve ark., 2022).

Tarhananın fonksiyonel ve besinsel özelliklerini geliştirmek ve tahıl endüstrisi yan ürünlerine katma değer sağlamak amacıyla çalışmalar yapılmaktadır. Tahıllar, yalancı tahıllar, baklagiller ve tahıl sektöründe açığa çıkan yan ürünlerin, tarhana üretiminde kullanıldığı çalışmalardan bazıları aşağıda verilmiştir.

Yurtaş ve ark. (2003) çalışmalarında bulgur fabrikası yan ürünü olan düğürçük ile buğday ununu %50 oranında yer değiştirerek instant tarhana üretimini gerçekleştirmişlerdir. Düğürçük ilavesi ile üretilen tarhana örneklerine, önce asit hidrolizi (%40 oranında 0.6 N HCl) uygulanmış, sonrasında %0.5 oranında lesitin çözeltisi püskürtülmüş ve son olarak farklı sıcaklıklarda (50, 100, 150 ve 200°C) ısıl işlem (kurutma) uygulanmıştır. Duyusal değerlendirmeler sonucunda, %50 düğürçük ilaveli, asit hidrolizli, lesitin uygulanan ve 100 °C'de kurutulan tarhana örneğinin instant tarhana olarak kabul edilebilir nitelikte olduğu bildirilmiştir.

Çelik ve ark. (2010) yaptığı çalışmada, buğday kepeğini farklı oranlarda (%20 ve 40) tarhana üretiminde kullanmış, tarhanada artan kepek ilavesinin kül, protein ve lif

içeriklerini yükselttiğini, parlaklık (L^*), sarılık (b^*), viskozite ve duyuşsal puanları ise düşürdüğüünü belirlemiştir.

Bilgiçli ve İbanoğlu (2007), buğday kepeği ve ruşeymi %0, 10, 25 ve 50 oranlarında buğday unu ile yer değiştirme esasıyla kullanarak tarhana üretmişler; kepek ve ruşeym ilavesi ile tarhana hamurunun fitik asit içeriğinin yükseldiğini, fermantasyon sonucunda %90'ın üzerinde bir azalma olduğunu belirtmişlerdir. Kontrol örneğinde 72 saatlik fermantasyon sonucunda pH değerinin 4.25 olduğunu; kepek ya da ruşeym içeren tarhanaların pH değerlerinin ise 5.10'a kadar yükseldiğini saptamışlardır. Kepek ve ruşeym ilave oranı yükseldikçe tarhana örneklerinin parlaklık (L^*), kırmızılık (a^*), sarılık (b^*) değerlerinde ve fermantasyon süresinde düşüş olduğu bildirilmiştir. Tarhanada artan oranda buğday kepeği ve ruşeym kullanımıyla; protein, toplam fenolik madde ve mineral madde içeriğinde artış, antioksidan aktivite kapasitesinde ise azalma olduğu belirtilmiştir. Buğday kepeği veya ruşeym ilavesi tarhana rengini koyulaştırırken, viskoziteyi düşürmüştür. %10 ruşeym ve %25 buğday kepeği ilaveli tarhanalar duyuşsal değerlendirme sonucunda kabul edilebilir olarak bildirilmiştir (Bilgiçli ve ark., 2006).

Çalışkan ve Özçıra (2019), ruşeymi farklı oranlarda (%10, 20, 30 ve 50) buğday unu ile yer değiştirerek ürettikleri tarhanada, ilave edilen ruşeym oranına göre tarhanaların; protein, yağ, kül, selüloz, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite, su ve yağ tutma kapasiteleri ile köpük kapasitelerinin yükseldiğini; fakat parlaklık (L^*) ve sarılık (b^*) değerleri ile köpük stabilitesinin ise düştüğüünü belirlemiştir.

Güven (2023) yaptığı çalışmada, un fabrikası yan ürünü olan bonkalite unu farklı oranlarda (Buğday unu/Bonkalite un: 100/0, 75/25, 50/50, 25/75 ve 0/100) buğday unu ile karıştırarak tarhana üretiminde değerlendirmiştir. Artan bonkalite unu ilave oranı, tarhana örneklerinde protein, yağ, kül, toplam fenolik madde, fitik asit ve antioksidan aktivite içeriğini önemli düzeyde yükselttiği, parlaklık (L^* 77.13- 69.23), viskozite (118-53 cP), su tutma kapasitesi (%26.6-21.8) ve köpük kapasitesini (0.33-0.19 ml/ml) düşürdüğü belirtilmiştir. Bonkalite unu ilavesiyle üretilen tarhanalarda, yağ tutma kapasitesi (%23.8-31.5) ve köpük stabilitesi (100-277 sn) de yükselmiştir. 75/25 (buğday unu/bonkalite un) karışım oranıyla üretilen tarhana örneği en yüksek beğeniye almıştır.

Demir (2018), farklı oranlarda (%25, 50, 75 ve 100) tam buğday ununu, rafine buğday ununa ilave ederek ürettiği tarhanalarda, artan oranda tam buğday unu kullanımının örneklerin kül, protein, yağ, toplam fenolik madde miktarı ve fitik asit içeriğini artırdığını, %50 oranında tam buğday unu ilaveli tarhananın kabul edilebilir olduğunu bildirmiştir.

Hassan ve Gadallah (2018) yaptıkları çalışmada, farklı yoğurt (inek veya keçi) ve tahıl unları (buğday, yulaf veya arpa) kullanarak ürettikleri tarhanada; arpa unu ve keçi yoğurdu kullanımı, tarhanada toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite içeriklerinde önemli bir artış sağlamıştır. Bütün tarhana örneklerinin K, Na ve Mg açısından iyi bir mineral kaynağı olduğu, yulaf unu ve inek yoğurdundan üretilen tarhanada, parlak ve yoğun bir renk elde edildiği bildirilmiştir. Yulaf ve arpa unu ile üretilen tarhanaların mineral madde, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite içeriği bakımından iyi bir kaynak olduğu ve fonksiyonel gıda olarak kabul edilebileceği belirtilmiştir.

Karademir ve Yalçın (2019) çalışmalarında, buğday unu yerine karabuğday unu, irmik altı un ve kavuzsuz arpa unu kullanarak fermantasyonlu ve fermantasyonsuz olarak kızılılık (kiren) tarhanası üretimi yapmışlardır. Tarhanalara irmik altı un ve arpa unu ilavesiyle; tarhananın protein, yağ, kül ve lif içeriğinin yükseldiği; fermente edilen tarhanaların toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite miktarının, fermente edilmeyenlerden daha yüksek bulunduğu bildirilmiştir. Fermente edilen tarhanaların askorbik asit ve antosiyanin içeriklerinin fermente edilmeyenlerden daha düşük olduğu belirlenmiştir. Renk değerlerinin ilave edilen unlara göre değiştiği, fermantasyonsuz karabuğday tarhanasının duyuşal açıdan en çok beğenilen tarhana olduğu belirtilmiştir.

Ertaş (2018) tahıl, baklagil un veya kepeklerini farklı oranlarda (%25 ve 50) kullanarak mayalı ve mayasız tarhana ürettiği çalışmasında; tarhananın baklagil, tahıl ve kepeklerinin kullanımıyla toplam fenolik madde, mineral madde ve antioksidan aktivite değerlerinin yükseldiğini, renk değerlerinin ise sınırlı düzeyde değiştiğini belirtmiştir. Tarhanaya %25 arpa kepeği ve %50 çavdar unu ilavesi en yüksek antioksidan aktiviteyi vermiştir. Mayalı tarhanaların mayasız olanlara göre fitik asit içeriklerinin daha fazla düştüğü, yulaf unlu tarhananın ise duyuşal açıdan en yüksek beğeni puanını aldığı bildirilmiştir.

Bilgiçli (2009), buğday ununa %0, 20, 40, 60, 80 ve 100 oranlarında karabuğday unu ikame ederek tarhana örnekleri üretmiş, karabuğday ilave oranı arttıkça tarhanaların kül, yağ, protein ve selüloz içerikleri ile lisin amino asidi ve bazı minerallerin miktarlarının arttığını belirtmiştir. Fermentasyonla beraber fitik asit miktarının büyük oranda (>%90) azaldığı, %40 oranında karabuğday unu ilaveli tarhananın genel kabul edilebilirlik puanının yüksek olduğu bildirilmiştir.

Kişi ve Özsisli (2019) yaptıkları çalışmada, yulaf ezmesini %0, 10, 20, 30, 40 ve 50 oranlarında buğday ununa ikame ederek Maraş tarhanası üretmişlerdir. Yulaf ezmesinin ilavesinin tarhanaların protein, yağ, kül miktarını artırdığı belirtilmiştir. Tarhanada artan

oranda yulaf ezmesi kullanımıyla tarhananın parlaklığı azalmış, sarılık ve kırmızılık değerleri artmıştır. Tarhanada en yüksek yulaf ezmesi kullanım oranlarının (%40 ve 50) kabul edilebilir olduğu bildirilmiştir.

Farklı oranlarda (%20-100) yulaf unu ilave edilerek üretilen tarhanaların farklı kurutma tekniği (güneş, fırın ve mikrodalga) ile kurutulmasının fenolik madde kompozisyonu, toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan kapasite üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmada; artan yulaf unu ilavesiyle tarhananın toplam fenolik içeriğinin arttığı, en yüksek fenolik madde içeriğinin 55°C’de fırında kurutulan tarhanalarda olduğu belirtilmiştir. En yüksek oranda bulunan flavonol ve fenolik asitin sırasıyla kaempferol (23.62 mg/g) ve 3-hydroxy-4-metoxy sinnamik asit (9.60 mg/g) olduğu, konvansiyonel fırın ve mikrodalga fırın ile kurutulan tarhana örneklerinin antioksidan kapasitelerinin güneşte kurutulanlardan daha yüksek bulunduğu bildirilmiştir (Değirmencioğlu ve ark., 2016).

Kilci ve Göçmen (2014) tarafından yapılan çalışmada, yulaf ununu farklı oranlarda (%10, 20, 30 ve 40) buğday unu ile yer değiştirme esası uygulayarak tarhana üretmişlerdir. Tarhanada artan yulaf unu oranının toplam fenolik madde, mineral madde ve antioksidan aktivite içeriklerini yükselttiği ve tarhanalarda yulaf unu ilavesiyle panelistler tarafından beğenilen hafif tatlımsı bir lezzetin ortaya çıktığı belirtilmiştir. Tarhana örneklerinde en fazla bulunan fenolikler; vanilik, ferulik ve gallik asit olarak bildirilmiştir.

Arpa unundan tarhana üretimi gerçekleştirilen bir çalışmada, üretilen arpa unlu tarhanaların β -glukan içerikleri artarken, viskozitelerinin düştüğü ve duyuşsal olarak kabul edilebilir olduğu bildirilmiştir (Erkan ve ark., 2006).

Mısır ve pirinç unları kullanımıyla glutensiz tarhana üretilen bir çalışmada, glutensiz tarhananın fizikokimyasal ve duyuşsal özellikleri araştırılmış, hazırlanan glutensiz tarhananın, bazı duyuşsal özellikler açısından yeterli olduğu bildirilmiştir (Yalçın ve ark., 2008).

Peynir altı suyu ve mısır unu ile tarhana üretilen bir çalışmada; mısır unu ile yapılan tarhanaların protein ve kalsiyum içeriklerinin buğday unu ile yapılan tarhanalardan daha düşük olduğu; buna karşılık mısır unlu tarhanaların yağ miktarı, selüloz, asitlik derecesi ve bazı mineral içeriklerinin ise daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Yoğurt yerine peynir altı suyu kullanılarak üretilen tarhana örneklerinde protein, yağ, selüloz ve nişasta miktarında azalma, kül ve asitlik derecesinde artış olduğu belirtilmiştir.

Peynir altı suyu ile üretilen tarhananın yoğurtla üretilen tarhana kadar kabul edilebilir olduğu sonucuna varılmıştır (Tarakçı ve ark., 2004).

Köse ve Süngü Çağındı (2002) tarafından yapılan çalışmada; mısır, çavdar ve soya fasulyesi unları ayrı ayrı ya da buğday unu ile yer değiştirme esasına göre tarhana üretiminde kullanılmıştır. Çavdar unu ve soya fasulyesi unu ilavesi, tarhananın kül içeriğini artırmış, mısır unu ise azaltmıştır. Protein miktarı; çavdar unlu tarhanada değişmemiş, soya fasulyesi ilavesi artırmış, mısır unu ilavesi ise düşürmüştür. Tarhanaların asitliklerinin yakın değerlerde (%1.5-1.7) ölçüldüğü, renklerde farklılıklar olduğu belirtilmiştir. Duyusal açıdan en beğenilen tarhananın, %25 ve 50 oranında çavdar unu veya %5 soya unu ilaveli olduğu bildirilmiştir.

Türker (1991), çimlendirilmiş baklagillerin (soya fasulyesi, nohut, mercimek) tarhana üretiminde kullanılabilme olanaklarını araştırdığı çalışmada; soya fasulyesi ilavesiyle, selüloz, protein, kül, yağ, P ve Zn miktarlarında en çok artış sağlandığını belirtmiştir. Mercimek ilavesiyle Fe'nin, nohut ilavesiyle ise Ca'nın en yüksek seviyeye çıktığı görülmüştür.

Nohut, fasulye, mısır, pirinç, karabuğday ve mercimek unları kullanılarak tarhana üretilen bir çalışmada; fasulye tarhanasında en yüksek kül miktarı (%5.18), kırmızı mercimek tarhanasında en yüksek protein miktarı (%28.19) ve mısır tarhanasında en yüksek yağ miktarı (%9.55) elde edilmiştir. Mısır tarhanasının pH'sı (4.03) hariç diğer tarhanaların pH değerlerinin (4.25-4.49) birbirine benzer olduğu belirtilmiştir. İlave edilen tahıl ve baklagil ununa göre tarhanaların teknolojik ve reolojik özelliklerinin değiştiği ama genel kabul edilebilirlik puanlarının ise benzer olduğu bildirilmiştir (Hendek Ertop ve Atasoy, 2019).

Yapılan bir çalışmada buğday unu yerine mercimek (kırmızı, yeşil ve sarı) unları kullanılarak glutensiz tarhana üretilmiş; üretilen tarhanalarda kontrole göre protein, yağ, kül, diyet lifi, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite içeriklerinde önemli düzeyde artış olduğu ve genel beğeni düzeylerinde ise farklılık olmadığı bildirilmiştir (Göncü ve Çelik, 2020).

Farklı oranlarda (%0, 20, 40, 60, 80 ve 100) kinoa unu, buğday unu ile yer değiştirme esasına göre ilave edilerek, tarhana üretiminde kullanılmıştır. Kinoa unu ilavesi tarhana örneklerinin L^* , a^* ve b^* değerlerini azaltmıştır. Artan oranda kinoa kullanımı, tarhananın kül, protein, yağ, fitik asit ve toplam fenolik madde miktarını artırdığı, viskozite değerlerini ise düşürdüğü tespit edilmiştir (Üçok ve ark., 2019).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Araştırmada materyal olarak kullanılan örnekler, bazı bulgur fabrikalarının proses aşamalarından (buğday, pişirme, kurutma, kabuk soyma, kırma, son ve yan ürünler) ayrı ayrı alınmıştır. Örnekler; Konya, Mersin ve Gaziantep'te bulunan dört bulgur fabrikasından temin edilmiştir.

Kraker ve tarhana üretiminde kullanılan buğday unu, ticari bir un fabrikasından (Hekimoğlu Un, Konya, Türkiye), yağ (Bizim Yağ, İstanbul, Türkiye), kabartma tozu (Dr.Oetker, İzmir, Türkiye), pudra şekeri (Dr.Oetker, İzmir, Türkiye), yoğurt (Cebel Süt, Konya, Türkiye), domates salçası (Tat, İzmir, Türkiye), kırmızı tatlı toz biber (Bağdat Baharat, Ankara, Türkiye), yağ maya (Pakmaya, Kocaeli, Türkiye), sofraya tuzu (Salina, Konya, Türkiye) ve kuru soğan yerel bir marketten temin edilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Deneme deseni

Çalışmanın ilk aşamasında; Konya, Gaziantep ve Mersin'de bulunan birçok bulgur fabrikasıyla görüşülmüştür. Proses aşamalarından örnek alma talebimize çoğu fabrika olumsuz yaklaştığı için araştırma örnekleri ancak dört fabrikadan temin edilebilmiştir. Hammadde olarak kullanılan buğdayın yanında her bir proses aşamasından alınan; son ürün (iri pilavlık, pilavlık ve köftelik bulgur) ve yan ürün (pişirilmiş-kurutulmuş buğday, kabuğu soyulmuş tane buğday, bulgur kepeği ve bulgur unu) örneklerinde; fiziksel, kimyasal ve fonksiyonel analizler gerçekleştirilmiştir. Hammadde olarak alınan buğday örneklerinde; bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı, tane sertliği, tane iriliği, renk, nem, kül, protein, yağ, mineral madde, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite, fitik asit analizleri gerçekleştirilmiştir. Bulgur prosesi, ürün ve yan ürünlerde renk, nem, kül, protein, yağ, mineral madde, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite, fitik asit analizleri yapılmıştır.

Çalışmanın ikinci aşamasında; yan ürünlerden bulgur unu ve bulgur kepeğini tahıl ürünlerinde değerlendirilmek amacıyla kraker ve tarhana üretiminde kullanılmıştır. Bulgur unu %0, 10, 20, 30 ve 40; bulgur kepeği ise %0, 5, 10, 15 ve 20 oranlarında buğday

unu ile yer değiştirilerek kraker ve tarhana üretiminde kullanılmıştır. Hazırlanan kraker ve tarhana örneklerinde bazı fiziksel, kimyasal ve duyusal analizler yapılmıştır.

Ayrıca hammadde olarak kullanılan buğday, son ürün olan bulgur örneklerinde (iri pilavlık bulgur, pilavlık bulgur, köftelik bulgur), en yüksek beğeni alan kraker ve tarhana örneklerinde *in vitro* sindirimi gerçekleştirilmiştir. Sindirim başlangıcında ve *in vitro* sindirim sonucunda elde edilen örneklerde; nişasta, protein, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite analizleri yapılmıştır. Bu sonuçlara göre % biyoerişilebilirlik değerleri belirlenmiştir.

3.2.2. Buğdaya uygulanan fiziksel analizler

3.2.2.1. Bin tane ağırlığı

Buğdayın bin tanesinin gram cinsinden ağırlığıdır. Bin tane ağırlığı, yabancı maddelerinden temizlenmiş asıl sağlam buğdaydan 500 tane sayılmış, tartılmıştır ve sonuç iki ile çarpılarak bulunmuştur. Sonuçlar gram olarak belirtilmiştir (Özkaya ve Özkaya, 2005a).

3.2.2.2. Hektolitre ağırlığı

Hektolitre ağırlığı tayininde; buğday 1 litrelik hektolitre terazisi doldurma silindirine 4 cm yükseklikten 12 saniyede dolacak şekilde boşaltılıp, sonra bıçak çekilerek, ölçü silindirine aktarılmış ardından bıçak tekrar yerine takılıp, bıçak üstünde kalan fazla kısım ayrılmıştır. Daha sonra bıçak çıkarılıp buğdayın ağırlığı belirlenmiştir. Sonuçlar kg/hl olarak verilmiştir. Analiz 2 tekerrürlü olarak yapılmıştır (Özkaya ve Özkaya, 2005a).

3.2.2.3. Tane sertliği

Buğdayların camsılık oranına Grobecker kesit aleti kullanılarak bakılmıştır. Buğday taneleri Grobecker makasına yerleştirilip kesilmiş ve camsı, unsu, dönmeli buğday taneleri sayılmıştır. Bulunan değerler 2 ile çarpılarak % camsı buğday oranı belirlenmiştir (Elgün ve ark., 2001).

3.2.2.4. Tane iriliği

Tane iriliği, delik aralığına gore en üstte en büyük olmak üzere sıralanmış elek takımının (2.2, 2.5 ve 2.8 mm) stne 100 g buğday konulup, 5 dakika elenmiştir. Eleme sonunda eleklerin üzerinde kalan buğdaylar ayrı olarak tartılmıştır. Ardışık iki elek üstü (2.2+2.5 veya 2.5+2.8) toplam değeri %75'ten yüksek ise örneğin homojen olduğu kabul edilmiştir (Elgün ve ark., 2001).

3.2.3. Bulgur prosesi yan ürün ve son ürünlerine uygulanan analizler

3.2.3.1. Renk

Renk, Minolta CR-400 (Konica Minolta, Inc., Osaka, Japonya) cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Ölçümlerde, 50 gram numune kullanılmıştır. L^* (parlaklık), a^* (kırmızı, yeşil) ve b^* (sarı, mavi) değerlerinin belirlenmesi için 5 ölçüm yapılmıştır (Francis, 1998).

3.2.3.2. Nem

Sabit tartıma getirilip darası alınan kurutma kaplarına, 4-5 g örnek tartılıp, 135 C'de etüvde (Nüve KD 200, Türkiye) 2 saat kurutulmuştur. Ağırlık farkından % nem miktarları belirlenmiştir. Nem tayini AACC 44-19.01'e gore yapılmıştır (AACC, 2000)

3.2.3.3. Kl

Kül tayini AACC Standart Metot No: 08-01.01 (AACC, 2000)'a gore gerçekleştirilmiştir. Yakma işlemi, kül fırınında (Daihan Wisetherm F-12, Gangwon, Güney Kore) 550 C'de hiçbir siyah nokta kalmayıncaya kadar gerçekleştirilmiştir. Kl rnekleri desikatörde soğutulup, tartılarak % kuru maddede kül miktarı hesaplanmıştır.

3.2.3.4. Protein

Protein miktarı, AACC 46-30.01'e göre Dumas azot cihazı kullanılarak belirlenmiştir (AACC, 2000). Buğday ve buğday kaynaklı tahıl ürünleri için 5.70 faktörü kullanılarak örneklerin protein miktarları kuru madde esasına göre belirlenmiştir.

3.2.3.5. Yağ

Yağ tayini, AACC 30-25.01'e göre yapılmıştır (AACC, 2000). Örneklerdeki yağ hekzan kullanılarak Soxhlet sistemiyle ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyondan sonra hekzan uzaklaştırılmış, Kalıntı 100°C'de sabit tartıma gelinceye kadar kurutulmuş, desikatörde soğutularak, tartılmıştır. Sonuçlar % olarak hesaplanmıştır.

3.2.3.6. Mineral madde

Örneklerdeki Ca, Cu, Fe, K, Mg ve Zn konsantrasyonları indüktif eşleşmiş plazma spektrometresi (ICP-AES) (Vista Serisi; Varian Int, AG) ile belirlenmiştir. 0.3 g örnek üzerine 7 ml nitrik asit + sülfürik asit karışımı konularak mikrodalga sistemde (Mars 5, CEM Corporation, USA) yakılmış, sonrasında süzüklerin mineral madde içerikleri ICP-AES cihazı ile okunmuştur (Skujins, 1998).

3.2.3.7. Toplam fenolik madde

Örneklerin toplam fenolik madde ekstraksiyonu Yılmaz ve Koca (2017)'da belirtilen yöntem modifiye edilerek yapılmıştır. Ekstraksiyon için; 1 g örnek üzerine, %1 hidroklorik asit içeren 10 ml metil alkol (metanol:su:HCl, 80:10:1, h/h/h) eklenmiştir. 2 saat süre ile oda sıcaklığında (24±1 °C) su banyosunda (Daihan Wisebath WSB-30, Gangwon, Güney Kore) çalkalanmıştır. Çalkalanan örnekler 3000 rpm' de 10 dk santrifüj edilmiştir.

Toplam fenolik madde miktarları UV-visible spektrofotometre kullanılarak Folin-Ciocalteu kolorimetrik yöntemi modifiye edilerek tespit edilmiştir (Singleton ve Rossi, 1965). Analiz için mikro küvete 0.1 ml süpernatant alınmış üzerine 0.5 ml Folin-Ciocalteu reaktifi (%10'luk, h/h, suda) eklenmiş ve 5 dk sonra üzerine 0.4 ml Na₂CO₃ (%7.5'lik g/h) eklenerek, oda sıcaklığında (24±1 °C), karanlık ortamda 2 saat süre ile inkübe edilmiştir. Spektrofotometre okumaya başlanmadan önce ekstraksiyon çözeltisi ile sıfırlanmış, sonra örneklerin 760 nm'de spektrofotometrede (Hitachi-U1800, Japonya)

absorbans değerleri okunmuştur. Toplam fenolik madde içeriği gallik asit eşdeğeri/kg (mg GAE/kg) olarak ifade edilmiştir (Gamez-Meza ve ark., 1999).

3.2.3.8. Antioksidan aktivite

Örneklerin antioksidan aktiviteleri DPPH, FRAP ve CUPRAC olmak üzere 3 farklı yöntem ile belirlenmiştir.

DPPH (2-2-Diphenyl-2-picrylhydrazyl) metodu; Gyamfi ve ark. (1999) ile Beta ve ark. (2005)'nin yöntemleri modifiye edilerek kullanılmıştır. 1 g örnek 10 ml %80'lik metanol ile karıştırılarak, 24 ± 1 °C'de 2 saat çalkalamalı su banyosunda tutulmuştur. Sonra 3000 rpm'de 10 dk santrifüj işlemi gerçekleştirilmiştir. Süpernatant filtreden geçirilerek analiz edilmiştir. 100 µl örnek ekstraktı üzerine 3.9 ml DPPH çözeltisi eklenmiş ve oda sıcaklığında, karanlık bir ortamda 30 dk bekletilmiştir. Absorbans değerleri spektrofotometrede 517 nm'de ölçülmüştür. Spektrofotometre cihazı işleme başlanmadan kör ile sıfırlanmıştır. Sonuçlar troloks eşdeğeri olarak verilmiştir.

FRAP metodu; FRAP (Demir İndirgeme Antioksidan Gücü) Gao ve ark. (2000)'nin yöntemine göre gerçekleştirilmiştir. 50 µl örnek ekstraktı üzerine 700 µl ferrik-TPTZ (Tripyridyl triazine) çözeltisi ilave edilerek karanlıkta 5 dakika bekledikten sonra absorbans değerleri UV-Visible spektrofotometrede 593 nm'de ölçülmüştür. Analiz çözeltisi; 300 mmol/L asetat tamponu (pH 3.6), 40 mmol/L HCl içinde 10 mmol/L TPTZ çözeltisi ve 20 mmol/L FeCl₃, sırası ile 10:1:1 oranında karıştırılarak hazırlanmıştır. Sonuçlar 2 paralelli olarak troloks eşdeğeri (µmol TE/g) cinsinden verilmiştir.

CUPRAC metodu; CUPRAC (Bakır (II) İyonu İndirgeme Esaslı Antioksidan Kapasite) Apak ve ark. (2008)'in metodu kullanılarak belirlenmiştir. Bir cam tüp içerisine 10^{-2} M CuCl₂, 1M NH₄AC (Amonyum asetat tamponu, pH 7.0) ve 7.5×10^{-3} M neokuproin çözeltilerinden 1'er ml konulmuş ve üzerine 0.1 ml antioksidan çözeltisi ve 1 ml distile su ilave edilip, toplam hacim 4.1 ml olacak şekilde hazırlanan tüpler vortekslenmiştir. Karışım oda koşullarında ağzı kapalı olarak 30 dakika süre ile inkübe edilmiştir. Absorpsiyon spektrofotometre (Hitachi-U1800, Japonya) kullanılarak, 450 nm'de ölçülmüştür. Sonuçlar trolox eşdeğeri (µmol TE/g) olarak belirtilmiştir.

3.2.3.9. Fitik asit

Örneklerin fitik asit miktarı, kolorimetrik metot ile Haug ve Lantzsch (1983)'e göre belirlenmiştir. Örnekler 0.2 N HCl ile ekstrakte edilmiştir. Elde edilen ekstrakt demir III solüsyonu ile muamele edildikten sonra serum kısmında kalan demir miktarı spektrofotometrik yöntemle belirlenmiştir. Sonuçlar, okunan absorbans değerlerinden mg/100 g olarak hesaplanmıştır.

3.2.3.10. *In vitro* analiz

Bulgur örneklerinde biyoerişilebilirliği belirlemek için Brodkorb ve ark. (2019) tarafından bazı modifikasyonlarla açıklanan INFOGEST protokolüne göre *in vitro* analiz gerçekleştirilmiştir.

KCL (3.73 g), KH₂PO₄ (6.8 g), NaHCO₃ (6.8 g), NaCl (11.7 g), MgCl₂(H₂O)₆ (3.05 g) ve (NH₄)₂CO₃ (4.8 g) tartılarak 100 ml saf suda çözdürülmüştür. Bu elektrolit çözeltileri kullanılarak simüle tükürük (SSF), mide (SGF) ve bağırsak sıvısı (SIF) hazırlanmıştır. Daha sonra 3.33 g CaCl₂ tartılarak ve 100 ml saf su içerisinde çözdürülmüştür. Ek olarak 0.4086 g safra tuzu, 100 ml saf su içerisinde çözülerek 10 mM safra tuzu çözeltisi hazırlanmıştır. Solüsyonlar ağız, mide ve bağırsağın pH verilerine göre ayarlanmıştır.

Tükürük sindirimini gerçekleştirmek için 2 g öğütülmüş bulgur örneği tartılıp, 3 ml saf su ile homojenize edilmiştir. Daha sonra örneklere 2 µl CaCl₂ eklenerek tekrar homojenize edilmiştir. Örneklere 4 ml SSF ve 0.25 g α-amilaz enzimi (3000 U/g,) eklenip karıştırılmıştır. pH ayarlaması yapıldıktan sonra son hacim 10 ml'ye tamamlanmış ve örnekler 37 °C'de 2 dakika inkübe edilmiştir. Çözünmüş kısımdan örnek alınıp 13000 rpm'de 10 dakika santrifüj edilerek; glukoz, protein, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite (DPPH, FRAP ve CUPRAC) analizleri yapılmıştır. Geri kalan kısım *in vitro* sindirime devam edilmiştir.

Mide sindirimini gerçekleştirmek için tükürük sindirimi testinden elde edilen örneklerin 10 ml'si, 5 µl CaCl₂, 8 ml SGF, 64 mg pepsin (>500 U/g) ve 10 mg lipaz ile karıştırılarak homojenize edilmiştir. pH ayarlaması yapıldıktan sonra son hacim 20 ml'ye tamamlanarak 37°C'de 2 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresi sonunda NaHCO₃ ile pepsin aktivitesi durdurulmuştur. Bağırsak sindirimini gerçekleştirmek için mide sindirim testinden alınan örnekler 40 µl CaCl₂, 10 mg pankreatin, 11 ml SIF, 2.5 ml safra tuzu ile karıştırılarak homojenize edilmiştir. pH ayarlaması yapıldıktan sonra son hacim 40 ml'ye tamamlanarak ve 37 °C'de 2 saat inkübasyona bırakılmıştır. Sonrasında

13000 rpm'de 10 dakika santrifüj edilen süpernatanttan örnek alınıp; glukoz, protein, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite (DPPH, FRAP ve CUPRAC) analizleri gerçekleştirilmiştir. *In vitro* sindirim sonucunda elde edilen sonuçlar, başlangıç değerleriyle oranlanarak, % biyoerişilebilirlik değerleri belirlenmiştir.

3.2.3.11. Glukoz

Goni ve ark. (1997)'e göre modifiye edilerek belirlenmiştir. 0.1 ml örnek alınıp üzerine 3 ml GOPOD (glukoz oksidaz/peroksidaz) çözeltisi eklenerek karıştırılmıştır. 20 dakika süre ile 45 °C'de inkübe edilmiş ve 510 nm'de glukoz konsantrasyonu ölçülmüştür.

3.2.4. Kraker üretimi

Çizelge 3.1. Kraker formülasyonları

Bileşen	Bulgur unu					Bulgur kepeği			
	%0	%10	%20	%30	%40	%5	%10	%15	%20
Bulgur unu/Bulgur kepeği	0	10	20	30	40	5	10	15	20
Un	100	90	80	70	60	95	90	85	80
Yağ	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Tuz	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
Kabartma tozu	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Pudra şekeri	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Yaş maya	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Proteaz	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

Kraker üretiminde Davidson (2016)'un yöntemi modifiye edilerek kullanılmıştır. Katkısız kraker üretiminde 100 g un esasına göre, 15 g katı yağ, 1.6 g tuz, 1.5 g pudra şekeri, 1.5 g kabartma tozu, 0.2 g yaş maya ve 0.01 g proteaz ve yeterli oranda su kullanılarak hamur yoğurma makinasında (Hobart N50, Offenburg, Almanya) ideal hamur elde edilinceye kadar yoğrulmuştur. Kraker formülasyonlarında bulunan buğday unu, bulgur unu (BU) ile %0, 10, 20, 30 ve 40; bulgur kepeği (BK) ile %0, 5, 10, 15 ve 20 oranlarında yer değiştirme esasına göre ilave edilerek kraker örnekleri hazırlanmıştır. Yoğrulan hamur 35°C'de ve %80 nisbi nemde 120 dakika fermente edilmiştir. Mayalanan hamur 1 mm kalınlığında açılıp, daire şeklinde kesilmiştir. Şekil

verilen krakerler, fırında (Vestel SF8401, Manisa, Türkiye) 170°C'de 11 dakika süreyle pişirilmiştir.

3.2.5. Kraker analizleri

3.2.5.1. Renk

Kraker örneklerinde renk 3.2.3.1. başlığında anlatıldığı şekilde ölçülmüştür. Kraker örneklerinde beş farklı noktada renk ölçümü yapılarak, ortalamaları verilmiştir.

3.2.5.2. Çap, kalınlık ve yayılma oranı

Krakerlerin çap, kalınlık ve yayılma oranlarının belirlenmesi için örnekler oda sıcaklığında 60 dakika dinlendirilmiştir. Çap, kalınlık ölçümü kumpas (Mitutoyo, Minoto-Ku, Tokyo, Japonya) ile beş ayrı noktadan ölçülerek ortalamaları alınmış mm olarak verilmiştir. Yayılma oranı, kraker çapının kalınlığına oranlanmasıyla belirlenmiştir.

3.2.5.3. Tekstür

Kraker örnekleri 24 saat oda şartlarında dinlendirildikten sonra sertlik (hardness) ve kırılabilirlik (fracturability) değerleri, TA.XT plus Texture Analyser (Texture Exponent Stable Micro Systems Ltd., Surrey, UK) cihazı ile ölçülmüştür. HDP/3PB 3-Point Bending Rig probu kullanılarak yapılan ölçümlerde ön test hızı 1.0 mm/s; test hızı 1.0 mm/saniye; test sonrası hızı 10.0 mm/s; probun açıklığı/mesafesi 3 mm; tetik tipi: otomatik 5 g parametreleri uygulanmıştır.

3.2.5.4. Kimyasal analizler

Kraker örneklerinin nem içerikleri AACC Standart Metot No: 44-15.02 (AACC, 2000)'e göre 135 °C de 2 saat normu kullanılarak belirlenmiştir.

Krakerlerin kül, protein, yağ, mineral madde, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite, fitik asit ve *in vitro* biyoerişilebilirlik değerleri 3.2.3. başlığı altında belirtilen yöntemler uygulanarak tayin edilmiştir.

3.2.5.5. Duyusal analizler

Kraker örneklerinde duyusal analiz, Necmettin Erbakan Üniversitesi Gıda Mühendisliği bölümünde 25-62 yaşları arasındaki 12 panelist tarafından yapılmıştır. Panelistler; görünüş, renk, tat, koku, gevreklik ve genel beğeni parametrelerine göre, 1-9 aralığındaki skalayı (1: aşırı kötü, 9: mükemmel) kullanarak kraker örneklerini değerlendirmişlerdir.

3.2.6. Tarhana üretimi

Çizelge 3.2. Tarhana formülasyonları

Bileşen	Bulgur unu					Bulgur kepeği			
	%0	%10	%20	%30	%40	%5	%10	%15	%20
Bulgur unu/Bulgur kepeği	0	10	20	30	40	5	10	15	20
Buğday unu	100	90	80	70	60	95	90	85	80
Yoğurt	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Domates salçası	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Kuru soğan	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Yaş maya	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Kırmızı toz biber	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Tuz	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tarhanayı hazırlamak için buğday unu, yoğurt, salça, doğranmış soğan, kırmızı toz biber, tuz ve yaş maya hamur yoğurma makinasında (Hobart N50, Offenburg, Almanya) en yüksek hızda 5 dakika süre ile su eklenmeden homojen bir yapı elde edilinceye kadar karıştırılmıştır. Nihai karışım, 20 cm derinliğinde kapalı cam kaplara konulmuştur. Fermentasyon için 30 °C'de 72 saat inkübe edilmiştir. Fermentasyon sırasında her 12 saatte bir manuel olarak tarhana karıştırılmıştır. Fermente olan tarhana hamuru ~2 cm çapındaki parçalar halinde tepsilere yerleştirilip ve hava konveksiyonlu bir fırında (Nüve KD-200, Ankara, Türkiye) 55 °C'de 48 saat süreyle %9–12 nem içeriğine kadar kurutulmuştur. Daha sonra kuru numuneler 500 µm'ye öğütülmüş ve polietilen torbalarda buzdolabında muhafaza edilmiştir. Tarhana formülasyonlarında bulgur unu (BU) %0, 10, 20, 30 ve 40; bulgur kepeği (BK) %0, 5, 10, 15 ve 20 oranlarında buğday unu ile yer değiştirme esası kullanılarak tarhana örnekleri üretilmiştir.

3.2.7. Tarhana analizleri

3.2.7.1. Renk

500 μ partikül iriliğinde öğütülmüş olan tarhana numunelerinde L^* (parlaklık), a^* (kırmızı-yeşil), b^* (sarı-mavi) değerleri 3.2.3.1. başlığında anlatıldığı şekilde ölçülmüştür.

3.2.7.2. Kimyasal analizler

Tarhanalarda nem, kül, protein, yağ, mineral madde, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite, fitik asit ve *in vitro* biyoerişilebilirlik değerleri 3.2.3. başlığı altında belirtilen yöntemler uygulanarak belirlenmiştir.

3.2.7.3. Duyusal analizler

Duyusal analizde 12 eğitimli panelist, tarhana örneklerini; renk, tat, koku, kıvam, ağız hissiyatı ve genel beğeni parametreleri açısından, 1-9 arasındaki skalayı (1: aşırı kötü, 9: mükemmel) kullanarak (Epler ve ark., 1998) değerlendirme yapmışlardır.

3.2.8. İstatistiksel analizler

İstatistiksel analizlerde JMP istatistik programı, 17.0 versiyonu (SAS Institute Inc., Cary, NC, ABD) kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Student's t testi ile karşılaştırılmıştır ($p < 0.05$). İstatistiksel değerlendirme sonuçları çizelgeler üzerinde belirtilmiştir.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Buğday Analiz Sonuçları

Bulgur üretiminde hammadde olarak kullanılan buğday örneklerine ait fiziksel analiz sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Dört farklı fabrikada bulgur prosesinde kullanılan buğdayların bin tane ve hektolitreye ağırlığı değerleri; 44.1-50.6 g ve 85.2-87.3 kg/hl arasında değişmiştir. Sertlik değerleri sırasıyla %74, 77, 86 ve 70 olarak bulunmuştur. En yüksek bin tane ve hektolitreye ağırlığı değerleri sırasıyla 50.6 g ve 87.3 kg/hl olup, Fabrika 1’den alınan buğdayda elde edilmiştir. Diğer fabrikaların bin tane ağırlığı ve hektolitreye ağırlığı değerleri birbirine çok yakın bulunmuştur. Bulgur üretiminde sert karakterli camsı durum buğdayları tercih edilmektedir. Fabrikalarda hammadde olarak kullanılan buğdayların sertlik oranlarının yüksek olduğu görülmektedir. Fabrika 1’den alınan buğday örneğinin 2.8 ve 2.5 mm elek üzerinde kalan miktarları diğer fabrikalara göre daha yüksektir. Zaten bu buğdayların bin tane ve hektolitreye ağırlığı değerleri de diğer fabrikalara göre yüksek bulunmuştur. Fabrika 1’de daha iri boyutlardaki buğdayların kullanıldığı anlaşılmaktadır. Tüm numuneler için 2.5 ve 2.2 mm elek üzerinde kalan miktar %75 ve üzeri olduğu için bulgura işlenen bütün buğday partilerinin homojen olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.1. Buğdaylara ait fiziksel analiz sonuçları

Numune	Bin tane ağırlığı (g)	Hektolitreye ağırlığı (kg/hl)	Tane sertliği (%)	Tane iriliği (%) elek üstü		
				2.8 mm	2.5 mm	2.2 mm
Fabrika 1	50.6	87.3	74	12.7	48.0	39.2
Fabrika 2	44.4	85.6	77	2.5	31.2	65.9
Fabrika 3	44.1	85.2	86	1.5	28.2	70.2
Fabrika 4	45.0	86.3	70	0.7	30.8	67.9

Evlice ve Özkaya (2020), dokuz farklı çeşit buğday örneğinden bulgur ürettikleri çalışmalarında, bin tane ağırlığı, hektolitreye ağırlığı ve tane sertliği değerlerinin sırasıyla 31.1-41.5g, 76.8-80.4 kg/hl ve %58.0-87.5 arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Bulgur, farklı buğday çeşitlerinden üretilebilmesine rağmen; sertlik, renk, su emilimi ve pişme gibi üstün özelliklerinden dolayı durum buğdayı tercih edilmektedir (Sarita ve ark., 2007). Bulgur üretiminin hammaddesi olan buğday, bulgur kalitesini

etkileyen en önemli faktörlerdendir. Makarnalık buğdayların protein ve renk maddelerince zengin olması tercih edilmesindeki en önemli etkidir. Bu özellikleri, bulgurun daha sert-sıkı bir yapı kazanmasını ve istenilen parlak sarı renkte olmasını sağlamaktadır. Ayrıca sert ekmeklik buğdaylarda bulgur üretiminde kullanılabilir (Ercan, 1986; Anıl, 1994).

4.2. Bulgur Prosesinde Elde Edilen Ürün ve Yan Ürünlere Ait Analiz Sonuçları

4.2.1. Renk

Farklı fabrikaların bulgur üretim proseslerinden alınan ürün ve yan ürünlere ait L^* renk değerleri Çizelge 4.2’ de verilmiştir. Bulgur üretiminde hammadde olarak kullanılan buğday, pişirilmiş-kurutulmuş buğday, kabuğu soyulmuş tane buğday, bulgur kepeği, bulgur unu, iri pilavlık, pilavlık, köftelik bulgur örneklerine ait L^* değerleri 4 farklı fabrika için sırasıyla 52.38-54.75, 47.99-49.54, 50.50-54.77, 66.48-70.93, 69.91-77.43, 49.99-57.82, 57.33-59.63 ve 63.83-65.77 arasında değiştiği görülmüştür. Bulgur üretiminde kullanılan, hammadde, ara ürün ve son ürünler arasında en yüksek L^* değeri bulgur ununda bulunmuş, bunu sırasıyla bulgur kepeği, köftelik bulgur, pilavlık bulgur takip etmiştir. Buğday, iri pilavlık bulgur ve kabuğu soyulmuş tane buğdayın L^* değeri aynı grupta yer almış ve pişirilmiş-kurutulmuş buğdaydan yüksek bulunmuştur. En düşük L^* değeri pişirilmiş-kurutulmuş buğdayda ölçülmüştür.

Çizelge 4.2. Bulgur üretiminde elde edilen ürün ve yan ürünlere ait L^* renk değerleri¹

Numune	Fabrika 1	Fabrika 2	Fabrika 3	Fabrika 4	Ortalama
Buğday	53.64	54.41	52.38	54.75	53.80 ± 1.05 e
Piştirilmiş-kurutulmuş buğday	48.43	48.30	49.54	47.99	48.57 ± 0.68 f
Kabuğu soyulmuş tane buğday	50.50	51.53	54.77	54.32	52.78 ± 2.09 e
Bulgur kepeği	66.48	70.93	68.70	68.85	68.74 ± 1.82 b
Bulgur unu	69.91	73.56	75.64	77.44	74.14 ± 3.23 a
İri pilavlık	49.99	57.82	56.04	50.47	53.58 ± 3.94 e
Pilavlık	57.40	59.63	58.71	57.33	58.27 ± 1.11 d
Köftelik	64.41	65.77	64.32	63.83	64.58 ± 0.83 c

¹Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

Bulgur rengi, başta hammadde rengi olmak üzere, buğdaydan bulgura dönüşüncüye kadar “pişirme, kurutma, kabuk soyma, öğütme” gibi proses aşamalarından

etkilenebilmektedir (Yılmaz ve Koca, 2020). Bulgur örneklerinde granülasyon düştükçe yani bulgur inceldikçe L^* değeri artış göstermektedir (Elgün ve Ertugay, 1995). Bu çalışmada da farklı partikül büyüklüğüne sahip bulgur fraksiyonları içinde L^* değeri bulgur unu > köftelik bulgur > pilavlık bulgur > iri pilavlık bulgur şeklinde gerçekleşmiş ve partikül boyutu küçüldükçe L^* değeri artmıştır.

Hammadde olarak kullanılan buğday, bulgur üretiminde elde edilen ürün ve yan ürünlerin a^* değerleri -1.85-2.70 arasında değişmiştir (Çizelge 4.3). En yüksek a^* değeri, buğday ve pişirilmiş-kurutulmuş buğday örneklerinde elde edilmiş, bunu bulgur kepeği, kabağı soyulmuş tane buğday, iri pilavlık bulgur örnekleri takip etmiştir. En düşük değerler ise bulgur unu, pilavlık bulgur ve köftelik bulgurda elde edilmiştir. Fabrikalar arasında bulgur ve yan ürünlerinin a^* değerleri arasında farklılıklar söz konusu olmuştur. Bu farklılıkların nedeni; hammadde ya da proses koşullarından kaynaklanabilir. Partikül boyutu açısından sonuçlar değerlendirildiğinde (iri pilavlık, pilavlık ve köftelik bulgur) partikül boyutu küçüldükçe a^* değerinin de düştüğü görülmektedir. Bulgur üretiminde, kontrolsüz olarak yapılan kurutma işlemi esnasında gerçekleşebilecek esmerleşme reaksiyonu (maillard) bazı bulgur örneklerinde daha yüksek a^* değerinin ölçülmesine sebep olmaktadır (Asselman ve ark., 2007). Farklı partikül iriliğinde üretilen bulgurlarda; granülasyonun incilmesi sonucu artan yüzeyle birlikte ışık kırılımı çok yönlü gerçekleşmekte olup, bunun sonucu olarak da normal ışık renkleri gözlenememekte ve bu durumda a^* değeri düşük ölçülmektedir (Certel, 1990).

Çizelge 4.3. Bulgur üretiminde elde edilen ürün ve yan ürünlere ait a^* renk değerleri¹

Numune	Fabrika 1	Fabrika 2	Fabrika 3	Fabrika 4	Ortalama
Buğday	2.35	3.00	2.86	2.59	2.70 ± 0.29 a
Piştirilmiş-kurutulmuş buğday	1.76	2.06	1.59	2.05	1.87 ± 0.23 a
Kabağı soyulmuş tane buğday	0.13	1.26	-0.45	-1.13	-0.05 ± 1.01bc
Bulgur kepeği	1.59	-0.24	0.87	0.70	0.73 ± 0.75 b
Bulgur unu	-0.30	-0.94	-2.07	-2.91	-1.56 ± 1.16 e
İri pilavlık	-0.13	-0.07	-1.47	-0.72	-0.60 ± 0.65cd
Pilavlık	-1.03	-0.15	-1.11	-1.96	-1.06 ± 0.74de
Köftelik	-1.76	-1.05	-2.10	-2.47	-1.85 ± 0.60 e

¹Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

Çizelge 4.4'te buğday, bulgur yan ürün ve son ürünlerine ait b^* değerleri görülmektedir. En yüksek b^* değeri köftelik bulgurda belirlenmiş, bunu pilavlık ve iri

pilavlık bulgur takip etmiştir. En düşük b^* değeri buğday, pişirilmiş-kurutulmuş buğday ve kabuğu soyulmuş tane buğdayda elde edilmiştir.

b^* değeri özellikle bulgur ve makarna gibi ürünlerde önemli bir kalite parametresidir. Bu sebeple, bulgur gibi ürünlerde b^* değerinin yüksekliği istenen bir durumdur. Elgün (2019) yaptığı çalışmada, buğday bulguru örneklerinde partikül boyutu azaldıkça b^* değerinin artış gösterdiğini bildirmiştir. İnceer (2011) mısırdan ürettiği bulgurlarda iri pilavlık, pilavlık ve köftelik bulgur granülasyonlarında elde ettiği bulgurlarda partikül boyutu inceldikçe b^* değerinin arttığını belirlemiştir. Bu çalışmada da literatüre benzer şekilde bulgurlarda partikül boyutu inceldikçe b^* değeri artış göstermiştir.

Çizelge 4.4. Bulgur üretiminde elde edilen ürün ve yan ürünlere ait b^* renk değerleri¹

Numune	Fabrika 1	Fabrika 2	Fabrika 3	Fabrika 4	Ortalama
Buğday	23.73	25.03	22.87	25.32	24.24 ± 1.14 e
Piştirilmiş-kurutulmuş buğday	21.55	26.25	25.24	24.93	24.49 ± 2.04 e
Kabuğu soyulmuş tane buğday	23.64	24.39	25.86	26.21	25.03 ± 1.21 e
Bulgur kepeği	28.42	29.38	30.06	29.19	29.26 ± 0.67cd
Bulgur unu	27.98	29.85	27.73	27.37	28.23 ± 1.11 d
İri pilavlık	29.58	29.30	33.70	31.83	31.10 ± 2.07 c
Pilavlık	32.78	32.50	35.79	35.97	34.26 ± 1.88 b
Köftelik	35.86	34.97	38.70	37.65	36.80 ± 1.69 a

¹Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistik olarak birbirinden farklıdır ($p < 0.05$).

Elgün (2019), farklı ıslatma ve pişirme koşulları kullanarak ürettikleri bulgurlarda makarnalık buğdayın daha açık ve parlak renk verdiği ve makarnalık buğdaylardan Kızıltan-91 çeşidinin sarı pigmentasyon görüntüsünde oldukça üstün olduğunu bildirmiştir.

Mısırdan üretilen bulgurlar üzerinde yapılan bir çalışmada, irilik düştükçe L^* ve b^* değerinin yükseldiği, a^* değerinin ise azaldığı bildirilmiştir (İnceer, 2011).

Başka bir çalışmada, basınçla pişirilen buğdayların renk değerleri artmış, geleneksel pişirme yöntemiyle pişirilen buğdaylarda ise pişirmenin ilk aşamasında renk değerlerinde artış izlenmiş, daha sonrasında sabitlendiği bildirilmiştir (Bayram ve ark., 2003).

Bulgurda renk değişimi; maillard reaksiyonu ve sıcaklıkla renk maddelerinin parçalanmasıyla gerçekleşmektedir (Özboy ve Köksel, 1998).

Renk, bulgurda kalite göstergesi ve aynı zamanda tüketicilerin beğenisini de etkileyen bir unsurdur. Durum buğdaylarında karetonoid pigment içeriği ve lipoksidaz enzim aktivitesi, enstrümental açıdan bulgurun renk kalitesini değerlendirebileceğimiz b^* renk değerinden sorumludur (Terras ve ark., 2019).

Savaş ve Basman (2016) yaptıkları çalışmada, tanede pigment yönünden zengin dış kepek tabakalarının uzaklaştırılması ile tanelerin L^* (parlaklık) değerinin artış gösterdiğini, a^* (kırmızı/yeşil) değerinin azaldığını bildirmişlerdir. Bulgur üretiminde kabuk soyma aşamasının b^* (sarı/mavi) değerine etkisi incelendiğinde, buğday çeşitlerinin farklı tepkiler gösterdiği belirtilmiştir. Buğdaydan bulgura dönüşümde L^* değerinde düşme, a^* ve b^* değerlerinde ise yükselme olduğu görülmüştür.

Singh ve Singh (2010) yaptıkları çalışmada, durum buğdayı çeşitlerinde artan kabuk soyma seviyeleri ile b^* değerinin yükseldiğini belirlemişlerdir. Buğday çeşitlerinin b^* değerlerinde ortaya çıkan farklılıkların, endosperm tabakasındaki renk farklılıklarından kaynaklandığı bildirilmiştir.

Başka bir çalışmada ise durum buğdayından üretilen bulgurun pişirilmesiyle L^* ve b^* değerleri artarken, a^* değerinin düştüğü belirtilmiştir (Yılmaz ve Koca, 2020).

Bulgur üretim aşamalarının bulgur kalitesi üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada da benzer şekilde kabuk soyma oranının artışına paralel olarak a^* değerlerinde düşme eğilimi görüldüğü belirtilmiştir. Bunun sebebi olarak, buğdayın karotenoid pigmentleri açısından zengin olan perikarp ve aleuron tabakalarının, kabuk soyma aşamasında ayrılmasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir (Terras ve ark., 2019).

4.2.2. Nem

Hammadde, ürün ve yan ürünlerdeki nem miktarları %10.66 ile %12.14 arasında değişmiştir. Sayısal olarak en düşük nem miktarı buğdayda, en yüksek nem miktarı ise bulgur ununda bulunmuştur. Tüm ürün ve yan ürünlerin nem miktarları istatistiki olarak aynı grupta yer almış, aralarındaki fark önemsiz ($p>0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.5).

Bu çalışmada kullanılan örnekler farklı fabrikalardan farklı ortam koşullarında alınmış, alındıktan sonra kapalı kaplarda tutulmuş olmalarına rağmen, proses ortam koşullarından kaynaklı nem farklılıkları olabilmektedir. Ancak nem miktarı hem buğday örneğinde ve hem de son ürün olarak elde edilen iri pilavlık bulgur, pilavlık bulgur ve köftelik bulgurda %13'ün altında bulunmuş olup, Türk Gıda Kodeksi Bulgur Tebliği (Tebliğ No: 2016/49)'ne uymaktadır. Türk Gıda Kodeksi Bulgur Tebliği (Tebliğ No:

2016/49)'de nem miktarı (en çok) %13 olmalıdır, ibaresi bulunmaktadır. Fabrika 2'den alınan pişirilmiş-kurutulmuş buğday, Fabrika 4'ten alınan bulgur kepeği ve bulgur unu ve Fabrika 1'den alınan bulgur ununun nem miktarları ise %13'ün üzerinde bulunmuştur. Bunlar tebliğ kapsamındaki ürünler değildir. Nem; proses koşulları, özellikle kurutma ve paketleme sonrası depolama koşullarından etkilenebilmektedir.

Çizelge 4.5. Bulgur üretiminde elde edilen ürün ve yan ürünlere ait % nem değerleri¹

Numune	Fabrika 1	Fabrika 2	Fabrika 3	Fabrika 4	Ortalama
Buğday	10.87	10.69	10.48	10.59	10.66 ± 0.17 a
Piştirilmiş-kurutulmuş buğday	11.65	14.35	11.46	10.60	12.02 ± 1.62 a
Kabuğu soyulmuş tane buğday	11.66	11.67	10.97	11.85	11.54 ± 0.39 a
Bulgur kepeği	10.34	12.37	9.47	13.29	11.37 ± 1.77 a
Bulgur unu	14.03	8.67	12.80	13.06	12.14 ± 2.37 a
İri pilavlık	11.47	11.04	9.96	10.93	10.85 ± 0.64 a
Pilavlık	10.68	10.17	10.69	11.71	10.81 ± 0.65 a
Köftelik	12.39	9.27	11.12	11.39	11.04 ± 1.30 a

¹Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

4.2.3. Kül

Farklı fabrikalardan alınan hammadde, proses yan ürün ve son ürünlerine ait kül miktarları Çizelge 4.6'da verilmiştir. Bulgurun hammaddesi olan buğdayın ortalama kül miktarı %1.36 olarak bulunmuş olup, en yüksek kül miktarı tahmin edildiği gibi bulgur kepeğine (%2.96) aittir. Bulgur kepeğinin kül miktarını %1.74 ile bulgur unu takip etmiştir. En düşük kül miktarları iri pilavlık, pilavlık ve köftelik bulgurlarda (%0.90, 0.91 ve 0.97) belirlenmiş olup, bu üç fraksiyon istatistiki olarak aynı grupta yer almıştır. Ancak partikül boyutu iri pilavlık bulgurdan, köftelik bulgura doğru düştükçe, kül miktarının sayısal olarak arttığı görülmektedir. Hatta en küçük partikül boyutuna sahip bulgur unundaki kül miktarının, farklı granülasyona sahip bulgur fraksiyonları arasında sayısal olarak en yüksek değere sahip olduğu belirlenmiştir.

Partikül iriliği düştükçe kül miktarının artmasının sebebi, bulgurun kırma aşamasında aleuron tabakası ve periferik endosperm tabakalarının ayrıca dış kabuk tabakalarının daha fazla incelererek; köftelik ve <0.5 mm fraksiyonlarına geçmesinden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir (Ünüvar, 2009). Başka bir çalışmada kül

içeriğinin tam bulgura göre pilavlık bulgurda azaldığı, köftelik bulgur ve bulgur ununda tam tersi olarak artış gösterdiği rapor edilmiştir (Certel, 1990).

Çizelge 4.6. Bulgur üretiminde elde edilen ürün ve yan ürünlere ait % kül değerleri¹

Numune	Fabrika 1	Fabrika 2	Fabrika 3	Fabrika 4	Ortalama
Buğday	1.33	1.39	1.30	1.44	1.36 ± 0.06 c
Piştirilmiş-kurutulmuş buğday	1.24	1.18	1.13	1.18	1.18 ± 0.04 cd
Kabuğu soyulmuş tane buğday	1.08	1.05	1.06	0.88	1.02 ± 0.09 de
Bulgur kepeği	2.53	3.07	3.09	3.16	2.96 ± 0.29 a
Bulgur unu	1.66	1.52	1.77	2.00	1.74 ± 0.20 b
İri pilavlık	1.00	0.85	0.92	0.84	0.90 ± 0.07 e
Pilavlık	1.02	0.89	0.87	0.85	0.91 ± 0.08 e
Köftelik	0.97	0.99	0.97	0.95	0.97 ± 0.02 e

¹Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05). Sonuçlar kuru madde üzerinden verilmiştir.

Yapılan bir çalışmada, farklı sıcaklık ve basınç değerlerinde (otoklav I ve otoklav II) pişirilen bulgur örneklerinin kül miktarlarının atmosferik koşullarda pişirilenlere göre daha düşük olduğu bildirilmiştir. Bunun sebebi olarak, otoklav yöntemi ile pişirilen örneklerde kabuk endosperm ayrışımının ve kabuk soyma işleminin daha etkili yapılabilmesinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir (Koca ve Anıl, 1996).

4.2.4. Protein

Bulgur örneklerinde protein miktarı; hammadde olan buğday, piştirilmiş-kurutulmuş buğday, kabuğu soyulmuş tane buğday, bulgur kepeği, bulgur unu, iri pilavlık bulgur, pilavlık bulgur, köftelik bulgurda sırasıyla; %11.45-13.34, %11.27-13.22, %11.10-12.89, %12.76-15.27, %13.63-15.62, %10.72-12.74, %10.67-11.82 ve %11.06-12.28 arasında bulunmuştur (Çizelge 4.7). Örnekler arasında en yüksek protein miktarı bulgur ununda bulunmuş, en düşük değer pilavlık bulgurda belirlenmiş aynı zamanda; iri pilavlık bulgur ve köftelik bulgur da pilavlık bulgurla aynı grupta yer almıştır.

Bulgur üretiminde kabuk soyma aşamasında, protein bakımından zengin olan aleuron ve aleurona yakın kısımlar bulgur kepeğine karışabilmektedir. Bu kısımlar, selülozca daha zengin olan diğer katmanlardan daha kırılğan yapıda olup, kırma işlemi sırasında kolayca ufalanmakta ve elek altına geçmektedirler. Bulgur kepeği ve bulgur unu

fraksiyonlarında görülen yüksek protein miktarı bu durumdan kaynaklanabilmektedir (Baumgartner ve ark., 2023).

Çizelge 4.7. Bulgur üretiminde elde edilen ürün ve yan ürünlere ait % protein değerleri¹

Numune	Fabrika 1	Fabrika 2	Fabrika 3	Fabrika 4	Ortalama
Buğday	12.50	12.09	13.34	11.45	12.35 ± 0.79 c
Piştirilmiş-kurutulmuş buğday	12.39	11.92	13.22	11.27	12.20 ± 0.82cd
Kabuğu soyulmuş tane buğday	12.02	11.52	12.89	11.10	11.88±0.77cde
Bulgur kepeği	12.76	13.49	15.27	13.45	13.74 ± 1.07 b
Bulgur unu	13.63	14.37	15.62	13.86	14.37 ± 1.27 a
İri pilavlık	11.90	11.48	12.74	10.72	11.71 ± 0.89de
Pilavlık	11.82	11.33	11.76	10.67	11.40 ± 0.53 e
Köftelik	12.05	11.59	12.28	11.06	11.75 ± 0.54de

¹Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05). Sonuçlar kuru madde üzerinden verilmiştir.

Yapılan bir başka çalışmada da pilavlık bulgurda tam bulgura kıyasla protein miktarının düştüğü, bulgur ununda ise arttığı bildirilmiştir. Bunun sebebi olarak, bulgur ununun tanenin dış ve proteince zengin kısımlarını içermesi, pilavlık bulgurun ise daha çok tanenin endosperm tabakasından oluşmasından kaynaklı olduğu bildirilmiştir (Ünüvar, 2009).

4.2.5. Yağ

Bulgur üretiminde elde edilen ürün ve yan ürünlere ait yağ miktarları Çizelge 4.8’ de gösterilmiştir. Buğday örneğinin yağ miktarı %1.07 ile %1.35 arasında değişmiştir. En yüksek yağ miktarı beklenildiği gibi bulgur kepeğinde (%5.88) bulunmuş, bunu bulgur unu (%3.05) takip etmiştir. Buğday ve piştirilmiş-kurutulmuş buğdayın yağ miktarı; kabuğu soyulmuş tane buğday, iri pilavlık bulgur, pilavlık bulgur ve köftelik bulgurdan sayısal olarak daha yüksek olmasına rağmen istatistiki olarak aynı grupta bulunmaktadır.

Certel (1990), çalışmasında durum buğdayı ve ekmeklik buğday için ham yağ miktarını sırasıyla %1.98 ve %1.85 olarak rapor etmiştir. Aynı çalışmada kırılmamış tam bulgura göre pilavlık bulgurda yağ miktarı azalırken partikül iriliği azaldıkça, bulgur ununda yağ miktarının arttığı ifade edilmiştir. Bu durum, kırma aşamasında ruşeym tabakasının ufalanarak, partikül iriliği 500 mikrondan düşük olan fraksiyonlara geçmesiyle açıklanmıştır.

Çizelge 4.8. Bulgur üretiminde elde edilen ürün ve yan ürünlere ait % yağ değerleri¹

Numune	Fabrika 1	Fabrika 2	Fabrika 3	Fabrika 4	Ortalama
Buğday	1.19	1.12	1.07	1.35	1.18 ± 0.12 c
Piştirilmiş-kurutulmuş buğday	1.12	1.31	1.09	1.39	1.23 ± 0.15 c
Kabuğu soyulmuş tane buğday	0.95	1.00	0.87	1.20	1.01 ± 0.14 c
Bulgur kepeği	4.10	5.93	6.46	7.03	5.88 ± 1.27 a
Bulgur unu	2.60	4.12	3.06	2.41	3.05 ± 0.77 b
İri pilavlık	1.01	1.05	0.63	1.26	0.99 ± 0.26 c
Pilavlık	0.95	0.96	0.58	1.04	0.88 ± 0.21 c
Köftelik	0.86	1.15	0.57	0.93	0.88 ± 0.24 c

¹Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05). Sonuçlar kuru madde üzerinden verilmiştir.

4.2.6. Mineral madde miktarı

4.2.6.1. Ca (Kalsiyum)

Buğday, piştirilmiş-kurutulmuş buğday, kabuğu soyulmuş tane buğday, bulgur kepeği, bulgur unu, iri pilavlık, pilavlık ve köftelik bulgur örneklerine ait Ca miktarı sırasıyla 30.88-37.24 mg/100 g, 31.49-38.31 mg/100 g, 29.79-34.77 mg/100 g, 122.78-148.43 mg/100 g, 81.47- 95.05 mg/100 g, 29.45-32.97 mg/100 g, 30.04- 33.47 mg/100 g ve 33.89-35.66 mg/100 g arasında değişmiştir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. Bulgur üretiminde elde edilen ürün ve yan ürünlere ait Ca (mg/100 g) değerleri¹

Numune	Fabrika 1	Fabrika 2	Fabrika 3	Fabrika 4	Ortalama
Buğday	31.25	30.88	34.5	37.24	33.47 ± 3.00 c
Piştirilmiş-kurutulmuş buğday	34.20	31.49	36.78	38.31	35.20 ± 3.00 c
Kabuğu soyulmuş tane buğday	32.42	29.79	34.77	32.62	32.40 ± 2.04 c
Bulgur kepeği	132.53	122.78	132.61	148.43	134.09±10.62a
Bulgur unu	95.05	93.63	85.45	81.47	88.90 ± 6.51 b
İri pilavlık	31.48	29.45	32.97	32.64	31.64 ± 1.59 c
Pilavlık	32.31	30.04	33.47	33.20	32.26 ± 1.56 c
Köftelik	35.30	33.89	35.49	35.66	35.09 ± 0.81 c

¹Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05). Sonuçlar kuru madde üzerinden verilmiştir.

En yüksek Ca miktarı bulgur kepeğinde (134.09 mg/100 g) bulunmuş, bunu bulgur unu (88.90 mg/100 g) takip etmiştir. Buğday, pişirilmiş-kurutulmuş buğday, kabuğu soyulmuş tane buğday, iri pilavlık bulgur, pilavlık bulgur ve köftelik bulgur en düşük Ca miktarına sahip olup istatistiki olarak aynı grupta yer almışlardır. Hammadde olarak kullanılan buğdayla karşılaştırıldığında bulgur kepeği ve bulgur ununun sırasıyla 4.01 ve 2.66 kat daha yüksek Ca miktarlarına sahip oldukları belirlenmiştir. Sonuçlar yetişkin bir erkek için RDA (önerilen diyet miktarı) değeri açısından karşılaştırıldığında; 100 g bulgur (kuru madde üzerinden) tüketildiğinde günlük kalsiyum ihtiyacının %4.4'ü karşılanırken bulgur kepeği ve bulgur ununda sırasıyla % 16.8'i ve % 11.1'i karşılanmaktadır.

Ca kemik ve dişlerde bulunan en önemli mineraldir. Vücuttaki Ca'nın %99'u kemiklerde bulunur. Kemiklerin yapısı, kan pıhtılaşması, kas faaliyetleri ve sinir sistemlerinin duyarlılığı için Ca esansiyeldir. Metabolizmada enzimlerin kofaktörü olarak rol oynar. Ca; süt ve süt ürünleri, yeşil yapraklı sebzeler, baklagiller, kılçıklı balık konservesi (somon sardalya) zenginleştirilmiş tofu ve zenginleştirilmiş soya sütünde bulunur (Gharibzahedi ve Jafari, 2017). Asitli gıdalar, D vitamini ve süt şekeri laktoz kalsiyum emilimini artırır; tahıllarda bulunan anti besinsel faktör olan fitik asit ve çaydaki tanen ise azaltır (Dal, 2012). Bu çalışmada, farklı bulgur fraksiyonlarına kıyasla, bulgur kepeğinin ve bulgur ununun önemli Ca kaynakları olabilecekleri ortaya konmuştur.

4.2.6.2. Cu (Bakır)

Buğday, bulgur son ürün ve yan ürünlerinin Cu miktarları arasında en yüksek değer bulgur kepeğinde (0.51 mg/100 g) bulunmuş, bunu 0.36 mg/100 g ile bulgur unu takip etmiştir. Bulgur ununu; kabuğu soyulmuş tane buğday, pişirilmiş-kurutulmuş buğday ve hammadde olarak kullanılan buğdayın Cu miktarları (0.32, 0.31 ve 0.31 mg/100 g) takip etmiştir. En düşük Cu miktarları ise köftelik bulgur, pilavlık bulgur ve iri pilavlık bulgurda (0.20, 0.19 ve 0.18 mg/100g) bulunmuştur (Çizelge 4.10).

İnsan vücudunun tüm dokularında eser miktarda Cu bulunur. Vücuttaki toplam Cu miktarı 100-150 mg kadardır. Cu yetersizliği Fe in değerlendirilme oranını düşürür. Yetersiz Cu alımı Fe eksikliği anemisine neden olur (Demirci, 2009).

Cu, kritik reaksiyonlardaki enzim aktivatörü olması sebebiyle vücut için önemli bir elementtir. Bunun için eser miktarda alınması yeterli olmakta, ihtiyaçtan fazla

alınması ise toksik etki yapabilmektedir. Cu gıdalarda yeteri kadar bulunur (Saldamlı, 2014).

Çizelge 4.10. Bulgur üretiminde elde edilen ürün ve yan ürünlere ait Cu (mg/100 g) değerleri¹

Numune	Fabrika 1	Fabrika 2	Fabrika 3	Fabrika 4	Ortalama
Buğday	0.33	0.30	0.29	0.31	0.31 ± 0.02 c
Piştirilmiş-kurutulmuş buğday	0.32	0.29	0.31	0.33	0.31 ± 0.02 c
Kabuğu soyulmuş tane buğday	0.31	0.32	0.30	0.33	0.32 ± 0.01 c
Bulgur kepeği	0.52	0.56	0.48	0.49	0.51 ± 0.04 a
Bulgur unu	0.38	0.39	0.35	0.31	0.36 ± 0.04 b
İri pilavlık	0.19	0.18	0.18	0.17	0.18 ± 0.01 d
Pilavlık	0.19	0.20	0.20	0.18	0.19 ± 0.01 d
Köftelik	0.19	0.22	0.20	0.19	0.20 ± 0.01 d

¹Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05). Sonuçlar kuru madde üzerinden verilmiştir.

4.2.6.3. Fe (Demir)

Bulgur üretiminde kullanılan buğday, son ürün ve yan ürünlerin Fe içerikleri ortalama olarak 1.16 mg/100 g ile 7.89 mg/100 g arasında değişmektedir (Çizelge 4.11). En yüksek Fe miktarı bulgur kepeğinde (7.89 mg/100 g), en düşük Fe miktarları ise iri pilavlık (1.16 mg/100 g), pilavlık (1.20 mg/100 g) ve köftelik (1.45 mg/100 g) bulgurlarda belirlenmiştir.

İri pilavlık, pilavlık ve köftelik bulgur fraksiyonları kendi aralarında karşılaştırıldığında partikül boyutu küçüldükçe Fe miktarının sayısal olarak artış gösterdiği ancak bunun istatistiki olarak önemli olmadığı (p > 0.5) görülmüştür.

100 g bulgur tüketildiğinde günlük Fe ihtiyacının %25.53'ü karşılanırken; aynı miktarda bulgur kepeği ve bulgur unu tüketimi ile sırasıyla %78.85'i ve % 43.18'i karşılanmaktadır.

İklim, toprak, zirai uygulamalar ve genetik (tür ve çeşit) faktörlerin buğdayın elementel bileşiminde önemli etkisi bulunmaktadır. Ayrıca, minerallerin büyük bir kısmı buğdayın kabuk tabakalarında daha fazla miktarda bulunur. Kabuk soyma işlemi ile dış katmanların bulgurdan uzaklaştırılması bulgurun buğdaya göre daha düşük mineral içeriğine sahip olmasının sebebidir. Bu çalışmada da hammadde olarak kullanılan buğdaya göre kabuğu soyulmuş tane buğdayda %30.52 oranında Fe miktarında kayıp

olmuştur. Ayrıca bulgur kepeğinin hammadde olarak kullanılan buğdaydan 2.77 kat daha fazla Fe içerdiği Çizelge 4.11’de görülmektedir.

Çizelge 4.11. Bulgur üretiminde elde edilen ürün ve yan ürünlere ait Fe (mg/100 g) değerleri¹

Numune	Fabrika 1	Fabrika 2	Fabrika 3	Fabrika 4	Ortalama
Buğday	2.78	2.24	2.85	3.54	2.85 ± 0.53 c
Piştirilmiş-kurutulmuş buğday	2.65	2.09	2.75	2.72	2.55 ± 0.31 c
Kabuğu soyulmuş tane buğday	2.22	1.85	1.98	1.87	1.98 ± 0.17 d
Bulgur kepeği	8.31	6.81	7.70	8.72	7.89 ± 0.83 a
Bulgur unu	5.03	4.21	4.02	4.01	4.32 ± 0.48 b
İri pilavlık	1.44	1.03	1.13	1.03	1.16 ± 0.19 e
Pilavlık	1.35	1.18	1.19	1.08	1.20 ± 0.11 e
Köftelik	1.45	1.45	1.38	1.51	1.45 ± 0.05 de

¹Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05). Sonuçlar kuru madde üzerinden verilmiştir.

Fe; enerji metabolizmasında dokularda oksijenin taşınmasında elektron transferinde, DNA sentezinde, enzimlerin yapısında ve işleyişinde görev almaktadır. Fe eksikliği çocuklarda ve yetişkinlerde olağandışı yorgunluğa, nefes darlığına, fiziksel performansta azalmaya ve öğrenme sorunlarına yol açabilir ve enfeksiyon yakalanma olasılığını artırabilir (Martinez-Navarrete ve ark., 2002).

Yemekten hemen sonra tüketilen çay ve kahve, içeriğindeki Ca ve tanen gibi demir emilimini etkileyen faktörlerden dolayı uygun görülmemektedir. Ayrıca bitki çayları, polifenoller, fitatlar ve liflerin Fe emilimini olumsuz etkileme özellikleri mevcuttur (Messina ve Burke, 1997).

4.2.6.4. K (Potasyum)

Bulgur üretiminde kullanılan buğday, son ürün ve yan ürünlerin K içerikleri ortalama olarak 303.41 mg/100 g ile 640.48 mg/100 g arasında değişmiştir. En yüksek K miktarı bulgur kepeğinde (640.48 mg/100 g) bulunmuş, bunu bulgur unu (406.97 mg/100 g) takip etmiştir (Çizelge 4.12). En düşük K miktarı iri pilavlık bulgur, pilavlık bulgur, köftelik bulgur ve kabuğu soyulmuş tane buğdayda belirlenmiş ve bu dört ürün istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır.

Buğdayda en çok K'nın aleuron tabakasında çözünür kompleksler halinde bulunduğu bilinmektedir (Israr ve ark., 2013).

Çizelge 4.12. Bulgur üretiminde elde edilen ürün ve yan ürünlere ait K (mg/100 g) değerleri¹

Numune	Fabrika 1	Fabrika 2	Fabrika 3	Fabrika 4	Ortalama
Buğday	377.65	367.22	411.99	389.81	386.67±19.24bc
Piştirilmiş-kurutulmuş buğday	361.15	327.23	357.67	370.74	354.20 ± 18.81c
Kabuğu soyulmuş tane buğday	326.36	320.06	293.84	280.55	305.20 ±21.64d
Bulgur kepeği	672.77	546.39	632.00	710.75	640.48 ± 70.49a
Bulgur unu	453.72	399.44	395.68	379.05	406.97 ±32.40b
İri pilavlık	323.57	303.22	299.60	304.22	307.65 ±10.80d
Pilavlık	321.20	303.90	289.42	299.12	303.41 ±13.30d
Köftelik	307.41	318.35	287.28	308.77	305.45 ±13.06d

¹ Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05). Sonuçlar kuru madde üzerinden verilmiştir.

K vücutta hücreler içinde yer almakta olup, daha çok hücre dışı sıvılarda bulunan Na ile vücudun sıvı ve asit-baz dengesini korur. K'nın, kalp atışında ve kasların kasılıp gevşemesinde, sinir sisteminde ve kan basıncının ayarlanmasında görevleri mevcuttur. Yetersiz K alımında, vücuttan daha çok kalsiyum atılıp, sodyum birikmekte, bu da tansiyonun yükselmesine neden olmaktadır (Kavas, 2003).

4.2.6.5. Mg (Magnezyum)

Hammadde olarak kullanılan buğday, bulgur son ürün ve yan ürünleri arasında en yüksek Mg miktarı bulgur kepeğinde 303.12 mg/100 g bulunmuş, bunu 183.51 mg/100 g ile bulgur unu takip etmiştir. İri pilavlık bulgur, pilavlık bulgur, köftelik bulgurda Mg miktarı sırasıyla 59.83 mg/100 g, 61.42 mg/100 g ve 68.81 mg/100 g olarak bulunmuş olup, istatistiksel olarak aynı grupta yer almışlar ve kabuğu soyulmuş tane buğdayla birlikte en düşük Mg miktarına sahip grubu oluşturmuşlardır (Çizelge 4.13).

100 g bulgur tüketildiğinde yetişkin bir erkek için günlük Mg ihtiyacının %25.44'ü karşılanırken; aynı miktarda bulgur kepeği ve bulgur unu tüketimi ile günlük ihtiyacın sırasıyla %86.6'ı ve %52.43'ü karşılanmaktadır.

Mg, metabolizmada birçok enzim çalışması için gereklidir. Mg, enzimlerin aktivasyonunda, membran fonksiyonunda ve hücre içi sinyalizasyonda önemli bir role sahiptir. Bu iyon ayrıca birçok enzim için önemli bir kofaktördür. RNA ve DNA'nın sentezi ve replikasyonunun yanı sıra enzim ve hormonların salgılanmasında da rol oynar (Weyh ve ark., 2022).

Çizelge 4.13. Bulgur üretiminde elde edilen ürün ve yan ürünlere ait Mg (mg/100 g) değerleri¹

Numune	Fabrika 1	Fabrika 2	Fabrika 3	Fabrika 4	Ortalama
Buğday	99.23	93.31	100.68	92.96	96.55 ± 3.98 c
Piştirilmiş-kurutulmuş buğday	93.00	81.21	95.89	86.01	89.03 ± 6.66cd
Kabuğu soyulmuş tane buğday	83.99	73.90	66.55	55.58	70.01±11.98cde
Bulgur kepeği	279.62	277.28	301.34	354.22	303.12 ±35.75a
Bulgur unu	193.11	212.38	180.49	148.04	183.51 ±27.04b
İri pilavlık	69.49	62.52	56.65	50.64	59.83 ± 8.06 e
Pilavlık	72.60	66.09	55.06	51.93	61.42 ± 9.61 e
Köftelik	66.13	77.06	62.98	69.06	68.81 ± 6.04 de

¹Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05). Sonuçlar kuru madde üzerinden verilmiştir.

Mg açısından zengin besin kaynakları tam tahıllar ve tahıl ürünleri, yeşil yapraklı sebzeler (ıspanak ve brokoli), sert kabuklu yemişler ve tohumlardır. Baklagiller (soya fasulyesi ve siyah fasulye), meyveler (muz, çilek), et ve balıklar orta düzeyde, süt ürünleri ise düşük Mg içeriğine sahiptir (Cazzola ve ark., 2020).

Mg, kemik hücrelerinde ve matrisinde yüksek konsantrasyonlarda bulunur. Ayrıca kas hücrelerinde, yumuşak dokularda, kan serumunda ve eritrositlerde daha da büyük miktarlarda bulunur. Mg, immünolojik işlevlerin düzenlenmesinde, özellikle de çok sayıda immün hücre alt popülasyonunun işlevi açısından önemli role sahiptir (DiNicolantino ve O'Keefe, 2021). Mg'nin insan sağlığı üzerindeki bu faydalı etkilerinden dolayı son zamanlarda Mg takviyelerine olan ilgi oldukça artmıştır. Bu çalışmada da özellikle bulgur kepeğindeki yüksek Mg miktarı dikkat çekici bulunmuş ve fonksiyonel ürünlerin geliştirilmesinde faydalanılabilecek bir ingredient olarak değerlendirilebilir.

4.2.6.6. Zn (Çinko)

Buğday, piştirilmiş-kurutulmuş buğday, kabuğu soyulmuş tane buğday, bulgur kepeği, bulgur unu, iri pilavlık bulgur, pilavlık bulgur, köftelik bulgur Zn miktarı sırasıyla 1.53-2.04 mg/100 g, 1.49-2.00 mg/100 g, 1.37-1.67 mg/100 g, 4.73-5.56 mg/100 g, 2.85-3.45 mg/100 g, 0.81-1.09 mg/100 g, 0.92-1.13 mg/100 g, 1.09-1.22 mg/100 g arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.14). En yüksek Zn miktarı bulgur kepeğinde 5.31 mg/100 g bulunmuş, bunu 3.10 mg/100 g ile bulgur unu takip etmiştir. En düşük Zn miktarı iri pilavlık bulgur, pilavlık bulgur ve köftelik bulgurda bulunmuş ve istatistiki olarak aynı

grupta yer almışlardır. Hammadde olarak kullanılan buğday, pişirilip, kurutulup kabuğu soyulduktan sonra ortalama Zn miktarında 1.85 mg/100 g'dan, 1.53 mg/100 g'a düşüş gerçekleşmiştir. Kabuk soyma işlemiyle diğer mineral maddelerde olduğu gibi, Zn miktarında da azalmanın olması beklenen bir sonuçtur. Nitekim Çizelge 4.14'te bulgur kepeğinde bulunan yüksek Zn miktarı da bu durumun bir sonucudur.

Hammadde olarak kullanılan buğday ile karşılaştırıldığında; bulgur kepeği ve bulgur unundaki Zn miktarı 2.87 ve 1.68 kat daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca 100 g bulgur tüketildiğinde günlük Zn ihtiyacının %12'i karşılanırken; aynı miktarda bulgur kepeği ve bulgur unu tüketimi ile günlük ihtiyacın sırasıyla %35'i ve %21'i karşılanmaktadır.

Zn, üreme ve büyüme sürecinde, bağışıklık sistemimizin çalışmasında, yaraların iyileşmesinde, birçok enzim ve proteinin yapısında yer alması nedeniyle vücudumuz için gerekli bir mineraldir (Altner ve Şahan, 2016). Zn; bağışıklık sistemi, DNA replikasyonu, RNA transkripsiyonu, hücre bölünmesi ve hücre aktivasyonu gibi temel hücresel işlevlerde önemli rollere sahiptir. Ayrıca antioksidan özelliği sayesinde bağırsaklarda sindirim sırasında serbest radikallerin neden olduğu hasarın önlenmesinde etkilidir (Shankar ve Prasad, 1998; Prasad, 2008).

Çizelge 4.14. Bulgur üretiminde elde edilen ürün ve yan ürünlere ait Zn (mg/100 g) değerleri¹

Numune	Fabrika 1	Fabrika 2	Fabrika 3	Fabrika 4	Ortalama
Buğday	1.92	1.53	2.04	1.91	1.85 ± 0.22 c
Piştirilmiş-kurutulmuş buğday	1.85	1.49	2.00	1.93	1.82 ± 0.23 c
Kabuğu soyulmuş tane buğday	1.60	1.37	1.47	1.67	1.53 ± 0.13 d
Bulgur kepeği	5.56	4.73	5.43	5.50	5.31 ± 0.39 a
Bulgur unu	3.45	3.10	2.99	2.85	3.10 ± 0.26 b
İri pilavlık	1.09	0.81	0.96	0.81	0.92 ± 0.14 e
Pilavlık	1.13	0.98	0.93	0.92	0.99 ± 0.10 e
Köftelik	1.17	1.09	1.19	1.22	1.17 ± 0.06 e

¹Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05). Sonuçlar kuru madde üzerinden verilmiştir.

Zn insanların büyümesinde önemli bir rol oynar ve normal kemik gelişimi için gerekli olan önemli bir mineraldir. Zn eksikliğinde; kemik büyümesi, oluşumu ve mineralizasyonundaki anormalliklere neden olur; tat ve koku duyularının kaybı, saç dökülmesi, göz bozukluğu, öğrenme sorunları, deride kızarıklık, yaraların kapanmasında

gecikme, kısırlık, karaciğer ve dalakta büyüme görülebilmektedir (Kavas, 2003; Cerovic ve ark., 2007).

Kepek ayırma işleminden sonra mineral içeriğinde azalma eğilimi görülürken, çok sert suyla üretilen bulgurda daha az mineral kaybı gözlenmiştir. Çok sert sularla üretilen bulgur, iki değerlikli katyonların (Ca, Mn ve Zn) muhtemelen fenolik bileşikler gibi bazı maddelerle kompleks oluşturup (Vinci ve ark., 2022) endosperme geçmesi nedeniyle (Ercan, 1986) mineral miktarında değişme daha az olmaktadır (Michel ve Bayram, 2024).

Yapılan çalışmada endüstriyel olarak üretilen durum bulguru örneklerinin ortalama Ca, Fe, K, Mg, P ve Zn miktarları sırasıyla 24.7, 1.89, 363, 75.7, 284 ve 2.02 mg/100 g; ev yapımı durum bulgurlarında aynı mineral miktarları sırasıyla 40.9, 2.99, 378, 111.9, 345.6 ve 3.21 mg/100 g; laboratuvar ortamında hazırlanan durum bulgurunda ise sırasıyla 56.8, 5.85, 473, 127, 407.2 ve 4.15 mg/100 g olarak bildirilmiştir (Ertaş, 2017).

Başka bir çalışmada, üretildiği buğdayın mineral madde miktarı ile bulgurun mineral madde içeriği karşılaştırıldığında bulgurun mineral madde miktarının daha az olduğu, buğdayın bulgura işlenmesi sonucunda Mn, Zn ve P içeriklerinde diğer minerallere göre daha fazla azalma olduğu bildirilmiştir (Özkaya ve Kahveci, 1989). Bulgur üretiminde pişirme aşamasında buğdayın mineral madde miktarında bir değişiklik meydana gelmemektedir (Özkaya ve ark., 1993). Değişim, buğdayın bulgura dönüşümü sırasında üretim aşamalarından kabuk soyma ve bulgur ununun ayrılması gibi safhalarda, mineral içeriğinde farklılıklar ve azalma görülmektedir (Özkaya ve Kahveci, 1989).

Ünüvar (2009) yaptığı çalışmada bulgur örneklerinde Ca, Cu, Fe, K, Zn, Mg ve P değerlerini sırasıyla, 261.169-958.207 ppm, 4.511-12.257 ppm, 12.307-58.564 ppm, 3262.158-5263.001 ppm, 12.795-52.213 ppm, 711.744-2276.007 ppm ve 2359.332-5785.680 ppm arasında olduğunu bildirmiştir.

4.2.7. Toplam fenolik madde

Buğday, bulgur ürün ve yan ürünlerine ait toplam fenolik madde miktarları Çizelge 4.15'te verilmiştir. Toplam fenolik madde miktarı buğday, pişirilmiş-kurutulmuş buğday, kabuğu soyulmuş tane buğday, bulgur kepeği, bulgur unu, iri pilavlık bulgur, pilavlık bulgur ve köftelik bulgurda sırasıyla 1341.39-1679.35 mg GAE/kg, 915.59-1121.6 mg GAE/kg, 805.00-932.12 mg GAE/kg, 1489.53-1827.83 mg GAE/kg, 1056.83-1490.91 mg GAE/kg, 805.00-985.56 mg GAE/kg, 796.73-894.57 mg GAE/kg ve 828.77-

915.24 mg GAE/kg arasında değişmiştir. En yüksek toplam fenolik madde miktarı bulgur kepeğinde belirlenmiştir. Hammadde olarak kullanılan buğdayın toplam fenolik madde miktarı bunu takip etmiştir. En düşük fenolik madde miktarları ise pilavlık, iri pilavlık ve köftelik bulgur ile kabuğu soyulmuş tane buğdayda belirlenmiştir.

Çizelge 4.15. Bulgur üretiminde elde edilen ürün ve yan ürünlere ait toplam fenolik madde miktarı değerleri¹

Numune	Fabrika 1	Fabrika 2	Fabrika 3	Fabrika 4	Ortalama
Buğday	1442.33	1565.22	1379.35	1341.39	1432.07±98.04 b
Pişirilmiş-kurutulmuş buğday	915.59	1121.6	976.56	1095.42	1027.29± 97.62 c
Kabuğu soyulmuş tane buğday	807.76	916.96	932.12	805.00	865.46 ± 68.51cd
Bulgur kepeği	1827.83	1627.33	1489.53	1593.22	1634.48±141.60a
Bulgur unu	1490.91	1376.53	1280.76	1056.83	1301.26±184.21b
İri pilavlık	823.26	850.13	805.00	985.56	866.06 ±81.99 cd
Pilavlık	796.73	820.93	823.95	894.57	834.05 ± 42.15 d
Köftelik	861.25	915.24	907.82	828.77	878.27 ±40.74 cd

¹Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05) Toplam fenolik madde (mg GAE/kg) (GAE: Gallik asit eşdeğeri). Sonuçlar kuru madde üzerinden verilmiştir.

Buğdayın rengi, testa tabakasında fenolik maddelerin birikmesiyle oluşmaktadır (Liu ve ark., 2010). Tahıllar, fenolik bileşenler bakımından zengin olup, bu bileşiklerin buğdayın antioksidan aktivite içeriğine önemli oranda katkıda bulunduğu bilinmektedir. Fenolik maddeler, bitkilerde hücre duvarının yapısal bileşenleriyle ester ve eter bağları oluşturup; antioksidan, antimikrobiyal ve antikanserojen etkileri ortaya çıkmaktadır (Kruma ve ark., 2016). Tahıllarda da bitkilerde olduğu gibi hücre duvarına bağlı formda olduğu belirtilmektedir (Serpen ve ark., 2008).

Buğdayların dış tabakalarının toplam fenolik madde açısından zengin olduğu (Beta ve ark., 2005), öğütme sırasında durum buğdayında en az %8'lik bir toplam fenolik madde kaybı olduğu varsayılmaktadır (Borrelli ve ark., 1999).

Buğdayda bulunan fenolik madde bileşiminin yaklaşık olarak %83'ünü kepek ve ruşeym kısımları oluşturmaktadır. Bu ayrıca endosperm tabakasının 15-18 katı daha fazla fenolik madde içeriğini ifade etmektedir. Kepeğin ayrılmasıyla hem fenolik madde miktarı hem de antioksidan aktivite kapasitesi düşmektedir (Adom ve ark., 2005; Laddomada ve ark., 2015).

Tahıllar, benzoik ve sinamik asit ailelerine ait çok çeşitli fenolik asitler içerir. Tahıl tanelerindeki asıl polifenoller; ferulik, vanilik, kafeik, siringik, sinapik ve p -

kumarik asitler gibi fenolik asitlerin önemli bir kaynağıdır. Ferulik asit gibi fenolik asitler tahılların karakteristik özelliğidir. Serbest radikal oksijen türlerini hem *in vitro* hem de *in vivo* olarak temizleyebilirler (Slavin ve ark., 1999; Yu ve ark., 2001; Fardet ve ark., 2008).

Bulgurdaki fenolik madde konsantrasyonu, buğdayın fenolik içeriği ve üretim parametrelerindeki değişimin bir sonucu olarak 621–2034 mg/kg GAE aralığında değişmektedir (Boyacıoğlu ve Boyacıoğlu, 2011; Rasheed ve ark., 2023).

Yılmaz ve Koca (2017), yaptıkları çalışmada durum buğdayında bulunan toplam fenolik madde miktarını 1633.24 µg GAE/g olarak bildirmişlerdir. Aynı çalışmada otoklavda pişirilip, etüvde kurutulmuş buğdayda toplam fenolik madde miktarını 1125.78 µg GAE/g olarak belirlemiş, bulgurlarda ise fenolik madde miktarını 1283.0 µg GAE/g olarak bildirmiştir.

4.2.8. Antioksidan aktivite

Genel olarak bitki kaynaklı materyallerin toplam antioksidan kapasitesi, mevcut fitokimyasalların karmaşık doğasından dolayı tek bir yöntemle değerlendirilemeyeceği (Chu ve ark., 2000) ve bu nedenle, toplam antioksidan aktiviteyi değerlendirmek için her zaman iki veya daha fazla yöntem uygulanması gerektiği literatürde bildirilmiştir (Liyana-Pathirana ve Shahidi, 2007a; Tacer, 2008).

Buğday, pişirilmiş-kurutulmuş buğday, kabuğu soyulmuş tane buğday, bulgur kepeği, bulgur unu, iri pilavlık bulgur, pilavlık bulgur ve köftelik bulgur örneklerinin antioksidan aktivitelerinin tespit edilmesinde DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl), FRAP (Ferrik iyonlarını indirgeme kuvveti) ve CUPRAC (Bakır iyonlarını indirgeme kuvveti) yöntemleri uygulanmıştır.

Bulgur üretiminde kullanılan buğday, pişirilmiş-kurutulmuş buğday, kabuğu soyulmuş tane buğday, bulgur kepeği, bulgur unu, iri pilavlık bulgur, pilavlık bulgur ve köftelik bulgur antioksidan aktivite (DPPH) değerleri Çizelge 4.16'da verilmiştir. En yüksek antioksidan aktivite değeri bulgur kepeğinde (950.64 mg TE/kg) bulunmuş, bunu bulgur unu (686.22 mg TE/kg) takip etmiştir. Buğday, pişirilmiş-kurutulmuş buğday, kabuğu soyulmuş tane buğday, iri pilavlık, pilavlık ve köftelik bulgur antioksidan değerleri istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Bu grup kendi aralarında sayısal olarak karşılaştırıldığında; pişirilmiş-kurutulmuş buğdayın daha yüksek antioksidan aktivite değerine sahip olduğu görülmektedir. Pilavlık bulgur ise bu grup içinde sayısal olarak en düşük antioksidan aktivite değeri sergilemiştir.

Çizelge 4.16. Bulgur üretiminde elde edilen ürün ve yan ürünlere ait antioksidan aktivite DPPH değerleri¹

Numune	Fabrika 1	Fabrika 2	Fabrika 3	Fabrika 4	Ortalama
Buğday	648.19	500.63	474.21	520.81	535.96±77.21c
Piştirilmiş-kurutulmuş buğday	614.57	581.78	476.11	486.18	539.66±69.00c
Kabuğu soyulmuş tane buğday	581.93	535.62	427.42	439.61	496.15±74.91c
Bulgur kepeği	1008.51	937.21	803.34	1053.5	950.64±109.25a
Bulgur unu	722.97	791.08	565.72	665.09	686.22 ±95.42b
İri pilavlık	600.12	437.54	423.35	465.86	481.72 ± 80.89c
Pilavlık	530.64	445.55	441.56	453.72	467.87 ± 42.15c
Köftelik	468.19	604.29	435.67	516.98	506.28 ± 73.39c

¹Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05). DPPH (mg TE/kg) 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl radikalinin inhibisyonu (TE:Troloks eşdeğeri). Sonuçlar kuru madde üzerinden verilmiştir.

Tam tahıllı tahıllar, rafine tahıllara göre iyi bir E vitamini, folat, fenolik asit, Zn, Fe, Se, Cu, Mn, karotenoid, betain, kolin, sülfür aminoasitleri, fitik asit, lignin, lignan ve alkilresorsinol gibi mikro besinler içerir ve bunların tümü antioksidan etkilere sahiptir (Fardet ve ark., 2008). Bitkinin yetiştirme dönemindeki ekolojik faktörlerin, antioksidan aktiviteyi ve antioksidan içeriğini etkileyebileceği belirtilmiştir (Lachman ve ark., 2012).

Buğdayın tam tane, kepek ve aleuron tabakalarının antioksidan özelliklerinin incelendiği bir çalışmada; aleuron, kepek ve tanelerin antioksidan potansiyelleri, toplam fenolik içeriği ve fenolik asit kompozisyonları bakımından önemli ölçüde farklılık gösterdiği, aleuron tabakasının en yüksek antioksidan aktivite, toplam fenolik madde ve fenolik asit içeriğine sahip olduğu bildirilmiştir (Zhou ve ark., 2004b; Liyana-Pathirana ve Shahidi, 2007b). Buğdayın antioksidan aktivite özelliklerinin, buğday çeşitleri arasında farklılık gösterebileceği, yetiştirme koşullarına göre değişebileceği, hasat sonrası muamele ve işlemlerin buğday ürünlerinin antioksidan kapasitesini etkileyebileceği belirtilmiştir (Zhou ve ark., 2004b; Moore ve ark., 2006).

Buğday, bulgur yan ürün ve son ürünlerine ait antioksidan aktivite (FRAP) değerleri Çizelge 4.17’de verilmiştir. Antioksidan aktivite değeri buğday, piştirilmiş-kurutulmuş buğday, kabuğu soyulmuş tane buğday, bulgur kepeği, bulgur unu, iri pilavlık bulgur, pilavlık bulgur ve köftelik bulgurda sırasıyla 0.78-0.90 µmol TE/g, 0.65-0.71 µmol TE/g, 0.56-0.63 µmol TE/g, 2.05-2.17 µmol TE/g, 1.52-1.88 µmol TE/g, 0.60-0.67 µmol TE/g, 0.69-0.76 µmol TE/g ve 0.70-0.81 µmol TE/g arasında değişmiştir. En yüksek antioksidan aktivite bulgur kepeğinde bulunmuş, bunu bulgur unu izlemiştir. En düşük

antioksidan aktivite miktarları kabuğu soyulmuş tane buğday, pişirilmiş-kurutulmuş buğday, pilavlık bulgurda belirlenmiştir.

Çizelge 4.17. Bulgur üretiminde elde edilen ürün ve yan ürünlere ait antioksidan aktivite FRAP değerleri¹

Numune	Fabrika 1	Fabrika 2	Fabrika 3	Fabrika 4	Ortalama
Buğday	0.78	0.87	0.79	0.90	0.84 ± 0.06 c
Piştirilmiş-kurutulmuş buğday	0.65	0.71	0.65	0.68	0.67 ± 0.03def
Kabuğu soyulmuş tane buğday	0.63	0.56	0.60	0.60	0.60 ± 0.03 f
Bulgur kepeği	2.11	2.17	2.07	2.05	2.10 ± 0.05 a
Bulgur unu	1.88	1.52	1.63	1.67	1.68 ± 0.15 b
İri pilavlık	0.64	0.60	0.63	0.67	0.64 ± 0.03 de
Pilavlık	0.71	0.69	0.76	0.73	0.72 ± 0.03 ef
Köftelik	0.73	0.70	0.81	0.80	0.76 ± 0.05 cd

¹Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05). FRAP (µmolTE/g) Ferrik iyonlarını indirgeme kuvveti. Sonuçlar kuru madde üzerinden verilmiştir.

Bulgur üretiminde kullanılan hammadde (buğday), pişirilmiş kurutulmuş buğday, kabuğu soyulmuş tane buğday, bulgur kepeği, bulgur unu, iri pilavlık bulgur, pilavlık bulgur ve köftelik bulgur antioksidan aktivite (CUPRAC) değerleri Çizelge 4.18’de verilmiştir. En yüksek antioksidan aktivite değeri bulgur kepeğinde (12.74 µmol TE/g) bulunmuş, bunu bulgur unu (8.55 µmol TE/g) ve buğday (6.57 µmol TE/g) takip etmiştir. En düşük antioksidan aktivite değeri sayısal açıdan kabuğu soyulmuş tane buğdayda (3.84 µmolTE/g) belirlenmiş olup, istatistiki olarak pişirilmiş-kurutulmuş buğday, köftelik bulgur, iri pilavlık bulgur ve pilavlık bulgurla aynı grupta yer almıştır.

Çizelge 4.18. Bulgur üretiminde elde edilen ürün ve yan ürünlere ait antioksidan aktivite CUPRAC değerleri¹

Numune	Fabrika 1	Fabrika 2	Fabrika 3	Fabrika 4	Ortalama
Buğday	5.70	6.19	6.59	7.80	6.57 ± 0.90 c
Piştirilmiş-kurutulmuş buğday	5.57	5.65	5.19	4.83	5.31 ± 0.38 d
Kabuğu soyulmuş tane buğday	3.22	3.81	4.18	4.14	3.84 ± 0.44 e
Bulgur kepeği	13.89	13.23	11.11	12.71	12.74 ± 1.19 a
Bulgur unu	7.68	9.05	9.22	8.25	8.55 ± 0.72 b
İri pilavlık	4.75	4.26	4.34	4.06	4.35 ± 0.29 de
Pilavlık	5.04	4.79	3.99	4.12	4.49 ± 0.51 de
Köftelik	5.12	5.03	4.91	4.34	4.85 ± 0.35 d

¹Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05). CUPRAC (µmolTE/g) Bakır iyonlarını indirgeme kuvveti. Sonuçlar kuru madde üzerinden verilmiştir.

Antioksidan aktivite, buğdayın tür ve genetiği başta olmak üzere, fiziksel işlemler (öğütme, kırma, kabuk soyma), yetiştirme koşulları, iklim, toprak unsurları, yetiştiği bölge gibi çeşitli etkiler altında bulunmaktadır. Buğdayın antioksidan aktivitesi, polifenoller, karotenoidler, fitosteroller ve selenyum gibi farklı hidrofilik ve lipofilik bileşik gruplarına ait olan antioksidanlardan kaynaklanmaktadır (Lachman ve ark., 2012).

Fenolik asitleri içeren antioksidanların buğday kepeğinin aleuron fraksiyonunda yoğunlaştığı ve mikronizasyon arttıkça, buğdayın aleuron tabakasının antioksidan aktivitesinin, toplam ekstrakte edilebilir fenolik içeriğinin arttığı bildirilmiştir (Zhou ve ark., 2004b; Esposito ve ark., 2005).

Antioksidantlardaki kepek taneciklerinin fenolik asitler, antosiyaninler, karotenoidler ve antioksidan aktivite değerlerinin araştırıldığı bir çalışmada; kepeğin granülasyonunun düşmesine bağlı olarak fenolik asitler, antosiyaninler, karotenoidler ve antioksidan aktivite miktarının yükseldiği; bu durum bileşiminde kepek kullanılan fonksiyonel gıdaların içeriğini etkileyebileceği belirtilmiştir (Brewer ve ark., 2014).

4.2.9. Fitik asit

Bulgur üretiminde hammadde olarak kullanılan buğday, bulgur prosesi ürün ve yan ürünlerine ait fitik asit miktarları Çizelge 4.19'da verilmiştir. Buğday, pişirilmiş-kurutulmuş buğday, kabuğu soyulmuş tane buğday, bulgur kepeği, bulgur unu, iri pilavlık bulgur, pilavlık bulgur ve köftelik bulgurda sırasıyla, 1112.64-1277.52 mg/100 g, 1021.61-1206.81 mg/100 g, 912.67-993.73 mg/100 g, 2069.87-2858.34 mg/100 g, 1170.35-1383.45 mg/100 g, 587.41-638.39 mg/100 g, 618.39-646.81 mg/100 g ve 637.83-680.64 mg/100 g arasında değişim göstermiştir. En yüksek fitik asit miktarı bulgur kepeğinde (2599.07 mg/100 g) bulunmuş, bunu bulgur unu (1233.20 mg/100 g) takip etmiştir. En düşük değer 587.41 mg/100 g ile iri pilavlık bulgurda belirlenmiştir. Sayısal değer olarak farklı olmalarına rağmen; buğday, pişirilmiş-kurutulmuş buğday ve bulgur unu istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Ortalama değerler kullanılarak fitik asit kaybı hesaplandığında yaklaşık olarak %35'lik bir kayıp hesaplanmıştır.

Yılmaz ve Ünal (1993) yaptıkları çalışmada, bulgur üretimi sırasındaki fitik asit kaybının pilavlık bulgurda %25.28, köftelik bulgurda ise %30.72 oranında olduğunu bildirmişlerdir.

Fitik asit; Ca, Fe, Zn, Mg ve Cu gibi çok değerlikli metal iyonlarıyla şelat oluşturarak fitat adı verilen çözünmez tuzlara neden olur ve dolayısıyla minerallerin

biyoyararlanımını düşürür. Fitik asit gıdalardaki mikro besinleri şelatlama kabiliyeti nedeniyle antibesinsel faktör olarak adlandırılır (Blout ve ark., 2023).

Çizelge 4.19. Bulgur üretiminde elde edilen ürün ve yan ürünlere ait fitik asit değerleri¹

Numune	Fabrika 1	Fabrika 2	Fabrika 3	Fabrika 4	Ortalama
Buğday	1112.64	1137.80	1277.52	1251.62	1194.90± 81.79b
Piştirilmiş-kurutulmuş buğday	1021.61	1039.45	1206.81	1155.63	1105.88±89.77bc
Kabuğu soyulmuş tane buğday	921.65	993.73	950.27	912.67	944.58± 36.48c
Bulgur kepeği	2069.87	2511.64	2756.41	2858.34	2549.07±351.03a
Bulgur unu	1170.35	1195.43	1383.45	1183.57	1233.20±100.69b
İri Pilavlık	608.60	638.39	625.67	587.41	615.02 ±22.08d
Pilavlık	637.54	646.81	626.22	618.39	632.24 ± 12.50d
Köftelik	669.31	680.64	652.57	637.83	660.09 ±18.79d

¹Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05). Fitik asit mg/100g.

Evlice ve Özkaya (2020), dokuz farklı buğdaydan elde ettikleri bulgurların fitik asit miktarının 576.3-678.2 mg/100g arasında değiştiğini ve ortalama 623.3 mg/100g olduğunu belirlemiştir. Hammadde olarak kullanılan dokuz buğday örneğinde ise bu değerler 955-1059 mg/100g arasında değişmiş ve ortalama 1001 mg/100g olarak bulunmuştur. Ortalama değerler üzerinden bir hesaplama yapıldığında buğdaydan bulgura geçişte yaklaşık %37.7 fitik asit kaybı olduğu görülmektedir. Arpadan bulgur üretimi yapılan başka bir çalışmada da fitik asit içeriğinin azaldığı yönünde benzer sonuçlar bildirilmiştir (Köksel ve ark., 1999). Bu azalma, bulgur üretiminde ıslatma (Ertaş ve Türker, 2012) ve pişirme (Özkaya ve ark., 2017) aşamalarında gerçekleşen biyolojik parçalanmadan kaynaklanabilir.

Fitik asit, buğday tanesi içinde homojen dağılmamış olup daha çok ruşeym ve aleuron tabakasında toplanmıştır (Özkaya ve ark., 2000). Bulgur kepeğinde fitik asit miktarı, değirmencilikte elde edilen buğday kepeğinden hem aleuron tabakası içermemesi hem de bulgur yapımı sırasında pişirme aşamasında uygulanan ısıl işlem nedeniyle çok daha düşüktür.

Pişirme işlemi bulgur üretiminde önemli olup, çeşitli hububat ve baklagillerde fitik asit miktarını %22-35 oranında azalttığı bildirilmektedir (Attia ve ark., 1994; Manez ve ark., 2002). Bulgur, üretildiği buğdayın özelliklerini taşımakta olup; kepek ve ruşeym bulgurdan tamamen ayrılmamaktadır. Dolayısıyla bulgur az miktarlarda da olsa fitik asit içermektedir. Üretimde uygulanan ısıl işlemler ve kurutma sırasında bir miktar kayıp

meydana gelebilmektedir. Bu kaybın oranı şartlara ve uygulanan yönteme bağlı olarak değişmektedir (Williams ve ark., 1984).

Dormant tohumlarda fitat, toplam fosfatın %60-90'ını oluşturur (Nissar ve ark., 2017). Fitik asit; yağlı tohumlar, baklagiller, tahıllar, kabuklu yemişler ve polende %1 ile %5 (kuru maddede) oranında bulunur ve tohumlardaki toplam fosfor seviyesinin %50 ile %80'ini temsil eder. Fitatın yaklaşık %80'i aleuron tabakasında protein açısından zengin globoid yapılara gömülü granüller olarak bulunur (Schlemmer ve ark., 2009; Bloot ve ark., 2023).

Diyetteki fitik asit, çözünmeyen bir fitat-mineral kompleksi oluşturur. İnsanın ince bağırsağı fitatı parçalayan enzimden yoksundur ve bu kompleksler insan gastrointestinal sistemi tarafından kolayca emilmez, bu da minerallerin biyoyararlanımını azaltır. Böylece fitat-mineral kompleksi insan bağırsağında kısmen hidrolize halde kalır (Kumar ve ark., 2010).

4.2.10. Nişasta sindirilebilirliği

Bulgur üretiminde hammadde olarak kullanılan buğday, iri pilavlık bulgur, pilavlık bulgur ve köftelik bulgur örneklerine ait *in vitro* sindirim sonrası ortaya çıkan % biyoerişilebilirlik değerleri Çizelge 4.20'de verilmiştir.

Çizelge 4.20. Bulgur üretiminde elde edilen ürün ve yan ürünlere ait *in vitro* sindirim sonrası ortaya çıkan % biyoerişilebilir glukoz değerleri¹

Numune	Fabrika 1	Fabrika 2	Fabrika 3	Fabrika 4	Ortalama
Buğday	90.14	90.53	98.34	93.87	93.22 ± 3.80 ab
İri pilavlık	83.08	86.62	92.29	87.92	87.48 ± 3.80 b
Pilavlık	95.73	98.13	98.64	84.68	94.30 ± 6.53 a
Köftelik	98.50	91.26	99.02	96.80	96.40 ± 3.55 a

¹Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

Buğday, iri pilavlık bulgur, pilavlık bulgur ve köftelik bulgur örneklerinde ortalama % biyoerişilebilir glukoz değerleri sırasıyla %93.22, %87.48, %94.30 ve %96.40 bulunmuştur. En yüksek %biyoerişilebilir glukoz değeri köftelik bulgurda belirlenmiş ve bunu pilavlık bulgur takip etmiştir. Sayısal olarak farklı olmasına rağmen pilavlık ve köftelik bulgur istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Bunun nedeni olarak köftelik bulgurun daha düşük granülasyona sahip olması nedeniyle nişasta

zedelenmesinin fazla olmasından kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Mandalari ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada, durum buğdayını beş farklı boyutta öğütürerek, lapa halinde pişirmişler, daha sonra bu lapalarda nişasta ve protein *in vitro* sindirim analizi gerçekleştirilmiş, buğday parçacık boyutu azaldığında nişasta ve glukoz salınımının arttığı, protein biyoerişilebilirliğinin de nişasta ile benzer eğilim gösterdiği bildirilmiştir. Bu çalışmada da granülasyon ile ilgili benzer sonuçlar elde edilmiştir.

4.2.11. Protein sindirilebilirliği

In vitro sindirim sonrası, hammadde olarak kullanılan buğday, iri pilavlık bulgur, pilavlık bulgur ve köftelik bulgura ait % protein biyoerişilebilirlik değerleri Çizelge 4.21’de sunulmuştur.

Çizelge 4.21. Bulgur üretiminde elde edilen ürün ve yan ürünlere ait *in vitro* sindirim sonrası % biyoerişilebilir protein değerleri¹

Numune	Fabrika 1	Fabrika 2	Fabrika 3	Fabrika 4	Ortalama
Buğday	95.21	93.08	98.27	96.72	96.00 ± 1.93a
İri pilavlık	97.01	99.30	98.89	90.49	96.42 ± 4.08a
Pilavlık	95.96	98.85	100.05	99.71	98.64 ± 3.28a
Köftelik	95.02	91.27	101.68	96.85	96.21 ± 4.33a

¹Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

In vitro sindirim sonrası % biyoerişilebilir protein değerleri; buğday, iri pilavlık bulgur, pilavlık bulgur ve köftelik bulgur örneklerinde istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Dumas metodunun prensibi, gıda maddesi bir fırın içinde yakılarak örnek içindeki tüm azot formlarının azot oksit gazlarına dönüştürülmesi ve bu gazların elementel azota indirgenerek, termal iletkenlik yöntemleri ile azotun miktarının belirlenmesi esasına dayanmaktadır (Olgun ve ark., 2013). Burada protein değeri toplam azot miktarı üzerinden belirlendiği için protein biyoerişilebilirliğinde bu çalışmada da görüldüğü üzere önemli bir fark oluşmamıştır.

Juillet ve ark. (2008) yaptıkları çalışmada, buğdayın protein sindirilebilirliğini %85-95, Bos ve ark. (2005)’da %90.3±4.3 olarak rapor etmişler; bu çalışmada da %96 olarak bulunmuş olup, literatürle uyumludur.

4.2.12. Toplam fenolik madde biyoerişilebilirliği

Buğday, iri pilavlık, pilavlık ve köftelik bulgur örneklerine ait *in vitro* sindirim sonrası ortaya çıkan % toplam fenolik madde biyoerişilebilirlik değerleri Çizelge 4.22’de verilmiştir.

Çizelge 4.22. Bulgur üretiminde elde edilen ürün ve yan ürünlere ait *in vitro* sindirim sonrası % biyoerişilebilir toplam fenolik madde değerleri¹

Numune	Fabrika 1	Fabrika 2	Fabrika 3	Fabrika 4	Ortalama
Buğday	38.08	39.15	41.54	39.47	39.56±1.45b
İri pilavlık	48.95	39.18	43.72	47.42	44.82±4.35ab
Pilavlık	51.31	48.91	42.62	46.40	47.31±3.71a
Köftelik	49.47	47.92	47.38	41.67	46.61±3.41a

¹Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

Buğday, iri pilavlık bulgur, pilavlık bulgur ve köftelik bulgur arasında biyoerişilebilir toplam fenolik madde en yüksek pilavlık bulgurda (%47.31), en düşük buğdayda (%39.56) belirlenmiştir. Fenolik maddeler buğdayda serbest, çözünür-konjuge, bağlı formlarda bulunmakta ve genellikle de bağlı formda karmaşık yapıların bileşenleridir (Liu, 2007). Buğdayda biyoerişilebilirliğin düşük çıkmasının sebebi fenolik maddelerin genellikle bağlı formda bulunması nedeniyle olabilir.

Anson ve ark. (2009) çalışmalarında buğday fraksiyonları ve ekmekte ferulik asit biyoerişilebilirliğini araştırmışlar, buğday fraksiyonlarından (un, kepek, aleuron) ve ekmeklerden ferulik asit biyoerişilebilirliğinin düşük (<%1) olduğunu, ancak una serbest ferulik asit eklendiğinde, ferulik asit biyoerişilebilirliğinin (~%60) yükseldiğini bildirmişlerdir.

4.2.13. Toplam antioksidan aktivite biyoerişilebilirliği

Bulgur üretiminde hammadde olarak kullanılan buğday, iri pilavlık bulgur, pilavlık bulgur ve köftelik bulgur örneklerine ait *in vitro* sindirim sonrası DPPH antioksidan aktivite miktarı % biyoerişilebilirlik değerleri Çizelge 4.23’te verilmiştir.

En yüksek biyoerişilebilirlik %131.20 değeri ile köftelik bulgurda belirlenmiştir. Sayısal olarak farklı olmasına rağmen pilavlık bulgur (117.36) istatistiksel olarak köftelik bulgurla aynı grupta yer almıştır. Buğday %83.69 ile en düşük değeri verirken, %90.85 biyoerişilebilir DPPH antioksidan aktivite ile iri pilavlık bulgurla aynı grupta yer almıştır.

Antioksidan aktiviteye sahip bileşenler buğday tanesinde homojen dağılmamakta, çoğunlukla kepek tabakalarında bağlı ve serbest formda bulunmaktadır. Çizelge 4.6’da görüleceği üzere iri pilavlık bulgur, pilavlık bulgur ve köftelik bulgurun sırasıyla % kül değeri 0.90, 0.91 ve 0.97 olarak belirlenmiştir. Buradan kül değerinin artışına baktığımızda kepek fraksiyonunun partikül inceliğiyle pozitif korelasyon gösterdiğini ve bu sonuçların DPPH antioksidan aktivite biyoerişilebilirliği ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.23. Bulgur üretiminde elde edilen ürün ve yan ürünlere ait *in vitro* sindirim sonrası % biyoerişilebilir antioksidan aktivite (DPPH) değerleri¹

Numune	Fabrika 1	Fabrika 2	Fabrika 3	Fabrika 4	Ortalama
Buğday	77.65	93.05	77.40	86.66	83.69±7.58b
İri pilavlık	83.64	95.84	92.65	91.28	90.85±5.17b
Pilavlık	135.08	117.04	113.89	103.41	117.36±13.18a
Köftelik	141.48	141.54	127.76	114.00	131.20±13.17a

¹Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

Buğday, iri pilavlık bulgur, pilavlık bulgur ve köftelik bulgur FRAP antioksidan aktivite (mg TE/g) ve % biyoerişilebilirlik değerleri Çizelge 4.24’te görülmektedir. Biyoerişilebilirlik %93.05 ile %124.19 arasında değişmiştir. Sayısal bakımdan en küçük değer buğdayda görülmüş olup, köftelik bulgurla istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır.

Çizelge 4.24. Bulgur üretiminde elde edilen ürün ve yan ürünlere ait *in vitro* sindirim sonrası % biyoerişilebilir antioksidan aktivite (FRAP) değerleri¹

Numune	Fabrika 1	Fabrika 2	Fabrika 3	Fabrika 4	Ortalama
Buğday	89.39	96.69	84.19	101.92	93.05±7.83b
İri pilavlık	119.16	119.08	129.80	114.29	120.58±6.55a
Pilavlık	120.79	143.29	116.45	116.24	124.19±12.90a
Köftelik	105.00	105.88	96.08	103.23	102.55±4.45b

¹Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

CUPRAC antioksidan aktivite miktarları (mg TE/g) ve % biyoerişilebilirlik değerleri Çizelge 4.25’te verilmiştir. CUPRAC antioksidan aktivite % biyoerişilebilirlik değerlerinde en düşük değer buğdayda (67.79), en yüksek değer ise iri pilavlık bulgur (99.78) belirlenmiştir. İri pilavlık bulgur, pilavlık bulgur ve köftelik bulgur %

biyoerişilebilirlik değerleri sırasıyla; 99.78, 98.23 ve 96.88 olarak belirlenmiş olup, istatistiksel olarak aynı grupta yer almışlardır.

Çizelge 4.25. Bulgur üretiminde elde edilen ürün ve yan ürünlere ait *in vitro* sindirim sonrası % biyoerişilebilir antioksidan aktivite (CUPRAC) değerleri¹

Numune	Fabrika 1	Fabrika 2	Fabrika 3	Fabrika 4	Ortalama
Buğday	67.26	70.49	62.37	71.03	67.79±3.98b
İri pilavlık	110.96	91.21	93.68	103.25	99.78±9.09a
Pilavlık	88.16	101.75	98.39	104.60	98.23±7.17a
Köftelik	105.70	101.49	89.59	90.74	96.88±7.96a

¹Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

Zeng ve ark. (2016) çalışmalarında, tahıl matrisinin biyoerişilebilirliği etkileyen önemli bir etken olduğunu bildirmişlerdir. Dewanto ve ark. (2002) yaptıkları çalışmada ısıtma işlemi bağı fenolik asitlerin salınmasına katkıda bulunduğunu bildirmişlerdir. Tam tahıllarda fenolik bileşikler antioksidan aktiviteye katkıda bulunmaktadır. Özellikle ferulik asidin güçlü antioksidan aktiviteye sahip olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada da ısıtma işlemi biyoerişilebilirliği artırdığı görülmektedir.

4.3. Bulgur Unu ve Bulgur Kepeği İlaveli Kraker Sonuçları

4.3.1. Renk

Bulgur unu kullanımıyla hazırlanan krakerlerin L^* değeri 66.51-69.35 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.26). %10 bulgur unu ilavesi ile üretilen kraker örnekleri kontrol örneğe eşdeğer L^* değeri vermiştir. %20 ve üzerinde bulgur unu kullanımı krakerlerin L^* değerlerini düşürmüştür. En düşük L^* değerleri %30 ve 40 bulgur unu ilavesi ile elde edilmiştir. Krakerlerin renk değerleri üzerinde etkili olan faktörlerden biri kraker üretiminde kullanılan hammaddelerdir. Bu çalışmada kontrol kraker tamamen rafine buğday unundan üretilirken, diğer kraker formülasyonlarında buğday unu % 10, 20, 30 ve 40 oranlarında bulgur unu ile yer değiştirilerek kullanılmıştır. Buğday ununun ve bulgur ununun L^* değerleri sırasıyla 92.02 ve 77.44 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Bulgur ununun buğday ununa göre düşük olan L^* değeri kraker rengine de yansımış olabilir. Diğer taraftan fırın ürünlerinde rengin oluşumunda ya da değişiminde etkili faktörlerden biri de maillard reaksiyonudur. Maillard reaksiyonu, indirgen şekerlerin

karboksil gruplarıyla, azotlu bileşiklerin amin grupları arasında sıcaklığın etkisiyle oluşan, enzimatik olmayan bir esmerleşme reaksiyonudur (Elgün ve Ertugay, 1995). Kraker formülasyonuna protein içeriği yüksek bulgur ununun dahil edilmesi maillard reaksiyonunu teşvik ederek koyuluğun artmasında ve L^* değerinin düşmesinde etkili olmuş olabilir.

Krakerlerin a^* değeri 3.27 ile 4.59 arasında değişim göstermiştir. Kraker formülasyonunda %30 - 40 bulgur unu kullanımı a^* değerini kontrol ve %10- %20 bulgur unu ilaveli kraker örneklerine göre düşürmüştür. %10 ve %20 bulgur unu kullanımı ile üretilen krakerlerin a^* değerleri, kontrol örneğinin a^* değeri ile aynı grupta yer almıştır. Bulgur ununun %30 ve %40 oranında kullanımı krakerlerin a^* değerinde istatistiksel bir fark oluşturmamış, ancak sayısal olarak en düşük a^* değeri %40 bulgur unu ilaveli krakerde belirlenmiştir.

Krakerlerin b^* değeri %0, 10, 20, 30 ve 40 bulgur unu ilave oranlarında sırasıyla 39.50, 39.06, 39.27, 36.47 ve 36.43 olarak belirlenmiştir. %10 ve %20 bulgur unu kullanımıyla kontrole eşdeğer b^* değeri elde edilmiştir. Daha yüksek oranlarda bulgur unu kullanımı krakerlerin b^* değerini düşürmüş ve %30 ve %40 oranında bulgur unu ilaveli krakerlerin b^* değeri aynı grupta yer almışlardır.

Çizelge 4.26. Bulgur unu ilaveli krakerlere ait renk değerleri¹

Bulgur unu oranı (%)	L^*	a^*	b^*
0	69.35 ± 0.46 a	4.59 ± 0.15 a	39.50 ± 0.50 a
10	68.72 ± 0.11 a	4.30 ± 0.08 a	39.06 ± 0.54 a
20	67.59 ± 0.69 b	4.24 ± 0.13 a	39.27 ± 0.45 a
30	67.15 ± 0.66 bc	3.47 ± 0.45 b	36.47 ± 0.45 b
40	66.51 ± 0.45 c	3.27 ± 0.18 b	36.43 ± 0.09 b

¹Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p < 0.05$). L^* : Parlaklık renk değeri, a^* : Kırmızı-yeşil renk değeri, b^* : Sarı-mavi renk değeri.

Farklı oranlarda bulgur kepeği kullanılarak üretilen kraker örneklerine ait L^* , a^* ve b^* değerleri Çizelge 4.27'de verilmiştir.

Bulgur kepeği ilaveli krakerlerde L^* değeri 64.88 ile 69.01 arasında değişim göstermiş, bulgur kepeği ilavesi kraker örneklerinin L^* değerini düşürmüştür. %10 ve %15 oranında bulgur kepeği ilaveli krakerlerin L^* değeri istatistiki olarak aynı grupta yer almıştır. En düşük L^* değeri %20 bulgur kepeği ilave oranında belirlenmiştir. Daha önce bulgur unu ilaveli kraker örneklerinin renk değerlerinin değerlendirilmesinde de belirtildiği gibi, hammadde rengi ürün rengi üzerinde etkili faktörlerdendir. Kraker

üretiminde hammadde olarak kullanılan buğday ununun ve bulgur kepeğinin L^* değerleri sırasıyla 92.02 ve 68.70 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Bulgur kepeğinin L^* değerinin buğday ununun L^* değerine göre düşük olması, krakerlerin L^* değerinin bulgur kepeği ilave oranına bağlı olarak düşmesinde etkili olmuş olabilir. L^* değerinin düşmesinde etkili diğer bir faktörün bulgur kepeğinin de bulgur unu gibi protein oranının yüksek olmasından dolayı, maillard reaksiyonu olduğu düşünülmektedir.

Krakerlerin a^* değeri %0, 5, 10, 15 ve 20 bulgur kepeği ilave oranlarında sırasıyla 4.81, 4.80, 4.25, 4.06 ve 3.34 olarak belirlenmiştir. Bulgur kepeği ilavesi %15 kullanım oranına kadar krakerlerin a^* değeri üzerinde istatistiki olarak bir fark yaratmamıştır. Ancak sayısal olarak bir düşme söz konusu olmuştur. %20 bulgur kepeği kullanımı ise, kontrol ve %5 bulgur kepeği ilaveli kraker örneğine göre a^* değerini önemli ($p<0.05$) derecede düşürmüştür.

Bulgur kepeği kullanımıyla krakerlerin b^* değeri 33.96 ile 39.67 arasında değişim göstermiştir. Artan oranda bulgur kepeği kullanımı b^* değerini düşürmüştür. Bulgur kepeğinin %10 ve %15 kullanım oranlarında krakerlerin b^* değerleri istatistiki olarak aynı grupta yer almıştır. Kraker üretiminde hammadde olarak kullanılan bulgur kepeği ve buğday ununun b^* değerleri sırasıyla 30.06 ve 18.16 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.4). Kraker üretiminde bulgur kepeği kullanımı, krakerlerin b^* değeri üzerinde önemli bir etki yapmıştır ($p<0.05$).

Çizelge 4.27. Bulgur kepeği ilaveli krakerlere ait renk değerleri¹

Bulgur kepeği oranı (%)	L^*	a^*	b^*
0	69.01 ± 0.27 a	4.81 ± 0.06 a	39.67 ± 0.44 a
5	67.89 ± 0.13 b	4.80 ± 0.37 a	37.87 ± 0.52 b
10	65.55 ± 0.11 c	4.25 ± 0.18 ab	36.19 ± 0.29 c
15	65.40 ± 0.09 c	4.06 ± 0.12 ab	35.87 ± 0.10 c
20	64.88 ± 0.34 d	3.34 ± 0.72 b	33.96 ± 0.21 d

¹Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$). L^* : Parlaklık renk değeri, a^* : Kırmızı-yeşil renk değeri, b^* : Sarı-mavi renk değeri.

Saka ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada, farklı iriliğe (200 μ , 400 μ ve 850 μ) sahip bulgur kepeğini %0, 5, 10, 15 ve 20 oranlarında ilave ederek bisküvi üretmişler, bisküvilerin L^* ve b^* değerlerinin; farklı partikül iriliğine sahip bulgur kepeklerinin artan oranda kullanımıyla düştüğünü bildirmişlerdir. Bulgur kepeklerinin artan oranda kullanımıyla bisküvilerin a^* değerlerini artırdığı belirtilmiştir.

Baumgartner (2018) yaptığı çalışmada, farklı partikül boyutundaki (350 μ , 200 μ ve 100 μ) bulgur kepeklerini %0, 5, 10 ve 15 oranlarında ilave ederek ekmek üretmiştir. Üretilen ekmeklerde farklı irilikteki bulgur kepeği kullanımında, artan bulgur kepeği oranıyla ekmeklerin L^* değerlerinin düştüğü, a^* ve b^* değerlerinin ise arttığı belirtilmiştir.

Ertaş (2015) yaptığı çalışmada, 3 farklı yöntemle (sıcak hava, mikrodalga ve otoklav) buğday kepeğine stabilizasyon işlemi uygulamış ve %10, 20 ve 30 oranlarında stabilize buğday kepeğini kullanarak bisküvi üretmiştir. Stabilizasyon işlemi görmüş buğday kepeği ilavesi arttıkça bisküvilerin L^* ve b^* değeri düşmüş, a^* değeri ise yükselmiştir.

Sudha ve ark. (2007) yaptıkları çalışmada, buğday kepeği seviyesi arttıkça (%40) bisküvilerin renginin koyulaştığını bildirmiştir.

Genel olarak, kepek ilavesi unlu mamullerin rengini değiştirmekte, özellikle de daha koyu bir renge neden olmaktadır. Burada da üretilen krakerlerde artan bulgur kepeği ilave oranıyla birlikte renkte koyulaşma görülmüştür.

4.3.2. Çap, kalınlık ve yayılma oranı

Farklı oranlarda (%0, 10, 20, 30 ve 40) bulgur unu ilavesi ile hazırlanan krakerlerde çap, kalınlık ve yayılma oranları Çizelge 4.28'de verilmiştir.

Krakerlerin çapı 46.80 mm ile 47.55 mm arasında ölçülmüştür. Bulgur unu kullanımını %30 ilave oranına kadar krakerlerin çapı üzerinde istatistiki olarak bir fark yaratmamıştır. Ancak sayısal açıdan değerlendirildiğinde artan bulgur unu ilave oranıyla çapta hafif bir azalma görülmüştür. %40 bulgur unu kullanımını ise kontrol ve %10 bulgur unu ilaveli kraker örneğine göre çap değerini önemli ($p < 0.05$) derecede düşürmüştür.

Krakerlerin %0, 10, 20, 30 ve 40 bulgur unu ilave oranlarında kalınlık değerleri sırasıyla 4.50 mm, 3.80 mm, 3.15 mm, 2.55 mm ve 2.20 mm olarak ölçülmüştür. Krakerlerde artan oranda bulgur unu kullanımını kalınlık değerlerini düşürmüştür. %40 bulgur unu ilaveli krakerde kontrol örneğine göre %51.11 oranında bir inceleme görülmüştür.

Krakerlerin yayılma oranları %0, 10, 20, 30 ve 40 bulgur unu kullanım oranlarında sırasıyla 10.57, 12.50, 15.02, 18.46 ve 21.31 olarak belirlenmiştir. Kraker formülasyonundaki bulgur unu artış oranına bağlı olarak krakerlerin yayılma oranları artmıştır. Krakerlerin artan oranda bulgur unu kullanımıyla kalınlık değerinin düşmesi,

yayılma oranı değerinin artmasında etkili olmuştur. Bulgur üretimi esnasında, bulgur ununa bulgurun kabuk kısmının ufalanarak karışması; bulgurunun selüloz içeriğinin yükselmesine, bulgurunun ilave edildiği kraker hamurunda glutenin seyrelmesine, glutenin su tutma kapasitesinin azalmasına (bulgurunun selüloz içeriğinin yüksek olması) neden olmuş ve dolayısıyla bulgurunu kullanımıyla krakerin yayılma oranının artmasında etkili olmuş olabilir.

Certel (1990) yaptığı çalışmada, bulgur prosesinde kırma aşamasından sonra iriliklerine göre sınıflandırılan bulgurda selüloz içeriğinin granülasyon inceliğine paralel olarak arttığını ve bulgurunda %136.23 olduğunu bildirmiştir.

Meriles ve ark. (2021) tarafından yapılan çalışmada, buğday ruşeymine ısı işlem (175 ± 1 °C'de 20 dk) uygulanmış ve farklı oranlarda (%0, 10, 20 ve 30) ısı işlem görmüş buğday ruşeymi buğday ununa ilave edilerek kraker üretilmiştir. Buğday ruşeymi kullanımının hamurun yapısını zayıflattığı bildirilmiştir. Buğday ruşeymi ilavesiyle gluten seyrelmiş, hamurun gluten ağının oluşması için gerekli suyun bir kısmını buğday ruşeymi absorbe etmiş ve istenilen özellikte kraker hamur yapısı elde edilemediği bildirilmiştir. Stabilize buğday ruşeymi ilavesinin krakerlerde çap değeri üzerinde fazla bir etkide bulunmadığı, %30 oranında stabilize buğday ruşeymi ilavesiyle kontrole göre kraker kalınlığını düşürdüğü rapor edilmiştir.

Çizelge 4.28. Bulgur unu ilaveli krakerlere ait çap kalınlık yayılma oranı değerleri¹

Bulgur unu oranı (%)	Çap (mm)	Kalınlık(mm)	Yayılma oranı
0	47.55 ± 0.07 a	4.50 ± 0.14 a	10.57 ± 0.35 e
10	47.45 ± 0.07 a	3.80 ± 0.14 b	12.50 ± 0.48 d
20	47.30 ± 0.14 ab	3.15 ± 0.07 c	15.02 ± 0.29 c
30	47.05 ± 0.35 ab	2.55 ± 0.07 d	18.46 ± 0.37 b
40	46.80 ± 0.42 b	2.20 ± 0.14 e	21.31 ± 1.18 a

¹Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

Bulgur kepeği kullanılarak hazırlanan krakerlere ait çap, kalınlık ve yayılma oranı değerleri Çizelge 4.29'da verilmiştir.

Farklı oranlarda bulgur kepeği ilavesiyle hazırlanan kraker örneklerinin çap değeri 47.55 mm ile 48.65 mm arasında değişmiştir. Bulgur kepeği ilavesi %15 kullanım oranına kadar krakerlerin çap değeri üzerinde istatistiki olarak bir fark oluşturmamıştır. Ancak sayısal olarak hafif bir artış söz konusu olmuştur. %20 bulgur kepeği kullanımı ise,

kontrol ve %5 bulgur kepeği ilaveli kraker örneğine göre krakerin çap değerini önemli ($p<0.05$) derecede artırmıştır.

Krakerlerin %0, 5, 10, 15 ve 20 bulgur kepeği kullanım oranlarında kalınlık değerleri sırasıyla 4.35 mm, 3.60 mm, 3.35 mm, 3.00 mm ve 2.75 mm olarak belirlenmiştir. Krakerlerde bulgur kepeği kullanım oranı arttıkça krakerlerin kalınlık değerinde azalma görülmüştür. Bulgur kepeğinin %20 oranında kullanımıyla hazırlanan krakerin kontrol örneğine göre kalınlık değerinde %36.78 oranında bir düşme belirlenmiştir.

Krakerlerin yayılma oranları 10.93 ile 17.70 değerleri arasında değişmiştir. Artan bulgur kepeği ilave oranına bağlı olarak, krakerlerin kalınlık değerinin düşmesiyle birlikte krakerlerin yayılma oranları artmıştır. En yüksek yayılma oranı kraker veren %20 bulgur kepeği kullanım oranında görülmüştür. Bulgur kepeği kullanımı; hamurun gluten yapısını zayıflatıp, hamurun viskozitesini azaltarak, viskoelastik yapının oluşmasına engel olması, yayılma oranının artmasında etkili olmuştur. Ayrıca bulgur kepeğinin buğday ununa kıyasla daha yüksek yağ oranına sahip olması, yayılma oranını artıran diğer bir faktör olmuştur. Bulgur kepeği ilavesiyle kraker hamurunda oransal olarak azalan gluten miktarı da yayılmanın artmasını teşvik eden başka bir faktör olarak görülmüştür.

Çizelge 4.29. Bulgur kepeği ilaveli krakerlere ait çap kalınlık yayılma oranı değerleri¹

Bulgur kepeği oranı (%)	Çap (mm)	Kalınlık (mm)	Yayılma oranı
0	47.55 ± 0.21 b	4.35 ± 0.07 a	10.93 ± 0.23 e
5	47.70 ± 0.42 b	3.60 ± 0.14 b	13.26 ± 0.40 d
10	47.95 ± 0.21 ab	3.35 ± 0.21 c	14.34 ± 0.84 c
15	48.30 ± 0.28 ab	3.00 ± 0.14 d	16.12 ± 0.85 b
20	48.65 ± 0.21 a	2.75 ± 0.07 e	17.70 ± 0.53 a

¹Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$).

Sözer ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada, farklı partikül iriliğinde ve oranlarda kepek ilavesiyle bisküvi üretmişler; ürettikleri bisküvide kepek oranı ve iriliği arttıkça bisküvi uzunluğunun da arttığını bildirmişlerdir.

Tetik (2018) yaptığı çalışmada; kepek, ruşeym, düğürcük, üzüm posası kurusu ve elma posası kurusunu %0, 5, 10, 15 ve 20 oranlarında bisküvi formülasyonunda değerlendirmiştir. Artan yan ürün kullanımıyla kalınlıkta düşme olduğu ve %20 yan ürün ilavesinin en düşük kalınlığı verdiği belirlenmiştir.

Baumgartner ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada, yulaf kepeği ve defitimize yulaf kepeğini farklı oranlarda ilave ederek bisküvi üretmişler, ürettikleri bisküvilerde artan yulaf kepeği ilave oranıyla bisküvilerin çapının arttığını ve kalınlığının azaldığını, yayılma oranının ise arttığını belirlemişlerdir.

4.3.3. Tekstür

Kraker üretiminde farklı oranlarda bulgur unu kullanımıyla hazırlanan örneklerin sertlik ve kırılabilirlik değerleri Çizelge 4.30'da verilmiştir.

Krakerlerin sertlik değeri 7870.17 g ile 21744.10 g arasında değişim göstermiştir. Bulgur unu kullanım oranı artışı ile krakerlerin sertlik değeri arasında negatif bir korelasyon izlenmiştir. Bulgur ununun en yüksek kullanım oranında (%40) sertliği en düşük kraker elde edilmiştir. Bulgur üretiminde uygulanan ısı işlemler sonucunda nişasta jelatinize olmaktadır. Bulgur ununun pişmiş bir yan ürün olması (jelatinize nişasta içeriği) su tutma kapasitesinin artmasının, dolayısıyla da bulgur unu ilaveli krakerin sertliğinin düşmesinin sebebi olabilir.

Krakerlerin kırılabilirlik değerleri 2345.81 g ile 14182.98 g arasında değişmiştir. Bulgur ununun krakerde %10 kullanımıyla kontrole eşdeğer kırılabilirlik değeri elde edilmiştir. Krakerlerde bulgur ununun %20 ve üzerinde kullanımıyla krakerlerin kırılabilirlik değerleri düşmüştür. Ancak %30 ve %40 bulgur unu ilaveli krakerlerin kırılabilirlik değerleri arasında istatistiksel bir fark oluşmamıştır.

Çizelge 4.30. Bulgur unu ilaveli krakerlere ait tekstür analizi sonuçları¹

Bulgur unu oranı (%)	Sertlik (g)	Kırılabilirlik
0	21744.10 ± 466.10 a	14182.98 ± 663.74 a
10	17384.47 ± 1468.15 b	12965.21 ± 963.20 a
20	15579.97 ± 394.90 c	8397.43 ± 644.19 b
30	13856.99 ± 1117.75 d	2407.26 ± 289.21 c
40	7870.17 ± 542.12 e	2345.81 ± 143.61 c

¹Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

Bulgur kepeği ile hazırlanan krakerlere ait sertlik ve kırılabilirlik değerleri Çizelge 4.31'de verilmiştir.

Krakerlerde bulgur kepeği kullanımıyla sertlik değerleri 22886.65 g ile 31944.32 g arasında değişmiştir. Bulgur kepeği kullanımı krakerlerde sertlik değerini artırmıştır.

%15 ile %20 bulgur kepeği ilaveli krakerlerin sertlik değerleri aynı grupta yer almıştır. Sayısal olarak %20 bulgur kepeği kullanımıyla sertlik değeri en yüksek kraker elde edilmiştir.

Bulgur kepeği ilaveli krakerlerin kırılabilirlik değerleri 14789.54 g ile 18304.43 g arasında değişim göstermiştir. %15 bulgur kepeği kullanım oranına kadar, krakerlerin kırılabilirlik değerinde önemli bir değişiklik olmaz iken, %20 bulgur kepeği kullanım oranında kontrol ve %5 bulgur kepeği ilaveli krakerden daha yüksek kırılabilirlik değerleri elde edilmiştir. Bulgur kepeği buğdayın kabuk kısımlarından elde edildiği için lif oranı yüksektir.

Bisküvi, kraker gibi ürünlere lif ilavesi, lifin daha yüksek su tutma kapasitesi nedeniyle bisküvilerin kırılma mukavemetinin daha yüksek olmasını sağlar (Ajila ve ark., 2008, Laguna ve ark., 2011). Bu çalışmada da bulgur kepeği ilavesinin krakerlerin sertlik ve kırılabilirlik değerlerini artırdığı görülmektedir.

Çizelge 4.31. Bulgur kepeği ilaveli krakerlere ait tekstür analizi sonuçları¹

Bulgur kepeği oranı (%)	Sertlik (g)	Kırılabilirlik
0	22886.65 ± 202.26 d	14789.54 ± 1598.88 b
5	26831.43 ± 1772.41 c	15458.53 ± 747.83 b
10	27909.47 ± 1290.13 bc	16833.88 ± 356.06 ab
15	30931.23 ± 216.53 ab	17298.11 ± 717.00 ab
20	31944.32 ± 1338.52 a	18304.43 ± 514.67 a

¹Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

Baumgartner ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada, kepek ilaveli bisküvilerin, kepeğin yüksek su tutma kapasitesi nedeniyle daha yüksek kırılma mukavemetlerine sahip olan daha sert bisküviler elde edildiği bildirilmiştir.

Sudha ve ark. (2007) yaptıkları çalışmada; farklı tahıllara ait kepek örneklerini (buğday, pirinç, yulaf ve arpa kepeği) %0, 10, 20, 30 ve 40 oranlarında kullanarak bisküvi üretmişlerdir. Buğday kepeğinin eklenmesi ile; kırılma mukavemeti değerleri 1,34 kg'dan 2,11 kg'a çıkmış ve bisküvilerin sertlik değerlerinin arttığı bildirilmiştir.

Şahin (2011) yaptığı çalışmada, mikroakışkanlaştırma işleminden geçirdiği buğday kepeği lifini kraker üretiminde kullanmış hem hamur hem kraker için yapılan tekstür analizinde, buğday kepeği lifi ilaveli krakerlerin, buğday kepeği ilavesiz ya da daha az buğday kepeği eklenmiş krakerlere göre sertlik değerlerinin yüksek olduğunu

belirlemiştir. Buradaki çalışmada da artan bulgur kepeği ilavesini sertliği artırdığı görülmektedir.

Laukova ve ark. (2019) tarafından yapılan çalışmada, stabilize buğday kepeği ve ham buğday kepeği farklı oranlarda (%0, 5, 10 ve 15) bisküvi üretiminde kullanılmıştır. Artan oranda stabilize (sıcak hava ve mikrodalga) buğday kepeği kullanımıyla bisküvilerin sertlik ve kırılabilirlik değerlerinin yükseldiği bildirilmiştir.

4.3.4. Nem, kül, protein ve yağ

Bulgur ununun %0, 10, 20, 30 ve 40 oranlarında kullanımıyla hazırlanan krakerlerin nem, kül, protein ve yağ miktarları Çizelge 4.32'de gösterilmiştir.

Krakerlerin nem miktarı %3.45 ile %2.47 arasında değişmiştir. Bulgur unu kullanımı krakerlerin nem miktarını düşürmüştür, %30 ve %40 bulgur unu ilaveli krakerler istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Kontrol kraker en yüksek neme sahiptir.

Kraker örneklerinin kül miktarı %1.95 ile %2.61 arasında değişim göstermiştir. Krakerlerin kül miktarı artan bulgur unu kullanımına bağlı olarak artmıştır. Kontrol kraker örneği ile karşılaştırıldığında göre en yüksek bulgur unu (%40) kullanımıyla krakerin kül miktarı 1.34 kat artmıştır. Artan bulgur unu oranında kül miktarının artması; bulgur ununun kül miktarının buğday unundan yüksek olması ile ilişkilendirilebilir (Çizelge 4.6).

Bulgur unu kullanılarak üretilen krakerlerde protein miktarı %8.18 ile %10.22 arasında değişmiştir. Kül miktarında olduğu gibi artan bulgur unu kullanımı protein miktarını da artırmıştır. Kontrol krakere göre %40 oranında bulgur unu kullanımıyla protein miktarında %24.94'lük bir artış sağlanmıştır. Daha önce de bahsedildiği gibi bulgur ununun protein oranının (%13.86) yüksek olması (Çizelge 4.7), krakerlerde artan bulgur unu ilave oranında protein miktarının artmasının sebebi olarak düşünülebilir.

Krakerlerde yağ miktarı %0, 10, 20, 30 ve 40 bulgur unu ilave oranlarında sırasıyla %10.19, %10.47, %10.62, %10.81 ve %11.01 olarak belirlenmiştir. Bulgur unu kullanımıyla krakerlerin yağ miktarı önemli derecede ($p<0.05$) artmıştır. En yüksek yağ oranı %30 ile %40 bulgur unu ilaveli kraker örneklerinde belirlenmiştir.

Bulgur prosesinde kırma aşamasında, tanenin dış tabakalarının ve yağca zengin embriyo kısmının kolaylıkla incelenmesiyle, bulgur ununa geçmektedir. Bu sebeple bulgur ununda kül, protein ve yağ miktarı; tane bulgur ve pilavlık bulgurun kül, protein ve yağ içeriklerine göre daha yüksek olduğu belirtilmektedir (Certel, 1990; Ünüvar, 2009).

Okuroğlu (2019) yaptığı çalışmada, bulgur ununu mısır irmiğine ilave ederek ekstrüde ürünler üretmiştir. Ürettiği bulgur unu ilaveli ekstrüde ürünlerin kül ve protein içeriğinin bulgur unu katkılama oranının artmasına bağlı olarak arttığı, yağ miktarının ise bulgur unu ilave oranına göre önemli derecede değişmediği bildirilmiştir.

Yüksel ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada, farklı oranlarda bulgur unu kullanarak kuskus üretmişler; ürettikleri kuskularda bulgur unu oranı arttıkça kül ve protein içeriğinin kontrol örneğine göre arttığını bildirmişlerdir.

Çizelge 4.32. Bulgur unu ilaveli krakerlere ait nem, kül, protein ve yağ analiz sonuçları¹

Bulgur unu oranı (%)	Nem (%)	Kül (%)	Protein (%)	Yağ (%)
0	3.45 ± 0.04 a	1.95 ± 0.04 e	8.18 ± 0.01 e	10.19 ± 0.18 d
10	2.96 ± 0.17 b	2.10 ± 0.01 d	8.72 ± 0.03 d	10.47 ± 0.13 c
20	2.32 ± 0.01 d	2.23 ± 0.06 c	9.22 ± 0.03 c	10.62 ± 0.10 bc
30	2.66 ± 0.00 c	2.45 ± 0.04 b	9.71 ± 0.06 b	10.81 ± 0.05 ab
40	2.47 ± 0.08 cd	2.61 ± 0.04 a	10.22 ± 0.04 a	11.01 ± 0.07 a

¹Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

Bulgur kepeği ilavesi ile hazırlanan kraker örneklerinin nem, kül, protein ve yağ miktarları Çizelge 4.33'te verilmiştir.

Bulgur kepeği ilaveli krakerlerde nem miktarı %3.49 ile %2.49 arasında değişim göstermiştir. En yüksek nem miktarı %3.49 ile kontrol krakerde belirlenmiştir.

Krakerlerin kül miktarı %1.97 ile %2.55 arasında değişmiştir. %5'in üzerinde bulgur kepeği ilavesiyle hazırlanan kraker örneklerinin kül miktarında artış gerçekleşmiştir. Bulgur kepeği kullanılmayan örnekte %1.97 olan kül miktarı %20 oranında bulgur kepeği ilavesiyle %2.55'e kadar yükselmiş ve 1.29 katlık bir artış gerçekleşmiştir. Hammadde olarak kullanılan buğday unu ve bulgur kepeğinin kül miktarları sırasıyla %0.73 ve %3.09 olarak belirlenmiştir. Kraker üretiminde bulgur kepeği buğday unu ile yer değiştirme esasına göre kullanıldığı için bulgur kepeğinin zengin kül içeriğine bağlı olarak, artan oranda bulgur kepeği ilavesi krakerlerin kül miktarlarında artışa neden olmuştur.

%0, 5, 10, 15 ve 20 bulgur kepeği ilaveli krakerlerin protein miktarı sırasıyla %8.13, %8.45, %8.73, %9.07 ve %9.41 olarak belirlenmiştir. Artan bulgur kepeği kullanım oranı krakerlerin protein miktarını önemli (p<0.05) derecede artırmıştır. Krakerlerde %20 oranında bulgur kepeği kullanımı kontrol örneğine göre protein miktarında %15.74'lük bir artış sağlamıştır. Çizelge 4.7'de görüleceği üzere bulgur

kepeğinin protein miktarının (%15.27), buğday ununun protein miktarından (%8.75) yüksek olması, krakerde bulgur kepeği kullanım oranının artmasına bağlı olarak protein miktarının da yükselmesinde etkili olmuştur.

Krakerlerin yağ miktarı %10.28 ile % 11.56 değerleri arasında değişmiştir. Artan oranda bulgur kepeği kullanımı krakerlerin yağ miktarında yükselmeye sebep olmuştur. Bulgur kepeğinin yağ oranının yüksek (%6.46) olması (Çizelge 4.8), artan oranda bulgur kepeği kullanımıyla krakerlerin yağ miktarını artırmıştır. Bulgur kepeğinin en yüksek ilave oranında (%20) kontrole göre krakerin yağ miktarında 1.12 katlık bir artış görülmüştür.

Çizelge 4.33. Bulgur kepeği ilaveli krakerlere ait nem, kül, protein ve yağ analiz sonuçları¹

Bulgur kepeği oranı (%)	Nem (%)	Kül (%)	Protein (%)	Yağ (%)
0	3.49 ± 0.05 a	1.97 ± 0,06 c	8.13 ± 0.03 e	10.28 ± 0.20 e
5	2.98 ± 0.06 b	2.09 ± 0,06 c	8.45 ± 0.04 d	10.67 ± 0.14 d
10	2.77 ± 0.07 c	2.26 ± 0,07 b	8.73 ± 0.03 c	10.97 ± 0.12 c
15	2.49 ± 0.11 d	2.42 ± 0.01 a	9.07 ± 0.03 b	11.21 ± 0.12 b
20	2.75 ± 0.11 c	2.55 ± 0.04 a	9.41 ± 0.01 a	11.56 ± 0.13 a

¹Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

Bisküvi üretiminde farklı partikül boyutunda (250µ üstü ve altı) ve %0, 5, 15 ve 20 oranlarında buğday kepeği ve düğürcüğün ayrı olarak kullanıldığı bir çalışmada; artan oranda düğürcük ve buğday kepeği ilavesi örneklerde yağ, protein ve kül miktarını artırmıştır. Düğürcük (250µ üstü) kullanımıyla üretilen bisküvilerde, kontrol örneklerinde yağ, protein ve kül değerleri sırasıyla %16.26, %8.57 ve %1.36; en yüksek oranda düğürcük ilaveli bisküvi örneklerinde ise %16.57, %8.87 ve %1.57 olarak bulunmuş; buğday kepeği (250µ üstü) kullanımıyla üretilen bisküvilerde ise kontrol örneklerinde yağ, protein ve kül değerleri sırasıyla %16.27, %7.93 ve %1.36; en yüksek oranda buğday kepeği ilaveli bisküvilerde ise %17.83, %9.87 ve %1.84 olarak belirlenmiştir (Tetik, 2018).

Levent (2005), farklı lifler (elma, limon ve buğday) ve buğday kepeğini %0, 15, 20 ve 30 oranlarında kullanarak bisküvi üretmiştir. Bisküvi üretiminde artan buğday kepeği kullanım oranının; kül, protein ve yağ miktarını artırdığı bildirilmiştir.

Ertaş (2015) yaptığı çalışmada, farklı yöntemlerle (sıcak hava, mikrodalga ve otoklav) stabilize ettiği buğday kepeğini %0, 10, 20 ve 30 oranlarında bisküvi üretiminde

kullanmıştır. Bisküvi üretiminde artan oranda stabilize buğday kepeği ilavesinin kül ve protein miktarını yükselttiği bildirilmiştir.

4.3.5. Mineral madde

Bulgur unu ilavesiyle üretilen krakerlerin Ca, Cu, Fe, K, Mg ve Zn miktarları Çizelge 4.34'te verilmiştir.

Kraker örneklerinin Ca miktarı 22.82 mg/100 g ile 36.37 mg/100 g arasında değişim göstermiştir. Kraker formülasyonunda artan oranda bulgur unu kullanımı Ca miktarının da artmasına neden olmuş ve kontrol örneği ile karşılaştırıldığında %40 bulgur unu kullanımıyla Ca miktarı 1.59 kat artış göstermiştir.

Kraker örneklerinin Cu miktarı 0.11 mg/100 g ile 0.15 mg/100 g arasında değişmiştir. Bulgur unu ilavesi krakerlerin Cu miktarı üzerinde önemli bir farklılığa neden olmamıştır ($p>0.05$). Ancak sonuçlar sayısal olarak değerlendirildiğinde bulgur unu kullanımıyla krakerlerin Cu miktarında hafif bir artışın olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.34. Bulgur unu ilaveli krakerlere ait mineral madde (mg/100 g) sonuçları¹

Bulgur unu oranı (%)	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Zn
0	22.82±0.95e	0.11±0.01a	0.89±0.05 d	207.79±3.94d	46.37±0.52e	0.67±0.06d
10	25.77±0.35d	0.13±0.02a	0.95±0.07 d	226.97± 4.20cd	56.21±1.15d	0.82±0.05c
20	30.13±0.55c	0.13±0.03a	1.39±0.06 c	243.33±4.71bc	65.75±1.06c	0.89±0.06c
30	32.40±0.40b	0.15±0.02a	1.75±0.10 b	260.17±4.0ab	77.01±0.01b	1.12±0.03b
40	36.37±0.52a	0.15±0.04a	2.15± 0.03a	277.75±8.14a	82.89±2.67a	1.31±0.03a

¹Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$). Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır.

Krakerlerde Fe miktarı %0, 10, 20, 30 ve 40 bulgur unu kullanımında sırasıyla 0.89 mg/100 g, 0.95 mg/100 g, 1.39 mg/100 g, 1.75 mg/100 g ve 2.15 mg/100 g olarak belirlenmiştir. Krakerde %10 bulgur unu kullanımı kontrol krakere eşdeğer Fe miktarı vermiştir. Ancak %20 ve üzerinde bulgur unu kullanımıyla krakerlerin Fe miktarında önemli bir artış gerçekleşmiştir. En yüksek Fe miktarı %40 bulgur unu kullanımıyla üretilen krakerde bulunmuş ve kontrole göre 2.42 katlık bir artış görülmüştür. Fe eksikliği kaynaklı anemi rahatsızlığı ülkemizde görülmekte olup, burada Fe miktarında görülen artışın önemli olduğu düşünülmektedir.

Bulgur unu kullanılarak üretilen krakerlerin K miktarı 207.79 mg/100 g ile 277.75 mg/100 g arasında değişim göstermiştir. %20 ve üzerinde bulgur unu kullanılarak üretilen krakerde kontrole göre K miktarında artış gerçekleşmiştir. Krakere %30 ve %40 bulgur unu ilavesiyle en yüksek K değerlerine ulaşılmıştır.

Kraker örneklerinin Mg miktarı 46.37 mg/100 g ile 82.89 mg/100 g arasında değişmiştir. Artan oranda bulgur unu kullanımıyla krakerlerin Mg miktarında artış olmuştur. Kontrol örneği ile karşılaştırıldığında %40 bulgur unu kullanımıyla Mg miktarında %78.76 oranında bir artış görülmüştür. Mg; vücutta enerji metabolizması, kas ve sinir sisteminin düzenli çalışması, kemik ve dişlerin oluşumu ve kan basıncının düzenlenmesi açısından önemli bir mineraldir. Daha önce de belirtildiği gibi Mg takviyeleri son zamanlarda popüler hale gelmiştir. Bu artış bu nedenle önemli olarak değerlendirilebilir.

Krakerlerin Zn miktarı 0.67 mg/100 g ile 1.31 mg/100 g arasında değişim göstermiştir. Bulgur unu kullanımı krakerlerin Zn değerlerinde önemli artışa sebep olmuştur. En yüksek Zn değeri %40 bulgur unu ilavesiyle gerçekleşmiştir. Kontrol örneğine göre %40 bulgur unu kullanımıyla üretilen krakerlerin Zn miktarı yaklaşık 2 kat artmıştır.

Yetişkin erkekler için önerilen diyet miktarları (RDA) 800 mg Ca, 10 mg Fe, 1.6-2.0 g K, 350 mg Mg, 800 mg P ve 15 mg Zn'dir (Demir ve Bilgiçli, 2020). 100 g buğday unundan hazırlanan kraker tüketildiğinde günlük Ca, Fe, K, Mg, Zn ihtiyacının sırasıyla %2.85, 8.9, 11.54, 13.25, 4.47'i karşılanırken, %40 oranında bulgur unu ilavesi ile hazırlanan kraker aynı miktarda tüketildiğinde günlük Ca, Fe, K, Mg, Zn ihtiyacının sırasıyla %4.55, 21.5, 15.43, 23.68, 8.73'ü karşılanmaktadır.

Bulgur kepeği ilaveli krakerlere ait mineral madde miktarları Çizelge 4.35'te verilmiştir.

Kraker örneklerinin Ca miktarı 23.25 mg/100 g ile 38.93 mg/100 g arasında değişmiştir. Krakerlerin Ca miktarı artan bulgur kepeği kullanımıyla paralel olarak artmıştır. Kontrol kraker örneği ile karşılaştırıldığında %20 bulgur kepeği kullanımı Ca miktarını %67.44 oranında artırmıştır.

Bulgur kepekli krakerlerin Cu miktarı 0.12 mg/100 g ile 0.17 mg/100 g arasında değişim göstermiştir. Bulgur kepeği ilavesi krakerlerin Cu miktarı üzerinde önemli bir artışa neden olmamıştır ($p > 0.05$). Ancak sayısal olarak değerlendirildiğinde %20 bulgur kepeği kullanımı en yüksek Cu miktarını sağlamıştır.

Krakerlerde Fe miktarı %0, 5, 10, 15 ve 20 bulgur kepeği kullanımında sırasıyla 0.92 mg/100 g, 1.12 mg/100 g, 1.26 mg/100 g, 1.43 mg/100 g ve 2.20 mg/100 g olarak bulunmuştur. Bulgur kepeği ilavesi ile krakerlerin Fe miktarı artmıştır. Kontrol örneğine göre bulgur kepeğinin %20 oranında kullanımıyla Fe miktarında 2.39 katlık artış sağlanmıştır.

Çizelge 4.35. Bulgur kepeği ilaveli krakerlere ait mineral madde (mg/100 g) sonuçları¹

Bulgur kepeği oranı (%)	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Zn
0	23.25±0.35e	0.12±0.01a	0.92±0.03d	210.78±1.73d	47.09±1.29e	0.65±0.06d
5	27.92±0.59d	0.12±0.01a	1.12±0.11c	230.71±6.07c	57.67±0.95d	0.86±0.03c
10	32.95±0.64c	0.14±0.03a	1.26±0.08bc	254.75±3.89b	69.45±0.63c	1.02±0.10bc
15	33.62±0.31b	0.16±0.04a	1.43±0.03b	260.13±4.06b	83.25±1.77b	1.10±0.03b
20	38.93±0.39a	0.17±0.02a	2.20±0.14a	295.48±6.34a	96.85±1.20a	1.43±0.04a

¹Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistik olarak birbirinden farklıdır (p<0.05). Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır.

Krakerlerde bulgur kepeği kullanımıyla K miktarı 210.78 mg/100g ile 295.48 mg/100g arasında değişim göstermiştir. K miktarı krakerlerde bulgur kepeği kullanımıyla artmıştır. Kontrol örneği ile karşılaştırıldığında bulgur kepeğinin %20 kullanım oranında krakerin K miktarı %40.2 artmıştır.

Krakerlerde Mg miktarı %0, 5, 10, 15 ve 20 oranında bulgur kepeği ilavesi ile sırasıyla 47.09 mg/100 g, 57.67 mg/100 g, 69.45 mg/100 g, 83.25 mg/100 g ve 96.85 mg/100 g olarak belirlenmiştir. Artan oranda bulgur kepeği kullanımıyla krakerlerin Mg miktarı artmıştır. %20 oranında bulgur kepeği kullanımıyla krakerlerin Mg miktarı kontrole göre 2.06 kat artmıştır.

Kraker örneklerinin Zn miktarı 0.65 mg/100 g ile 1.43 mg/100 g arasında değişmiştir. Bulgur kepeği ilavesi krakerlerde Zn miktarını artırmıştır. En yüksek Zn miktarı %20 bulgur kepeği ilavesiyle üretilen krakerlerde elde edilmiş ve kontrole göre %20 bulgur kepeği ilavesiyle Zn miktarı 2 kattan daha fazla artmıştır.

Krakerlerde %20 bulgur kepeği ilavesi en yüksek Ca, Cu, Fe, K, Mg ve Zn miktarlarını sırasıyla, 38.93 mg/100 g, 0.17 mg/100 g, 2.20 mg/100 g, 295.48 mg/100 g, 96.85 mg/100 g ve 1.43 mg/100 g olarak sağlamıştır.

100 g buğday unundan hazırlanan kraker tüketildiğinde günlük Ca, Fe, K, Mg, Zn ihtiyacının sırasıyla %2.85, 8.9, 11.54, 13.25, 4.47'i; %20 oranında bulgur kepeği ilave

edilerek üretilen kraker aynı miktarda tüketildiğinde günlük Ca, Fe, K, Mg, Zn ihtiyacının sırasıyla %4.87, 22.00, 16.42, 27.67, 9.53'ü karşılanmaktadır.

Stabilizasyon işlemi uygulanmış buğday kepeğinin bisküvi üretiminde kullanıldığı bir çalışmada; bisküvilerde %0, 10, 20 ve 30 oranlarında stabilize buğday kepeği kullanımıyla Ca, Cu, Fe, K, Mg ve Zn içeriği, sırasıyla 16.1-28.5 mg/100 g, 0.12-0.28 mg/100 g, 0.68-1.94 mg/100 g, 116.4-360.3 mg/100 g, 10.59-103.01 mg/100 g ve 0.48-1.12 mg/ 100 g arasında bulunmuştur. Stabilize buğday kepeği kullanım oranı arttıkça bisküvilerin mineral içeriğinin de arttığı belirtilmiştir (Ertaş, 2015).

Milicevic ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada, buğday kepeği jeli kullanarak yağı azaltılmış bisküvi üretmişler, %30 oranında buğday kepeği jeli kullanılan bisküvilerde Ca, Mg, Fe, Cu, Zn ve K mineral miktarının arttığını bildirmişlerdir.

Karayiğit ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışmada, durum buğdayı kepek ve diğer fraksiyonlarının mineral içerikleri incelenmiştir. Durum buğdayı kepeğinin, durum buğdayı irmik ve ununa göre Ca, Cu, Fe, K, Mg, Zn açısından daha zengin içeriğe sahip olduğu bildirilmiştir.

İnsanlar üzerinde yapılan çalışmalarda diyetle belirli miktarda (22 g kepek/gün) buğday kepeği eklendiğinde Fe, Zn ve Cu absorpsiyonunda negatif bir durum gözlenmemişken daha yüksek miktarlarda buğday kepeği kullanımının, emilimi olumsuz etkilediği bildirilmiştir (Göncü, 2016). Fe eksikliği; yorgunluk, fizyolojik dayanıklılığın azalması, sıcaklığı düzenlemede zorluk, bilişsel performansın azalması ve daha birçok semptomlara yol açabilir (Brunner ve Wuillemin, 2010).

4.3.6. Toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve fitik asit

Farklı oranlarda bulgur unu ilaveli krakerlerin toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve fitik asit miktarlarına ait sonuçlar Çizelge 4.36'da verilmiştir.

Kraker örneklerinin toplam fenolik madde miktarı %0, 10, 20, 30 ve 40 bulgur unu kullanım oranlarında sırasıyla; 473.76 mg GAE/kg, 551.54 mg GAE/kg, 622.31 mg GAE/kg, 697.11 mg GAE/kg, 770.16 mg GAE/kg olarak belirlenmiştir. Bulgur unu kullanım oranına bağlı olarak krakerlerin toplam fenolik madde miktarı artmıştır. %40 oranında bulgur unu kullanımı kontrole göre toplam fenolik madde miktarında 1.63 katlık bir artış sağlamıştır.

Kraker örneklerinde antioksidan aktiviteyi belirlemek için DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl), FRAP (Ferrik iyonlarını indirgeme kuvveti) ve CUPRAC (Bakır iyonlarını indirgeme kuvveti) metotları uygulanmıştır.

DPPH antioksidan aktivite analiz sonuçlarına göre kraker örneklerinin antioksidan aktivitesi 512.41 mg TE/kg ile 686.87 mg TE/kg arasında değişmiştir. Bulgur unu kullanım oranının artmasına bağlı olarak krakerlerin DPPH antioksidan aktivite değerleri de artmıştır. %40 oranında bulgur unu ilave edilen krakerlerin DPPH değeri kontrole göre %34.05 oranında artmıştır.

Kraker örneklerinin FRAP metoduna göre antioksidan aktivite değerleri %0, 10, 20, 30 ve 40 bulgur unu kullanım oranlarında sırasıyla 1.15 μ mol TE/g, 1.29 μ mol TE/g, 1.51 μ mol TE/g, 1.59 μ mol TE/g ve 1.76 μ mol TE/g olarak belirlenmiştir. Bulgur unu ilave oranının artmasına bağlı olarak krakerlerin FRAP antioksidan aktivite miktarının arttığı görülmüştür.

Krakerlerin CUPRAC antioksidan aktivite değerleri 3.20 μ mol TE/g ile 5.16 μ mol TE/g arasında değişim göstermiştir. Krakerlerde bulgur unu kullanım oranı arttıkça CUPRAC antioksidan aktivite değeri de artmıştır. CUPRAC antioksidan aktivite değeri %40 bulgur unu kullanımıyla kontrole göre 1.61 kat artış göstermiştir.

Krakerlerin fitik asit değerleri %0, 10, 20, 30 ve 40 bulgur unu kullanım oranlarında sırasıyla 181.99 mg/100 g, 225.14 mg/100 g, 271.30 mg/100 g, 399.63 mg/100 g ve 433.40 mg/100 g olarak belirlenmiştir. %20 ve üzerinde bulgur unu kullanımı kontrol örneğine göre fitik asit değerini önemli derecede yükseltmiştir ($p < 0.05$). %40 oranında bulgur unu kullanımı kontrol ile karşılaştırıldığında fitik asit değerinde 2.38 katlık artışa sebep olmuştur.

Çizelge 4.36. Bulgur unu ilaveli krakerlere ait toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve fitik asit analiz sonuçları¹

Bulgur unu oranı (%)	TFM ² (mg GAE/kg)	DPPH ³ (mgTE/kg)	FRAP ⁴ (μ molTE/g)	CUPRAC ⁵ (μ mol TE/g)	Fitik asit (mg/100g)
0	473.76 \pm 6.58 e	512.41 \pm 9.94 e	1.15 \pm 0.03d	3.20 \pm 0.17 e	181.99 \pm 10.61 c
10	551.54 \pm 4.67 d	558.12 \pm 5.70 d	1.29 \pm 0.04c	3.60 \pm 0.07 d	225.14 \pm 7.96 bc
20	622.31 \pm 5.94 c	602.69 \pm 8.94 c	1.51 \pm 0.03b	4.30 \pm 0.16 c	271.30 \pm 9.56 b
30	697.11 \pm 4.29 b	643.66 \pm 12.28b	1.59 \pm 0.03b	4.45 \pm 0.11 b	399.63 \pm 31.85 a
40	770.16 \pm 7.20 a	686.87 \pm 8.77 a	1.76 \pm 0.04a	5.16 \pm 0.11 a	433.40 \pm 23.89 a

¹Sonuçlar kuru madde üzerinden verilmiştir. Sonuçlar iki tekrerrün ortalamasıdır. ²Toplam fenolik madde (GAE: Gallik asit eşdeğeri). ³2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl radikalinin inhibisyonu (TE:Troloks eşdeğeri). ⁴Ferrik iyonlarını indirgeme kuvveti. ⁵Bakır iyonlarını indirgeme kuvveti.

Bulgur kepeği ilaveli krakerlere ait toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve fitik asit değerleri Çizelge 4.37’de verilmiştir.

Krakerlerin bulgur kepeği kullanımı sonucunda toplam fenolik madde miktarı 470.15 mg GAE/kg ile 712.43 mg GAE/kg arasında değişim göstermiştir. Bulgur kepeği kullanım oranıyla paralel olarak toplam fenolik madde miktarında artış görülmüştür. Bu artış %20 oranında bulgur kepeği kullanımıyla kontrol örneğine göre %51.53 olarak gerçekleşmiştir.

Buğday tanesinde fenolik bileşiklerin yaklaşık %98’i kepek fraksiyonu içinde olan aleuron, kepek ve ruşeym tabakalarında bulunur (Zhou ve ark., 2004a). Bu sebeple bulgur kepeği ilave oranına bağlı olarak kraker örneklerinin kontrol örneğine göre toplam fenolik madde içeriğinin arttığı düşünülmektedir.

DPPH metoduna göre krakerlerin antioksidan aktivitesi 509.67 mg TE/kg ile 637.63 mg TE/kg arasında bulunmuştur. Kraker üretiminde bulgur kepeği kullanımıyla DPPH antioksidan aktivite değeri yükselmiştir. En yüksek değer %20 bulgur kepeği kullanımıyla gerçekleşmiş, %20 bulgur kepeği kullanılan krakerlerin DPPH değeri kontrol ile karşılaştırıldığında 1.25 kat arttığı görülmüştür.

FRAP antioksidan aktivite metoduna göre bulgur kepeği ilaveli krakerlerin antioksidan aktivite değerleri 1.13 μ mol TE/g ile 1.61 μ mol TE/g arasında değişim göstermiştir. Bulgur kepeği kullanımı krakerlerin FRAP antioksidan aktivite değerlerini artırmıştır. Kontrol krakere göre %20 bulgur kepeği ilavesi ile krakerlerin FRAP antioksidan aktivite değerinde %42.48 oranında artış gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.37. Bulgur kepeği ilaveli krakerlere ait toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve fitik asit analiz sonuçları¹

Bulgur kepeği oranı (%)	TFM ² (mgGAE/kg)	DPPH ³ (mgTE/kg)	FRAP ⁴ (μ molTE/g)	CUPRAC ⁵ (μ molTE/g)	Fitik asit (mg/100g)
0	470.15±1.46e	509.67 ± 9.14 e	1.13±0.04e	3.32±0.17 d	175.85±17.85e
5	530.18±4.03d	541.91 ± 5.76 d	1.22±0.04d	3.48±0.17 d	335.84±10.61d
10	587.69±2.73c	577.39 ± 2.49 c	1.40±0.03c	3.95±0.11 c	388.37±15.92c
15	650.17±7.75b	605.48 ± 4.37 b	1.49±0.04b	4.32±0.06 b	431.52±13.27b
20	712.43±2.52a	637.63 ± 7.01 a	1.61±0.04a	5.36±0.14 a	484.06±7.96 a

¹Sonuçlar kuru madde üzerinden verilmiştir. Sonuçlar iki tekrerrün ortalamasıdır. ²Toplam fenolik madde (GAE: Gallik asit eşdeğeri). ³2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl radikalinin inhibisyonu (TE:Troloks eşdeğeri). ⁴Ferrik iyonlarını indirgeme kuvveti. ⁵Bakır iyonlarını indirgeme kuvveti.

Krakerlerin CUPRAC antioksidan aktivite miktarı %0, 5, 10, 15 ve 20 bulgur kepeği kullanım oranlarında sırasıyla 3.32 μ mol TE/g, 3.48 μ mol TE/g, 3.95 μ mol TE/g,

4.32 $\mu\text{mol TE/g}$ ve 5.36 $\mu\text{mol TE/g}$ olarak belirlenmiştir. %5 bulgur kepeği kullanım oranında elde edilen CUPRAC antioksidan aktivite değerinin kontrole eşdeğer olduğu belirlenmiştir. %10 ve üzerinde bulgur kepeği kullanım oranlarında CUPRAC antioksidan aktivite değeri kontrole göre önemli derecede artmıştır ($p<0.05$).

Krakerlerde bulgur kepeği kullanımıyla fitik asit değerleri 175.85 mg/100 g ile 484.06 mg/100 g arasında değişmiştir. Bulgur kepeği ilaveli krakerlerde artan oranda bulgur kepeği kullanımı fitik asit miktarını artırmış, en yüksek değer %20 bulgur kepeği kullanımıyla 484.06 mg/100g olarak belirlenmiştir. Fitik asit içeriğindeki bu artışın, buğday tanesinin kepek fraksiyonu içinde yer alan dış kısımların (perikarp) ve aleuron gibi tabakaların (Kasim ve Edwards, 1998; Gupta ve ark., 2015) rafine beyaz una göre daha yüksek fitik asit içermeleri sebebiyle olduğu düşünülmektedir.

Tahılın dış tabakalarının, özellikle kepek kısmının, fenolik asit içerdiğini ve karotenoidler açısından zengin olduğunu dolayısıyla antioksidan kapasitesine önemli katkılar sağladığını ifade etmişlerdir (Zieliński ve Kozłowska, 2000; Lv ve ark., 2012).

Baumgartner (2018) yaptığı çalışmada, farklı boyuttaki (350 μ , 200 μ , 100 μ) bulgur kepeklerini farklı oranlarda (%0, 5, 10 ve 15) yer değiştirme esasına göre una ilave ederek ekmek üretmiş, bulgur kepeğinin kullanım oranına bağlı olarak ekmeğin fitik asit miktarının arttığını bildirmiştir.

Okuroğlu (2019) çalışmasında, bulgur ununu %0, 25, 50, 75 ve 100 oranlarında kullanarak ekstrüde ürün üretmiştir. Üretilen bulgur unu katkılı ekstrüde üründe, artan bulgur unu ilave oranıyla toplam fenolik madde miktarının yükseldiği belirtilmiştir.

Bilgiçli ve ark. (2007) yaptıkları çalışmada, bisküvi üretiminde elma lifi, limon lifi, buğday lifi ve buğday kepeğini farklı oranlarda (%0, 15, 20, 30) kullanmışlardır. Bisküvi üretiminde artan oranda buğday kepeği kullanımının fitik asit ve toplam fenolik madde miktarını artırdığı, toplam antioksidan aktiviteyi ise azalttığı bildirilmiştir.

4.3.7. *In vitro* sindirim sonrası biyoerişilebilirlik

Hammadde olarak kullanılan bulgur kepeği, bulgur unu ve bu hammaddelerin farklı oranlarda kullanıldığı krakerlere ait % biyoerişilebilirlik değerleri Çizelge 4.38'de verilmiştir.

Glukoz % biyoerişilebilirlik değeri en düşük bulgur kepeğinde (%51.24), en yüksek %10 bulgur kepeği ilaveli krakerde (%80.87) belirlenmiştir.

Kraker üretiminde kullanılan bulgur kepeği, bulgur unu, kontrol kraker örneği, %20 bulgur unu ve %10 bulgur kepeği ilaveli kraker örneklerine ait protein biyoerişilebilirlik değerleri sırasıyla, %70.00, %82.00, %71.63, %74.59 ve %86.31 olarak belirlenmiştir. En yüksek protein biyoerişilebilirliği %10 bulgur kepeği ilaveli krakerde görülmüştür.

Toplam fenolik madde % biyoerişilebilirliği en yüksek bulgur kepeğinde (%42.12), en düşük kontrol kraker örneğinde (%22.02) belirlenmiştir.

Antioksidan aktivite % biyoerişilebilirlik değerleri DPPH, FRAP ve CUPRAC metotları için ayrı ayrı verilmiştir. DPPH biyoerişilebilirlik değeri en yüksek bulgur kepeğinde (%284.43) bulunmuş, bunu bulgur unu (%228.54) takip etmiştir. Kontrol kraker, %20 bulgur unlu ve %10 bulgur kepekli kraker örnekleri istatistiki açıdan aynı grupta yer almıştır.

Çizelge 4.38. Krakerlere ait *in vitro* sindirim sonrası % biyoerişilebilirlik değerleri¹

Numune	Glukoz	Protein	TFM	DPPH	FRAP	CUPRAC
Hammadde						
Bul. kepeği	51.24 ±0.96	70.00±3.18	42.12±2.21	284.43±15.87	166.90±16.66	52.60±2.33
Bulgur unu	53.18 ±0.91	82.00±3.37	33.36±4.34	228.54±9.72	199.79±29.87	76.93±4.64
Kraker						
Kontrol	76.48±1.51ab	71.63±1.12b	22.02±2.66c	80.63±7.09a	50.57±7.47a	62.76±3.10b
% 20 BU	72.49 ±2.60b	74.59±2.86b	29.01±1.92b	88.96±6.12a	42.02±2.50a	70.98±1.85ab
% 10 BK	80.87 ±0.67a	86.31±5.62a	34.93±0.93a	90.73±5.40a	50.22±3.41a	81.95±2.14a

¹Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

Nakov ve ark. (2018) çalışmalarında, farklı oranlarda (%0, 30, 50, 70, 100) siyez tam buğday unu kullanarak ürettikleri bisküvilerde *in vitro* nişasta sindirim analizi yapmışlardır. %100 siyez unu ile üretilen bisküvilerde, *in vitro* nişasta sindiriminin 120. dakikaya kadar kontrol örneği ile eşdeğer olduğu, 180. dakikada %75-85 aralığında olup azaldığını bildirmişlerdir.

Kızılaslan (2020) çalışmasında siyez ununu farklı oranlarda kullanarak bebe bisküvisi üretmiş, ürettiği bisküvilerde siyez unu oranı arttıkça; protein sindirilebilirliğinin azaldığını, nişasta sindirilebilirliğinin ise arttığını bildirmiştir.

DPPH radikali, yalnızca organik çözücülerde çözünebilirliğe sahip, kararlı organik azot radikallerinden biridir. Bu yöntem, ışık etkisine oldukça duyarlıdır. Yapılan

çalışmalar, DPPH'in metanol ve aseton içindeki 517 nm absorpsiyonunun 120 dakikalık bir süreçte sırasıyla %20 ve %35 oranında azaldığını göstermektedir. Çözücünün su içeriği ise antioksidan kapasiteyi olumsuz etkileyen bir diğer önemli faktör olarak öne çıkmaktadır.

FRAP yönteminin temel avantajı, elektron transfer reaksiyonu prensibine dayanmasıdır. Bu yöntemde Fe(III) tuzu, Fe(III)(TPTZ)₂Cl₃ (TPTZ=2,4,6-tripiridil s-triazin) oksidan olarak kullanılmaktadır. FRAP analiz sonuçları analiz süresine bağlı olarak değişiklik gösterebilir; örneğin, hızlı reaksiyon veren polifenoller 4 dakika gibi kısa bir sürede tespit edilebilirken, bazı polifenoller daha yavaş reaksiyon vererek 30 dakika ile birkaç saat arasında değişen daha uzun analiz süreleri gerektirebilir.

CUPRAC yöntemi ise bir örnekteki antioksidanların Cu(II)'yi Cu(I)'e indirgeme kapasitesine dayanmaktadır. Ancak bu yöntem, kompleks antioksidan karışımlarında doğru reaksiyon süresini belirlemede zorluklara yol açabilmektedir (Büyüktuncel, 2013). Genel olarak antioksidan aktivite analizlerinde, kullanılan yöntemlere bağlı olarak analiz sonuçlarında önemli farklılıklar görülebilmektedir.

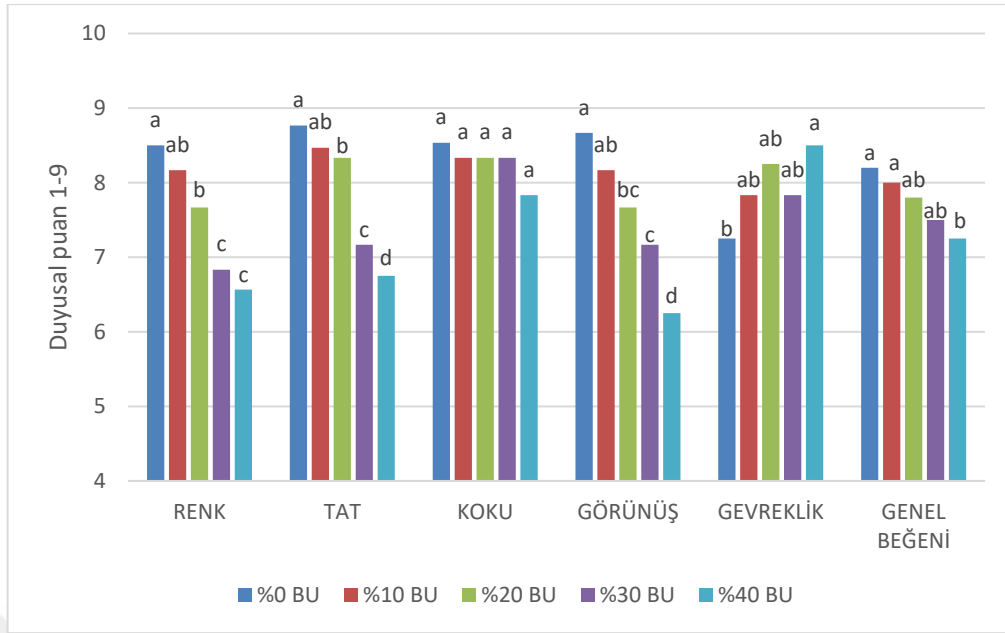
4.3.8. Duyusal analiz

Bulgur unu ilaveli kraker örneklerine ait duyusal analiz (renk, tat, koku, görünüş, gevreklik ve genel beğeni) sonuçları Şekil 4.1'de verilmiştir.

Krakere %10 bulgur unu ilavesi renkte kontrol örneği ile benzer puanlar almış, artan bulgur unu ilavesi renk puanlarını düşürmüş, %30 ve %40 oranlarında bulgur unu içeren kraker örnekleri en düşük puanları almıştır. Çizelge 4.20'de görülebileceği gibi artan oranda bulgur unu ilavesi L^* , a^* ve b^* değerlerini düşürmüştür. Renk puanları aletsel ölçümle paralel sonuçlar vermiştir.

Krakerler tat skorları açısından değerlendirildiğinde, kontrol kraker örneği %10 oranında bulgur unu ilaveli kraker ile aynı grupta yer almış, artan bulgur unu kullanımıyla krakerlerin tat puanları düşüş göstermiştir. %40 oranında bulgur unu ilavesiyle üretilen kraker en düşük tat puanını almıştır.

Farklı oranlarda bulgur unu ilaveli kraker örneklerinde koku puanları arasında istatistiki olarak bir fark belirlenmemiş, sadece sayısal olarak %40 oranında bulgur unu ilave edilen kraker örnekleri diğerlerinden daha düşük puana sahip olmuştur.



Şekil 4.1. Bulgur unu ilaveli krakerlere ait duyu analizi sonuçları

Krakerlerde %20 ve üzerinde bulgur unu kullanım oranlarında, görünüş puanları düşmüş, %10 bulgur unlu kraker kontrol örneğiyle aynı grupta yer almıştır.

Krakerlerde arzu edilen bir özellik olan gevreklik; %10, %20 ve %30 bulgur unu ilavesinde kontrole göre sayısal bir artışa sahip olmuş ama istatistiki olarak aynı grupta yer almışlardır. %40 bulgur unu ilavesi en gevrek kraker puanını almıştır. Bulgur unu ilavesinin yüksek olması, krakerlerin gevrekliğini artırdığı söylenebilir.

Bulgur unu ilavesi ile hazırlanan krakerlerde %40 kullanım oranı en düşük genel beğeni puanını alırken, diğer örnekler sayısal olarak düşmüş olmalarına rağmen, kontrol ile aynı grupta yer almışlardır.

Farklı oranlarda %0, 5, 10, 15 ve 20 bulgur kepeği ilaveli kraker örneklerine ait duyu analizi (renk, tat, koku, görünüş, gevreklik ve genel beğeni) sonuçları Şekil 4.2’de verilmiştir.

Renk değerlendirmesinde en yüksek puanı kontrol örneği almış olup, artan oranlarda bulgur kepeği kullanımı renk puanlarını düşürmüştür. %5, %10 oranlarında bulgur kepekli örnekler aynı grupta, %15, %20 ilaveli örnekler de ayrı olarak aynı grupta yer almışlardır. %15 ve %20 bulgur kepeği ilave oranları en düşük renk puanlarını almıştır.

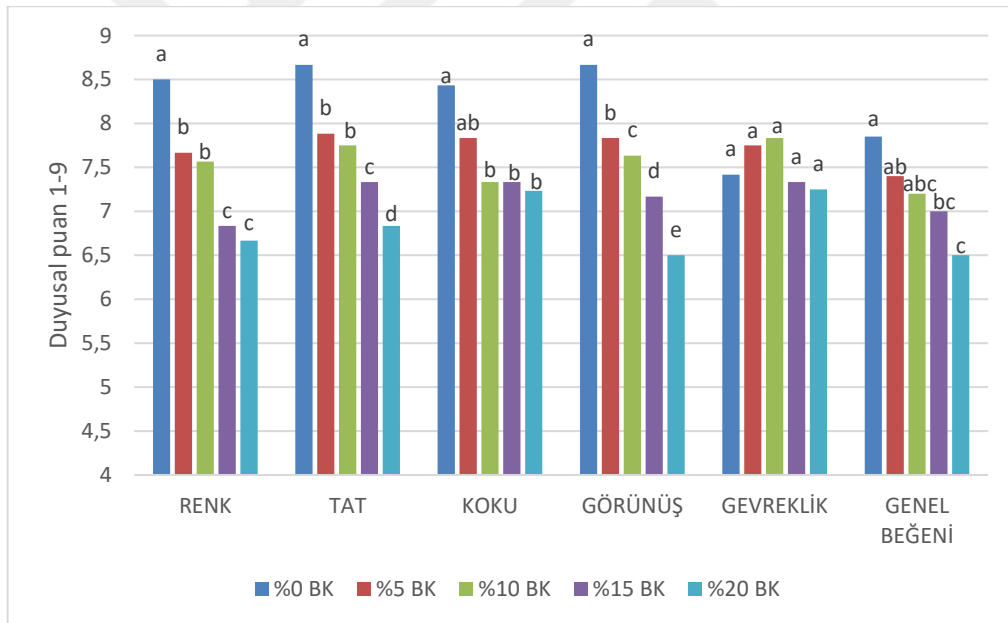
Artan bulgur kepeği ilavesi krakerlerin tat skorlarında düşüşe sebep olmuş, %20 ilave oranı en düşük puanı almış, en yüksek puan kontrol örneğinin olmuştur. %5 ve %10 oranındaki örnekler aynı grupta yer almıştır.

Krakerlerde en yüksek koku puanını %0 ve %5 bulgur kepeği katkılı örnekler almış, artan oranda bulgur kepeği ilavesi kontrole göre krakerlerin koku puanlarını düşürmüştür.

Bulgur kepeği artış oranına bağlı olarak krakerlerin görünüş puanları düşmüş, en yüksek bulgur kepeği kullanım oranı en düşük görünüş puanını almıştır. En yüksek görünüş puanı kontrol kraker örneğinin olmuştur.

Gevreklik değerlendirildiğinde bulgur kepeği ilavesi kraker örneklerinde anlamlı bir fark yaratmamış ve tüm bulgur kepeği katkılı örnekler kontrol örneği ile aynı grupta yer almıştır.

Bulgur kepeği ilaveli krakerlerin genel beğeni puanlarına bakıldığında, kontrol ve %5 bulgur kepeği ilaveli krakerler aynı grupta yer almış, artan bulgur kepeği kullanım oranlarında genel beğeni puanları düşmüştür. %20 oranı en düşük, kontrol en yüksek genel beğeni almıştır.



Şekil 4.2. Bulgur kepeği ilaveli krakerlere ait duyu analizi sonuçları

Krakerlerin renk ve genel görünümü kullanılan buğday unu rengi ve ilave edilen diğer hammaddelerin renginden etkilenmektedir (Millar ve ark., 2017). Çizelge 4.20 ve 4.21’ de görüleceği üzere bulgur unu ve bulgur kepeği ilave artış oranına bağlı olarak kontrol örneğine göre L^* , a^* ve b^* değerleri düşmüştür. Buradaki renk skorları da buna paralellik göstermektedir.

Saka ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada, farklı oranlarda (%0, 5, 10, 15 ve 20) ve farklı partikül iriliğinde (200 μ , 400 μ ve 850 μ) bulgur kepeğini bisküvi üretiminde kullanmışlar, bisküvilerde artan oranda bulgur kepeği ilavesinin; bisküvilerin renk, görünüş, tekstür, tat, koku ve genel kabul edilebilirlik puanlarını düşürdüğünü belirtmişlerdir. En düşük genel kabul edilebilirlik puanını, %20 oranında 850 μ partikül iriliğine sahip bulgur kepeği ilaveli bisküvinin aldığı bildirilmiştir.

Gujral ve ark. (2003) tarafından yapılan çalışmada, buğday kepeği, kaba buğday unu ve pirinç unu farklı oranlarda bisküvi üretiminde kullanılmıştır. Artan oranda buğday kepeği kullanımıyla genel kabul edilebilirlik puanlarının düştüğü bildirilmiştir.

Buğday kepeği farklı oranlarda (%0, 10, 20, 30 ve 40) buğday unu ile yer değiştirerek bisküvi üretiminde kullanılmış, bisküvilerin rengi kepek oranının artmasıyla düşük puanlar almıştır. Bisküvilerin tadı ve ağızda bıraktığı his %20 oranında etkilenmiş, bu oranda ağız kuruluğu hissi oluşmuştur. Bisküvi kalitesi buğday kepeği için %20 ilave oranında kabul edilebilir olarak bulunmuştur (Sudha ve ark., 2007).

4.4. Bulgur Unu ve Bulgur Kepeği İlaveli Tarhana Sonuçları

4.4.1. Renk

Farklı oranlarda bulgur unu ilavesi ile hazırlanan tarhana örneklerinin renk L^* değerleri 77.50 ile 80.41 arasında değişmiştir (Çizelge 4.39). Artan oranda bulgur unu kullanımı, tarhanaların L^* değerini düşürmüştür. En düşük L^* değerleri %30 ve %40 bulgur unu ilavesi ile gerçekleşmiştir. Tarhanada renk değerleri üzerinde, tarhana üretiminde kullanılan hammaddelerin etkisinin olduğu düşünülmektedir.

Tarhanaların a^* değeri 2.39 ile 3.69 arasında değişim göstermiştir. %10 bulgur unu ilavesi ile üretilen tarhana örnekleri kontrole eşdeğer a^* değeri vermiştir. %20 ve üzerinde bulgur unu kullanımıyla tarhanaların a^* değerleri yükselmiştir. Bulgur ununun %30 ve %40 oranında kullanımı tarhanaların a^* değerinde istatistiksel bir fark oluşturmamış, ancak sayısal olarak en yüksek a^* değeri %40 bulgur unu ilaveli tarhanada belirlenmiştir.

Tarhanaların b^* değeri %0, 10, 20, 30 ve 40 bulgur unu ilave oranlarında sırasıyla 32.58, 33.40, 33.88, 34.81 ve 35.03 olarak belirlenmiştir. %10 bulgur unu kullanımıyla kontrole eşdeğer b^* değeri elde edilmiştir. Daha yüksek oranlarda bulgur unu kullanımı

tarhanaların b^* değerini artırmış ve % 30 – 40 oranında bulgur unu ilaveli tarhanaların b^* değerleri aynı grupta yer almıştır.

Çizelge 4.39. Bulgur unu ilaveli tarhanalara ait renk değerleri¹

Bulgur unu oranı (%)	L^*	a^*	b^*
0	80.41 ± 0.55 a	2.39 ± 0.18 c	32.58 ± 0.24 c
10	79.61 ± 0.38 b	2.62 ± 0.08 c	33.40 ± 0.30 bc
20	78.74 ± 0.35 c	2.97 ± 0.04 b	33.88 ± 0.16 b
30	78.13 ± 0.04 cd	3.42 ± 0.20 a	34.81 ± 0.34 a
40	77.50 ± 0.10 d	3.69 ± 0.20 a	35.03 ± 0.37 a

¹ Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p < 0.05$). L^* : Parlaklık renk değeri, a^* : Kırmızı-yeşil renk değeri, b^* : Sarı-mavi renk değeri.

Farklı oranlarda bulgur kepeği kullanılarak üretilen tarhana örneklerine ait L^* , a^* ve b^* değerleri Çizelge 4.40'ta verilmiştir.

Bulgur kepeği ilaveli tarhanalarda L^* değeri 77.39 ile 80.66 arasında değişim göstermiştir. %5 bulgur kepeği kullanımı ile üretilen tarhana, kontrol örneği ile aynı grupta yer almıştır. %10 ve üzerinde bulgur kepeği kullanımı tarhanaların L^* değerini, kontrol ve %5 bulgur kepeğine göre düşürmüştür. En düşük L^* değeri istatistiksel açıdan aynı grupta yer alan %15 ve 20 bulgur kepeği ilaveli tarhanada belirlenmiştir.

Tarhanaların a^* değeri %0, 5, 10, 15 ve 20 bulgur kepeği ilave oranlarında sırasıyla 2.48, 1.29, 1.58, 1.83 ve 1.98 olarak bulunmuştur. Bulgur kepeği ilavesi tarhanaların a^* değerini düşürmüştür.

Bulgur kepeği kullanımıyla tarhanaların b^* değeri 31.52 ile 32.38 arasında değişim göstermiştir. Bulgur kepeğinin tüm kullanım oranları, tarhanaların b^* değerinde istatistiksel bir fark yaratmamıştır. Tarhana üretiminde bulgur kepeği kullanım oranının düşük olması, tarhanaların b^* değeri üzerinde önemli bir etki yapmamıştır ($p > 0.05$).

Çizelge 4.40. Bulgur kepeği ilaveli tarhanalara ait renk değerleri¹

Bulgur kepeği oranı (%)	L^*	a^*	b^*
0	80.66 ± 0.14 a	2.48 ± 0.23 a	32.25 ± 0.23 a
5	80.40 ± 0.17 a	1.29 ± 0.08 d	31.52 ± 0.16 a
10	79.08 ± 0.30 b	1.58 ± 0.13 cd	32.35 ± 0.16 a
15	77.82 ± 0.23 c	1.83 ± 0.03 bc	32.38 ± 0.76 a
20	77.39 ± 0.20 c	1.98 ± 0.01 b	32.32 ± 0.68 a

¹ Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p < 0.05$). L^* : Parlaklık renk değeri, a^* : Kırmızı-yeşil renk değeri, b^* : Sarı-mavi renk değeri.

Bilgiçli ve ark. (2006) tarafından yapılan çalışmada, buğday kepeği %10, 25 ve 50 oranlarında kullanılarak tarhana üretilmiştir. Buğday kepeğinin artan oranda kullanımıyla tarhanaların L^* , a^* ve b^* değerleri sırasıyla 71.98'den 64.85'e, 8.90'dan 7.57'ye ve 28.28'den 23.72'ye düştüğü belirtilmiştir.

Özboy ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada, %0, 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında bulgur unu, bulgur kepeği ve simiti ayrı ayrı ilave ederek tarhanalar üretmişler, artan oranda bulgur unu, bulgur kepeği ve simit ilavesinin tarhanaların L^* değerlerini sırasıyla 81.1'den 78.4'e, 81.1'den 77.5'e ve 81.1'den 77.3'e düşürdüğünü bildirmişlerdir. Bulgur unu ve bulgur kepeği ilaveli tarhanalarda a^* değerinin ve b^* değerinin düştüğü ancak simit ilaveli tarhanalarda ise artışa bağlı olarak a^* ve b^* değerlerinde yükselme olduğu belirtilmiştir.

Bilgiçli ve İbanoğlu (2007) yaptıkları çalışmada, buğday kepeği ve ruşeymini farklı oranlarda ilave ederek tarhana üretmişler ve tarhanaları farklı sürelerde fermentasyona tabi tutmuşlardır. 72 saat fermentasyon sonucunda elde edilen tarhanalarda artan oranda buğday kepeği ve ruşeym kullanımıyla, tarhanaların L^* , a^* ve b^* değerlerinin düştüğü bildirilmiştir.

4.4.2. Nem, kül, protein ve yağ

Farklı oranlarda bulgur unu ilavesi ile hazırlanan tarhanaların nem, kül, protein ve yağ miktarları Çizelge 4.41'de verilmiştir.

Bulgur unu ilavesi ile hazırlanan tarhanalarda nem miktarı %8.17 ile %8.73 arasında değişmiştir. %10, %20 ve %30 bulgur unu ilave oranlarında nem miktarı istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır.

Tarhanalarda kül miktarı %0, 10, 20, 30 ve 40 bulgur unu ilave oranlarında sırasıyla %1.96, %2.11, %2.25, %2.38 ve % 2.52 olarak belirlenmiştir. Bulgur unu kullanım oranı arttıkça tarhanaların kül miktarı da artmıştır. Kontrol tarhana örneği ile kıyaslandığında %40 bulgur unu ilavesiyle tarhanalarda kül miktarı 1.29 kat artmıştır.

Bulgur unu kullanılarak üretilen tarhanalarda protein miktarı %14.04 ile %16.11 arasında değişmiştir. Kül miktarında olduğu gibi burada da artan bulgur unu kullanım oranıyla tarhanaların protein miktarı da artmıştır. Kontrol tarhanaya göre %40 oranında bulgur unu kullanımıyla protein miktarında %14.74'lük bir artış sağlanmıştır.

Tarhana örneklerinin yağ miktarı %5.00 ile %6.61 arasında değişim göstermiştir. Tarhanaların yağ miktarı artan bulgur unu kullanımına bağlı olarak artmıştır. En yüksek

bulgur unu kullanım oranları tarhanalarda en yüksek yağ miktarını vermiş ve %30 ile %40 bulgur unu kullanım oranlarında tarhanaların yağ miktarı aynı grupta yer almıştır. Kontrol tarhanaya göre %40 bulgur unu kullanımıyla elde edilen tarhananın yağ miktarında 1.32 katlık artış sağlanmıştır.

Çizelge 4.41. Bulgur unu ilaveli tarhanalara ait nem, kül, protein ve yağ analiz sonuçları¹

Bulgur unu oranı (%)	Nem (%)	Kül (%)	Protein (%)	Yağ (%)
0	8.73 ± 0.02 a	1.96 ± 0.01 e	14.04 ± 0.01 e	5.00 ± 0.24 d
10	8.25 ± 0.06 c	2.11 ± 0.07 d	14.54 ± 0.03 d	5.49 ± 0.14 c
20	8.18 ± 0.10 c	2.25 ± 0.06 c	15.02 ± 0.03 c	6.02 ± 0.05 b
30	8.17 ± 0.03 c	2.38 ± 0.04 b	15.57 ± 0.08 b	6.38 ± 0.03 ab
40	8.54 ± 0.07 b	2.52 ± 0.04 a	16.11 ± 0.06 a	6.61 ± 0.06 a

¹ Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

Bulgur kepeği ilavesi ile hazırlanan tarhana örneklerinin nem, kül, protein ve yağ miktarları Çizelge 4.42’de verilmiştir.

Tarhanaların nem miktarı %8.56 ile %8.90 arasında değişmiştir. Bulgur unu tüm kullanım oranlarında tarhanaların nem miktarında istatistiksel bir fark yaratmamıştır (p>0.05).

Bulgur kepeği ilavesi ile hazırlanan tarhanaların kül miktarı %1.99 ile %2.57 arasında değişim göstermiştir. Bulgur kepeği ilavesi tarhanaların kül miktarını artırmıştır. Bulgur kepeği kullanılmayan tarhanada %1.99 olan kül miktarı %20 oranında bulgur kepeği kullanımıyla %2.57’e kadar yükselmiş ve 1.29 katlık bir artış gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.42. Bulgur kepeği ilaveli tarhanalara ait nem, kül, protein ve yağ analiz sonuçları¹

Bulgur kepeği oranı (%)	Nem (%)	Kül (%)	Protein (%)	Yağ (%)
0	8.72 ± 0.04 a	1.99 ± 0.07 e	14.10 ± 0.01 e	4.98 ± 0.04 d
5	8.56 ± 0.10 a	2.13 ± 0.03 d	14.45 ± 0.03 d	5.50 ± 0.07 c
10	8.62 ± 0.17 a	2.29 ± 0.04 c	14.84 ± 0.01 c	5.97 ± 0.09 b
15	8.83 ± 0.08 a	2.45 ± 0.03 b	15.23 ± 0.03 b	6.30 ± 0.07 a
20	8.90 ± 0.17 a	2.57 ± 0.03 a	15.58 ± 0.04 a	6.59 ± 0.28 a

¹Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

%0, 5, 10, 15 ve 20 bulgur kepeği ilaveli tarhanaların protein miktarı sırasıyla %14.10, %14.45, %14.84, %15.23 ve %15.58 olarak belirlenmiştir. Artan bulgur kepeği kullanım oranı tarhanaların protein miktarını önemli (p<0.05) derecede artırmıştır.

Tarhanalarda %20 oranında bulgur kepeği kullanımı kontrol örneğine göre protein miktarında %10.50'lik bir artış sağlamıştır.

Tarhanaların yağ miktarı %4.98 ile %6.59 değerleri arasında değişmiştir. Artan oranda bulgur kepeği kullanımı tarhanaların yağ miktarını artırmıştır. %15 ve %20 bulgur kepeği kullanımıyla hazırlanan tarhanaların yağ miktarı istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Bulgur kepeğinin en yüksek ilave oranında (%20) kontrole göre tarhananın yağ miktarında 1.32 katlık bir artış görülmüştür.

Kontrole göre bulgur unu ve bulgur kepeği ilavesi tarhanalarda artan orana bağlı olarak kül, protein ve yağ içeriğinin artmasına neden olmuştur. Bulgur unu ve bulgur kepeğinde yapılan analizlerde en yüksek kül ve yağ miktarı bulgur kepeğinde, en yüksek protein oranı ise bulgur ununda bulunmuştur (Çizelge 4.6, 4.7 ve 4.8). Tarhana örneklerinin sonuçlarına bakıldığında hammaddelerin (bulgur unu ve bulgur kepeği) içerikleriyle, tarhanalarda kullanım oranına bağlı olarak kül, protein ve yağ miktarlarının pozitif korelasyon gösterdiği görülmektedir.

Bulgur unu ve bulgur kepeğinin %0, 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında tarhana üretiminde kullanıldığı çalışmada; kül, protein ve yağ miktarlarının artan bulgur unu ve bulgur kepeği ilave oranına paralel olarak arttığı belirtilmiştir (Özboy ve ark., 2014).

İstant tarhana üretimi üzerine yapılan bir çalışmada; farklı oranlarda düğürçük ilavesi ile üretilen tarhanaların; kül ve protein içeriğinin, un ile yapılan tarhanalara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Yurttaş ve ark., 2003).

Çelik ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada, buğday kepeğini %20 ve 40 oranlarında tarhana formülasyonuna ilave etmişlerdir. Üretilen tarhanada artan buğday kepeği oranına bağlı olarak nem, kül ve protein miktarının arttığı belirtilmiştir.

4.4.3. Mineral madde

Farklı oranlarda bulgur unu ilavesi ile hazırlanan tarhana örneklerinin Ca, Cu, Fe, K, Mg ve Zn miktarları Çizelge 4.43'te verilmiştir.

Tarhana örneklerinin Ca miktarı 332.96 mg/100 g ile 349.53 mg/100 g arasında değişim göstermiştir. %10 bulgur unu kullanımı ile hazırlanan tarhana kontrol örneği ile istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Kontrole göre %40 oranında bulgur unu kullanımıyla tarhanaların Ca miktarı önemli ($p < 0.05$) derecede artmıştır. Bulgur ununun en yüksek ilave oranlarıyla (%30 ve %40) elde edilen tarhana örnekleri eşdeğer Ca miktarı vermiştir.

Tarhana örneklerinin Cu miktarı 0.15 mg/100 g ile 0.20 mg/100 g arasında değişmiştir. Bulgur unu ilavesi tarhanaların Cu miktarı üzerinde önemli bir farklılığa neden olmamıştır ($p>0.05$). Tarhanaların Cu içerikleri sayısal olarak değerlendirildiğinde bulgur unu kullanımıyla tarhanaların Cu miktarında hafif bir artışın olduğu görülmektedir.

Tarhanaların Fe miktarı %0, 10, 20, 30 ve 40 bulgur unu kullanımında sırasıyla 1.46 mg/100 g, 1.79 mg/100 g, 1.98 mg/100 g, 2.41 mg/100 g ve 2.73 mg/100 g olarak belirlenmiştir. %10 ve %20 bulgur unu kullanımıyla hazırlanan tarhanalar eşdeğer Fe miktarı vermiştir. En yüksek demir miktarı %40 bulgur unu kullanımıyla üretilen tarhanada bulunmuş ve kontrole göre 1.87 katlık bir artış görülmüştür.

Bulgur unu kullanılarak üretilen tarhanaların K miktarı 466.89 mg/100 g ile 585.3 mg/100 g arasında değişim göstermiştir. Tarhanada %10 bulgur unu kullanımı kontrol tarhanaya eşdeğer K miktarı vermiştir. Ancak %20 ve üzerinde bulgur unu kullanımıyla tarhanaların K miktarında önemli bir artış gerçekleşmiştir. %40 bulgur unu kullanımıyla üretilen tarhanada en yüksek K değerine ulaşılmıştır.

Tarhana örneklerinin Mg miktarı 66.10 mg/100 g ile 119.76 mg/100 g arasında değişmiştir. Artan oranda bulgur unu kullanımı tarhanaların Mg miktarını artırmıştır. Kontrol örneği ile karşılaştırıldığında %40 bulgur unu kullanımı Mg miktarında %81.18'lik bir artış sağlamıştır.

Tarhanaların Zn miktarı 0.89 mg/100 g ile 1.58 mg/100 g arasında değişim göstermiştir. %10 bulgur unu kullanımıyla hazırlanan tarhana örneği, kontrol tarhana örneği ile eşdeğer Zn miktarı vermiştir. %20 ve üzerinde bulgur unu kullanımı tarhanalarda Zn miktarını artırmıştır. En yüksek Zn değeri %40 bulgur unu ilaveli tarhanada görülmüş ve kontrol örneğine göre %40 bulgur unu kullanımı tarhanada Zn miktarını 1.78 kat artırmıştır.

Çizelge 4.43. Bulgur unu ilaveli tarhanalara ait mineral madde (mg/100 g) sonuçları¹

Bulgur unu oranı (%)	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Zn
0	332.96±4.18d	0.15±0.01a	1.46±0.05d	466.89±5.5d	66.10±1.55e	0.89±0.07d
10	330.52±2.09cd	0.15±0.02a	1.79±0.04c	475.32±4.7d	71.80±0.28d	0.91±0.03d
20	336.02±4.27bc	0.18±0.04a	1.98±0.08c	520.69±6.10c	91.87±1.24c	1.28±0.04c
30	342.75±3.89ab	0.19±0.06a	2.41±0.06b	553.47±4.91b	105.88±2.65b	1.42±0.04b
40	349.53±6.41a	0.20±0.03a	2.73±0.09a	585.3±7.50a	119.76±2.49a	1.58±0.04a

¹Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$). Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır.

%40 bulgur unu ilaveli tarhanada en yüksek Ca, Mg, Fe, Zn ve K miktarları sırasıyla; 349.53 mg/100g, 119.76 mg/100g, 2.73 mg/100g, 1.58 mg/100g ve 585.3 mg/100g olarak belirlenmiştir.

100 g buğday unundan hazırlanan tarhana tüketildiğinde günlük Ca, Fe, K, Mg, Zn ihtiyacının sırasıyla %41.6, 14.6, 25.94, 18.89, 5.93'ü karşılanırken, %40 oranında bulgur unu ilavesi ile hazırlanan tarhana aynı miktarda tüketildiğinde günlük Ca, Fe, K, Mg, Zn ihtiyacının sırasıyla %43.7, 27.3, 32.52, 34.22, 10.5'i karşılanmaktadır.

Bulgur kepeği ilaveli tarhanalara ait mineral madde miktarları Çizelge 4.44'te verilmiştir.

Kraker örneklerinin Ca miktarı 312.65 mg/100 g ile 336.52 mg/100 g arasında değişmiştir. Tarhanada %5 ve %10 bulgur kepeği kullanımı kontrol örneği ile eşdeğer Ca miktarı vermiştir. %15 ve üzerindeki bulgur kepeği kullanım oranlarında tarhanada Ca miktarı kontrol örneğine göre artış göstermiştir. En yüksek Ca miktarı %20 bulgur kepeği ilaveli tarhana örneğinde belirlenmiştir.

Bulgur kepekli tarhanaların Cu miktarı 0.13 mg/100 g ile 0.19 mg/100 g arasında değişim göstermiştir. Bulgur kepeği ilavesi tarhanaların Cu miktarı üzerinde önemli bir artışa neden olmamıştır ($p>0.05$). Ancak sayısal olarak değerlendirildiğinde %20 bulgur kepeği kullanımı en yüksek Cu miktarını sağlamıştır.

Çizelge 4.44. Bulgur kepeği ilaveli tarhanalara ait mineral madde (mg/100 g) sonuçları¹

Bulgur kepeği oranı (%)	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Zn
0	312.65±3.32 c	0.13±0.03a	1.52±0.04e	462.30±3.25e	65.12±1.58e	0.91±0.06 c
5	315.24±4.58 c	0.13±0.03a	1.86±0.08d	483.25±3.89 d	76.39±1.97d	1.01±0.13 c
10	323.78±1.73 bc	0.17±0.07a	2.22±0.13c	522.50±6.37c	93.07±1.52c	1.29±0.01 b
15	329.53±6.40 ab	0.19±0.06a	2.53±0.04b	538.79±5.36b	107.21±1.70b	1.46±0.09 b
20	336.52±3.56 a	0.19±0.07a	2.77±0.03a	564.36±6.17a	122.73±3.86a	1.76±0.08 a

¹Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$). Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır.

Tarhanalarda Fe miktarı %0, 5, 10, 15 ve 20 bulgur kepeği kullanımında sırasıyla 1.52 mg/100 g, 1.86 mg/100 g, 2.22 mg/100 g, 2.53 mg/100 g ve 2.77 mg/100 g olarak belirlenmiştir. Bulgur kepeği ilavesi ile tarhanaların Fe miktarı artmıştır. Kontrol

örneğine göre bulgur kepeğinin %20 oranında kullanımıyla Fe miktarında % 82.24'lük bir artış gerçekleşmiştir.

Tarhanalarda bulgur kepeği kullanımıyla K miktarı 462.30 mg/100 g ile 564.36 mg/100 g arasında değişim göstermiştir. K miktarı tarhanalarda artan bulgur kepeği kullanımına bağlı olarak artmıştır. Kontrol örneği ile karşılaştırıldığında bulgur kepeğinin %20 kullanım oranında tarhananın K miktarı %22.08 artmıştır.

Tarhanalarda Mg miktarı %0, 5, 10, 15 ve 20 oranında bulgur kepeği ilavesi ile sırasıyla 65.12 mg/100 g, 76.39 mg/100 g, 93.07 mg/100 g, 107.21 mg/100 g ve 122.73 mg/100 g olarak belirlenmiştir. Artan oranda bulgur kepeği kullanımıyla tarhanaların Mg miktarı artmıştır. Kontrole göre %20 oranında bulgur kepeği ilavesiyle tarhanaların Mg miktarı 1.89 kat artmıştır.

Tarhana örneklerinin Zn miktarı 0.91 mg/100 g ile 1.76 mg/100 g arasında değişmiştir. %5 bulgur kepeği kullanımı kontrole eşdeğer Zn miktarı vermiştir. %10 ve üzerindeki bulgur kepeği ilave oranlarında Zn miktarı kontrol tarhana örneğine göre artış göstermiştir. En yüksek Zn miktarı %20 bulgur kepeği ilavesiyle üretilen tarhanalarda elde edilmiş ve kontrole göre %20 bulgur kepeği ilavesiyle Zn miktarı 1,93 kat daha fazla artmıştır.

100 g buğday unundan hazırlanan tarhana tüketildiğinde günlük Ca, Fe, K, Mg, Zn ihtiyacının sırasıyla %41.6, 14.6, 25.94, 18.89, 5.93'ü karşılanırken; %20 oranında bulgur kepeği ilave edilerek hazırlanan 100 g tarhana tüketildiğinde günlük Ca, Fe, K, Mg, Zn ihtiyacının sırasıyla %42.1, 27.7, 31.35, 35.07, 11.7'i karşılanmaktadır.

Bilgiçli ve ark. (2006) yaptıkları çalışmada tarhana üretiminde farklı oranlarda (%0, 10, 25 ve 50) buğday kepeği ve ruşeymini kullanmışlar, tarhanada ilave artış oranına bağlı olarak mineral madde miktarlarının arttığını bildirmişlerdir.

4.4.4. Toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve fitik asit

Farklı oranda bulgur unu ilaveli tarhanaların toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve fitik asit miktarlarına ait sonuçlar Çizelge 4.45'te verilmiştir.

Tarhana örneklerinin toplam fenolik madde miktarı %0, 10, 20, 30 ve 40 bulgur unu kullanım oranlarında sırasıyla; 781.23 mg GAE/kg, 864.01 mg GAE/kg, 929.79 mg GAE/kg, 1005.56 mg GAE/kg ve 1082.35 mg GAE/kg olarak belirlenmiştir. Bulgur unu kullanım oranına bağlı olarak tarhanaların toplam fenolik madde miktarı artmıştır. %40

oranında bulgur unu kullanımını kontrole göre tarhanaların toplam fenolik madde miktarında 1.39 katlık bir artış sağlamıştır.

Tarhana örneklerinde antioksidan aktivite DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl), FRAP (Ferrik iyonlarını indirgeme kuvveti) ve CUPRAC (Bakır iyonlarını indirgeme kuvveti) metotları ile belirlenmiştir.

DPPH antioksidan aktivite analiz sonuçlarına göre tarhana örneklerinin antioksidan aktivitesi 377.92 mg TE/kg ile 569.25 mg TE/kg arasında değişmiştir. Bulgur unu kullanım oranı artışına bağlı olarak tarhanaların DPPH antioksidan aktivite değerleri de artmıştır. %40 oranında bulgur unu ilave edilen tarhanaların DPPH değeri kontrole göre %50.63 oranında artmıştır.

Tarhana örneklerinin FRAP metoduna göre antioksidan aktivite değerleri %0, 10, 20, 30 ve 40 bulgur unu kullanım oranlarında sırasıyla 2.76 µmol TE/g, 2.81 µmol TE/g, 3.08 µmol TE/g, 3.46 µmol TE/g ve 3.58 µmol TE/g olarak belirlenmiştir. Tarhanada %10 bulgur unu kullanımını kontrol tarhanaya eşdeğer FRAP değeri vermiştir. Tarhanada %20 ve üzerinde bulgur unu kullanımında kontrol örneğine göre FRAP değeri artış göstermiştir.

Tarhanaların CUPRAC antioksidan aktivite değerleri 2.16 µmol TE/g ve 4.24 µmol TE/g arasında değişim göstermiştir. Tarhanalarda bulgur unu kullanım oranı arttıkça CUPRAC antioksidan aktivite değeri de artmıştır. Kontrol tarhanaya göre %40 bulgur unu ilavesiyle üretilen tarhanada CUPRAC antioksidan aktivite değeri 1.96 kat artış göstermiştir.

Çizelge 4.45. Bulgur unu ilaveli tarhanalara ait toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve fitik asit analiz sonuçları¹

Bulgur unu oranı (%)	TFM ² (mg GAE/kg)	DPPH ³ (mgTE/kg)	FRAP ⁴ (µmol TE/g)	CUPRAC ⁵ (µmol TE/g)	Fitik asit (mg/100g)
0	781.23 ± 8.77 e	377.92 ± 8.61 e	2.76±0.01c	2.16±0.06 d	22.51±3.72d
10	864.01±10.41 d	428.84±17.14 d	2.81±0.03c	2.78±0.16 c	50.66±7.95cd
20	929.79 ± 3.51 c	475.67 ±15.78 c	3.08±0.03b	3.31±0.07 b	61.91 ±15.92bc
30	1005.56±6.66 b	515.92±13.27 b	3.46±0.11a	3.59±0.25 b	90.06±7.98ab
40	1082.35 ±7.41 a	569.25 ±24.62 a	3.58±0.04a	4.24±0.07a	112.57 ± 7.96 a

¹Sonuçlar kuru madde üzerinden verilmiştir. Sonuçlar iki tekrürün ortalamasıdır. ²Toplam fenolik madde (GAE: Gallik asit eşdeğeri). ³2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl radikalinin inhibisyonu (TE:Troloks eşdeğeri). ⁴Ferrik iyonlarını indirgeme kuvveti. ⁵Bakır iyonlarını indirgeme kuvveti.

Tarhanaların fitik asit değerleri %0, 10, 20, 30 ve 40 bulgur unu kullanım oranlarında sırasıyla; 22.51 mg/100 g, 50.66 mg/100 g, 61.91 mg/100 g, 90.06 mg/100 g

ve 112.57 mg/100g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.38). %20 ve üzerinde bulgur unu kullanımı kontrol örneğine göre fitik asit değerini önemli derecede yükseltmiştir ($p<0.05$).

Bulgur kepeği ilaveli tarhanalara ait toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve fitik asit değerleri Çizelge 4.46'da verilmiştir.

Tarhanalarda bulgur kepeği kullanımı sonucunda toplam fenolik madde miktarı 783.49 mg GAE/kg ile 1022.96 mg GAE/kg arasında değişim göstermiştir. Tarhana formülasyonunda artan bulgur kepeği ilave oranına bağlı olarak toplam fenolik madde miktarı artmıştır. Tarhanada %20 oranında bulgur kepeği kullanımıyla kontrole göre toplam fenolik madde miktarında %30.56'lık bir artış gerçekleşmiştir. Buğdayın dış tabakalarının (perikarp, testa, hyalin ve aleuron), toplam fenolik madde bakımından zengin olduğu bilinmektedir (Beta ve ark., 2005). Dolayısıyla bulgur kepeğinin toplam fenolik madde miktarının yüksek olması, rafine buğday unundan üretilen kontrol tarhana örneğinin toplam fenolik madde miktarının düşük olmasının nedeni olabilir.

DPPH metoduna göre tarhanaların antioksidan aktivitesi 378.33 mg TE/kg ile 501.32 mg TE/kg arasında bulunmuştur. %5 bulgur kepeği kullanım oranında tarhananın DPPH değerinin kontrol tarhanaya eşdeğer olduğu belirlenmiştir. Tarhanada %10 ve üzerinde bulgur kepeği kullanım oranlarında kontrole göre DPPH antioksidan aktivite değeri yükselmiştir. %20 bulgur kepeği kullanılan tarhanaların DPPH değeri kontrol ile karşılaştırıldığında 1.33 kat arttığı görülmüştür.

FRAP antioksidan aktivite metoduna göre bulgur kepeği ilaveli tarhanaların antioksidan aktivite değerleri 2.73 $\mu\text{mol TE/g}$ ile 3.14 $\mu\text{mol TE/g}$ arasında değişim göstermiştir. Kontrole göre %10 ve üzerinde bulgur kepeği kullanımıyla tarhanaların FRAP antioksidan aktivite değeri artmıştır. %20 bulgur kepeği ilavesi ile tarhanaların FRAP antioksidan aktivite değerinde kontrol tarhana örneğine göre %15.02 oranında artış gerçekleşmiştir.

Tarhanaların CUPRAC antioksidan aktivite miktarı %0, 5, 10, 15 ve 20 bulgur kepeği kullanım oranlarında sırasıyla 2.12 $\mu\text{mol TE/g}$, 2.47 $\mu\text{mol TE/g}$, 3.04 $\mu\text{mol TE/g}$, 3.43 $\mu\text{mol TE/g}$ ve 3.79 $\mu\text{mol TE/g}$ olarak belirlenmiştir. %5 bulgur kepeği kullanım oranında elde edilen CUPRAC antioksidan aktivite değerinin kontrole eşdeğer olduğu belirlenmiştir. %10 ve üzerinde bulgur kepeği kullanım oranlarında CUPRAC antioksidan aktivite değeri kontrole göre önemli derecede artmıştır ($p<0.05$).

Tarhanalarda bulgur kepeği kullanımıyla fitik asit değerleri 26.14 mg/100 g ile 163.23 mg/100 g arasında değişmiştir. Bulgur kepeği ilaveli tarhanalarda artan oranda

bulgur kepeği kullanımı fitik asit miktarını artırmıştır. %15 ve %20 bulgur kepeği ilaveli tarhana örneklerinde (135.09 mg/100g ve 163.23 mg/100g) artan bulgur kepeği oranına bağlı sayısal bir artış olmasına rağmen, istatistiksel olarak aynı grupta yer almışlardır. Kontrole göre en yüksek fitik asit miktarı %20 bulgur kepeği kullanımında bulunmuştur.

Çizelge 4.46. Bulgur kepeği ilaveli tarhanalara ait toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve fitik asit analiz sonuçları¹

Bulgur kepeği oranı (%)	TFM ² (mg GAE/kg)	DPPH ³ (mgTE/kg)	FRAP ⁴ (µmol TE/g)	CUPRAC ⁵ (µmol TE/g)	Fitik asit (mg/100g)
0	783.49 ± 9.03 e	378.33±10.83 d	2.73±0.04c	2.12±0.06c	26.14±5.09 d
5	845.52 ± 7.35 d	405.57±24.13cd	2.89±0.06bc	2.47±0.08c	71.30±18.57 c
10	900.65 ± 6.45 c	434.31± 9.57 bc	2.98±0.03ab	3.04±0.14b	103.19±2.66 b
15	962.58 ± 4.34 b	466.58±19.30ab	3.07±0.06ab	3.43±0.06ab	135.09±7.96 a
20	1022.96 ±9.16a	501.32±16.05 a	3.14±0.10 a	3.79±0.25 a	163.23±7.96 a

¹Sonuçlar kuru madde üzerinden verilmiştir. Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. ²Toplam fenolik madde (GAE: Gallik asit eşdeğeri). ³2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl radikalinin inhibisyonu (TE:Troloks eşdeğeri). ⁴Ferrik iyonlarını indirgeme kuvveti. ⁵Bakır iyonlarını indirgeme kuvveti.

Fitik asit hububat ve baklagillerde bulunan besleyici kaliteyi olumsuz yönde etkileyen doğal bir bileşendir. Fitik asit, Ca, Fe, Zn, Mg ve Cu gibi beslenme açısından önemli olan minerallerle kompleks oluşturarak bunların biyoyararlılığını düşüren antibesinsel bir faktördür (Bilgiçli, 2002). Aynı zamanda antioksidan özelliğe sahip olan fitik asit, formülde bulunan hammaddelerden gelen diğer antioksidan bileşiklerle beraber tarhana örneklerinin fonksiyonel özelliğine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Bilgiçli ve ark. (2006) yaptıkları çalışmada, tarhana formülasyonuna farklı oranlarda (%0, 10, 25 ve 50) buğday kepeği ve ruşeym ilave ederek tarhana üretmişler, tarhanada buğday kepeği oranı artışına bağlı olarak tarhananın fitik asit, toplam fenolik madde miktarı artarken, toplam antioksidan aktivitenin azaldığı bildirilmiştir.

4.4.5. *In vitro* sindirim sonrası biyoerişilebilirlik

Hammadde olarak kullanılan bulgur kepeği, bulgur unu ve bu hammaddelerin farklı oranlarda kullanıldığı tarhana örneklerine ait biyoerişilebilirlik değerleri Çizelge 4.47’de verilmiştir.

Bulgur kepeği, bulgur unu, kontrol tarhana, %20 bulgur unlu tarhana, %10 bulgur kepekli tarhana örneklerinde glukoz biyoerişilebilirlik değerleri %51.24-55.68 arasında değişmiş olup, istatistiki açıdan aynı grupta yer almışlardır.

Protein biyoerişilebilirliği sayısal olarak en yüksekte en düşüğe doğru; kontrol tarhana örneği (%83.27), bulgur unu (%82.00), %10 bulgur kepekli tarhana (%80.70), %20 bulgur unlu tarhana (%79.00) ve bulgur kepeği (%70.00) olarak bulunmuştur.

Toplam fenolik madde biyoerişilebilirlik değerleri bulgur kepeği, bulgur unu, kontrol tarhana örneği, %20 bulgur unlu tarhana, %10 bulgur kepekli tarhana için %18.98-42.12 arasında değişim göstermiştir. En yüksek toplam fenolik madde biyoerişilebilirliği bulgur kepeğinde, en düşük değer ise %20 bulgur unlu tarhanada belirlenmiştir.

Bulgur kepeği ve bulgur unu için antioksidan aktivite (DPPH, FRAP ve CUPRAC) biyoerişilebilirlik değerleri sırasıyla %284.43-166.90-52.60 ve %228.54-199.79-76.93 olarak bulunmuştur. Kontrol tarhana ve %10 bulgur kepekli tarhana örnekleri DPPH % biyoerişilebilirlik değerleri istatistiksel açıdan aynı grupta yer almıştır. % biyoerişilebilir FRAP antioksidan aktivite değeri; kontrol tarhana ve %20 bulgur unlu tarhana örnekleri aynı grupta yer almış olup, en yüksek değer %10 bulgur kepeği ilaveli tarhanada belirlenmiştir. CUPRAC biyoerişilebilirlik değerleri kontrol tarhana, %20 bulgur unlu ve %10 bulgur kepekli tarhana örneklerinde sırasıyla %52.55, %50.80 ve %58.37 olarak gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.47. Tarhanalara ait *in vitro* sindirim sonrası % biyoerişilebilirlik değerleri¹

Numune	Glukoz	Protein	TFM	DPPH	FRAP	CUPRAC
Hammadde						
Bulg. kepeği	51.24±0.96	70.00±3.18	42.12±2.21	284.43±15.87	166.90±16.66	52.60±2.33
Bulgur unu	53.18±0.91	82.00±3.37	33.36±4.34	228.54±9.72	199.79±29.87	76.93±4.64
Tarhana						
Kontrol	55.59±3.28a	83.27±1.12a	20.86±0.74ab	129.66±4.51b	52.72±4.88b	52.55±2.80b
% 20 BU	52.86±1.91a	79.00±5.15a	18.98±1.32b	151.01±5.13a	54.18±5.02b	50.80±1.30b
% 10 BK	55.68±3.10a	80.70±2.32a	24.40±2.90a	134.57±8.34b	78.10±3.01a	58.37±3.41a

¹Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır(p<0.05).

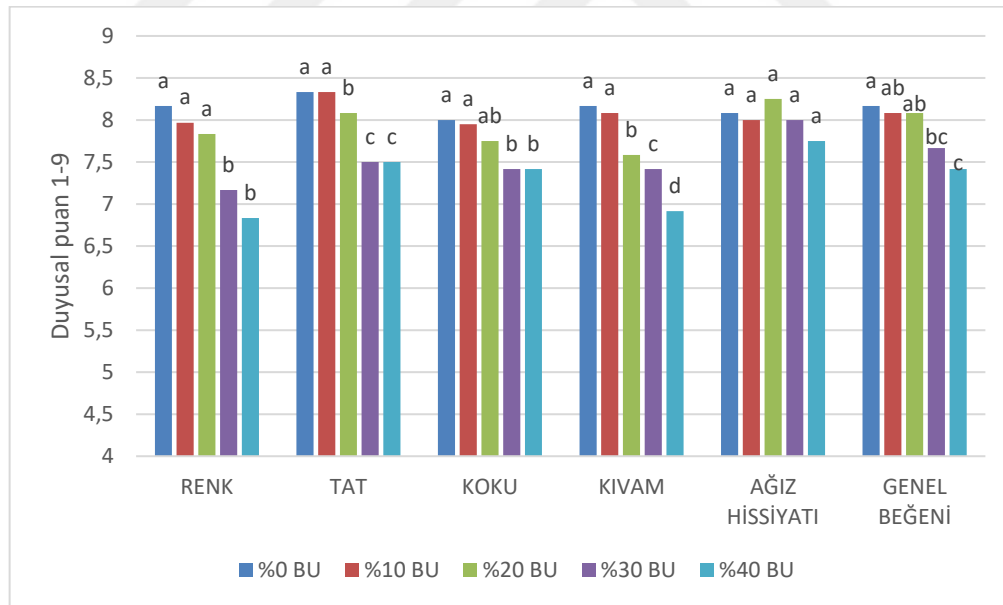
Köseoğlu ve Çelikel (2021) yaptıkları çalışmada, bazı geleneksel Türk gıdalarının *in vitro* nişasta sindirilebilirliğini ve glisemik indeksini araştırmışlardır. Tarhanada hızlı sindirilebilir nişasta oranının, yavaş sindirilebilir nişasta oranından daha düşük olduğunu ve tarhananın %61'inin 180 dakika sonunda absorbe edilebildiği bildirilmiştir.

Çağındı ve ark. (2021) ekşi maya fermentasyonu ile üretilen ekmeklerde biyoaktif bileşenlerin *in vitro* biyoerişilebilirliğini araştırmışlardır. Fermantasyon uygulamasıyla fenolik asitlerin biyoerişilebilirliklerinin arttığı bildirilmiştir.

4.4.6. Duyusal analiz

Farklı oranlarda bulgur unu kullanılarak hazırlanan tarhana örneklerine ait duyusal analiz sonuçları Şekil 4.3'te verilmiştir.

Kontrol örneği ile karşılaştırıldığında, tarhana formülasyonunda %20 oranına kadar bulgur unu kullanımı renk puanlarını değiştirmemiştir ($p>0.05$). %30-40 bulgur unu kullanımında ise renk puanları düşmüştür. Çizelge 4.32'de renk ölçüm sonuçlarından da izlenebileceği gibi, bulgur unu ilavesi tarhanada L^* değerini düşürmüştür. L^* değerinde aletsel olarak da ölçülen bu azalma ve renkteki koyulaşma; duyusal puanlara da yansımış ve panelistlerin yüksek oranlarda bulgur unu kullanılan örnekleri düşük renk puanlarıyla değerlendirmesine neden olmuş olabilir.



Şekil 4.3. Bulgur unu ilaveli tarhanalara ait duyusal analiz sonuçları

Sonuçlar tat puanları açısından karşılaştırıldığında, %10 bulgur unu kullanılan tarhana örneklerinin tat puanı kontrol örneğine eşdeğer bulunmuştur. %20 bulgur unu kullanımı ile tat puanında düşüş olmuş ve %30-40 bulgur unu oranlarında en düşük tat puanlarına ulaşılmıştır. Yüksek bulgur unu kullanım oranlarında tarhana üretimi sırasında

fermentasyon aktivitesinin etkilenmiş olabileceği ve asitlikteki artışın sınırlı olarak gerçekleşmiş olduğu düşünülmektedir. Asitlik artışının az olması panelistlerin tat puanlamasında etkili olmuş olabilir.

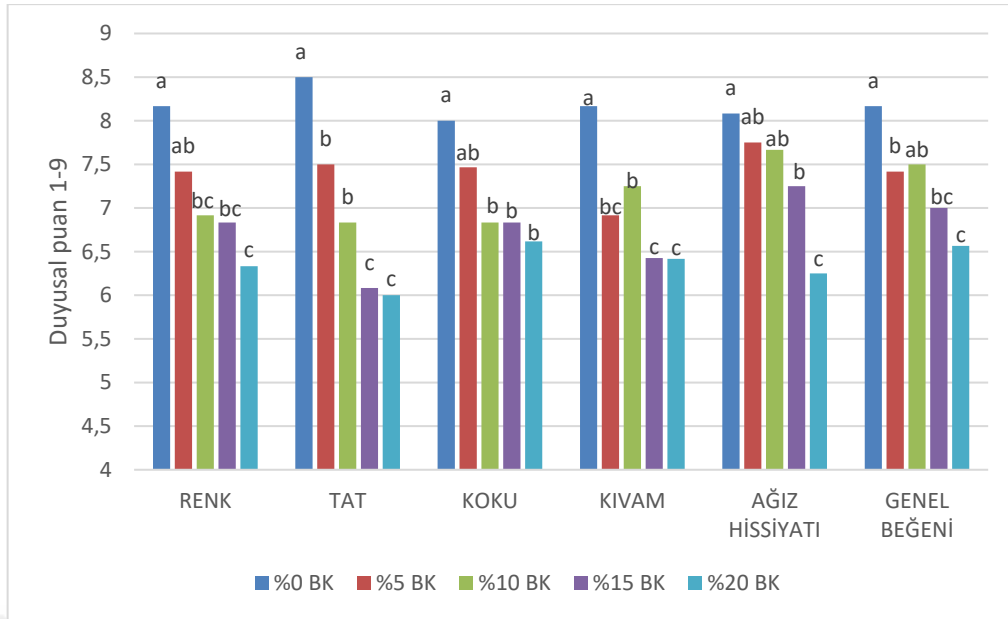
Tarhanaların koku puanları, %20 bulgur unu kullanım oranına kadar, kontrol ile aynı grupta değerlendirilmiş ve istatistiki olarak bir fark belirlenmemiştir. %30-40 bulgur unu ilavesiyle üretilen tarhanaların koku puanlarında önemli ($p<0.05$) bir düşüş belirlenmiştir. Daha önce tat puanları kısmında bahsedilen yüksek oranda bulgur unu ilavesine bağlı fermentasyon aktivitesindeki olası değişim, koku puanları üzerinde de etkili olmuş olabilir.

Tarhanaların kıvam puanları %20 ve üzerinde bulgur unu kullanımı ile azalmış ve en düşük kıvam değeri %40 bulgur unu kullanımı ile elde edilmiştir. Bulgur unu kullanımı ile gerçekleşen bu düşüş; bulgur ununun buğday unu ile yer değiştirme esasına göre kullanılması nedeniyle bulgur ununun bulgur prosesinde uygulanan pişirme/kurutma gibi ısı işlemlerle yapısının değişmesinden kaynaklanmış olabilir.

Panelistler tarhanaların ağız hissiyatı puanlarını 8.0 ile 7.75 arasında puanlamışlardır. Tarhana formülasyonunda bulgur unu kullanımı ağız hissiyatı puanları üzerinde önemli ($p>0.05$) bir farklılık oluşturmamıştır.

Tarhana örneklerinin genel beğeni puanları %10-20 bulgur unu kullanım oranlarında kontrole eşdeğer bulunmuş, %30-40 bulgur unu kullanım oranlarında ise düşüş gerçekleşmiştir. Yüksek bulgur unu kullanım oranlarında renk, tat, koku, kıvam ve genel beğeni puanlarında istatistiki olarak önemli bulunan düşüşler gerçekleşse de 1-9 puan skalasında yapılan değerlendirmeye göre 1: aşırı kötü, 9: mükemmel olarak kabul edilmiştir. Bulgur ununun buğday unundan farklı olarak, ekmeçlik buğday yerine durum buğdayından üretilmesi, pişirme-kurutma gibi ısı işlemlerle bulgur unundaki nişasta ve gluten özelliklerinin değişmesi, bulgur ununda değişen kimyasal özelliklere bağlı olarak tarhana ortamındaki fermentasyon aktivitesinde değişikliğin olması ve bu değişikliğin tarhana duyuşal özelliklerine yansıdığı tahmin edilmektedir.

Farklı oranlarda bulgur kepeği kullanılarak hazırlanan tarhana örneklerine ait duyuşal analiz sonuçları Şekil 4.4'te verilmiştir. Çizelge 4.33'te renk ölçüm sonuçlarında görülebileceği gibi, bulgur kepeği ilavesi tarhana örneklerinde L^* değerini düşürmüştür. Bulgur unu ilaveli tarhanada belirtilen durum burada da söz konusu olup, panelistlerin renk puanlarını düşürmesinin sebebinin aynı olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.4. Bulgur kepeği ilaveli tarhanalara ait duyusal analiz sonuçları

Tat puanlarına bakıldığında en yüksek puanı kontrol örneği almış, %5 ve %10 bulgur kepeği kullanımı tat puanını düşürmüştür, en düşük puanları ise %15 ve %20 oranları almıştır. Özboy ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada, %0, 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 oranlarında bulgur unu ya da bulgur kepeği ilave ederek ürettikleri tarhana örneklerinin asitlik değerini 23.0-35.5 arasında belirlemişler; bulgur unu ve bulgur kepeği ilavesinin, tarhana örneklerinin asitlik değerlerini istatistiksel olarak önemli düzeyde düşürdüğünü ($p < 0.01$) bildirmişlerdir.

%5 bulgur kepeği ilavesi, kontrol örneğiyle benzer koku puanları almış, artan bulgur kepeği kullanımında koku puanları düşmüştür.

Tarhanaların kıvam puanları bulgur kepeği kullanımı ile azalmış, %15 ve %20 oranı en düşük puanları almıştır. İbanoğlu ve İbanoğlu (1999) tarafından geleneksel metotla üretilen tarhanaların viskozitesi üzerine, kepekli veya kepeksiz un kullanımının etkilerinin araştırıldığı çalışmada, pişirme işlemini takiben ve 80 °C'ye soğutulduğunda, kepekli undan yapılan tarhana çorbalarının viskozitesi kepeksiz undan yapılanlara göre daha düşük bulunmuştur.

Ağız hissiyatı skorlarında %5 ve %10 bulgur kepeği ilave oranı, kontrol örneğiyle eşdeğer sonuç vermiş, ancak artan oranda bulgur kepeği kullanımı ağız hissiyatı puanını düşürmüştür. Bulgur kepeği kullanım oranının artması, tarhanaların genel kabul edilebilirlik puanlarının düşmesine neden olmuştur. Bilgiçli ve ark. (2006) tarafından, %10, 25 ve 50 oranlarında buğday ruşeymi/kepeği ilavesi ile üretilen tarhana çorbaları

renk, ağızda bıraktığı his ve tat özellikleri bakımından panelistler tarafından değerlendirilmiş, formülasyonda yüksek miktarda (> %25) buğday ruşeymi/kepeği içeren örneklerin genel kabul edilebilirlik puanlarının daha düşük olduğu belirtilmiştir.

Bulgur yan ürünleri ile tarhana üretimi yapılan bir çalışmada bulgur unu %20 oranı, bulgur kepeği ve düğürçük ise %15 ilave oranı üzerinde duyu analizlerde panelistlerden düşük puanlar aldığı, bulgur unu ilaveli tarhana çorbalarının diğer iki yan ürüne göre genel kabul edilebilirlik açısından daha yüksek puan aldığı belirtilmiştir (Özboy ve ark., 2014).

Çelik ve ark. (2010) buğday kepeğini %0, %20 ve %40 oranlarında buğday unu ile yer değiştirerek tarhana üretmişlerdir. Kontrol ile %20 buğday kepeği ilaveli tarhanaların duyu değerlendirme sonuçlarındaki farklılıkların istatistiksel açıdan önemsiz olduğunu, formülasyonda un yerine %40 oranında buğday kepeği kullanılan tarhana çorbalarının panelistler tarafından beğenilmediğini, ayrıca % 40 buğday kepeği ilaveli tarhana çorba örneklerinin üzerinde bitkisel bir yağ tabakasına sahip olduğunu bildirmiştir. Bunun büyük olasılıkla yetersiz jel oluşumundan kaynaklandığını çünkü bu örneklerdeki nişasta içeriğinin, kontrol veya %20 buğday kepeği ilaveli tarhanalardan daha düşük olduğunu belirtmiştir.

Güven (2023) yaptığı çalışmada, farklı oranlarda (%0, 25, 50, 75 ve 100) bonkalite unu buğday unu ile karıştırarak tarhana üretmiş, %25 oranında bonkalite un içeren tarhananın kontrolden daha iyi duyu sonuçları verdiğini, bonkalite un ilave oranı arttığında ise duyu özelliklerinde kısmen düşmeler olduğunu belirlemiştir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Çalışmanın ilk aşamasında; bulgur prosesinden hammaddeden son ürüne kadarki, ürün ve yan ürünlerde kimyasal ve fonksiyonel değişimlerin ortaya konması amaçlanmıştır. Bu amaçla dört farklı fabrikadan alınan hammadde (durum buğdayı), ürün ve yan ürünlerde (pişirilmiş-kurutulmuş buğday, kabuğu soyulmuş tane buğday, bulgur kepeği, bulgur unu, iri pilavlık, pilavlık ve köftelik bulgur) renk, kül, protein, yağ, mineral madde, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve fitik asit analizleri yapılmıştır. Ayrıca bulgur üretiminde kullanılan hammadde (durum buğdayı), son ürün (iri pilavlık, pilavlık ve köftelik bulgur) ve en yüksek beğeni alan kraker ve tarhana örneklerinde *in vitro* sindirim gerçekleştirilmiştir. *In vitro* sindirim başlangıcında ve sonrasında elde edilen örneklerde; nişasta, protein, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite analizleri yapılmıştır. Bu sonuçlara göre % biyoerişilebilirlik değerleri belirlenmiştir.

Bulgur üretiminde hammadde olarak kullanılan buğday örneklerinin bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı ve sertlik değerleri 44.1-50.6 g, 85.2-87.3 kg/hl ve % 70-86 arasında değişim göstermiştir. Bu sonuçlardan iri, dolgun ve sert karakterli durum buğdaylarının bulgur üretiminde kullanıldığı anlaşılmaktadır. Bulgur üretiminde durum buğdaylarının kullanımı, protein oranının yüksek olması dolayısıyla camsı tane oranının fazlalığı arzu edilen son ürüne ulaşmak açısından önemlidir.

Bulgur prosesinde kullanılan buğday, pişirilmiş-kurutulmuş buğday, kabuğu soyulmuş tane buğday, bulgur kepeği, bulgur unu, iri pilavlık, pilavlık, köftelik bulgur örneklerine ait L^* değerleri 4 farklı fabrika için sırasıyla 52.38-54.75, 47.99-49.54, 50.50-54.77, 66.48-70.93, 69.91-77.43, 49.99-57.82, 57.33-59.63 ve 63.83-65.77 arasında değişmiş, en yüksek L^* değeri bulgur ununda belirlenmiş, bunu bulgur kepeği, köftelik bulgur, pilavlık bulgur takip etmiştir. Bulgurun rengi; proses koşulları ve hammadde renginden etkilenmektedir. En yüksek a^* değeri, buğday ve pişirilmiş-kurutulmuş buğday örneklerinde elde edilmiştir. Partikül boyutu küçüldükçe a^* değeri düşmüş, b^* değeri ise artmıştır. b^* değerinin yüksek olması bulgur gibi ürünlerde istenen bir kriterdir. Bulgurda rengi etkileyen faktörler; hammadde (buğday çeşidi), işleme tekniği ve depolama koşullarıdır.

Farklı fabrikaların bulgur üretim aşamalarından alınan ürün ve yan ürünlerin kül, protein ve yağ miktarları sırasıyla %0.90-2.96, %11.40-14.37 ve %0.88-5.88 arasında

değişim göstermiştir. Bulgur kepeği en yüksek kül ve yağ, bulgur unu ise en yüksek protein içeriği ile dikkat çekici bulunmuştur. Buğday tanesinde merkezden kabuğa doğru kül oranı artmaktadır.

Buğdayın pişirilip kurutulmasından sonra, buğdaya göre kül ve protein miktarında hafif bir azalma, yağ miktarında oransal bir artış olsa da istatistiki olarak önemli farklılıklar oluşmamıştır. Pişirilmiş-kurutulmuş buğdayın kabuğunun soyulmasından sonra, buğdaya göre kül miktarında ortalama %25'lik bir azalma olmuştur. Kabuk soymadan sonra buğdayla kıyaslandığında protein miktarı %12.35'ten %11.88'e düşmüş ortalama kayıp %3.81 olarak gerçekleşmiş ancak bu kayıp istatistiki olarak önemli bulunmamış, buğday ve pişirilmiş-kurutulmuş buğdayın protein miktarları istatistiki olarak aynı grupta yer almıştır. Kurutma sonrası yağ miktarı %1.18'den %1.01'e düşmüş ancak bu düşüşte istatistiki olarak önemli ($p>0.01$) bulunmamıştır.

Hammadde olarak kullanılan buğdaydan pilavlık bulgura geçişte kül, protein ve yağ miktarlarında sırasıyla %33.09, %7.69 ve %25.42'lik azalmalar gerçekleşmiştir. Bulgur üretim aşamalarında kül, protein ve yağ bakımından zengin olan bulgur kepeği ve bulgur unu ana kitleden yan ürün olarak ayrıldığından, pilavlık bulgurda kül, protein ve yağ miktarı doğal olarak düşmüştür.

Bulgur üretiminde elde edilen ürün ve yan ürünler arasında en yüksek Ca, Cu, Fe, K, Mg ve Zn miktarı bulgur kepeğinde belirlenmiştir. Bunu bulgur unu izlemiştir. Bulgur kepeği ve bulgur ununun zengin mineral içeriği dikkat çekici bulunmuştur. 100 g bulgur kepeği günlük ihtiyaç duyulan Ca, Fe, Mg ve Zn miktarlarının sırasıyla %16.76, %78.85, %86.6, %35.37'ini karşılarken, aynı miktarda bulgur unu ise %11.11, %43.18, %52.43 ve %20.65'ini karşılayabilecek potansiyele sahiptir. Buğday pişirilip kurutulduktan sonra Ca, Cu, Fe, K, Mg ve Zn miktarlarında sırasıyla 33.47, 0.31, 2.85, 386.67, 96.55, 1.85 mg/100 g 'dan 35.20, 0.31, 2.55, 354.20, 89.03, 1.82 mg/100 g'a değişim gerçekleşmiş, ancak bu değişimler istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Hatta Ca ve Mg miktarları kabuk soyma sonrasında da %3.20 ve %27.49 oranlarında düşse de buğday örnekleri ile aynı grupta yer almıştır. Pişirilmiş-kurutulmuş buğdaydan pilavlık bulgura geçişte Ca, Cu, Fe, K, Mg ve Zn miktarlarında sırasıyla %8.35, %38.71, %52.94, %14.34, %31.01 ve %45.60 oranlarında azalma gerçekleşmiştir.

Bulgur prosesinde yer alan buğday, pişirilmiş-kurutulmuş buğday, kabuğu soyulmuş tane buğday, bulgur kepeği, bulgur unu, iri pilavlık, pilavlık ve köftelik bulgurlara ait ortalama toplam fenolik madde (mg GAE/kg) ve antioksidan aktivite (mg TE/kg) değerleri sırasıyla 1432.07, 1027.29, 865.46, 1634.48, 1301.26, 866.06, 834.05,

878.27 ve 535.96, 539.66, 496.15, 950.64, 686.22, 481.72, 467.87, 506.28 olarak belirlenmiştir. Kül, yağ ve mineral madde değerlerinde olduğu gibi toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite açısından en zengin bileşime sahip ürün bulgur kepeği olmuştur. Bulgur unu ise bulgur kepeğinden sonra en yüksek toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite içeriğine sahip ikinci ürün olmuştur. Buğdaydan pilavlık bulgura geçişte pişirme-kurutma sonrası, kabuk soyma sonrası ve kırma sonrası (pilavlık bulgur) toplam fenolik madde miktarında sırasıyla %28.27, %39.57 ve %41.76'lık kayıplar gerçekleşmiştir.

Farklı fabrikaların bulgur üretim aşamalarından alınan ürün ve yan ürünlerin fitik asit miktarları 587.41 ile 2858.34 mg/100 g arasında değişim göstermiştir. En yüksek fitik asit miktarı bulgur kepeği örneğinde belirlenmiştir, bunu sırasıyla bulgur unu, buğday, pişirilmiş-kurutulmuş buğday, kabuğu soyulmuş tane buğday, köftelik bulgur, pilavlık bulgur ve iri pilavlık bulgur takip etmiştir. Buğdaydan pilavlık bulgura geçişte pişirme-kurutma sonrası, kabuk soyma sonrası ve kırma sonrası (pilavlık bulgur) fitik asit miktarında sırasıyla %7.45, %20.95 ve %47.08'lik kayıplar meydana gelmiştir. Burada etkili faktörler basınç altında yüksek sıcaklıkta pişirme-kurutma ve kabuk soyma aşamaları olmuştur.

Buğday, iri pilavlık bulgur, pilavlık bulgur ve köftelik bulgur örneklerinde ortalama % biyoerişilebilir glukoz değerleri sırasıyla %93.22, %87.48, %94.30 ve %96.40 bulunmuştur. En yüksek %biyoerişilebilir glukoz değeri köftelik bulgurda belirlenmiş ve bunu pilavlık bulgur takip etmiştir. *İn vitro* sindirim sonrası, hammadde olarak kullanılan buğday, iri pilavlık bulgur, pilavlık bulgur ve köftelik bulgura ait % biyoerişilebilir protein değerleri istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Buğday, iri pilavlık bulgur, pilavlık bulgur ve köftelik bulgur arasında biyoerişilebilir toplam fenolik madde en yüksek pilavlık bulgurda (%47.31), en düşük buğdayda (%39.56) belirlenmiştir. En yüksek antioksidan aktivite biyoerişilebilirliği %131.20 değeri ile köftelik bulgurda belirlenmiştir. Sayısal olarak farklı olmasına rağmen pilavlık bulgur (117.36) istatistiksel olarak köftelik bulgurla aynı grupta yer almıştır.

Kraker üretiminde farklı oranlarda bulgur unu (%0, 10, 20, 30 ve 40) ve bulgur kepeği (%0, 5, 10, 15 ve 20) kullanılmıştır. Üretilen krakerlere bazı fiziksel (renk, çap, kalınlık, yayılma, sertlik, kırılabilirlik), kimyasal (nem, kül, protein, yağ, mineral madde), fonksiyonel (toplam fenolik madde, antioksidan aktivite, fitik asit) ve duyu analizler uygulanmıştır. Ayrıca en yüksek beğeniyi alan kraker örneklerinde *in vitro* sindirim gerçekleştirilerek, % biyoerişilebilirlik değerleri (glukoz, protein, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite) belirlenmiştir.

Krakerlerde %30 ve üzerinde bulgur unu kullanımıyla tüm renk değerleri (L^* , a^* , b^*) düşüş göstermiştir. %5 ve üzerinde bulgur kepeği kullanımıyla L^* ve b^* değerleri düşerken a^* değeri en yüksek kullanım oranı olan %20'de düşüş göstermiştir. Bu düşüşte hammaddelerin (buğday unu, bulgur unu ve bulgur kepeği) rengi ve maillard reaksiyonunun etkili olduğu düşünülmektedir.

Bulgur unu ve bulgur kepeği ilave oranı arttıkça krakerlerin kalınlığı azalmış, yayılma oranları ise artmıştır. Krakerlerin çap değerini bulgur unu ilavesi azaltmış, bulgur kepeği ilavesi ise artırmıştır. Hem bulgur unu hem de bulgur kepeği ilavesinde krakerlerin kırılabilirlik değerleri artarken, bulgur unu ilavesi sertliği azaltmış, bulgur kepeği ise artırmıştır. Krakerlere bulgur kepeği ilavesinin, krakerlerin sertlik ve kırılabilirlik değerlerini artırdığı görülmüştür. Bu artış krakerlerde istenilen bir özelliktir.

Bulgur unu ilaveli krakerlerde kül, protein ve yağ değerleri sırasıyla %1.95-2.61, %8.18-10.22, %10.19-11.01; bulgur kepekli krakerlerde yine sırasıyla kül, protein ve yağ değerleri; %1.97-2.55, %8.13-9.41 ve %10.28-11.56 arasında değişim göstermiştir. Bulgur ununun tüm kullanım oranlarında krakerlerin kül, yağ ve protein miktarları artmıştır. Bulgur kepeği kullanımında ise %5 katkılamada kül miktarında artış olmazken protein ve yağ miktarları artış göstermiş, en yüksek kül, protein ve yağ oranlarına tabii %20 bulgur kepeği katkılanan örneklerde ulaşılmıştır.

Kraker formülasyonunda %10 ve üzerinde bulgur unu kullanımıyla Ca miktarı artış göstermiştir. En yüksek değere %40 bulgur unu ilavesiyle ulaşılmıştır. Cu değerleri bulgur unu ilavesinden istatistik olarak etkilenmemiştir. Ancak sayısal olarak değerlendirildiğinde bulgur unu ilavesiyle Cu miktarının arttığı görülmektedir. Krakerlerde %10 bulgur unu ilaveli ve kontrol krakerin Fe miktarı istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. %20 ve üzerinde bulgur unu kullanımı krakerde Fe miktarını artırmıştır. K miktarı krakerde %20 ve üzerinde bulgur unu kullanımıyla artmıştır. En yüksek K miktarı %40 bulgur unu ilavesi ile üretilen krakerde belirlenmiştir. Krakerlerin Mg miktarı ilave edilen bulgur unu oranı artışına paralel olarak yükselmiştir. Kontrol kraker örneğine göre %40 bulgur unu ilavesi krakerin Mg miktarını 1.79 kat artırmıştır. Artan bulgur unu ilavesiyle krakerde Zn miktarı artmıştır. %40 bulgur unu ilave oranında krakerde en yüksek Zn miktarı belirlenmiş ve kontrole göre Zn miktarı %95.52 oranında artmıştır.

Bulgur kepeği ilavesiyle krakerde Ca miktarı artmıştır. %20 bulgur kepeği ilavesi en yüksek Ca değerini vermiştir. Bulgur kepeği ilavesi krakerde Cu miktarı üzerinde istatistiksel bir fark oluşturmamıştır. Artan bulgur kepeği ilave oranı krakerin Fe miktarını

artırmıştır. Krakerde %20 oranında bulgur kepeği ilavesiyle kontrole göre Fe miktarında 2.39 katlık bir artış gerçekleşmiştir. Krakerde K miktarı bulgur kepeği ilavesiyle artış göstermiştir. %20 bulgur kepeği ilavesi en yüksek K miktarını vermiştir. Bulgur kepeği kullanım oranına paralel olarak krakerin Mg miktarı yükselmiştir. Kontrole göre en yüksek bulgur kepeği kullanım oranında krakerin Mg miktarı %105.67 artmıştır. En yüksek bulgur kepeği ilave oranı (%20) krakerde en yüksek Zn miktarını vermiştir.

Krakerlerin Ca, Cu, Fe, K, Mg ve Zn içeriği bulgur unu ilaveli krakerlere göre, %20 bulgur kepeği içeren krakerlerde daha yüksek bulunmuştur.

Kontrol kraker örneğine göre en yüksek bulgur unu (%40) ilavesiyle toplam fenolik madde %62.56, DPPH %34.05, FRAP %53.04, CUPRAC %61.25; en yüksek oranda bulgur kepeği (%20) ilavesiyle de toplam fenolik madde %51.53, DPPH %25.11, FRAP %42.48, CUPRAC %61.45'lik bir artış gerçekleşmiştir. Fitik asit miktarı bulgur unu ve bulgur kepeği ilaveli krakerlerde sırasıyla, 181.99 – 433.40 mg/100g ve 175.85 – 484.06 mg/100g arasında değişim göstermiştir.

Glukoz % biyoerişilebilirlik değeri en düşük bulgur kepeğinde (%51.24), en yüksek %10 bulgur kepeği ilaveli krakerde (%80.87) belirlenmiştir. Kraker üretiminde kullanılan bulgur kepeği, bulgur unu, kontrol kraker örneği, %20 bulgur unu ve %10 bulgur kepeği ilaveli kraker örneklerine ait % protein biyoerişilebilirlik değerleri sırasıyla, %70.00, %82.00, %71.63, %74.59 ve %86.31 olarak belirlenmiştir. En yüksek protein biyoerişilebilirliği %10 bulgur kepeği ilaveli krakerde görülmüştür. Toplam fenolik madde % biyoerişilebilirliği en yüksek bulgur kepeğinde (%42.12), en düşük kontrol kraker örneğinde (%22.02) belirlenmiştir. Antioksidan aktivite % biyoerişilebilirlik değeri en yüksek bulgur kepeğinde (%284.43) bulunmuş, bunu bulgur unu (%228.54) takip etmiştir.

Krakerlerde duyusal açıdan %40 bulgur unu kullanımı ile en gevrek kraker elde edilmiştir. Genel beğeni puanlarına göre %20, %30 ve %40 bulgur unu ilavesi ile üretilen krakerler aynı grupta yer almıştır. Bulgur kepeğinin artan oranda kullanımında görünüş ve tat puanları düşmüş, gevreklik ise kontrol ile aynı grupta kalmıştır.

Besinsel açıdan zengin olan bulgur unu ve bulgur kepeği tarhanada değerlendirilmiştir. Bunun için bulgur unu %0, %10, %20, %30, %40; bulgur kepeği %0, %5, %10, %15 ve %20 oranlarında buğday unuyla yer değiştirme esasına göre ilave edilerek tarhana üretiminde kullanılmıştır. Tarhana örneklerinde renk, nem, kül, protein, yağ, mineral madde, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite (DPPH, FRAP ve CUPRAC), fitik asit ve duyusal analizleri yapılmıştır. Ayrıca en yüksek beğeniyi alan

tarhana örneklerine *in vitro* sindirim uygulanarak, % biyoerişilebilirlik değerleri (glukoz, protein, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite) belirlenmiştir.

Tarhanaya bulgur unu ve bulgur kepeği ilavesi L^* değerini düşürmüş, en yüksek a^* ve b^* değeri ise %40 bulgur unu ilaveli tarhanada 3.69 – 35.03 olarak ölçülmüştür. Tarhanaya bulgur kepeği ilavesi a^* değerini düşürmüş, b^* değerinde istatistiki olarak anlamlı bir fark yaratmamıştır.

Bulgur unu ve bulgur kepeği ilave edilerek üretilen tarhanalarda kül, protein ve yağ değerleri en yüksek ilave oranlarında sırasıyla, %2.52 – %2.57, %16.11 – %15.58 ve %6.61 – %6.59 olarak belirlenmiştir. En yüksek protein miktarı %40 bulgur unu ile üretilen tarhanada elde edilmiştir.

En yüksek oranlarda bulgur unu (%40) ve bulgur kepeği (%20) ilave edilerek üretilen tarhanalardan 100 g tüketildiğinde günlük Ca, Fe, K, Mg ve Zn ihtiyacının sırasıyla %43.7 – %42.1, %27.3 – %27.7, %32.52 – %31.35, %34.22 – %35.07, %10.5 – %11.7'i karşılanmaktadır. Bulgur unu ve bulgur kepeği ilavesi ile üretilen tarhanalarda Cu miktarında istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. %40 bulgur unu ilavesi hazırlanan tarhana en yüksek Ca, Cu ve K miktarını verirken; en yüksek Fe, Mg ve Zn miktarını ise % 20 bulgur kepeği ilavesi ile hazırlanan tarhana vermiştir.

Bulgurunun en yüksek ilave oranında kontrol örneğine göre toplam fenolik madde %38.54, DPPH %50.63, FRAP %29.71, CUPRAC %96.30'luk; bulgur kepekli tarhanada en yüksek kullanım oranında toplam fenolik madde %30.56, DPPH %32.51, FRAP %15.02 ve CUPRAC %78.77'lik bir artış görülmüştür. Fitik asit miktarı, bulgur unu ve bulgur kepeği ilaveli tarhanalarda sırasıyla 22.51 mg/100 g – 112.57 mg/100 g ve 26.14 mg/100 g – 163.23 mg/100 g arasında değişmiştir.

Bulgur kepeği, bulgur unu, kontrol tarhana, %20 bulgur unlu tarhana, %10 bulgur kepekli tarhana örneklerinde glukoz biyoerişilebilirlik değerleri %51.24-55.68 arasında değişmiş olup, istatistiki açıdan aynı grupta yer almışlardır. % Protein biyoerişilebilirliği; kontrol tarhana, bulgur unu, %10 bulgur kepekli tarhana, %20 bulgur unlu tarhana ve bulgur kepeği örneklerinde sırasıyla; %83.27, %82.00, %80.70, %79.00 ve %70.00 olarak bulunmuştur. Toplam fenolik madde biyoerişilebilirlik değerleri bulgur kepeği, bulgur unu, kontrol tarhana örneği, %20 bulgur unlu tarhana, %10 bulgur kepekli tarhana için %18.98-42.12 arasında değişim göstermiştir. Bulgur kepeği ve bulgur unu için antioksidan aktivite (DPPH, FRAP ve CUPRAC) biyoerişilebilirlik değerleri sırasıyla %284.43-166.90-52.60 ve %228.54-199.79-76.93 olarak belirlenmiştir.

Duyusal değerlendirmede %20 bulgur unu ilavesi ve %10 bulgur kepeği ilavesi ile üretilen tarhanalar kontrole eşdeğer genel beğeni puanları almıştır. Yüksek oranlarda bulgur unu ve bulgur kepeği kullanımı genel beğeni puanlarında düşüşe sebep olmuştur.

Bulgur fabrikası yan ürünleri (hayvan yemi olarak kullanılan bulgur unu, bulgur kepeği) kullanılarak tahıl ürünleri üretimi baŐarılı bir Şekilde gerŐekleŐtirilmiŐtir. Bulgur unu ve bulgur kepeği kullanılarak üretilen tahıl ürünlerinde tat, iŐlevsellik ve besinsel kalitenin iyileŐtirilmesi zerine ŐalıŐılmıŐtır.

5.2. neriler

1. Bulgur unu ve bulgur kepeği besinsel ve fonksiyonel özellikleri aÇısından fonksiyonel ürünlerde kullanılabilir potansiyel olarak belirlenir.
2. Bulgur unu gevreklik istenilen ürünlerde değerlendirilebilir.
3. Bulgur unu ve bulgur kepeği farklı ürünlerde denenerek yeni ürünler geliŐtirilebilir.
4. Dünya nüfusunun artış oranı göz önüne alındığında yan ürünlerin insan tüketime uygun gıdalara dönüŐtürülmesinin çok önemli bir katma değer sağlayacağı aŐıkardır. Tahıl endüstrisi yan ürünlerinin insan beslenmesine sunulabilecek gıdalar olarak değerlendirilmesine yönelik ŐalıŐmalar daha da artırılmalıdır.

KAYNAKLAR

- AACC, 1990, American Association of Cereal Chemists, Approved Methods of the AACC, 8th ed., St. Paul, MN, USA.
- AACC, 1999, American Association of Cereal Chemists, Approved Methods of the AACC, 10th ed., St. Paul, MN, USA.
- AACC, 2000, American Association of Cereal Chemists, Approved Methods of the AACC, 10th ed., Method No: 08-01, 14-50, 26-21, 26-31, 26-41.01, 30-25.01, 38-12A, 44-15A, 46-30, 56-81B, 86-70, 86-80 The Association: St. Paul, MN., USA.
- Adom, K. K., Sorrells, M. E., & Liu, R. H., 2005, Phytochemicals and antioxidant activity of milled fractions of different wheat varieties. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(6), 2297-2306.
- Ajila, C. M., Leelavathi, K. U. J. S., & Rao, U. P., 2008, Improvement of dietary fiber content and antioxidant properties in soft dough biscuits with the incorporation of mango peel powder. *Journal of cereal science*, 48(2), 319-326.
- Altın, D. D ve Şahan, Y., 2016, Gıdaların minerallerle zenginleştirilmesine yönelik uygulamalar, *Türkiye 12. Gıda Kongresi*, 5-7 Ekim 2016, Edirne.
- Altın, D. D., & Şahan, Y., 2016, A functional food additive: *Scolymus Hispanicus* L. Flour. *International Journal of Food Engineering*, 2(2), 124-127.
- Altın, D. D., & Şahan, Y., 2021, *Scolymus hispanicus* L. Unu İlavesinin Hamurun Reolojik Özellikleri Üzerine Etkisi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11(4), 2823-2835.
- Altın, D. D., 2015, Sağlıklı Bir Atıştırmalık: Enerjisi Azaltılmış Kraker Üretimi. *Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa.
- Altın, D. D., Sabuncu, M., & Şahan, Y., 2021, Chemical and nutritional characteristics of crackers substituted with *Cucurbita pepo* L. seed flour. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 423-433.
- Anıl, M., 1994, Bulgur yapımında farklı buğday çeşitleri, pişirme yöntemleri ve kurutma sıcaklıklarının ürün kalitesi üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Anonim, 2004, TS 2282 Tarhana Standardı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 2009, Bulgur Standardı. TS 2284. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 2016, Gaziantep Ticaret Borsası. Bulgur Sektör Raporu. <https://www.gtb.org.tr/dosya/pdf/bulgur-sektor-raporu-2016.pdf>

- Anonim, 2017, Türk Gıda Kodeksi Bulgur Tebliği. Tebliğ No: 2016/49. Resmi Gazete Tarihi 26.01.2017, Sayısı: 29960 Mükerrer.
- Anonim, 2021, 2020 Yılı Hububat Sektör Raporu, TMO Genel Müdürlüğü, Ankara. <https://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/sektorraporlari/hububat2020.pdf>
- Anson, N. M., van den Berg, R., Havenaar, R., Bast, A., & Haenen, G. R., 2009, Bioavailability of ferulic acid is determined by its bioaccessibility. *Journal of Cereal Science*, 49(2), 296-300.
- AOAC, 2012, Official Methods of Analysis, AOAC, 19th ed., Gaithersburg, MD., USA.
- Apak, R., Güclü, K., Özyürek, M. and Celik, S. E., 2008, Mechanism of antioxidant capacity assays and the CUPRAC (cupric ion reducing antioxidant capacity) assay, *Microchimica Acta*, 160 (4), 413-419.
- Aras, N. ve Tan, Ö., 2020, Tarhana: An Anatolian food concept as a promising idea for the future. Dublin Gastronomy Symposium 2020 – Food and Disruption. Dublin, Ireland. doi: 10.21427/9mpx-4c33.
- Aslan Türk, S., 2022, Glutensiz Kraker Üretimi ve Modifiye Atmosferde Depolanması. *Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli.
- Aslan Türk, S., Işık, F. ve Demir, Y., 2024, İlkel Buğday (*Triticum spp.*) Unlarının Krakerlerde Kullanım Potansiyeli. *Aydın Gastronomy*, 8(1), 1-13.
- Asselman, A., Van Straten, G., Boom, R. M., Esveld, D. C. and Van Boxtel, A. J. B., 2007, Quality prediction of bakery products in the initial phase of process design, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 8 (2), 285-298.
- Attia, R.S., El-Tabey Shehata, A.M., Aman, M.E. and Hamza, M.A. 1994, Effect of cooking and decortication on the physical properties, the chemical composition 195 and the nutritive value of chickpea (*Cicer arietinum L.*). *Food Chemistry*, 50(2), 125-131.
- Avin, D., Kim, C. and Maga, J. A., 1992, Effect of extrusion variables on the physical characteristics of red bean (*Phaseolis vulgaris*) flour extrudates. *J. Food Process and Preservation* 16; 327-335.
- Bal Yıldırım, M., Özkanlı, O. ve Sönmezdağ, A.S., 2021, Farklı bölgelere ait tarhanaların duyuşal özellikleri. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 9(3), 2073-2091.
- Balcı, F., & Bayram, M., 2015, Improving the color of bulgur: new industrial applications of tempering and UV/sun-light treatments. *Journal of food science and technology*, 52, 5579-5589.
- Balcı, F., & Bayram, M., 2020, Bulgur cooking process: Recovery of energy and wastewater. *Journal of Food Engineering*, 269, 109734.

- Başlar, M., Özcelik, G N., and Çalışkan, H., 2022, A Comprehensive review on Beyşehir Tarhana, A Turkish traditional food. *International Journal of Gastronomy Research*, 1(1), 5-43. doi: 10.56479/ayed.2022.07071.
- Batres-Marquez, S. P., & Jensen, H. H., 2005, Rice consumption in the United States: New evidence from food consumption surveys. CARD Staff Reports. 8. Center for Agricultural and Rural Development, Iowa State University Ames, Iowa.
- Baumgartner, B., 2018, Mikrofluidizasyon ve Mekanik Öğütme Uygulanmış Bulgur ve Nohut Kepeğinin Ekmeğin Fonksiyonel Özellikleri ve Kalitesi Üzerine Etkisi. *Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.*
- Baumgartner, B., Özkaya, B., Saka, I., & Özkaya, H., 2018, Functional and physical properties of cookies enriched with dephytinized oat bran. *Journal of Cereal Science*, 80, 24-30.
- Baumgartner, B., Özkaya, B., Saka, I., & Özkaya, H., 2023, Functional and physicochemical properties of milled and microfluidized bulgur and chickpea brans. *Journal of Agricultural Sciences*, 29(1), 200-208.
- Bayat, G., 2021, Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesinde Tüketilen Geleneksel Yemekler; Lyon Fransa: Livre de Lyon. [Google Akademik]
- Bayram, M. ve Öner, M.D., 2003, Bulgur sektör incelemesi, Gaziantep Üniversitesi Müh. Fak., Gaziantep.
- Bayram, M., & Öner, M. D., 2005, Stone, disc and hammer milling of bulgur. *Journal of Cereal Science*, 41(3), 291-296.
- Bayram, M., & Öner, M. D., 2007, Bulgur milling using roller, double disc and vertical disc mills. *Journal of Food Engineering*, 79(1), 181-187.
- Bayram, M., 2005, Modelling of cooking of wheat to produce bulgur. *Journal of Food Engineering*, 71(2), 179-186.
- Bayram, M., 2007, Application of bulgur technology to food aid programs. *Cereal Foods World*, 52(5), 249–256.
- Bayram, M., Kaya, A., & Öner, M. D., 2003, Color-sorting systems for bulgur production. *Cereal foods world*, 48(4), 168.
- Bayram, M., Öner, M. D., & Eren, S., 2004, Effect of cooking time and temperature on the dimensions and crease of the wheat kernel during bulgur production. *Journal of Food Engineering*, 64(1), 43-51.
- Bayram, M., Tiryakioğlu, A., Kayabaş, S., Duru, Ş., Arslan, H., Koçak, E., ... & Balcı, F., 2010, Dünya’da ve Türkiye’de Bulgur Sanayinin Durumu, Üretim Teknolojisindeki Gelişmeler ve Sorunları-Çözüm Önerileri. *Makarnalık Buğday ve Mamulleri Konferansı 17-18 Mayıs 2010. s, 33-41.*

- Beta, T., Nam, S., Dexter, J. E. and Sapirstein, H. D., 2005, Phenolic content and antioxidant activity of pearled wheat and roller-milled fractions, *Cereal Chemistry*, 82 (4), 390-393.
- Bilgiçli, N., & İbanoğlu, Ş., 2007, Effect of wheat germ and wheat bran on the fermentation activity, phytic acid content and colour of tarhana, a wheat flour–yoghurt mixture. *Journal of Food Engineering*, 78(2), 681-686.
- Bilgiçli, N., & Türker, S., 1999, Tarhana katkılı kraker üretimi üzerine bir araştırma. *Akademik Gıda*, 2(4), 24-26.
- Bilgiçli, N., 2002, Fitik Asitin Beslenme Açısından Önemi ve Fitik Asit Miktarı Düşürülmüş Gıda Üretim Metotları. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 16 (30), 79-83.
- Bilgiçli, N., 2009, Effect of buckwheat flour on chemical and functional properties of tarhana. *LWT-Food Science and Technology*, 42(2), 514-518.
- Bilgiçli, N., Elgün, A., & Türker, S., 2006, Effects of various phytase sources on phytic acid content, mineral extractability and protein digestibility of tarhana. *Food Chemistry*, 98, 329–337.
- Bilgiçli, N., Elgün, A., Herken, E. N., Ertaş, N., & İbanoğlu, Ş., 2006, Effect of wheat germ/bran addition on the chemical, nutritional and sensory quality of tarhana, a fermented wheat flour-yoghurt product. *Journal of Food Engineering*, 77(3), 680-686.
- Bilgiçli, N., İbanoğlu, Ş., & Herken, E. N., 2007, Effect of dietary fibre addition on the selected nutritional properties of cookies. *Journal of food engineering*, 78(1), 86-89.
- Bloot, A. P. M., Kalschne, D. L., Amaral, J. A. S., Baraldi, I. J., & Canan, C., 2023, A review of phytic acid sources, obtention, and applications. *Food Reviews International*, 39(1), 73-92.
- Borrelli, G. M., Troccoli, A., Di Fonzo, N., & Fares, C., 1999, Durum wheat lipoxygenase activity and other quality parameters that affect pasta color. *Cereal chemistry*, 76(3), 335-340.
- Bos, C., Juillet, B., Fouillet, H., Turlan, L., Daré, S., Luengo, C., ... & Gaudichon, C., 2005, Postprandial metabolic utilization of wheat protein in humans. *The American journal of clinical nutrition*, 81(1), 87-94.
- Boyacioglu, M. H., & Boyacioglu, D., 2011, Bioactive healthy components of bulgur. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63(2), 250-256.
- Brewer, L. R., Kubola, J., Siriamornpun, S., Herald, T. J., & Shi, Y. C., 2014, Wheat bran particle size influence on phytochemical extractability and antioxidant properties. *Food chemistry*, 152, 483-490.

- Brodkorb, A., Egger, L., Alminger, M., Alvito, P., Assunção, R., Ballance, S., ... & Recio, I., 2019, INFOGEST static *in vitro* simulation of gastrointestinal food digestion. *Nature protocols*, 14(4), 991-1014.
- Brunner, C., & Wuillemin, W. A., 2010, Iron deficiency and iron deficiency anemia-symptoms and therapy. *Therapeutische Umschau. Revue Therapeutique*, 67(5), 219-223.
- Büyüktuncel, E., 2013, Toplam fenolik içerik ve antioksidan kapasite tayininde kullanılan başlıca spektrofotometrik yöntemler. *Marmara Pharmaceutical Journal*, 17(2), 93-103.
- Cankurtaran, T. and Bilgiçli, N., 2019, Influence of wheat milling by-products on some physical and chemical properties of filled and unfilled fresh pasta, *Journal of Food Science and Technology*, 56 (6), 2845-2854.
- Cankurtaran, T. and Bilgiçli, N., 2021, Improvement of functional couscous formulation using ancient wheat and pseudocereals, *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 25, 100400.
- Cankurtaran, T., Ceylan, H. and Bilgiçli, N., 2020, Effect of partial replacement of wheat flour by taro and Jerusalem artichoke flours on chemical and sensory properties of tarhana soup, *Journal of Food Processing and Preservation*, 44 (10), e14826.
- Carcea, M., 2020, Tahıl bazlı gıdaların besin değeri. *Yiyecekler*, 9 (4), 504.
- Cazzola, R., Della Porta, M., Manoni, M., Iotti, S., Pinotti, L., & Maier, J. A., 2020, Going to the roots of reduced magnesium dietary intake: A tradeoff between climate changes and sources. *Heliyon*, 6(11).
- Cerovic, A., Miletic, I., Sobajic, S., Blagojevic, D., Radusinovic, M., & El-Sohemy, A., 2007, Effects of zinc on the mineralization of bone nodules from human osteoblast-like cells. *Biological trace element research*, 116, 61-71.
- Certel, M., 1990, Makarnalık (*Tr. durum*) ve ekmeklik (*Tr. aestivum*) buğdaylarından farklı ısı işlem uygulamalarıyla üretilen bulgur ve ürünlerinin fiziksel, kimyasal, duyu kalite özellikleri. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Bilimi ve Teknolojisi Anabilim Dalı, 131, Erzurum.
- Chavan, J. K. and Kadam, S. S. 1989. Nutritional improvement of cereals by fermentation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 28; 349-400.
- Chellino, M.; Scherr, RE; Zidenberg-Cherr, S., 2016, Beslenme ve Sağlık Bilgi Formu; Kaliforniya Üniversitesi Vekilleri, Davis kampüsü: Vejetaryen Diyetleri. [Google Akademik]
- Chu, Y. H., Chang, C. L., & Hsu, H. F., 2000, Flavonoid content of several vegetables and their antioxidant activity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(5), 561-566.

- Coşkun, F., 2014, Tarhananın tarihi ve Türkiye’de tarhana çeşitleri. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 9(3), 69-79.
- Çağındı, Ö., Köse, E., & İnce, C., 2021, Ekşi maya fermantasyonu ile üretilen ekmeklerdeki biyoaktif bileşenlerin *in vitro* biyoerişilebilirliği ve sağlık üzerine etkileri. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(9), 1686-1694.
- Çalışkan Koç, G. and Özçıra, N., 2019, Chemical composition, functional, powder, and sensory properties of tarhana enriched with wheat germ. *Journal of Food Science and Technology*, 56(12), 5204-5213. doi: 10.1007/s13197-019- 03989-y.
- Çelik, İ., Işık, F. ve Yılmaz, Y., 2010, Chemical, rheological and sensory properties of tarhana with wheat bran as a functional constituent. *Akademik Gıda*, 8(3), 11-17.
- Dal, B., 2012, Tam tahıl ürünleri ve bulgurun Türkiye’de yeri, önemi, etkileri, Master's thesis, Akdeniz Üniversitesi.
- Damir, A. A., Salama, A. A. and Mohamed M. S., 1992, Acidity, microbial, organic and free amino acids development during fermentation of skimmed milk, Kishk. *Food Chem.* 43; 265-269.
- Davidson, I., 2016, Biscuit baking technology: Processing and engineering manual (2nd ed.)
- Dayısoylu, K.S., Duman, A.D., İnanç, A.L., Gezginç, Y. ve Özsisli, B., 2002, Geleneksel Kahramanmaraş tarhanasının kimi özellikleri ve beslenmedeki fonksiyonel önemi. *Hububat 2002 - Hububat Ürünleri Teknolojisi Kongre ve Sergisi*, Gaziantep.
- Değirmencioğlu, N., Gürbüz, O., Herken, E. N., and Yurdunuseven Yıldız, A., 2016, The impact of drying techniques on phenolic compound, total phenolic content and antioxidant capacity of oat flour tarhana. *Food Chemistry*, 194, 587-594. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.08.065.
- Demir, B., & Bilgiçli, N., 2020, Changes in chemical and anti-nutritional properties of pasta enriched with raw and germinated quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) flours. *Journal of Food Science and Technology*, 57(10), 3884-3892.
- Demir, M., 2015, Bisküvi üretiminde tam buğday unu ve paçallarının kullanımı. *Journal of Agricultural Sciences*, 21(1), 100-107.
- Demir, M.K., 2018, Geleneksel tarhana üretiminde tam buğday unu kullanımı. *Akademik Gıda*, 16(2), 148-155. doi: 10.24323/akademik-gida.449606.
- Demirci, M., 2009, Beslenme Ders Kitabı. *Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, Tekirdağ*.
- DiNicolantonio, J. J., & O’Keefe, J. H., 2021, Magnesium and vitamin D deficiency as a potential cause of immune dysfunction, cytokine storm and disseminated intravascular coagulation in COVID-19 patients. *Missouri medicine*, 118(1), 68.

- Dorra, S.T., Farah, D., Nesrine, H., Wafa, A. ve Youkabet, Z., 2022, Bulgurun kuruma davranışı ve fitokimyasal içeriğe etkisi. *Gıda*, 11 (7), 1062.
- Dönmez, E., Salantur, A., Yazar, S., Akar, T., & Yıldırım, Y., 2004, Ülkemizde bulgurun yeri ve bulgurluk çeşit geliştirme. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 13(1-2), 1-6.
- Dreher, M. L., 2001, Dietary fiber overview. *Food Science And Technology-New York-Marcel Dekker*, 1-16.
- Ekinci, R., 2005, The effect of fermentation and drying on the water-soluble vitamin content of tarhana, a traditional Turkish cereal food. *Food chemistry*, 90(1-2), 127-132.
- Elgün, A. ve Ertugay, Z., 1995, Tahıl İşleme Teknolojisi, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, No: 718, Erzurum.
- Elgün, A., Türker, S. ve Bilgiçli, N., 2001, Tahıl ve Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü, *Konya Ticaret Borsası Yayınları*, Yayın No: 2, Konya.
- Elgün, A., Türker, S. ve Bilgiçli, N., 2015, Tahıl Ürünleri Teknolojisi Ders Notu, *Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü*, Konya.
- Elgün, F. M., 2019, Buğdayı ıslatma ve pişirme aşamalarında kullanılan ultrason uygulamasının bulgur özelliklerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya.
- Epler, S., Iv, E. C., & Kemp, K. E., 1998, Hedonic Scales Are A Better Predictor Than Just-About-Right Scales Of Optimal Sweetness In Lemonade 1. *Journal of sensory studies*, 13(2), 191-197.
- Erbaş, M., Aykın, E., Arslan, S., & Durak, A. N., 2016, Adsorption Behaviour of Bulgur. *Food Chemistry*, 195, 87-90.
- Erbaş, M., Certel, M., and Uslu, M.K., 2005, Microbiological and chemical properties of Tarhana during fermentation and storage as wet - sensorial properties of Tarhana soup. *LWT Food Science and Technology*, 38, 409-416.
- Ercan, R., 1986, Bazı ekmeklik buğdaylar ile un ve kepeklerinin mineral elementleri üzerinde araştırma, *Gıda*, 11 (4).
- Erkan, H., Çelik, S., Bilgi, B., and Köksel, H., 2006, A new approach for the utilization of barley in food products: Barley tarhana. *Food Chemistry*, 97, 12-18
- Erkoç, M., 2020, Bulgur kepeği hemiselülozu temelli nanoselüloz katkılı biyobozunur filmlerin üretimi ve karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Karaman.

- Ertaş, N., & Türker, S., 2012, The role of soaking process on mineral HCl-extractabilities, phytic acid content and trypsin inhibitor activity of common bean bulgur. *Food science and technology research*, 18(3), 445-453.
- Ertaş, N., 2015, Effect of wheat bran stabilization methods on nutritional and physico-mechanical characteristics of cookies. *Journal of Food Quality*, 38(3), 184-191.
- Ertaş, N., 2017, A Comparison of Industrial and Homemade Bulgur in Turkey in Terms of Physical, Chemical and Nutritional Properties. *Chem. Indus. Chem. Eng. Quart.* 23(3), 341–348. DOI: 10.2298/CICEQ160112047E
- Ertaş, N., 2018, Effects of baker's yeast addition on some properties and phytic acid content of tarhana prepared with different cereal and legume products. *Food and Health*, 4(1), 9-18. doi: 10.3153/JFHS18002.
- Ertaş, N., Bilgiçli, N., Özcan, S., & Sarı, Ş., 2014, Influence of lupin (*Lupinus albus* L.) yoghurt on mineral content and functional properties of tarhana. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 6(4), 395-401.
- Esposito, F., Arlotti, G., Bonifati, A. M., Napolitano, A., Vitale, D., & Fogliano, V., 2005, Antioxidant activity and dietary fibre in durum wheat bran by-products. *Food Research International*, 38(10), 1167-1173.
- Evlice, A. K., & Özkaya, H., 2020, Effects of wheat cultivar, cooking method, and bulgur type on nutritional quality characteristics of bulgur. *Journal of Cereal Science*, 96, 103124.
- Evlice, A. K., ve Özkaya, H., 2019, Effects of wheat cultivar, cooking method, and bulgur type on the yield and colour properties of bulgur. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 11(4), 381–390.
- FAO, 2020, FAOSTAT Agricultural Production and Production Value Statistics, UN Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.
- Fardet, A., Rock, E., & Rémésy, C., 2008, Is the *in vitro* antioxidant potential of whole-grain cereals and cereal products well reflected *in vivo*? *Journal of Cereal Science*, 48(2), 258-276.
- Fogliano, V., Vitaglione, P. and Napolitano A., 2008, Cereal dietary fiber: a natural functional ingredient to deliver phenolic compounds into the gut, *Trends in Food Sci. and Tech.*, 19 451-463.
- Francis, F. J., 1998, Colour analysis, in: S. S. Nielsen (Ed.), *Food Analysis*, An Aspen Publishers, Maryland, Gaithersnurg, USA, pp. 599-612.
- Gabriela, T. P., Alberto, E. L., Pablo, D. R., Alicia, A., Oscar, J. R., & Maria, C. A., 2003, Use of triticale flours in cracker-making. *European Food Research and Technology*, 217, 134-135.

- Gamel, T. H., Abdel-Aal, E. S. M., Ames, N. P., Duss, R., & Tosh, S. M., 2014, Enzymatic extraction of beta-glucan from oat bran cereals and oat crackers and optimization of viscosity measurement. *Journal of Cereal Science*, 59(1), 33-40.
- Gao, X., Björk, L., Trajkovski, V. and Uggla, M., 2000, Evaluation of antioxidant activities of rosehip ethanol extracts in different test systems, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80 (14), 2021-2027.
- Gharibzahedi, S. M. T., & Jafari, S. M., 2017, The importance of minerals in human nutrition: Bioavailability, food fortification, processing effects and nanoencapsulation. *Trends in Food Science & Technology*, 62, 119-132.
- Göncü, A. and Çelik, İ., 2020, Investigation of some properties of gluten-free tarhanas produced by red, green and yellow lentil whole flour. *Food Science and Technology*, 40(Supplement 2), 574-581.
- Göncü, B., 2016, Süt endüstrisinde liflerin kullanım olanakları. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 6(2/2), 198-205.
- Gujral, H. S., Mehta, S., Samra, I. S., & Goyal, P., 2003, Effect of wheat bran, coarse wheat flour, and rice flour on the instrumental texture of cookies. *International Journal of Food Properties*, 6(2), 329-340.
- Gupta, R. K., Gangoliya, S. S., & Singh, N. K., 2015, Reduction of phytic acid and enhancement of bioavailable micronutrients in food grains. *Journal of food science and technology*, 52, 676-684.
- Gündoğdu Sertakan, S., 2006, *Posibilities of using Triticale flour at producing biscuit and cracker*, Doctoral dissertation, PhD Thesis, Trakya University, Institute of Science, Edirne, Turkey.
- Gürçan, T., 1994, Çeşitli gıda maddelerinin glisemik ve insülinemik indekslerinin saptanması ve biyokimyasal yönden değerlendirilmesi. Marmara Üniversitesi.
- Güveloğlu, A., 2019, An approach on tarhana and its similarity to Hittite word GAtaraşganna. *Journal of History and Future*, 5(1), 110-121.
- Güven, F., 2023, Bonkalite Un Kullanarak Tarhananın Besleyicilik ve Fonksiyonel Özelliklerinin Geliştirilmesi ve İstant Tarhana Üretimi. *Yüksek Lisans Tezi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karaman.
- Gyamfi, M. A., Yonamine, M. and Aniya, Y., 1999, Free radical scavenging action of medical herbs from ghane: Thonningia sanguinea on experimentally induced liver injuries, *General Pharma*, 32 (6), 661-667.
- Hançer, A., 2010, Besinsel Liflerin Tarhana Üretiminde Kullanımı. *Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Malatya.

- Hassan, M.F.Y. and Gadallah, M.G.E., 2018, Physico-chemical and sensory properties of tarhana prepared from different cereals and dairy ingredients. *Current Journal of Applied Science and Technology*, 29(3), 1-14. doi: 10.9734/CJAST/2018/38459.
- Haug, W. and Lantzsch, H. J., 1983, Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereals and cereal products, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 34, 1423-1426.
- Havemeier, S.M., 2018, Bakliyat Tahılları ve Baklagillerin Tarımsal, Tarihsel, Beslenme ve Sürdürülebilir Kullanımlarının Değerlendirilmesi (Doktora tezi, *Minnesota Üniversitesi*).
- Hayta, M., Alpaslan, M., & Cakmakli, U., 2003, Physicochemical and Sensory Properties of Soymilk-incorporated Bulgur. *Journal of food science*, 68(9), 2800-2803.
- Hemery, Y., Chaurand, M., Holopainen, U., Lampi, A. M., Lehtinen, P., Piironen, V., ... & Rouau, X., 2011, Potential of dry fractionation of wheat bran for the development of food ingredients, part I: Influence of ultra-fine grinding. *Journal of Cereal Science*, 53(1), 1-8.
- Hendek Ertop, M. ve Atasoy, R., 2019, Farklı tahıl ve bakliyat unları ile üretilen tarhanaların fizikokimyasal, reolojik ve duyuşal nitelikleri. *Gıda*, 44(5), 781- 793. doi: 10.15237/gida.GD19018.
- Hendek Ertop, M., 2019, Comparison of industrial and homemade bulgur produced from einkorn wheat (*Triticum monococcum*) and durum wheat (*Triticum durum*): Physicochemical, nutritional and microtextural properties, *Journal of Food Processing and Preservation*, 43 (2), e13863.
- Huda Ateeq, Rabia Shabir Ahmad, Muhammad Imran, Muhammad Afzaal & Mohd Asif Shah., 2023, Valorization and structural characterization of onion peel powder for the development of functional bread. *International Journal of Food Properties* 26:1, pages 2553-2562.
- ICC, 2001, International Association for Cereal Science and Technology, Standard Methods of the International Association for Cereal Science and Technology, *ICC Standard 145*, Vienna, Austria.
- Israr Asghar, I. A., Muhammad Akmal, M. A., Muhammad Ishtiaq, M. I., Mehwish Maqbool, M. M., & Tanveer Hussain, T. H., 2013, Analysis of soil microbial biomass dynamics in rainfed wheat fields in arid zone of Pakistan.
- İbanoğlu, S., Ainsworth, P., Wilson, G., & Hayes, G. D., 1995, The effect of fermentation conditions on the nutrients and acceptability of tarhana. *Food Chemistry*, 53, 143–147.
- İbanoğlu, Ş. and İbanoğlu, E., 1999, Effect of time and temperature on lactic acid fermentation of a white wheat flour-yoghurt mixture. *Nahrung* 43; 414-417.

- İnceer, N. E., 2011, Mısır bulgurunun bazı besinsel ve teknolojik özellikleri üzerine farklı olum devrelerinin ve bazı mısır varyetelerinin etkisi Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Jacobs, P. J., Bogaerts, S., Hemdane, S., Delcour, J. A., & Courtin, C. M., 2016, Impact of wheat bran hydration properties as affected by toasting and degree of milling on optimal dough development in bread making. *Journal of agricultural and food chemistry*, 64(18), 3636-3644.
- Juillet, B., Fouillet, H., Bos, C., Mariotti, F., Gausserès, N., Benamouzig, R., ... & Gaudichon, C., 2008, Increasing habitual protein intake results in reduced postprandial efficiency of peripheral, anabolic wheat protein nitrogen use in humans. *The American journal of clinical nutrition*, 87(3), 666-678.
- Kadalkal, Ç., Ekinci, R., & Yapar, A., 2007, The effect of cooking and drying on the water-soluble vitamins content of bulgur. *Food science and technology international*, 13(5), 349-354.
- Kamal-Eldin, A., 2008, Micronutrients in cereal products: their bioactivities and effects on health. In *Technology of functional cereal products* (pp. 86-111). Woodhead Publishing.
- Karademir, E. and Yalçın, E., 2019, Effect of fermentation on some quality properties of cornelian cherry tarhana produced from different cereal/pseudocereal flours. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 11(2), 127-135.
- Karahan, A. M., Köten, M., Karahan, L. E., & Yazman, M. M., 2019, Tarhananın besinsel önemi ve fonksiyonel bileşenlerce zenginleştirilmesi. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 4(3), 120-129.
- Karayigit, B., Colak, N., Ozogul, F., Gundogdu, A., Inceer, H., Bilgiçli, N., & Ayaz, F. A., 2020, The biogenic amine and mineral contents of different milling fractions of bread and durum wheat (*Triticum L.*) cultivars. *Food bioscience*, 37, 100676.
- Kasim, A. B., & Edwards Jr, H. M., 1998, The analysis for inositol phosphate forms in feed ingredients. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 76(1), 1-9.
- Kavas, A., 2003, *Sağlıklı yaşam için doğru beslenme*. Literatür yayıncılık.
- Kenar, S., 2016, Tarihinden Tarifine Bulgur, Duru Bulgur Gıda San. ve Tic. A.Ş., Karaman.
- Keramaris, A., Kasapidou, E. ve Mitlianga, P., 2022, Pontus Yunan mutfağı: Yemek kitaplarında ve folklor literatüründe sunulan en yaygın yiyecekler, malzemeler ve yemekler. *Etnik Gıdalar Dergisi*, 9 (1), 1 – 18.
- Khan, K., 2016, Buğday: Kimya ve Teknoloji; Amerikan Tahıl Kimyagerleri Uluslararası Birliği: Elsevier Inc.

- Kızılaslan, Y., 2020, Siyez unu ile üretilen bebe bisküvilerinde protein ve karbonhidrat sindirilebilirliğinin incelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Kilci, A. and Göçmen, D., 2014, Phenolic acid composition, antioxidant activity and phenolic content of tarhana supplemented with oat flour. *Food Chemistry*, 151, 547-553. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.11.038.
- Kişi, N.R. and Özsisli, B., 2019, Determination of some properties of oat tarhana and comparison with traditional Maraş tarhana. *KSU Journal of Engineering Sciences*, 22 (Special Issue), 1-9.
- Koca, A. F., & Anıl, M., 1996, Farklı buğday çeşitleri ve pişirme yöntemlerinin bulgur kalitesine etkisi. *Gıda*, 21(5).
- Koca, A. F., Koca, I., Anil, M., Hasbay, I., & Yılmaz, V. A., 2015, Physical, rheological and sensory properties of tarhana prepared with two wild edible plants (*Trachystemon orientalis* (L.) G. Don) and (*Portulaca oleracea* L.). *Journal of Food*, 6(5), 443–450.
- Köksel, H., 2021, *Hububat Bilimi ve Teknolojisi*, Sidaş Medya, İzmir.
- Köksel, H., Edney, M. J., & Özkaya, B., 1999, Barley bulgur: effect of processing and cooking on chemical composition. *Journal of Cereal Science*, 29(2), 185-190.
- Köse, E. and Süngü Çağındı, Ö., 2002, An investigation into the use of different flours in tarhana. *International Journal of Food Science and Technology*, 37(2), 219-222.
- Koseoglu, S. Z. A., & Çelikel, S., 2021, *In vitro* digestibility and predicted glycemic index of commonly consumed some Turkish traditional foods. *Food Science and Technology*, 42, e09421.
- Kruma, Z., Tomsone, L., Galoburda, R., Straumite, E., Kronberga, A., & Åssveen, M., 2016, Total phenols and antioxidant capacity of hull-less barley and hull-less oats.
- Kumar, V., Sinha, A. K., Makkar, H. P., & Becker, K., 2010, Dietary roles of phytate and phytase in human nutrition: A review. *Food chemistry*, 120(4), 945-959.
- Lachman, J., Orsák, M., Pivec, V., & Jírů, K., 2012, Antioxidant activity of grain of einkorn (*Triticum mono-coccum* L.), emmer (*Triticum dicoccum* Schuebl [Schrank]) and spring wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties. *Plant, Soil and Environment*, 58(1), 15-21.
- Laddomada, B., Caretto, S., & Mita, G., 2015, Wheat bran phenolic acids: Bioavailability and stability in whole wheat-based foods. *Molecules*, 20(9), 15666-15685.
- Laguna, L., Salvador, A., Sanz, T., & Fiszman, S. M., 2011, Performance of a resistant starch rich ingredient in the baking and eating quality of short-dough biscuits. *LWT-Food Science and Technology*, 44(3), 737-746.

- Lauková, M., Karovičová, J., Minarovičová, L., & Kohajdová, Z., 2019, Wheat bran stabilization and its effect on cookies quality. *Slovak Journal of Food Sciences/Potravinarstvo*, 13(1).
- Lekjing, S., & Venkatachalam, K., 2019, Influences of storage time and temperature on sensory and measured quality of green gram savory crackers. *LWT*, 113, 108310.
- Levent, H., 2005, Farklı kaynaklardan elde edilen besinsel liflerin bisküvi kalitesi üzerine etkilerinin karşılaştırılması. *Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.
- Liu, J., Yu, L.L. ve Wu, Y., 2020, Tam buğdaylı gıdaların biyoaktif bileşenleri ve sağlığa yararlı özellikleri. *Tarım ve Gıda Kimyası Dergisi*, 68 (46), 12904 – 12915.
- Liu, Q., Qiu, Y. and Beta, T., 2010, Comparison of antioxidant activities of different colored wheat grains and analysis of phenolic compounds. *J. Agric Food Chem* 58: 9235–9241.
- Liyana-Pathirana, C. M., & Shahidi, F., 2007a, The antioxidant potential of milling fractions from breadwheat and durum. *Journal of Cereal Science*, 45(3), 238-247.
- Liyana-Pathirana, C. M., & Shahidi, F., 2007b, Antioxidant and free radical scavenging activities of whole wheat and milling fractions. *Food chemistry*, 101(3), 1151-1157.
- Lv, J., Yu, L., Lu, Y., Niu, Y., Liu, L., Costa, J., & Yu, L. L., 2012, Phytochemical compositions, and antioxidant properties, and antiproliferative activities of wheat flour. *Food Chemistry*, 135(2), 325-331.
- Mais, A., & Brennan, C. S., 2008, Characterisation of flour, starch and fibre obtained from sweet potato (kumara) tubers, and their utilisation in biscuit production. *International journal of food science & technology*, 43(2), 373-379.
- Mandalari, G., Merali, Z., Ryden, P., Chessa, S., Bisignano, C., Barreca, D., ... & Waldron, K. W., 2018, Durum wheat particle size affects starch and protein digestion *in vitro*. *European Journal of Nutrition*, 57, 319-325.
- Maneerote, J., Noomhorm, A., & Takhar, P. S., 2009, Optimization of processing conditions to reduce oil uptake and enhance physico-chemical properties of deep fried rice crackers. *LWT-Food Science and Technology*, 42(4), 805-812.
- Manez, G., Alegria, R., Fare, R. and Frigola, A., 2002, Effect of traditional, microwave and industrial cooking on inositolphosphate content in beans, chickpeas and lentils. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 53(6), 503-508.
- Marquart, L., Miller Jones, J., Cohen, E.A., and Poutanen, K., 2007, The future of whole grains, in *Whole Grains and Health*, pp. 3-17, Eds. Marquart, L., Jacobs Jr, D.R., McIntosh, G.H., Poutanen, K., and Reicks, M., Blackwell Publishing Ltd., London.

- Martinez-Navarrete, N., Camacho, MM, Martinez-Lahuerta, J., Martinez-Monzó, J. ve Fito, PJFRI, 2002, Demir eksikliği ve demirle zenginleştirilmiş gıdalar – bir inceleme. *Food Research International*, 35 (2-3), 225-231.
- Maskan, M., & İbanoğlu, S., 2002, Hot air drying of cooked and uncooked tarhana dough, a wheat flour–yoghurt mixture. *European Food Research and Technology*, 215, 413–418.
- Meriles, S. P., Penci, M. C., Steffolani, M. E., & Ribotta, P. D., 2021, Effect of heat-treated wheat germ on dough properties and crackers quality. *International Journal of Food Science & Technology*, 56(4), 1837-1843.
- Messina, V. K., & Burke, K. I., 1997, Position of the American Dietetic Association. *Journal of the American Dietetic Association*, 11(97), 1317-1321.
- Michel, S., & Bayram, M., 2024, Assessment of iron content of cooking water on bulgur by determining chemical, mineral, colour, textural and thermal characteristics. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.
- Milićević, N., Sakač, M., Hadnađev, M., Škrobot, D., Šarić, B., Hadnađev, T. D., ... & Pezo, L., 2020, Physico-chemical properties of low-fat cookies containing wheat and oat bran gels as fat replacers. *Journal of Cereal Science*, 95, 103056.
- Millar, K. A., Barry-Ryan, C., Burke, R., Hussey, K., McCarthy, S., & Gallagher, E., 2017, Effect of pulse flours on the physicochemical characteristics and sensory acceptance of baked crackers. *International Journal of Food Science & Technology*, 52(5), 1155-1163.
- Miller, R. A., Mathew, R., & Hosney, R. C., 1996, Use of a thermomechanical analyzer: study of an apparent glass transition in cookie dough. *Journal of thermal analysis*, 47, 1329-1338.
- Miskelly, D., 2017, Optimisation of end-product Quality for the Consumer. In *Cereal Grains*; Wrigley, C., Batey, I. L., Miskelly, D., (Eds); Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, pp 653–688.
- Moore, J., Liu, J. G., Zhou, K., & Yu, L., 2006, Effects of genotype and environment on the antioxidant properties of hard winter wheat bran. *Journal of agricultural and food chemistry*, 54(15), 5313-5322.
- Nakov, G., Brandolini, A., Ivanova, N., Dimov, I., & Stamatovska, V., 2018, The effect of einkorn (*Triticum monococcum* L.) whole meal flour addition on physico-chemical characteristics, biological active compounds and *in vitro* starch digestion of cookies. *Journal of Cereal Science*, 83, 116-122.
- Nandeesh, K., Jyotsna, R., & Venkateswara Rao, G., 2011, Effect of differently treated wheat bran on rheology, microstructure and quality characteristics of soft dough biscuits. *Journal of Food Processing and Preservation*, 35(2), 179-200.

- Nicole, T. Z. H., Nichelle, T. S., Elizabeth, T. E. & Yuliarti, O., 2021, Formulation of functional crackers enriched with fermented soybean (tempeh) paste: Rheological and microstructural properties. *Future Foods*, 4, 100050. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100050>.
- Nissar, J., Ahad, T., Naik, H. R., & Hussain, S. Z., 2017, A review phytic acid: As antinutrient or nutraceutical. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(6), 1554-1560.
- Okuroğlu, B., 2019, Bulgur altı unun ekstrüde çerez gıda üretiminde kullanımı, *Yüksek Lisans Tezi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karaman.
- Oso, A. A., Ashafa, A. O., 2021, Nutritional Composition of Grain and Seed Proteins. In *Grain and Seed Proteins Functionality*; Jose C., J. L. (Ed); IntechOpen: London, United Kingdom, pp 31–47.
- Özboy Özbaş, Ö., Hançer, A., & Gökbulut, İ., 2014, Utilization of Bulgur By-Products in the Production of Tarhana. *Academic Journal of Science*, vol.3, no.2, 207-215.
- Özboy, Ö., & Köksel, H., 1998, Bulgur üretiminin buğdayların bazı kimyasal özelliklerinde meydana getirdiği değişiklikler. *Gıda*, 23(6).
- Özkaya, B. and Özkaya, H., 1998, Einflub der herstellungsbedin gurgen auf der phytin sauregehalt in bulgur. *Getreide Mehl und Brot*, 52(3), 182-184.
- Özkaya, B., Köksel, H. ve Özkaya, H., 1993, Bazı Buğday Çeşitlerinden Farklı Yöntemlerle Üretilen Bulgurların Bazı Vitamin ve Mineral İçerikleri İle Proteinlerinin Elektroporetik Ve Nişastalarının " Birefringence" Özellikleri Üzerine Araştırmalar. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 2(4), 36-56.
- Özkaya, B., Ozkaya, H., & Koksel, H., 2000, Phytic acid contents of Bulgurs produced by traditional and laboratory methods. *Getreide Mehl und Brot*, 54(4), 254-257.
- Özkaya, H. ve Özkaya, B., 2005a, Tahıl Ürünleri ve Analiz Yöntemleri. *Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları*, Yayın No: 31, Ankara.
- Özkaya, H. ve Özkaya, B., 2005b, Öğütme Teknolojisi. *Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları* No: 30, Ankara.
- Özkaya, H., & Kahveci, B., 1989, Önemli depo fungusları ve depolanmış hububatın biyokimyasal, fonksiyonel ve kalite özellikleri üzerindeki önemleri. *Gıda*, 14(5).
- Özkaya, H., Özkaya, B., Duman, B., & Turksoy, S., 2017, Effect of dephytinization by fermentation and hydrothermal autoclaving treatments on the antioxidant activity, dietary fiber, and phenolic content of oat bran. *Journal of agricultural and food chemistry*, 65(28), 5713-5719.
- Özkeser, İ., 2015, Lif Kaynağı Olarak Bulgur Kepeğinin Bisküvide Kullanım Olanakları. *Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.

- Pérez, G. T., León, A. E., Ribotta, P. D., Aguirre, A., Rubiolo, O. J., & Añón, M. C., 2003, Use of triticale flours in cracker-making. *European Food Research and Technology*, 217, 134-137.
- Persistence Market Research, 2017, Bulgur Market: Global Industry Analysis (2012–2016) and Forecast (2017–2025). Persistence Market Research Pvt. Ltd.
- Petitot, M., Brossard, C., Barron, C., Larré, C., Morel, M. H., & Micard, V., 2009, Modification of pasta structure induced by high drying temperatures. Effects on the *in vitro* digestibility of protein and starch fractions and the potential allergenicity of protein hydrolysates. *Food Chemistry*, 116(2), 401-412.
- Prasad, A. S., 2008, Zinc in human health: effect of zinc on immune cells. *Molecular medicine*, 14, 353-357.
- Raimbault, M., 1998, General and microbiological aspects of solid substrate fermentation. *EJB Electronic Journal of Biotechnology* (online) 15 Aralık 1998, vol. 1, no.3. Adres: <http://www.ejb.org/content/vol1/issue/full/3/index.html>. ISSN 0717-3458.
- Rasheed, A., S. Parveen, M. Afzaal, B. Niaz, F. Saeed, M. Hussain, 2023, Exploring biochemical profile, antioxidant activity and structural properties of Bulgur prepared from traditional and autoclave methods, *Int. J. Food Prop.*, 26 (1) pp. 274-289.
- Rickard, E. S., & Thompson, L. U., 1997, Interactions and effects of phytic acid. In F. Shahidi (Ed.), *Antinutrients and phytochemicals in food* (pp. 294–313). Washington, DC: American Chemical Society.
- Rocha-Villarreal, V., Serna-Saldivar, S. O., & García-Lara, S., 2018, Effects of parboiling and other hydrothermal treatments on the physical, functional, and nutritional properties of rice and other cereals. *Cereal Chemistry*, 95(1), 79-91.
- Rosentrater, K. A., & Evers, A. D., 2018, Introduction to cereals and pseudocereals and their production. *Kent's Technology of Cereals. 5th ed. Amsterdam, Elsevier Ltd.*
- Ryu, G. H. and Walker, C. E., 1995, The effects of extrusion conditions on the physical properties of wheat flour extrudates. *Starch.*, 47; 33-36.
- Saka, İ., Özkaya, H., & Özkaya, B., 2020, Potential utilization of bulgur bran as a source of dietary fiber in cookies. *Cereal Chemistry*, 97(5), 930-939.
- Saldamlı, İ., 2014, *Gıda Kimyası*, Hacettepe Yayınevi.
- Sarita Singh, S. S., Savita Sharma, S. S., & Nagi, H. P. S. (2007). Effect of cooking treatments on the physical properties of bulgur.

- Savaş, K., & Basman, A., 2016, Infrared drying: A promising technique for bulgur production. *Journal of Cereal Science*, 68, 31–37. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.11.001>.
- Schlemmer, U., Frølich, W., Prieto, R. M., & Grases, F., 2009, Phytate in foods and significance for humans: food sources, intake, processing, bioavailability, protective role and analysis. *Molecular nutrition & food research*, 53(S2), S330-S375.
- Serna-Saldivar, S. O., 2010, Cereal grains: Properties, processing, and nutritional attributes. Boca Raton, FL, USA: CRC Press.
- Serpen, A., Gökmen, V., Karagöz, A., & Köksel, H., 2008, Phytochemical quantification and total antioxidant capacities of emmer (*Triticum dicoccon* Schrank) and einkorn (*Triticum monococcum* L.) wheat landraces. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56(16), 7285-7292.
- Shah, Y.A, Saeed, F., Afzaal, M., Ahmad, A., Hussain, M., Ateeq, H. ve Khan, MH., 2022, Buğday bulgurunun biyokimyasal ve besinsel özellikleri: Bir inceleme. *Gıda İşleme ve Muhafaza Dergisi*, 46 (10), e16861.
- Shankar, A.H. ve Prasad, A.S., 1998, Çinko ve bağışıklık fonksiyonu: enfeksiyona karşı değişen direncin biyolojik temeli. *Amerikan klinik beslenme dergisi*, 68 (2), 447S-463S.
- Singh, B., & Dodda, L. M., 1979, Studies on the preparation and nutrient composition of bulgur from triticale. *Journal of Food Science*, 44(2), 449-452.
- Singh, S., & Singh, N., 2010, Effect of debranning on the physico-chemical, cooking, pasting and textural properties of common and durum wheat varieties. *Food Research International*, 43(9), 2277-2283.
- Singh, S., Sharma, N. S., Dar, B. N., & Sharma, S., 2014, Quality of bulgur wheat in relation to storage. *American Journal of Food Technology*, 9, 63–68. <https://doi.org/10.3923/ajft.2014.63.68>.
- Singleton V. L. and Rossi J. A., 1965, Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents, *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144-158.
- Skujins, S., 1998, Handbook for ICP-AES (Vartian-Vista). A Short Guide to Vista Series ICP-AES Operation, Variant Int. AG, Zug, Switzerland.
- Slavin, J. L., Martini, M. C., Jacobs Jr, D. R., & Marquart, L., 1999, Plausible mechanisms for the protectiveness of whole grains. *The American journal of clinical nutrition*, 70(3), 459S-463S.
- Sözer, N., Cicerelli, L., Heiniö, R. L., & Poutanen, K., 2014, Effect of wheat bran addition on *in vitro* starch digestibility, physico-mechanical and sensory properties of biscuits. *Journal of Cereal Science*, 60(1), 105-113.

- Stone, A. K., Wang, S., Tulbek, M., Koksel, F., & Nickerson, M. T., 2020, Processing and quality aspects of bulgur from Triticum durum. *Cereal Chemistry*, 97(6), 1099-1110.
- Sudha, M. L., Vetrmani, R., & Leelavathi, K., 2007, Influence of fibre from different cereals on the rheological characteristics of wheat flour dough and on biscuit quality. *Food chemistry*, 100(4), 1365-1370.
- Şahin, E., 2011, *Utilization of wheat bran fiber in crackers*, Master's thesis, Middle East Technical University.
- Tacer, Z., 2008, *Bulgurun fonksiyonel özelliklerinin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 79, İstanbul.
- Tarakçı, Z., Doğan, İ.S., and Koca, A.F., 2004, A traditional fermented Turkish soup, tarhana, formulated with corn flour and whey. *International Journal of Food Science and Technology*, 39(4), 455-458.
- Terras, D. S., Djebali, K., & Jedidi, E., 2019, Influence of process parameters on bulgur quality. *Quality assurance and safety of crops & foods*, 11(5), 431-439.
- Tetik, S., 2018, Bazı Gıda endüstrisi yan ürünlerinin bisküvi üretiminde kullanımını üzerine bir araştırma, Doktora Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Türker, S., 1991, Sağlam Pişirilmiş ve Çimlendirilmiş Çeşitli Baklagil Katkılarıyla, Mayasız ve Maya İlavesiyle Fermente Edilen Tarhananın Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Besinsel Özellikleri Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi. *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum.
- Türksoy, S., & Özkaya, B., 2004, Bulgurun besin değeri ve prosesin bileşim üzerine etkileri. *Geleneksel Gıdalar Sempozyumu*, 23-24.
- USA Rice, 2015, Domestic Usage Report: Per Capita Rice Consumption Increases in 2014. <https://www.usarice.com/news-and-events/publications/usa-rice-daily/article/usa-rice-daily/2015/11/24/domestic-usage-report-per-capita-rice-consumption-increases-in-2014>. Accessed August 11, 2020
- Üçok G., Cankurtaran, T., & Demir, M. K., 2019, Geleneksel tarhana üretiminde kinoa unununun kullanımını. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 23(1), 22-30.
- Ünal, H. G., & Sacilik, K., 2011, Milling quality of hulled wheat bulgur with stone mill. *Journal of Food Process Engineering*, 34(3), 893-904.
- Ünüvar, A.D., 2009, Soyma işlemi ve granülasyon dağılışının bulgurun kalitatif ve besinsel özelliklerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 64, Konya.

- Valamoti, S. M., 2011, Ground cereal food preparations from Greece: The prehistory and modern survival of traditional Mediterranean 'fast foods'. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 3, 19– 39. <https://doi.org/10.1007/s12520-011-0058-z>
- Venkatachalam, K., & Nagarajan, M., 2017, Physicochemical and sensory properties of savory crackers incorporating green gram flour to partially or wholly replace wheat flour. *Italian Journal of Food Science*, 29(4).
- Vinci, G., D'Ascenzo, F., Maddaloni, L., Prencipe, S. A., & Tiradritti, M., 2022, The influence of green and black tea infusion parameters on total polyphenol content and antioxidant activity by ABTS and DPPH assays. *Beverages*, 8(2), 18.
- Weyh, C., Krüger, K., Peeling, P., & Castell, L., 2022, The role of minerals in the optimal functioning of the immune system. *Nutrients*, 14(3), 644.
- Williams, P. C., Jaby El-Haramein, F., & Adleh, B., 1984, Burghul and its preparation. *Rachis* 3: 28-30.
- Yağcı, S., 2019, Rheological properties and biscuit production from flour blends prepared from cereal based by-products. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 23(2), 142-149.
- Yağcı, S., Sutay Kocabaş, D., Çalışkan, R., & Özbek, H. N., 2022, Statistical investigation of the bioprocess conditions of alkali combined twin-screw extrusion pretreatment to enhance fractionation and enzymatic hydrolysis of bulgur bran. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102(11), 4770-4779.
- Yalçın, E., Celik, S., and Koksel, H., 2008, Chemical and sensory properties of new gluten-free food products: Rice and corn tarhana. *Food Science and Biotechnology*, 17(4), 728-733.
- Yaşacan, Y. Z., 2003, Proje Yürütücüsü; Ercan, R., Proje Sorumlusu, Ekstrüzyon ile Pişirme Koşullarının Tarhana Özelliklerine Etkileri.
- Yılmaz, G ve Ünal, S.S., 1993, Durum buğdayı ve ürünlerinin fitik asit miktarı ve işleme ile meydana gelen değişimler. Makarnalık Buğday ve Mamulleri Sempozyumu. S. 386-392, Ankara.
- Yılmaz, V. A. and Koca, A. F., 2020, Quality, sensorial and textural properties of einkorn and durum bulgur produced with several methods, *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 22, 100263.
- Yılmaz, V. A., & Koca, A. F., 2017, Effect of different production techniques on bioactive compounds and antioxidant capacity of einkorn (*Triticum monococcum* L.) and durum (*Triticum turgidum* subsp. durum) bulgur. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(1), 269-277.
- Yılmaz, V.A., 2012, Siyez (*Triticum monococcum* L.) ve makarnalık (*Triticum durum*) buğdayların bulgura işlenmesinde bulgur kalitesi biyoaktif bileşenler ve antioksidan aktivitesindeki değişimler. Yüksek Lisans Tezi, *Ondokuz Mayıs*

Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı 141, Samsun.













- Yildirim, A., Bayram, M., & Oner, M. D., 2008a, Bulgur milling using a helical disc mill. *Journal of Food Engineering*, 87, 564–570. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.01.010>.
- Yildirim, A., Bayram, M., & Oner, M. D., 2008b, Ternary milling of bulgur with four rollers. *Journal of Food Engineering*, 84, 394–399. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.05.032>.
- Yousif, S. I.; Bayram, M., Kesen, S., 2018, Characterization of Volatile Compounds SSof Bulgur (Antep Type) Produced from Durum Wheat. *J. Food Qual.* 2018, 1–9. DOI: 10.1155/2018/8564086.
- Yönel, D., Karagöz, Ş. ve Güllü, M., 2018, Tarhana üretim çeşitleri. *International West Asia Congress of Tourism Research (IWACT-2018)*, Van.
- Yu, J., Vasanthan, T., & Temelli, F., 2001, Analysis of phenolic acids in barley by high-performance liquid chromatography. *Journal of agricultural and food chemistry*, 49(9), 4352-4358.
- Yurtaş, Ö., Bilgiçli, N. ve Elgün, A., 2003, Dügürcük katkılı instant tarhana çorbası üretimi üzerine bir araştırma. *Akademik Gıda*, 1(5), 10-14.
- Yüksel, A. N., Öner, M. D., & Bayram, M., 2017, Usage of undersize bulgur flour in production of short-cut pasta-like couscous. *Journal of Cereal Science*, 77, 102-109.
- Zeng, Z., Liu, C., Luo, S., Chen, J., & Gong, E., 2016, The profile and bioaccessibility of phenolic compounds in cereals influenced by improved extrusion cooking treatment. *PloS one*, 11(8), e0161086.
- Zheng, K., Wu, L., He, Z., Yang, B., & Yang, Y., 2017, Measurement of the total protein in serum by biuret method with uncertainty evaluation. *Measurement*, 112, 16-21.
- Zhou, K., Su, L., & Yu, L., 2004a, Phytochemicals and antioxidant properties in wheat bran. *Journal Of Agricultural and Food Chemistry*, 52(20), 6108-6114.
- Zhou, K., Laux, J. J., & Yu, L., 2004b, Comparison of Swiss red wheat grain and fractions for their antioxidant properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(5), 1118-1123.
- Zieliński, H., & Kozłowska, H., 2000, Antioxidant activity and total phenolics in selected cereal grains and their different morphological fractions. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48(6), 2008-2016.




EKLER

EK-1 Bulgur fabrikalarından alınan buğday, pişirilmiş-kurutulmuş buğday ve kabuğu soyulmuş tane buğday örnekleri




	Fabrika 1	Fabrika 2	Fabrika 3	Fabrika 4
Buğday				
Piştirilmiş kurutulmuş buğday				
Kabuğu soyulmuş tane buğday				


EK-2 Bulgur fabrikalarından alınan son ürün ve yan ürün örnekleri

	Fabrika 1	Fabrika 2	Fabrika 3	Fabrika 4
İri pilavlık bulgur				
Pilavlık bulgur				
Köftelik bulgur				






	Fabrika 1	Fabrika 2	Fabrika 3	Fabrika 4
Bulgur unu				
Bulgur kepeği				

EK-3 Kraker ve tarhana üretiminde kullanılan hammaddeler ve üretilen kraker örnekleri

	Buğday unu	Bulgur unu	Bulgur kepeği
Hammaddeler			






	% 0	% 10	% 20	% 30	% 40
Bulgur unu					

Bulgur unu ilavesi ile hazırlanan kraker örnekleri






	% 0	% 5	% 10	% 15	% 20
Bulgur kepeği					

Bulgur kepeği ilavesi ile hazırlanan kraker örnekleri

EK-4 Bulgur kepeği ve bulgur unu ilavesiyle hazırlanan tarhana örnekleri

	% 0	% 10	% 20	% 30	% 40
Bulgur unu					

Bulgur unu ilavesi ile hazırlanan tarhana örnekleri

	% 0	% 5	% 10	% 15	% 20
Bulgur kepeği					

Bulgur kepeği ilavesi ile hazırlanan tarhana örnekleri