

Karabuğday Unu İkamesinin Ekmeklerin Fiziksel, Kimyasal ve Duyusal Özellikleri Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi

***Makale Bilgisi / Article Info**

Alındı/Received: 10.09.2024

Kabul/Accepted: 11.10.2024

Yayımlandı/Published: 07.02.2025

Investigation of the Effects of Buckwheat Flour Substitution on the Physical, Chemical and Sensory Properties of Bread

Erdi ERTAN^{1*} , Ramazan ŞEVİK² ¹ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye² Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

© 2025 The Authors | Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 (CC BY-NC) International License

Öz

Bu çalışmada, karabuğday unu ilavesinin ekmek üretiminde kullanımı ve ekmeklerin fiziksel, kimyasal ve duyusal özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. %0, %15 ve %30 oranlarında karabuğday unu kullanılarak üretilen ekmeklerin renk, hacim, sertlik, nem, küll, protein içeriği, antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde miktarları analiz edilmiştir. Karabuğday unu oranı arttıkça ekmeklerin kabuk ve iç renk değerlerinde değişiklikler gözlemlenmiştir; iç kısmında L* (aydınlık), a* (kırmızılık) ve b* (sarılık) değerlerinde düşüş olmuştur. Dış renk değerlerinde ise L* azalırken, a* ve b* yükselmiştir. Ekmeklerin hacim, değerleri azalmış, ancak sertlik değerleri artmıştır. Protein içeriği karabuğday unu oranıyla birlikte artmış, antioksidan aktivite ve fenolik madde de benzer şekilde yükselmiştir. Duyusal analizler, karabuğday unu ilavesinin ekmeklerin gözenek yapısı, çiğnenebilirlik, sertlik, renk, lezzet ve genel kabul edilebilirlik üzerinde olumlu etkiler yarattığını göstermiştir.

Abstract

This study investigated the use of buckwheat flour addition in bread production and its effects on the physical, chemical and sensory properties of breads. Bread samples were produced using 0%, 15%, and 30% buckwheat flour, and analyses were conducted to assess their color, volume, hardness, moisture, ash, protein content, antioxidant activity, and total phenolic content. As the proportion of buckwheat flour increased, changes were observed in the crust and crumb color values, with decreases in L* (lightness), a* (redness), and b* (yellowness) values in the crumb. In contrast, for the crust, L* decreased while a* and b* increased. The volume of the bread decreased, but the hardness increased. Protein content rose in conjunction with the buckwheat flour percentage, and both antioxidant activity and phenolic content showed similar increases. Sensory analyses revealed that the addition of buckwheat flour had positive effects on the bread's crumb structure, chewiness, hardness, color, flavor, and overall acceptability.

Anahtar Kelimeler: Karabuğday, Ekmek, Fonksiyonel, Beslenme**Keywords:** Buckwheat, Bread, Functional, Nutrition

1. Giriş

Ekmek, insanlar tarafından hazırlanan ve tüketilen en eski gıdalardan biridir. Buğdayın ezilmesi, elde edilen unun su ile karıştırılması ve karışımın kızgın taşlar üzerinde pişirilmesi ile başlayan ekmek yapımı süreci, zaman içerisinde evrim geçirmiş ve günümüzde ileri teknolojilerin kullanıldığı bir bilim dalı haline gelmiştir (Göçmen 1996). Ülkemizde ekmek, diğer gıdalara göre ekonomik ve lezzet değerinin daha yüksek olması, beslenme alışkanlıklarımız ve sosyo-ekonomik yapımız nedeniyle sofralarımızın vazgeçilmez bir bileşenidir (Akgün 2007, Yılmaz 2019). Ekmek formülasyonunun iyileştirilmesi ve zenginleştirme çalışmaları, ekmeğin hem makro hem de mikro besin maddeleri açısından uygun bir profile sahip olmasını amaçlamaktadır. Yeni bir ürünün geliştirilmesinde, ekmeğin genel özelliklerinin optimum olması ve bu özelliklerin korunması büyük önem

taşımaktadır (Dirim vd. 2014, Ahmetoğlu 2020). Karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench), Polygonaceae familyasına ve *Fagopyrum* cinsine ait, öncelikle kuzey yarımkürede yetiştirilen yıllık bir yalancı tahıldır. Bununla birlikte, dünya çapında yaygın olarak tüketilen bir gıdadır (Zhou vd. 2016). Karabuğday unu, yüksek besin değeri ve gluten içermemesi nedeniyle ekmek üretiminde önemli bir alternatif olarak dikkat çekmektedir. Karabuğday, Zn, Cu, Mn, Se gibi önemli mikroelementler ile K, Na, Ca ve Mg gibi makroelementleri (Crista ve Smietana, 2008) içermektedir. Ayrıca flavonoidler, polifenoller, inositol, organik asitler gibi temel fonksiyonel bileşenlerle birlikte yüksek miktarda protein, diyet lif, vitaminler, mineral maddeler ve temel çoklu doymamış yağ asitleri (Dizlek ve ark., 2009; Peng ve ark., 2012) barındırarak besleyici değeri yüksek bir gıda maddesi olarak öne çıkmaktadır. Karabuğday ile zenginleştirilmiş buğday ekmekleri, daha

fazla kuersetin içerdiği için antioksidan özellik taşıır. Karabuğdayın içerdiği fenolik bileşikler, gıdaya eklenmesi durumunda hem sağlık açısından faydalar sağlamakta hem de gıdaların oksidasyona karşı korunmasına yardımcı olmaktadır (Lin ve ark., 2009). Bu çalışmada, farklı oranlarda (%0, %15, %30) karabuğday unu ile buğday ununu karıştırarak ekmekler üretilmiş ve bu ekmeklerin çeşitli fiziksel, kimyasal ve duyusal özellikleri değerlendirilmiştir. Çalışmanın amacı, karabuğday unu ilavesinin ekmeklerin genel özellikleri üzerindeki etkilerini belirlemek ve değiştirmesi esas alınmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1 Ekmek Üretimi

Ekmek denemeleri için piyasadan temin edilen ekmeklik beyaz buğday unu kullanılmış, maya olarak ekmek mayası (Pakmaya) tercih edilmiştir. Toz şeker ve tuz ise "Migros" adlı zincir marketlerin kendi markalı ürünlerinden alınmıştır. Su olarak içilebilir nitelikte ortalama 25 °C çeşme suyu kullanılmıştır. Ekmek üretiminde, AACC direkt ekmek pişirme metodu zenginleştirilmiş ekmek yapımına kısmen uyarlanarak kullanılmıştır. 100 gram un için; 3 gram maya, 2 gram tuz, 2 gram şeker, 60 mL su kullanılmıştır. Karabuğday katkılı ekmekler, formülasyonda bulunan un karışımı ile karabuğday %0, %15, %30 oranında yer değiştirilmiştir. Hamur bileşenleri, Varimixer Bear AR10 (Broendby, Danimarka) marka yoğurucuda toplam 6 dakika boyunca, ilk 2 dakika yavaş ve ardından 4 dakika hızlı olmak üzere karıştırılmıştır. Oluşan hamurlar, oda sıcaklığında 10 dakika boyunca ön fermentasyona bırakılmış, ardından her biri 300 gram olacak şekilde parçalara ayrılıp şekillendirilmiştir. Şekillendirilen hamurlar, ekmek yapımında kullanılan pişirme kaplarına (ölçüler: 13 cm genişlik, 25 cm uzunluk ve 6,5 cm derinlik) yerleştirilmiş ve Sveba Dahlen (Fristad, İsveç) fermentasyon kabininde, 35 °C sıcaklık ve %75 nem oranında 45 dakika boyunca dinlendirilmiştir. İstenen boyutlara ulaşan hamurlar, (Sveba Dahlen S8) fırında 200 °C'de 18 dakika süreyle serbest pişirilmiştir. Soğutma işlemi, ekmekler oda sıcaklığında 25 °C'ye ulaşana kadar bekletilerek gerçekleştirilmiştir.

2.2 Fiziksel Analizler

2.2.1 Renk

Ekmek örneklerinin kabuk, iç renk değerleri Minolta CR-400 kullanılarak "L*" (0 = siyah, 100 = beyaz), "a*" (pozitif = kırmızı, negatif = yeşil) ve "b*" (pozitif = sarı, negatif = mavi) değerleri ile ölçülmüştür (Francis 1998).

2.2.2 Ağırlık, Hacim ve Spesifik Hacim

Ekmekler pişirilme akabinde 1 saat süreyle bekletilmiş, ardından hacim ve ağırlıklarına bakılmıştır. Hacim

ölçümünde kolza tohumunun yer değiştirmesi esas alınmıştır. Özgül hacim değeri, hacim değerinin ağırlık değerine bölünmesiyle elde edilmiştir (Elgün vd. 2001).

2.2.3 Tekstür Profili Analizi Bulguları

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

2.3 Kimyasal Analizler

2.3.1 Nem

Örneklerin nem içeriği, AACC Method 44-15A'ya göre analiz edilmiştir. Yaklaşık 5 gram öğütülmüş ekmek örnekleri, önceden tartılıp daraları kaydedilmiş alüminyum ölçüm hücrelerine yerleştirilmiştir. İçinde örnekler bulunan hücreler tekrar tartılmış, ardından 105 °C'de bir etüvde (Mettler UN30, Almanya) 120 dakika boyunca kapakları açık şekilde kurutulmuştur. Süre bitiminde hücreler hızla etüvden çıkarılarak desikatöre alınmış ve örnekler oda sıcaklığına (yaklaşık 1 saat) gelene kadar bekletilmiştir. Sonrasında hücreler yeniden tartılarak toplam nem kaybı Eşitlik.1'e göre hesaplanmıştır:

$$\% \text{ Nem} = A / B \times 100 \quad (1)$$

A: Nem kaybı (g), B:Örneğin başlangıç ağırlığı (g)

2.3.2 Kül

Ekmeklerin kül içerikleri, AOAC (2000) standartlarına göre belirlenmiştir. Porselen kroze, nitrik asit ilave edilerek bir gün bekletildikten sonra saf su ile yıkanmış ve kurutularak sabit ağırlığa getirilmiştir. 3 gram örnek, sabit ağırlığa sahip porselen kroze içerisine hassas terazide tartılmış ve kül fırınında 550±5 °C sıcaklıkta, 7 saat süresince, kalıntı beyaz renge yakın olana kadar yakılmıştır. Yakma işlemi sonrasında krozede kalan kütle, başlangıçtaki kütleyle oranlanarak örneklerin kül içerikleri hesaplanmıştır.

2.3.3 Protein

UDK 129 Kjeldahl Azot Protein Tayin Cihazı aracılığıyla, Kjeldahl yöntemi kullanılarak protein içeriği analiz edilmiştir. Örnekler, yoğun sülfürik asit ile yüksek sıcaklıkta parçalanarak amonyum sülfatın amonyağa dönüştürülmesi sağlanmıştır. Kjeldahl balonuna iki adet katalizör tablet ve 1 gram örnek eklenmiştir. Üzerine 25 ml yoğun sülfürik asit (H₂SO₄) ilave edildikten sonra balon Kjeldahl düzeneğine yerleştirilmiştir. Çözeltinin rengi

mavi-yeşile dönene kadar (yaklaşık 2 saat) yakma işlemi sürdürülmüş ve ardından işlem sonlandırılmıştır. Soğutulan balon, destilasyon cihazına yerleştirilmiştir. Erlene 50 ml % 4 borik asit (H_3BO_3) çözeltisi eklenmiş ve 2 damla metilen mavisi-kırmızısı indikatörü ilave edilmiştir. Örnek üzerine 70 ml saf su ve 80 ml % 33'lük sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisi eklenerek destilasyona başlanmıştır. Destilasyon sonrası titrasyona geçilmiş, 0,1 N hidroklorik asit (HCl) ile çözelti menekşe rengine dönene kadar titrasyon yapılmıştır (V_1). Aynı işlem kör deneyle tekrarlanarak harcanan HCl miktarı kaydedilmiştir (V_0). Kullanılan 0,1 N HCl miktarına dayanarak toplam azot miktarı hesaplanmıştır. Toplam azot miktarı, sonrasında 6,25 ile çarpılarak protein içeriği bulunmuştur. Örneklerin azot seviyeleri ise AACC (2000) ölçütlerine göre tespit edilmiştir.

2.3.4 Toplam Fenolik İçerik

Toplam fenolik içerik Folin-Ciocalteu yöntemine göre kolorimetrik olarak tespit edilmiştir. Örnekler 1 g tartılmış ve 10 mL çözücü (metanol/hidroklorik asit/distile su, 8:1:1, v/v) içinde 22 °C' de 2 saat süreyle ekstrakte edilmiştir. Ekstrakt sonra 3000 rpm'de 10 dakika santrifüj yapılmıştır (Gao vd. 2002, Beta vd. 2005). Ekstraktın 0.1 ml'si bir test tüpüne aktarılmış, 0.5 ml Folin-Ciocalteu reaktifi (%10, w/v, su içinde) ve 1.5 ml sodyum karbonat çözeltisi (%20, w/v, su içinde) ilave edilmiş ve distile su ile 10 mL'ye tamamlanmıştır. Test tüpleri 22 °C' de ışısız ortamda 2 saat inkübeden sonra spektrofotometrede 760 nm'de absorbans değeri okunmuş ve toplam fenolik içerik gallik asit eşdeğeri (mg GAE/g) olarak hesaplanmıştır (Slinkard ve Singleton 1977, Gamez-Meza vd. 1999).

2.3.5 Antioksidan Aktivite

Ekmeklerin antioksidan aktiviteleri, Bhebe, Chipurura ve Muchuweti (2015) yöntemine bazı modifikasyonlar yapılarak belirlenmiştir. Antioksidan aktivite, 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) radikallerinin yakalanma kapasitesine göre ölçülmüştür. Antioksidan reaksiyonu, 0.5 ml ekstraktın taze hazırlanmış 3.5 ml 1mM etanol-DPPH (250 ml etanolde 0.01 g DPPH) çözeltisine eklenmesiyle başlatılmıştır. Çözelti, karanlık ortamda oda sıcaklığında 30 dakika inkübe edilmiş ve ardından 517 nanometre dalga boyunda absorbansı Spektrofotometre (Jenway 6300) ile ölçülmüştür. Aynı işlemler, son konsantrasyonu 0.254 g/100 ml olan Trolox standart çözeltisi için de uygulanmış ve sonuçlar 100 gram kuru madde başına mmol Trolox eşdeğeri antioksidan kapasitesi olarak ifade edilmiştir.

2.3.6 Duyusal Analiz

Ekmeklerin duyusal değerlendirmesi, yaşları 22 ile 48 arasında değişen, sigara içmeyen 10 sağlıklı panelist tarafından gerçekleştirilmiştir. Ekmekler panelistlere oda

sıcaklığında plastik tabaklar üzerinde sunulmuştur. Panelistlerden ekmekleri simetri, gözenek yapısı, tat/koku, görünüm, çiğnenebilirlik ve genel kabul edilebilirlik açısından 1-9 arasında derecelendirmeleri istenmiştir.

2.3.7 İstatistiksel Analizler

Analizler için SPSS(Versiyon 22) kullanılmıştır. Sonuçlar ortalama $\pm$ standart sapma olarak belirtilmiştir. ANOVA ve Duncan testleri kullanılmıştır.

Tablo 1. Ekmeklere Ait Renk Analizi Sonuçları

Ekmek İçi	L*	a*	b*
%0	70.31 $\pm$ 1.49	2.40 $\pm$ 0.15	12.45 $\pm$ 0.20
%15	69.83 $\pm$ 1.10	2.25 $\pm$ 0.13	11.48 $\pm$ 0.87
%30	66.71 $\pm$ 1.19	2.33 $\pm$ 0.15	10.18 $\pm$ 0.78
p-değeri	0.05	0.07	0.04*
Ekmek Kabuğu			
%0	62.86 $\pm$ 2.33	10.21 $\pm$ 0.55	24.9 $\pm$ 1.48
%15	59.75 $\pm$ 2.51	12.78 $\pm$ 0.42	25.66 $\pm$ 1.3
%30	58.02 $\pm$ 4.6	12.64 $\pm$ 2.52	26.55 $\pm$ 1.78
p-değeri	0.03*	0.02*	0.01*

Tablo 2. Ekmeklere Ait Hacim, Spesifik Hacim, Ağırlık Analizi Sonuçları

Oran(%)	Hacim (ml)	SpesifikHacim (ml/g)	Ekmekte Ağırlık (g)
%0	425.00 $\pm$ 7.07	1.96 $\pm$ 0.01	217.00 $\pm$ 1.41
%15	375.00 $\pm$ 7.07	1.78 $\pm$ 0.01	211.00 $\pm$ 5.66
%30	355.00 $\pm$ 7.07	1.65 $\pm$ 0.04	215.50 $\pm$ 3.54
p-değeri	0.01*	0.02*	0.05

Tablo 3. Tekstür Analizi Sonuçları

Oran (%)	Sertlik(g)
%0	1932.19 $\pm$ 102.81
%15	2010.82 $\pm$ 63.52
%30	2095.73 $\pm$ 55.10
p-value	0.05

Tablo 4. Nem, Kül ve Protein Miktarı Sonuçları

Oran (%)	Nem (%)	Kül (%)	Protein (%)
%0	0.48 $\pm$ 0.00	2.97 $\pm$ 0.02	6.12 $\pm$ 0.04
%15	0.47 $\pm$ 0.00	3.20 $\pm$ 0.03	8.50 $\pm$ 0.01
%30	0.36 $\pm$ 0.00	3.29 $\pm$ 0.02	9.59 $\pm$ 0.02
p-değeri	0.04*	0.04*	0.03*

Tablo 5. Ekmeklere Ait Antioksidan Aktivite ve Toplam Fenolik Madde Analizi Sonuçları

Oran	Toplam Fenolik Madde (mgGAE/g)	Antioksidan aktivite
%0	3.69 $\pm$ 0,05	1.92 $\pm$ 0.08
%15	6.56 $\pm$ 0,04	1.95 $\pm$ 0.04
%30	9.97 $\pm$ 0,04	2.03 $\pm$ 0.06
p-değeri	0.01*	0.01*

Tablo 6.Ekmeklere Ait Duyusal Analiz Sonuçları

Oran (%)	Kabuk Rengi	İç Renk	Gözenek Yapısı	Çiğnenebilirlik	Sertlik	Lezzet	Genel Kabul
%0	5.80±1.99	6.70±0.67	6.10±0.99	6.30±0.67	6.05±0.52	6.20±0.79	6.20±1.03
%15	6.70±1.25	7.40±0.52	6.90±1.10	7.00±0.67	6.10±0.99	6.60±0.52	6.90±0.74
%30	7.00±1.33	7.60±0.52	6.90±1.20	7.20±1.23	6.40±0.70	7.20±0.92	7.50±0.97
p-value	0.05	0.02*	0.03*	0.01*	0.04*	0.02*	0.03*

* p<0.05 değerler istatistiksel olarak anlamlıdır

3. Bulgular ve Tartışma

3.1 Renk Analizi

Renk analizi sonuçları Tablo 1’de gösterilmiştir. Karabuğday unu oranının artmasıyla birlikte ekmeklerin kabuk ve iç renk değerlerinde bir değişim olduğu gözlenmiştir. İç renk değerlerinde L* (aydınlık) değeri azalırken, a* (kırmızılık) ve b* (sarılık) değerlerinde hafif bir düşüş gözlenmiştir. Dış renk değerlerinde ise, L* değeri azalırken, a* ve b* değerlerinde artış olmuştur. Bu değişiklikler, karabuğday ununun koyu renkli olması ve ekmeklere karakteristik bir renk katmasından kaynaklanmaktadır (Francis 1998).

3.2 Hacim ve Spesifik Hacim

Ekmeklerin hacim ve spesifik hacim analizi değerleri Tablo 2’de gösterilmiştir. Karabuğday unu ilavesi, ekmeklerin hacim ve spesifik hacim değerlerinde azalmaya neden olmuştur. %0 karabuğday unu içeren ekmeklerin hacmi 425 ml iken, %30 karabuğday unu içeren ekmeklerde bu değer 355 ml’ye düşmüştür. Spesifik hacim değerleri de benzer şekilde azalmıştır. Bu durum, karabuğday ununun gluten içermemesi nedeniyle ekmek yapısının daha az kabarık olmasına neden olmasından kaynaklanmaktadır (Elgün vd. 2001). Daha önce yapılan çalışmada, çalışmamıza benzer şekilde ekmek örneklerinde karabuğday unu miktarının artırılması ile ekmek hacmi genel olarak azalmaktadır. Sciarini ve ekibi (2019) tarafından gerçekleştirilen araştırmada, karabuğday içeren ekmek örneklerinin kontrol örneklerine kıyasla hacim olarak daha küçük olduğu ortaya konmuştur.

3.3 Tekstür Profili Analizi Bulguları

Ekmeklere ait tekstürel analiz sonuçları Tablo 3’te gösterilmiştir. 25 °C’de 24 saat depolama sonunda en düşük sertlik değerine kontrol grubunda, en yüksek sertlik değerine ise % 30 oranında karabuğday unu içeren ekmeklerde ulaşılmıştır. Ekmeklerin sertlik değerleri, karabuğday unu oranının artmasıyla birlikte artmıştır. Bizim çalışmamızı destekler nitelikte, Scarini ve ark. (2019), beyaz buğday ununa farklı oranlarda karabuğday unu ekleyerek gerçekleştirdikleri araştırmada, karabuğday unu ikamesinin sertlik değerlerini artırdığını göstermiştir.

3.4 Nem, Kül, Protein

Ekmek örneklerine ait nem, kül, protein içerikleri Tablo 4’te verilmiştir. Ekmeklerin en yüksek kül içeriğine %30 karabuğday ilaveli ekmeklerde, en düşük kül içeriğine ise kontrol örneklerinde belirlenmiştir. Çalışmamızda karabuğday unu ilavesi arttıkça nem içeriğinin azaldığı gösterilmiştir. Lin ve ark. (2012), yaptıkları çalışmada, karabuğday ilavesinin ekmek örneklerinin nem içeriğini azalttığını tespit etmiştir. Benzer bulgular, Mohajan ve ark. (2019), tarafından yapılan çalışmada da rapor edilmiştir. Ekmeklerde karabuğday oranı arttıkça protein içeriğinin arttığı görülmüştür. Karabuğday proteini, aminoasit yapısı bakımından diğer tahıl proteinlerine kıyasla besinsel olarak daha üstün olmasının yanı sıra, yüksek biyolojik değere sahip proteinler için önemli bir kaynak olarak kabul edilmektedir (Mariotti ve ark. 2013).

3.5 Antioksidan Aktivite, Toplam Fenolik Madde Analizi Sonuçları

Karabuğday unu oranı arttıkça ekmeklerin antioksidan aktivitesi de düzenli bir şekilde artmaktadır. Daha önce yapılan bir çalışmada, karabuğday ununun diğer tahıllara kıyasla daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu ve bu özelliklerin işlenmiş gıdalara da taşınabileceği gösterilmiştir (Kim vd. 2004). Karabuğday unu eklenmesiyle artan antioksidan aktivite, bu ekmeğin sağlık açısından daha yararlı olabileceğini göstermektedir. Fenolik bileşikler, bitkilerde doğal olarak bulunan ve antioksidan özelliklere sahip olan kimyasallardır (Kreft vd. 2006). Yapılan bir çalışmada, karabuğdayın çiçek ve yaprakları rutin, kuersetin, toplam fenolik bileşikler açısından zengin olduğu gösterilmiştir (Acar vd. 2011). Bu bileşiklerin miktarındaki değişimler, ekmekteki biyoyararlılıklar ve sağlık yararları üzerinde farklı etkiler yaratabilir.

3.6 Duyusal Analiz

Ekmeklere ait duyusal analiz sonuçları, Tablo 6’te gösterilmiştir. Karabuğday unu ilavesinin ekmeklerin renk, gözenek yapısı, çiğnenebilirlik, sertlik, lezzet ve genel kabul edilebilirlik üzerinde olumlu etkileri olduğu

görülmektedir. %30 karabuğday unu içeren ekmekler, kabuk rengi, iç renk, gözenek yapısı ve genel kabul edilebilirlik açısından en yüksek puanları almıştır. Bu durum, karabuğday ununun ekmeklere kattığı benzersiz tat ve dokudan kaynaklanmaktadır (Lin vd. 2009). Bununla birlikte, %15 karabuğday unu içeren ekmeklerin sertlik değerleri daha düşük bulunmuştur, bu da ekmeğin daha yumuşak ve çiğnenebilir olduğunu göstermektedir. Yarpuz (2011) tarafından %0, %10, %15 ve %20 oranlarında karabuğday ilavesiyle yapılan ekmek çalışmasında, duyusal değerlendirmelerde dört farklı ekmek örneği genel beğeni açısından incelendiğinde, %10 ve %15 karabuğday unu içeren ekmeklerin, karabuğday içermeyen ekmeğe göre daha yüksek puan aldığı tespit edilmiştir.

4. Sonuç

Bu çalışmanın sonuçları, karabuğday unu ilavesinin ekmeklerin besin değerlerini artırdığını, duyusal özelliklerini iyileştirdiğini ve ekmeklerin daha yumuşak ve çiğnenebilir olmasını sağladığını göstermektedir. Bununla birlikte, karabuğday ununun gluten içermemesi nedeniyle ekmek yapısının hacim artışını azalttığı da gözlemlenmiştir. Bu nedenle, karabuğday unu kullanılarak yapılan ekmeklerin formülasyonlarının, istenen doku ve yapı özelliklerini koruyacak şekilde optimize edilmesi önemlidir. Gelecekteki çalışmalar, farklı karışım oranları ve ek katkı maddeleri kullanarak ekmeklerin yapısal ve besinsel özelliklerini daha da iyileştirmeyi hedefleyebilir. Bu bulgular, karabuğday unu kullanımının ekmek üretiminde potansiyel bir alternatif olduğunu ve tüketici taleplerini karşılayabilecek besleyici ve lezzetli ekmeklerin üretilebileceğini göstermektedir.

Etik Standartlar Bildirgesi

Yazarlar tüm etik standartlara uyduklarını beyan ederler.

Yazarlık Katkı Beyanı

Yazar 1: Kaynaklar, Araştırma, Deneyleme, Verileri Toplama-Literatür Taraması, Metodoloji, Görselleştirme, Yazma – Orijinal taslak

Yazar 2: Biçimsel Analiz, Doğrulama, Metodoloji, Görselleştirme, Yazma-Orijinal taslak

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarların bu makalenin içeriğiyle ilgili olarak beyan edecekleri hiçbir çıkar çatışması yoktur.

Verilerin Kullanılabilirliği

Bu çalışma sırasında oluşturulan veya analiz edilen tüm veriler, yayınlanan bu makaleye dâhil edilmiştir.

5.Kaynaklar

AACC International (2000). Approved Methods, 10th ed., American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.

AOAC, 2000. Official Methods of Analysis Association of Official Analytica Chemists. 17th ed., AOAC International, Gaithersburg, MD.

Acar, R., Unver, A., Arslan, D., Ozcan, M.M., & Gunes, A. (2011). Effect of Plant Parts and Harvest Period on Rutin, Quercetin, Total Phenol Contents and Antioxidant Activity of Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Möench) Cultivated in Turkey. *Asian Journal of Chemistry*, **23**(7), 3240–3242.

Ahmetoğlu, F. 2020. Yerelması (Helianthus Tuberosus) İlavesi ile Glütensiz Ekmek Üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Aydın Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul, 93.

Akgün, F.B., 2007. Ekşi Hamur Tozu Eldesi ve Ekmek Üretiminde Kullanılabilme Olanakları, (yüksek lisans tezi). PÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 57.

Anonim, 1990. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 8th ed., St. Paul, MN, USA: AACC.

Anonim, 2002. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, St. Paul: AACC.

Beta, T., Nam, S., Dexter, J. E., Sapirstein, H. D. 2005. Phenolic content and antioxidant activity of pearled wheat and roller-milled fractions. *Cereal Chemistry*, **82**(4), 390-393. <https://doi.org/10.1094/CC-82-0390>

Bhebhe, M., Chipurura, B., and Muchuweti, M., 2015. Determination and comparison of phenolic compound content and antioxidant activity of selected local zimbabwean herbal teas with exotic aspalathus linearis. *South African Journal of Botany*. **100**, 213-218 <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2015.06.006>

Christa, K., Soral-Şmietana, M., 2008. Buckwheat grains and buckwheat products - nutritional and prophylactic value of their components - a review. *Czech Journal of Food Sciences*, **26**(3), 153-162. <https://doi.org/10.17221/1602-CJFS>

Dirim, S. N., Ergün, K., Çalışkan, G., Özalp H., Balkesen N.2014. Farklı Unların Ekmeğin Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi. *Akademik Gıda*, **12**(4), 27-35.

Dizlek, H., M. Özer, E. İnanç ve H. Gül. 2009. Karabuğday'ın bileşimi ve gıda sanayiinde kullanım olanakları. *Gıda*, **34**, 337-324.

Elgün, A., Türker, S. ve Bilgiçli, N. 2001. Tahıl ve Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü. Konya Ticaret Borsası Yayınları, Yayın No:2, Konya

Francis, F.J. 1998. Colour analysis, in: Food Analysis, S.S. Nielsen (Ed.), An Aspen Publishers, Maryland, Gaithersburg, USA, pp. 599-612.

Gamez-Meza, N., Noriega-Rodriguez, J. A., Medina-Juarez, L. A., Ortega-Garcia, J., Cazarez-Casanova, R., & Angulo-Guerrero, O., 1999. *Antioxidant activity in soybean oil of extracts from Thompson grape bagasse*.

- JAOCS, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, **76(12)**, 1445-1447.
<https://doi.org/10.1007/s11746-999-0182-4>
- Göçmen, D., 1996. Hamur Hazırlanmasında Şerbetçiotu ve Laktik Starter Kullanımının Hamur ve Ekmeğin Özelliklerine Etkileri. (Doktora tezi) UÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği ABD, Bursa, 87.
- Gyamfi, M. A., Yonamine, M., & Aniya, Y., 1999. *Free-radical scavenging action of medicinal herbs from Ghana: Thonningia sanguinea on experimentally-induced liver injuries. General Pharmacology: The Vascular System*, **32(6)**, 661-667.
[https://doi.org/10.1016/s0306-3623\(98\)00238-9](https://doi.org/10.1016/s0306-3623(98)00238-9)
- Kim S.L., Kim S.K, Park C.H. 2004. Introduction and nutritional evaluation of buckwheat sprouts as a new vegetable. *Food Research International* **37(4)**, 319-327.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2003.12.008>
- Kreft, I., Fabjan, N., Yasumoto, K. 2006. Rutin Content in Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) Food Materials and Products. *Food Chemistry*, **98(3)**, 508-512.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.05.081>
- Lin, L. Y., Liu, H. M., Yu, Y. W., Lin, S. D., Mau, J. L. 2009. Quality and Antioxidant Property of Buckwheat Enhanced Wheat Bread. *Food Chemistry*, **112(4)**, 987-991.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.07.022>
- Lin, L., Wang, H., Lin, S., Liu, H., Mau, J. (2012). *Changes in buckwheat bread during storage. Journal of Food Processing and Preservation*. **37**, 285-290
<https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2011.00647.x>
- Mariotti, M., M. A. Pagani and M. Lucisano. 2013. *The role of buckwheat and HPMC on the breadmaking properties of some commercial gluten-free bread mixtures. Food Hydrocolloids*, Vol. **30**: 393-400.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.07.005>
- Peng, L., S. Wang, L.Zou, J. Zhao and G. Zhao. 2012. *HPLC fingerprint of buckwheat from different habitats and varieties. Phcog Journal*, Vol. **31**: 5-10.
<https://doi.org/10.5530/pj.2012.31.2>
- Slinkard, K., Singleton, V. L. 1977. Total phenol analysis: *Automation and comparison with manual methods. American Journal of Enology and Viticulture*, **28(1)**, 49-55.
<https://doi.org/10.5344/ajev.1974.28.1.49>
- Yarpuz, D. 2011. Glutensiz Ekmek Üretimi Üzerine Araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 113.
- Yılmaz, Y. 2014. Piyasaya Sunulan Glutensiz Ekmek Yapımına Uygun Karışımların Kalite ve Alma Yönünden Değerlendirmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, 68.
- Zhou, M., Wang, Z., & Zhu, F. (2016). *Nutritional Composition and Health Benefits of Buckwheat. Food Chemistry*, **200**, 313-320.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.092>