Kavuzsuz Arpa ve Yulaf ile Zenginleştirmenin Ekmeğin Bazı Beslenme ve Ürün Özelliklerine Etkilerinin Değerlendirilmesi

Gözde YÜKSEL YILDIRIM

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Aralık 2023

Evaluation of the Effects of Fortification with Hulles Barley and Oat on Some Nutritional and Product Properties of Bread

Gözde YÜKSEL YILDIRIM

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Food Engineering

December 2023

Kavuzsuz Arpa ve Yulaf ile Zenginleştirmenin Ekmeğin Bazı Beslenme ve Ürün Özelliklerine Etkilerinin Değerlendirilmesi

Gözde YÜKSEL YILDIRIM

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği Uyarınca
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Doç. Dr. Yaşar Karaduman
İkinci Danışman: Dr. Arzu Akın

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi Tarafından FYL-2022-2513 Proje Kodu İle Desteklenmiştir.

Aralık 2023

ONAY

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi **Gözde YÜKSEL YILDIRIM**' ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Kavuzsuz Arpa ve Yulaf İle Zenginleştirmenin Ekmeğin Bazı Beslenme ve Ürün Özelliklerine Etkilerinin Değerlendirilmesi" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek oybirliği ile kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Yaşar KARADUMAN

İkinci Danışman: Dr. Arzu AKIN

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye: Doç. Dr. Yaşar KARADUMAN

Üye: Prof. Dr. Dilek SİVRİ ÖZAY

Üye: Doç. Dr. Onur KETENOĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..... tarih ve ..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. ……
Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Doç. Dr. Yaşar KARADUMAN danışmanlığında ve Dr. Arzu AKIN ikinci danışmanlığında hazırlamış olduğum "Kavuzsuz Arpa ve Yulaf ile Zenginleştirmenin Ekmeğin Bazı Beslenme ve Ürün Özelliklerine Etkilerinin Değerlendirilmesi" başlıklı Yüksek Lisans tezimin özgün bir çalışma olduğunu, tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallarına uygun davrandığımı, tezimde verdiğim bilgileri, verileri akademik ve bilimsel ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi, tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim. 13/12/2023

Gözde Yüksel Yıldırım

ÖZET

Bu çalışma kapsamında ekmeklik buğday ununun kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf tam tane unu ile zenginleştirilmesi sonucu bazı besin ögeleri ve ürün özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışmada bu amaçla Yazır kavuzsuz yulaf ve Yalın kavuzsuz arpa çeşitlerine ait unlar % 0, 25, 50, 75, 100 oranında ticari ekmeklik una ikame edilmiştir. İkame unların bazı teknolojik kalite özellikleri ile ikame unlardan elde edilen ekmeklerin teknolojik, beslenme ve son ürün özellikleri ortaya koyulmuştur. Çalışmada kavuzsuz tam tane arpa ve yulaf unu katkı oranı arttıkça gluten yapısı zayıflarken; *β*-glukan miktarı, protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değerleri artmıştır. Kavuzsuz arpa unu ikamesi β-glukan miktarı üzerinde daha olumlu etkiye sahip olmuştur. Elde edilen ekmeklerde ise ikame oranı arttıkça kül miktarı (%1,754-%2,669), protein oranı (%10,38-16,36), *β*-glukan miktarı (%0,36-%4,32), toplam fenolik madde miktarı (82,2-200,1 mg GAE/100g'a), toplam antioksidan aktivite değeri (192,1-424,3 µmol TE/g) ve mineral madde miktarı artarken ekmek hacim değerleri düşmüştür. Kavuzsuz arpa ikame edilen ekmeklerin hacimleri 237,5-397,5 ml, kavuzsuz yulaf ikame edilen ekmeklerin hacimleri 283,5-425,0 ml arasında değişmiştir. Tüm ikame oranlarında kavuzsuz yulaf unu ekmeklerinin hacmi daha yüksek bulunmuştur. İkame oranı arttıkça ekmek kabuğunda a* ve b* değerleri düşerken, ekmek içinde L* değeri azalmış, a* değeri artmıştır. Hem kavuzsuz yulaf hem kavuzsuz arpa ikameli ekmeklerde % 25 ikame oranından sonra sertlikte bariz bir artış görülmüştür. Kavuzsuz arpa ikame edilen ekmekler Fe, K ve Zn miktarı; kavuzsuz yulaf ikame edilen ekmekler ise Ca, Cu, Mg, Mn, P ve S miktarı bakımından yüksek bulunmuştur. Önerilen 3 g β-glukan gereksiniminin % 75 ikame oranında ekmek tüketilmesi ile karşılandığı, % 50 ikame oranında ise bu değere yaklaşıldığı tespit edilmiştir. Kavuzsuz arpa % 50 ikame oranı ekmeklerinde bu gereksinimin karşılanabileceği görülmüştür. Her iki un çeşidine ait % 25 ikame oranı ekmekleri kontrole yakın ve % 50 ikame oranı ekmekleri ise kabul edilebilir duyusal puan almışlardır. Çalışma sonucunda kavuzsuz yulaf ilavesi un ve ekmek proses özelliklerini daha olumlu etkilerken, ekmeğin beslenme özelliklerinin geliştirilmesinde kavuzsuz arpa ilavesi daha belirgin etkiye sahip olmuştur.

Anahtar kelimeler: ekmek, kavuzsuz tahıllar, yulaf, arpa, beslenme, β-glukan, zenginleştirme

SUMMARY

In this study, the effects of enriching bread wheat flour with hulless barley and oat whole grain flour on some nutritional and product properties were investigated. For this purpose, in the study, the flours of Yazır hulless oat and Yalın hulless barley varieties were substituted into commercial bread flour at the rates of 0, 25, 50, 75, and 100%. Some technological quality properties of substitute flours and technological, nutritional, and product properties of breads obtained from substitute flours have been revealed. In the study, as the additive rate of hulless whole grain barley and oat flour increased, gluten quality properties weakened; β-glucan, protein, and total phenolic contents increased; and total antioxidant activity values increased. The hulless barley flour substitution had a more positive effect on the amount of β-glucan. In the breads, as the substitution rate increased, the ash content (1,754-2,669%), the protein content (10,38-16,36%), the β-glucan content (0,36-4,32%), the total phenolic content (82,2-200,1 mg GAE/100 g), the total antioxidant activity (192,1-424,3 μmol TE/g), the mineral content increased, and bread volume values decreased. The volumes of bread substituted with hulless barley varied between 237,5 and 397,5 ml, and the volumes of bread substituted with hulless oats varied between 283,5 and 425,0 ml. The volume of hulless oat flour breads was found to be higher at all substitution rates. As the substitution rate increased, the a* and b* values in the bread crust decreased, while the L* value in the bread decreased and the a* value increased. A significant increase in hardness was observed in both hulless oat and hulless barley-substituted breads after a 25% substitution rate. The Fe, K, and Zn content of bread substituted with hulless barley and the Ca, Cu, Mg, Mn, P, and S contents of bread substituted with hulless oats were found to be high. It was determined that the recommended 3 g β-glucan requirement was met by consuming bread with a 75% replacement rate, and this value was approached with a 50% replacement rate. It has been observed that this requirement can be met in breads with a 50% hulless barley substitute. The sensory scores of breads with a 25% substitution ratio of both flours were close to control, and breads with a 50% substitution ratio received acceptable sensory scores. As a result of the study, the addition of hulled oats had a more positive effect on the processing properties, while the addition of hulless barley had a more significant effect on improving the nutritional properties of bread.

Keywords: bread, hulles cereals, oat, barley, nutrition, β-glucan, enrichment

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince, değerli bilgi ve tecrübelerini paylaşan, çalışmalarımın her aşamasına sabır, anlayış ve azmiyle ışık tutan, üzerimde büyük emeği olan saygıdeğer danışman hocam Doç. Dr. Yaşar KARADUMAN' a,

Bilgi ve tecrübesinden yararlandığım, çalışmalarımın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen değerli ikinci danışmanım Dr. Arzu AKIN' a,

Analizlerimde laboratuvar olanaklarından yararlanmamı sağlayan Eskişehir Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü ile Teknoloji ve Kalite Bölümü personellerine,

Çalışmada kullanılan kavuzsuz yulaf materyalini tez çalışması için teminini sağlayan Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden Ziraat Yüksek Mühendisi Sait Çeri'ye, kavuzsuz arpa çeşidini tez çalışması için gönderen Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nden Dr. Namuk ERGÜN' e, ilgili çeşitlere ait tanelerin tarlada çoğaltılmasını sağlayan NBC Tarım Danışmanlık Gıda İnşaat San. Ltd. Şti.' den Dr. Necmettin BOLAT' a,

Projeyi destekleyen Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi' ne,

Hayatım boyunca her konuda yanımda olan başta annem Hülya YÜKSEL' e, babam Melih Gençer YÜKSEL' e, varlığıyla güç veren canım kardeşim Görkem YÜKSEL' e, bugünlere gelmemde büyük pay sahibi olan teyzem Aysel ÖZCAN' a ve her daim sevgi ve sabrıyla yanımda olan kıymetli eşim Hakan YILDIRIM' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET ..... **vi**
SUMMARY ..... **vii**
TEŞEKKÜR ..... **viii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **xii**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **xv**
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... **xx**
1. GİRİŞ VE AMAÇ **1**
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI **7**
3. MATERYAL VE YÖNTEM **17**
3.1. Materyal 17
3.2. Yöntem 17
3.2.1. Un Analizleri 17
3.2.1.1. Renk analizi 17
3.2.1.2. Rutubet miktarı 18
3.2.1.3. Su aktivitesi 18
3.2.1.4. Kül miktarı 18
3.2.1.5. Protein oranı 19
3.2.1.6. Glutenin şişme indeksi 19
3.2.1.7. Sedimantasyon değeri 19
3.2.1.8. Laktik asit, su, sakkaroz, sodyum karbonat solvent tutma kapasitesi 20
3.2.1.9. Toplam antioksidan aktivite tayini 20
3.2.1.10. Toplam fenolik madde miktarı 20
3.2.1.11. β-glukan miktarı 21
3.2.1.12. GlutoPik analizi 21
3.2.1.13. Alveograf analizi 22
3.2.2. Laboratuvar tipi ekmeklerin eldesi 22
3.2.3. Ekmek Analizleri 23
3.2.3.1. Renk analizleri 23

3.2.3.2. Rutubet miktarı 23
3.2.3.3. Su aktivitesi 23
3.2.3.4. Kül miktarı 23
3.2.3.5. Protein oranı 23
3.2.3.6. Ekmek hacmi/spesifik hacim değerleri 24
3.2.3.7. Tekstür analizi 24
3.2.3.8. Toplam antioksidan aktivite tayini 24
3.2.3.9. Toplam fenolik madde miktarı 24
3.2.3.10. Alan emisyonlu taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleme 24
3.2.3.11. β-glukan miktarı 25
3.2.3.12. Mineral madde miktarı 25
3.2.4. Duyusal analiz 25
3.2.5. İstatistiki analizler 25
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 26
4.1. Un Analizleri 26
4.1.1. Renk analiz değerleri 26
4.1.2. Fizikokimyasal özellikler 30
4.1.3. β-glukan miktarı, protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değeri 35
4.1.4. Solvent Tutma Kapasitesi (STK) Analizi 45
4.1.5. Sedimantasyon değeri 54
4.1.6. GlutoPik analizi 59
4.1.7. Hamur reolojik özellikleri (alveograf) 64
4.2. Ekmek Analizleri 69
4.2.1. Renk Analizleri 69
4.2.2. Fizikokimyasal özellikler 77
4.2.3. β-glukan, protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite değeri 81
4.2.4. Kalsiyum, bakır, demir ve potasyum miktarı 88
4.2.5. Magnezyum, mangan, fosfor, kükürt, çinko miktarı 93
4.2.6. Ekmek fiziksel özellikleri 100
4.2.7. Ekmeklerin tekstür özellikleri 105
4.2.8. Ekmek örneklerine ait SEM görüntüleri 112
4.2.9. Duyusal özellikler 121
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 130

KAYNAKLAR DİZİNİ 132
EK AÇIKLAMALAR 147
Ek Açıklama-A: Resimler..... 147

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil **Sayfa**

2. 1. Arpa başağı 7
2. 2. Kavuzlu arpa taneleri 7
2. 3. Kavuzsuz arpa taneleri 7
2. 4. Yulaf başağı 9
2. 5. Kavuzsuz yulaf taneleri 9
2. 6. β-glukoz molekül dizilişi 11
2. 7. Tahıl β-glukanının kimyasal yapısı 11
4. 1. L*, a*, b* renk değerleri üzerinde etkili olan "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu"* 29
4. 2. Rutubet ve kül miktarı üzerinde etkili olan "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu''* 35
4. 3. β-glukan, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değerleri üzerinde etkili olan "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonları*" 44
4. 4. STK sakkaroz ve GPI değerleri üzerinde etkili olan '*'un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*'' 53
4. 5. Sedimantasyon değeri üzerinde etkili olan "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu"*. 58
4. 6. Ekmek içi ve kabuğunun L*, a*, b* renk değerleri üzerinde etkili olan '*'un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*'' 76
4. 7. β-glukan, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değeri üzerinde etkili olan "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*" 88
4. 8. Kalsiyum, bakır, demir ve potasyum miktarı üzerinde etkili olan '*'un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*'' 93
4. 9. Mangan, fosfor, kükürt ve çinko miktarı üzerinde etkili olan "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*'' 99
4. 10. Ekmek fiziksel özellikleri üzerinde etkili olan "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*'' 104
4. 11. KA1 kombinasyonu %25 oranında kavuzsuz arpa ile ikame edilmiş ekmeğe ait SEM görüntüleri 112
4. 12. KA2 kombinasyonu %50 oranında kavuzsuz arpa ile ikame edilmiş ekmeğe ait SEM görüntüleri 113
4. 13. KA3 kombinasyonu %75 oranında kavuzsuz arpa ile ikame edilmiş ekmeğe ait SEM görüntüleri 114
4. 14. KA4 kombinasyonu %100 kavuzsuz arpa unu ile elde edilmiş ekmeğe ait SEM görüntüleri 115

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil **Sayfa**

4. 15. Kontrol unu %100 ekmeklik un ile elde edilmiş ekmeğe ait SEM görüntüleri..... 116
4. 16. KY1 kombinasyonu %25 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş ekmeğe ait SEM görüntüleri 117
4. 17. KY2 kombinasyonu %50 oranında yulaf unu ile ikame edilmiş ekmeğe ait SEM görüntüleri 118
4. 18. KY3 kombinasyonu %75 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş ekmeğe ait SEM görüntüleri 119
4. 19. KY4 kombinasyonu %100 kavuzsuz yulaf unu ile elde edilmiş SEM görüntüleri . 120

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge **Sayfa**

2.1. Kavuzsuz arpa tanesinin bileşimi 8
2.2. Kavuzsuz yulaf tanesinin bileşimi 10
4.1. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu katılması ile elde edilen ikame unların L*, a*, b* renk değerleri analiz sonuçları 27
4.2. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu katılması ile elde edilen ikame unların L*, a*, b* renk değerleri varyans analiz sonuçları 28
4.3. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu ikame edilmesi ile elde edilen un örneklerine ait L*, a*, b* renk değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 28
4.4. Un örneklerinde ikame oranlarına ait L*, a*, b* renk değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 29
4.5. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu katılması ile elde edilen ikame unların rutubet, kül miktarı ve su aktivitesi değeri analiz sonuçları 30
4.6. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu katılması ile elde edilen ikame unların rutubet ve kül miktarı varyans analiz sonuçları 32
4.7. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu ikame edilmesi ile elde edilen un örneklerine ait rutubet miktarı, kül miktarı ve su aktivitesi değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 34
4.8. Un örneklerinde ikame oranlarına ait rutubet miktarı, kül miktarı, su aktivitesi değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 34
4.9. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu katılması ile elde edilen ikame unların β-glukan miktarı, protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite değerleri analiz sonuçları 37
4.10. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu katılması ile elde edilen ikame unların β- glukan, protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değerlerine ait varyans analiz sonuçları 39
4.11. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu ikame edilmesi ile elde edilen un örneklerine ait β- glukan, protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değeri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 42

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge **Sayfa**

4.12. Un örneklerinde ikame oranlarına ait β-glukan, protein miktarı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değeri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 43

4.13. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu katılması ile elde edilen ikame unların solvent tutma kapasitesi değerleri analiz sonuçları 46

4.14. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu katılması ile elde edilen ikame unların STK laktik asit, su, sakkaroz, sodyum karbonat değerlerine ait varyans analiz sonuçları 48

4.15. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu katılması ile elde edilen ikame unların GPI ve GSI değerlerine ait varyans analiz sonuçları 49

4.16. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu ikame edilmesi ile elde edilen un örneklerine ait solvent tutma kapasitesi değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 52

4.17. Un örneklerinde ikame oranlarına ait solvent tutma kapasitesi değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 53

4.18. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unu katılması ile elde edilen ikame unların sedimantasyon değeri analiz sonuçları 55

4.19. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu katılması ile elde edilen ikame unların sedimantasyon değerlerine ait varyans analiz sonuçları 56

4.20. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu ikame edilmesi ile elde edilen un örneklerine ait sedimantasyon değeri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 57

4.21. Un örneklerinde ikame oranına ait sedimantasyon değeri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 58

4.22. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu katılması ile elde edilen ikame unların GlutoPik analiz sonuçları 60

4.23. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu katılması ile elde edilen ikame unların GlutoPik değerlerine ait varyans analiz sonuçları 61

4.24. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu ikame edilmesi ile elde edilen un örneklerine ait GlutoPik değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 63

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge **Sayfa**

4.25. Un örneklerinde ikame oranlarına ait GlutoPik değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 64

4.26. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu katılması ile elde edilen ikame unların alveograf değerleri analiz sonuçları 65

4.27. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu katılması ile elde edilen ikame unların alveograf direnç ve uzama kabiliyeti değerleri varyans analiz sonuçları 66

4.28. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu katılması ile elde edilen ikame unların alveograf elastikiyet indeksi ve enerji değerleri varyans analiz sonuçları 66

4.29. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu ikame edilmesi ile elde edilen un örneklerine ait alveograf değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 68

4.30. Un örneklerinde ikame oranlarına ait alveograf değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 69

4.31. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin kabuk ve iç L*, a*, b* renk değerleri analiz sonuçları 70

4.32. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin kabuk renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları 72

4.33. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin iç renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları 72

4.34. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin un çeşitlerine ait kabuk ve iç renk değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 74

4.35. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin ikame oranlarına ait ekmek kabuk ve iç renk değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 75

4.36. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin rutubet miktarı, kül miktarı ve su aktivitesi değerleri analiz sonuçları 78

4.37. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin rutubet miktarı, kül miktarı ve su aktivitesi değerlerine ait varyans analiz sonuçları 79

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge **Sayfa**

4.38. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin un çeşitlerine ait rutubet miktarı, kül miktarı ve su aktivitesi değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları ... 80

4.39. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin ikame oranlarına ait rutubet miktarı, kül miktarı, su aktivitesi değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları . 81

4.40. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin β-glukan miktarı, protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değerleri analiz sonuçları 82

4.41. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin β-glukan miktarı, protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değeri varyans analiz sonuçları 83

4.42. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin un çeşitlerine ait β-glukan miktarı, protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değeri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 86

4.43. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin ikame oranlarına ait β-glukan, protein miktarı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değeri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 87

4.44. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin kalsiyum, bakır, demir ve potasyum mineral madde miktarı analiz sonuçları 89

4.45. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin kalsiyum, bakır, demir ve potasyum miktarlarına ait varyans analiz sonuçları 90

4.46. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin un çeşitlerine ait kalsiyum, bakır, demir ve potasyum miktarı ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 92

4.47. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin ikame oranlarına ait kalsiyum, bakır, demir ve potasyum miktarları ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 92

4.48. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmekler örneklerinin magnezyum, mangan, fosfor, kükürt, çinko miktarı analiz sonuçları 94

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge **Sayfa**

4.49. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin magnezyum ve mangan değerleri varyans analiz sonuçları 95

4.50. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin fosfor, kükür ve çinko değerleri varyans analiz sonuçları 95

4.51. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin un çeşitlerine ait magnezyum, mangan, fosfor, kükürt ve çinko miktarları ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları . 97

4.52. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin ikame oranlarına ait kalsiyum, bakır, demir ve potasyum miktarları ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 98

4.53. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin ekmek hacim değerleri analiz sonuçları 100

4.54. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin hamur ve ekmek ağırlığı, ekmek hacmi ve spesifik hacim varyans analiz sonuçları..... 101

4.55. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin un çeşitlerine ait ekmek fiziksel özellikleri analiz değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları..... 102

4.56. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin ikame oranlarına ait ekmek fiziksel özellikleri analiz ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 103

4.57. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin tekstür özelliklerine ait (sertlik, elastikiyet, esneklik, koheziflik) analiz sonuçları..... 105

4.58. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin tekstür özelliklerine ait (yapışkanlık, sakızımsılık, çiğnenebilirlik) değerleri analiz sonuçları..... 106

4.59. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin tekstür özelliklerine (sertlik, elastikiyet, esneklik ve koheziflik) ait varyans analiz sonuçları 107

4.60. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmekler örneklerinin tekstür özelliklerine (yapışkanlık, sakızımsılık ve çiğnenebilirlik) ait varyans analiz sonuçları..... 107

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge **Sayfa**

4.61. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin un çeşitlerine ait tekstür özellikleri (sertlik, elastikiyet, esneklik ve koheziflik) ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 109

4.62. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin ikame oranlarına ait tekstür özellikleri (sertlik, elastikiyet, esneklik ve koheziflik) ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 109

4.63. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin un çeşitlerine ait tekstür özellikleri (yapışkanlık, sakızımsılık, ve çiğnenebilirlik) ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 110

4.64. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin ikame oranlarına ait tekstür özellikleri (yapışkanlık, sakızımsılık, ve çiğnenebilirlik) ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 110

4.65. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin duyusal özelliklerine ait analiz sonuçları 121

4.66. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin duyusal özelliklerine ait varyans analiz sonuçları…….....1256

4.67. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin un çeşitlerine ait duyusal analiz değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları..... 128

4.68. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin ikame oranlarına ait duyusal analiz değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları..... 129

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar	Açıklamalar
IKO	İkame oranı
UÇ	Un çeşidi
İKOxUÇ	İkame oranı ve un çeşidi interaksiyonu
k.m	Kuru madde
Tek	Tekerrür
KA1	%25 kavuzsuz arpa unu ikame edilmiş kontrol unu
KA2	%50 kavuzsuz arpa unu ikame edilmiş kontrol unu
KA3	%75 kavuzsuz arpa unu ikame edilmiş kontrol unu
KA4	%100 kavuzsuz arpa unu
KA ort	Kavuzsuz arpa ortalama
KY1	%25 kavuzsuz yulaf unu ikame edilmiş kontrol unu
KY2	%50 kavuzsuz yulaf unu ikame edilmiş kontrol unu
KY3	%75 kavuzsuz yulaf unu ikame edilmiş kontrol unu
KY4	%100 kavuzsuz yulaf unu
KY ort	Kavuzsuz yulaf unu ortalama
VK	Varyasyon kaynağı
SD	Serbestlik derecesi
KT	Kareler toplamı
KO	Kareler ortalaması
PMT	Pik maksimum zaman
BEM	Maksimum tork
AM	Maksimum torktan 15 s önceki tork
PM	Maksimum torktan 15 s sonraki tork
GPI	Gluten performans indeks değeri
GSI	Gluten şişme indeksi değeri
SDS	Sodyum dodesil sülfat
STK	Solvent tutma kapasitesi
SEM	Taramalı elektron mikroskobu
a_w	Su aktivitesi
DPPH	Alfa difenil beta pikrilhidrilaz
kg	Kilogram
g	Gram
mg	Miligram
L	Litre
ml	Mililitre
mm	Milimetre
nm	Nanometre
µl	Mikrolitre
µg	Mikrogram
µm	Mikrometre

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar	Açıklamalar
dk	Dakika
sn	Saniye
Troloks	6-Hyrdroksi-2,5,7,8-tetranetilkroman-2-karboksilik asit
GAE	Gallik asit eşdeğeri
TPA	Tekstür profil analizi
N	Azot
ADP	Adenozindifosfat
ATP	Adenozintrifosfat
TFM	Toplam fenolik madde

1. GİRİŞ VE AMAÇ

İnsanların kaliteli bir yaşam sürmesi ve sağlıklarının korunabilmesi için yeterli ve dengeli beslenmeleri gerekmektedir (Özgören vd., 2018). Kolay ulaşılabilir olması, yüksek enerji değerine sahip olması ve çabuk bozulmaması tahıl ürünlerinin en çok tüketilen temel gıda maddelerinden biri olmasını sağlamıştır. Günümüzde sağlıklı yaşam bilincinin artması ile birlikte özellikle beslenme değeri yüksek yeni tahıl ürünleri arayışları doğmuştur. Beslenmeyle ilgili bazı hastalıkları önlemeye yardımcı olmak, fiziksel ve zihinsel sağlığı geliştirmek adına da yeni çalışmalar yapılmaktadır. Bu noktada tahıla dayalı fonksiyonel gıda üretimi için yapılan zenginleştirme çalışmalarında çeşitli sebeplerle tahıllarda eksik olan veya kaybedilen besin elementlerini yerine koymak ve daha fazla besin ögesi eklenerek beslenme yetersizliği sorunları önlenmeye çalışılmaktadır.

Tahıllar karbonhidrat kaynağı olmaları yanında protein, mineral maddeler, vitaminler ve diyet lifi bakımından da beslenmemizde önemli bitkisel ürünlerdir (Elgün, 2021). Bazı tahıllar ise özellikle kardiyovasküler hastalıkların önlenmesi, bazı kanser, tip-2 diyabet ve yüksek tansiyon riskinin azaltılmasında fonksiyonel biyoaktif bileşenlerce daha zengindir (Baniwal vd., 2021). Son yıllarda tahıllar içerisinde arpa, yulaf ve çavdar sağlık açısından faydalı bir diyetin parçası olarak öne çıkmaktadırlar (Jan vd., 2023).

Arpa, tahıl ürünlerinin en eskileri arasındadır. Arpa yemlik olarak kullanılması yanında arpaya dayalı birçok geleneksel diyetinde önemli bir parçasıdır (Zhang vd., 2023). Kavuzlu arpalarda, tohum kabuğu ve kavuz taneye yapışmış halde bulunmaktadır. Tanenin dolum süresinin sonlarına doğru oluşan ve kabuk ile kavuz arasında yapıştırıcı etkisi olan bazı maddeler kavuzun ayrılmasına engel olmaktadır. Hasat sonrasında, harman esnasında kabuk ve kavuz birbirine yapışık kalmaktadır. Kavuzsuz arpada ise kavuz, harman sırasında taneden kolaylıkla ayrılabilmektedir. Kullanım sırasında kavuz ayırma işleminin bulunmaması kavuzsuz arpanın değerini arttırmaktadır.

Yulaf (***Avena sativa L***.), buğday ve arpaya göre daha yeni bir kültür bitkisi olmakla birlikte insan beslenmesinde kullanılan bir yıllık bir bitkidir (Zhang vd., 2021). Yulaf; yulaf unu, yulaf ezmesi, yulaf gevreği ve yulaf çorbası yapılarak tüketilmektedir. Yulaf ürünleri, unlu mamullerde yalnız veya buğday unu ile karıştırılarak ekmek ve bisküvi gibi diyet

ürünlerde ve çocuk mamalarında kullanılmaktadır (Elgün, 2021). Yulaf tahılının kabuğu tohumunun yaklaşık %25- 30'unu oluşturur. Kavuzlu yulafların insan ve hayvan beslenmesinde kullanılmadan önce kavuzlarından ayrılması gerekmektedir. Ayrıca kavuzsuz yulaflar, kavuzlulara oranla daha yüksek protein, enerji, nişasta, β-glukan, yağ ve biyoaktif bileşenlere sahipken daha az oranda lif içeriği bulundururlar (Biel vd., 2009).

Son yıllarda beslenmede ön plana çıkan arpa ve yulaf, özellikle kavuzsuz tane yapısına sahip olanlar, β-glukan içeriği bakımından dikkat çekmektedir. β-glukanın viskozitesinin yüksek ve çözünebilir olması bağırsaklardaki intestinal viskoziteyi de arttırarak dışkı kütlesini azaltır (Valle Jones, 1985), glisemik endeksi düşürür, kolon kanseri riskini azaltır ve LDL-kolesterol düzeyini dengeler (Oda vd.,1993; Bhatty, 1999). Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulafın bileşiminde yer alan özellikle β-glukan olmak üzere diyet lifi ve fenolik bileşenleri rafine buğday ununa göre belirgin şekilde daha yüksek olduğundan günlük diyette başta ekmek olmak üzere diğer unlu mamullerin beslenme özelliklerinin geliştirilebilirliği için çok önemli bir potansiyele sahiptirler. Normal arpa ve yulaf tanelerinde kavuz ve kabuk kısmı genel olarak yapışık durumdadır, kavuzsuz tanelerde ise bu kısımlar hasat sırasında ayrıldığından kavuzsuz yulaf ve arpaların besin ögelerinin belirgin şekilde daha yüksek olup kavuzsuz olması öğütme kolaylığı sağlamakta ve kavuzdan kaynaklanan ürün yapısında arzu edilmeyen yapısal özelliklerin oluşumu önlenebilmektedir. Özellikle β-glukan başta olmak üzere diyet lifi ve fenolik bileşiklerce önemli potansiyele sahip arpa ve yulaf tüketimine ilgi günümüzde giderek yaygınlaşmaktadır (Golzari, 2015).

Arpa tanesi yaklaşık olarak % 70 nişasta, % 10-20 protein, % 5-10 β-glukan, % 2-3 serbest lipid ve % 1-2,5 mineral madde (w/w) taşımaktadır (Ram vd., 2016). Arpa fenolik bileşenlerce zengindir ve arpa polifenolleri (ferulik asit, kafeik asit, p-kumarik asit ve vanilik asit), β-glukan, polipeptitleri ve dirençli nişasta içeriği anti-obezite aktivite, yağ birikimini önlenme, kandaki lipid seviyesini azaltma ve bağırsaklardaki mikroflora dengeleme gibi sağlık için önemli faydalı etkilere sahiptir (Shang vd., 2021). Özellikle arpadaki yüksek miktarda bulunan β-glukan kanda kolestrolün ve insülin direncinin azaltılmasında, kolon kanserinin önlenmesinde ve bağırsak sağlığının iyileştirilmesinde faydaları bilinmektedir (Wang vd., 2007). Arpada kavuz oranı % 9-12 arasında olup, arpalar kavuzlu ve kavuzsuz, iki veya altı sıralı, yazlık ve kışlık olarak sınıflandırılır (Elgün, 2021). Kavuzlu arpalarda,

tohum kabuğu ve kavuz taneye yapışmış halde bulunmakta, hasat sonrasında kabuk ve kavuz birbirine yapışık kalmaktadır (Knutsen ve Holtekjolen, 2007). Kavuzsuz arpada ise kavuz, harman sırasında taneden kolaylıkla ayrılabilmektedir. Kullanım sırasında kavuz ayırma işleminin bulunmaması kavuzsuz arpanın değerini arttırmaktadır. Arpa unu; erişte, ekmek, bisküviler, tortilla gibi birçok üründe kullanılmaktadır (Zhang vd., 2023). Arpa ununun fonksiyonel özellikte gluten proteini içermemesi, yalnızca arpa unundan tahıl kaynaklı herhangi bir ürünün üretimini zorlaştırmaktadır (Moza ve Gujral, 2018). Buğday ununa arpa ürünü ilavesi üründe koyuluğunu arttırmakla birlikte (Izydorczyk vd., 2005) beslenme kalitesini iyileştirmektedir (Zhang vd., 2023).

Yulaf tanesi yaklaşık olarak % 60 nişasta, % 14 protein, % 7 lipid ve % 4 β-glukan içerir. Diğer tahıllardan farklı olarak yulaf protein ve lipid bakımından zengindir. Yulafın zengin diyet lifi içeriği, özellikle çözünür β-glukanlar, diğer ayırt edici özelliğidir. Yulafta fenolik bileşenlerden avenantramidler yulafa özgü olarak büyük ilgi görmektedir (Webster, 2011). Birçok bilimsel araştırma, yulafın glisemik indeksi ve kan kolesterol seviyesini düşürme, bağırsak mikrobiyotasını dengeleme ve kan basıncını düzenleme gibi sağlık yararlarını ortaya koymuştur (Zhang, 2021). Nişasta, sindirim hızına göre hızlı sindirilebilir nişasta (RDS), yavaş sindirilebilir nişasta (SDS) ve dirençli nişasta (RS) olarak sınıflandırılabilir. RDS, enzimatik hidrolizin ilk 20 dakikasında glikozu serbest bırakan nişastayı ifade eder. İnce bağırsakta sindirilen SDS, glikozunun çoğunun 20 ila 120 dk arasında yavaşça salındığı nişastadır. Buna karşılık, RS ince bağırsakta sindirilmeyen bunun yerine bağırsak mikrobiyotası tarafından kolonda kullanılabilen nişastadır (Englyst vd., 1992). Doğal yulaf ham nişastasındaki SDS oranı % 40 gibi oldukça yüksek orandadır (Shaveta, 2019). β-glukanlar, yulafın endosperm ve aleuron katmanlarının hücre duvarlarında bulunur ve kuru maddede yulaf tanelerinin % 1,73-5,70' ini oluşturur (Izydorczyk ve Biliaderis, 2000). Yulaf, tahıl ürünleri arasında mükemmel bir protein kaynağıdır. Yüksek protein içeriği (%12-17) ve dengeli bir amino asit profili, yulafın hem hayvanlar hem de insanlar için ideal bir besin maddesi olmasını sağlar. Yulaf proteinlerinden globulinler ve prolaminler % 70-80'lik kısmı oluştururken toplam proteinin % 4-14' ünü oluştururlar (Makinen vd., 2017). Yulaf tanesinde flavonoidler, fenolik asitler, lignanlar ve avenantramidler zengin fenolik kaynaklarıdır (Li vd., 2017). Yulaftaki toplam fenolik bileşeneleri % 30' a kadarı serbest fenoliklerdir ve bunlar vücutta antioksidan kapasiteyi daha fazla yükseltmektedir (Ward vd., 2008). Yulaftaki fenolik asitlerden en çok bulunan ferulik

asidin miktarının 250 µg/g olduğu ve esterleşmiş olarak hücre duvalarında yer aldığı bildirilmiştir (Mattila vd., 2005). Avenantramidler ise yulafta bulunan alkolid bileşenler olup 25 adet avenantramidler belirlenmiştir (Colins, 1989; Jastrebova vd., 2006).

Kavuz koruyucu bir tabaka olarak tahıllarda karyopsisi sarar. Kavuz (yumurtalık, iç kavuz ve kapçık tabakaları) gevşek olduğundan buğday ve çavdarda hasatta kolaylıkla ayrılır. Ancak kavuzlu arpanın tanelerinde birleşirler ve karyopsise yapışık olarak ayırmak oldukça zordur. Arpadan farklı olarak yulafta ise kavuz karyopsisi sarar ancak yapışık değildir ve soyucular ile ayrılabilir (Elgün, 2021). Kavuzsuz tanelerde ise bu kısımlar hasat sırasında ayrıldığından kavuzsuz yulaf ve arpaların başta β-glukan olmak üzere protein, diyet lifi ve fenolik bileşiklerce belirgin şekilde daha yüksek olup (Shaveta vd., 2019), kavuzsuz olması proseste ortaya çıkacak zorlukları azaltır ve öğütme kolaylığı sağlamaktadır (Narwal vd., 2017). Kavuzsuz arpa, β-glukan, sınırlayıcı amino asitler (lisin), vitaminler, fenolik ve flavanoid bileşikler, nişasta ve toplam diyet lifi gibi besin bileşenleri bakımından kavuzlu yulaf ile kıyaslandığında daha zengindir. Kavuzsuz arpada proantosiyanidinler gibi aktif antioksidanlar da dahil olmak üzere arpa tanesinin tüm yararlı bileşenlerinin işlenmesi sırasında korunduğu tespit edilmiştir (Boros vd., 1996; Zheleznov vd., 2013; Polonsky vd., 2021). Kavuzsuz arpa daha yüksek nişasta ile daha fazla enerjiye sahiptir (Shon vd., 2007). Kavuzsuz yulafların kavuzlu arpada olduğu gibi kavuzlu tanelilere göre daha yüksek enerji, protein, esansiyel aminositler, nişasta, yağ, β-glukan ve biyoaktif bileşenler içerdikleri belirtilmektedir (Biel vd., 2009). Dünya sağlık otoritesi olan Amerikan İlaç ve Gıda Dairesi (FDA) porsiyon başına en az 0,75 g veya günde 3 g yulaf ve arpa β-glukan tüketiminin koroner kalp hastalığı riskini azaltabileceğine dair bir sağlık iddiasını onaylamıştır (FDA, 1996). Avrupa Gıda Güvenliği Ajansı (EFSA) ise yulaf ve arpa β-glukanları içeren gıdaların yemek sonrasında kan şekerini azalttığını belirtmiştir (EFSA, 2006).

Günümüzde tüketici ihtiyacına bağlı olarak sağlığa yararlı gıda maddeleri zenginleştirilmesi ile fırın ürünlerine olan tüketici ilgisi de artış göstermiştir (Sajdakowska vd., 2018). Fırın ürünleri içerisinde ekmek, dünyanın pek çok ülkesinde ve ülkemizde temel besin maddesi ve iyi bir enerji kaynağıdır (Dağlıoğlu ve Tuncel, 1999; Jakubczyk, 2018). Günlük diyetimizin önemli bir parçası olan ekmek, kolay ulaşılan, nötr tat ve aromaya sahip, ucuz ve doyurucu bir besindir (Burnaz vd., 2017; Tuluk, 2017). Yüzlerce çeşidi bulunan

ekmek tek başına ülke insanımızın, günlük kalori ve protein ihtiyacının yaklaşık % 50' sini karşılamaktadır (Karaoğlu ve Kotancılar, 2005; Yurdatapan, 2014). Ülkemiz dünyada kişi başına tüketilen ekmek miktarı bakımından ilk sıralarda yer almaktadır. Halkımızın kişi başına günlük ekmek tüketimi, yaş, alışkanlıklar, bulunduğu yöre ve mesleğe bağlı olarak değişim göstermekte olup kişi başına tüketim günlük 333 g ve yıllık 121 kg civarındadır (Aydın ve Yıldız, 2011). Ekmek üretiminde yer alan temel bileşenler un, su, ekmek mayası veya diğer kabartıcılar ve tuz olsa da genellikle besin değeri yüksek olan özel ve yeni ekmekler üretmek için tercihe göre farklı bileşenler eklenebilmektedir (Dewettinck vd., 2008). Bu nedenle yalnızca tokluk sağlamak amacıyla değil, hastalıkları önlemeye yardımcı olmak, fiziksel ve zihinsel sağlığı geliştirmek gibi nedenlerle fonksiyonel bir gıda olarak ekmeğin zenginleştirilmesi, besin değerinin arttırılması çalışmaları her geçen gün önem arz etmektedir. Unun eldesi sırasında oluşan kayıpların ve eksiklik duyulan besin ögelerinin daha fazla besin ögesi içeren kaynaklardan eklenmesi ile zenginleştirilmiş ekmek tüketimi ile beslenme yetersizlikleri önlemeye çalışılmaktır. Böylece özellikle rafine undan yapılan beyaz ekmeğin eksik olan fenolik madde, antioksidan ve lif içeriğinin gittikçe arttırılması ve toplumumuzda kalp rahatsızlıkları, kanser, diyabet ve yüksek kan kolestrolünün önlenebilmesiyle önemli faydalar sağlanabilmektedir. Beslenmemizde günlük kalori ve protein ihtiyacının karşılanmasında ilk sırada yer alan ekmeğin yalnızca tokluk sağlamak amacıyla değil, hastalıkları önlemeye yardımcı olmak, fiziksel ve zihinsel sağlığı geliştirmek gibi nedenlerle fonksiyonel bir gıda olarak zenginleştirilmesi, besin değerinin arttırılması çalışmaları her geçen gün önem arz etmektedir. Unun eldesi sırasında oluşan kayıpların ve eksiklik duyulan besin ögelerinin daha fazla besin ögesi içeren kaynaklardan eklenmesi ve zenginleştirilmiş ekmek tüketimi ile beslenme yetersizlikleri önlemeye çalışılmaktır. Böylece özellikle rafine undan yapılan beyaz ekmeğin eksik olan fenolik madde, antioksidan ve lif içeriğinin toplumuzda gittikçe arttırılması kalp rahatsızlıkları, kanser, diyabet ve yüksek kan kolestrolünün önlenebilmesinde önemli faydalar sağlanabilmektedir. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulafın bileşiminde yer alan özellikle β-glukan olmak üzere diyet lifi ve fenolik bileşenleri rafine buğday ununa göre belirgin şekilde daha yüksek olduğundan ekmeğin beslenme özelliklerinin geliştirilebilirliği için çok önemli bir potansiyele sahiptirler (Golzari, 2015).

Bu çalışmanın amacı son yıllarda geliştirilen bir adet kavuzsuz arpa ve bir adet kavuzsuz yulafa ait tam tane unlarının ekmeklik buğday una ikamesinin ekmeğin başta β-glukan olmak üzere ve diğer bazı besin ögeleri bakımından zenginleştirilmesinin etkinliğinin değerlendirilmesi ve karşılaştırılmasının yapılmasıdır. Tarım ve Orman Bakanlığına bağlı 2 farklı Araştırma Enstitüsü tarafından son yıllarda geliştirilmiş 1 adet kavuzsuz arpa ve 1 adet kavuzsuz yulaf çeşidinden elde edilerek tam tane unu kullanımı ile β- glukan ve diğer bazı besin ögelerince zengin ve son ürün özellikleri uygun ekmeklerin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Son yıllarda bu iki kavuzsuz tahılın başta β-glukan olmak üzere beslenme ve ürün özellikleri üzerine etkinlikleri konusunda bilimsel sonuçlar ile ortaya koyulmadan birbirine üstünlükleri konusunda değerlendirme ve yorumlar yapılmaktadır. Çalışmamızda zenginleştirme amacıyla önemli bir potansiyele sahip olan bu iki tahılın bazı beslenme ve son ürün özellikleri bakımından etkinliklerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında ekmeğin kavuzsuz arpa ve yulaf tam tane unu ile zenginleştirilmesi ile bazı besin ögeleri ve ürün özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla ekmek üretiminde ticari olarak kullanılan unlara tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu % 0, 25, 50, 75, 100 oranında katılmıştır. Unların teknolojik, gluten ve hamur kalite özellikleri ortaya koyulmuştur. Un karışımlarında ve laboratuvar tipi ekmek pişirme makinesi ile pişirilerek elde edilen ekmeklerde, β-glukan, diyet lifi, fenolik madde, antioksidan aktivite içerikleri üzerine etkinlikleri karşılaştırılmıştır. Duyusal değerlendirme de yapılarak elde edilen ekmeklerin kabul edilebilirliği kıyaslanmıştır. Çalışma sonuçlarının iki kavuzsuz tahılın ekmek üretiminde beslenme ve proses özellikleri bakımından karşılaştırılmasının yapılmasının yanında, son yıllarda üzerinde önemle durulmaya başlanılan bu iki tahılın tüketimlerinin yaygınlaşmasını sağlayarak günlük tüketimde daha sağlıklı beslenmeye önemli katkılar sağlama potansiyeli olacaktır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Arpa (***Hordeum volgare L.***), Hordeum familyasından yıllık bir bitkidir. Bir tanesi yaklaşık 8-12 mm uzunluk, 3-4 mm genişlik ve 2-3 mm kalınlıktadır. Başakları ortalama 8-15 cm boyunda olup 2, 4, 6 sıralı çeşitleri bulunmaktadır (Şekil 2. 1) (Anon., 2017a).



Şekil 2. 1. Arpa başağı



Şekil 2. 2. Kavuzlu arpa taneleri



Şekil 2. 3. Kavuzsuz arpa taneleri

Arpa, tahıl ürünlerinin en eskileri arasındadır. Arkeolojik çalışmalar M.Ö. 8000 yılında İran' da arpa yetiştirildiğini ortaya çıkarmıştır. Diğer kanıtlar arpada esas bugün olan formun, Mısır' ın Nil Nehri vadisinde en az 17000 yıl önce kullanıldığını göstermektedir. Arpa, geniş çapta adapte edilmiş bir mahsuldür ve diğer tahıllardan daha geniş çevre koşullarında büyüyebilmektedir. Bir arpa tanesi genel olarak bir karyopsis ile ona dıştan yapışık olan iç kavuz, kapçık ve başakçık ekseni kalıntısından oluşur. Karyopsis en dışta meyve kabuğu (pericarp) ve onun altında tohum kabuğu (testa) ile bunlar tarafından çepeçevre sarılan besi doku (endosperm) ve embriyoyu kapsar. Dünyada ve Türkiyede serin iklim tahılları içerisinde ekiliş ve üretim açısından buğdaydan sonra 2. sırayı alan tahıldır. Tane bileşimi ve kalitesi, sıcaklık, gün uzunluğu, su kaynağı ve toprak minerallerinin mevcudiyeti gibi değişkenleri içeren çevresel koşullardan etkilenmektedir (Jadhav vd., 1998). Arpa, başlıca bileşenleri olarak nişasta, protein, nişasta olmayan polisakkaritler ve lipitler içerir (MacGregor, 1993). Nişasta olmayan polisakkaritlerin arasında selüloz, β-glukan ve hemiselüloz bulunur. Arpa taneleri bir eksenin çevresinde başak oluşturacak şekilde dizilmiş olup bu tohumlardan herbini saran zarsı kılıflara kavuz denir. Kavuzlu arpalarda, tohum kabuğu ve kavuz taneye yapışmış halde bulunmaktadır (Şekil 2.2) (Anon., 2017b). Tanenin dolum süresinin sonlarına doğru oluşan ve kabuk ile kavuz arasında yapıştırıcı etkisi olan bazı maddeler kavuzun ayrılmasına engel olmakta, hasat sonrası ve harman esnasında kavuz ile kabuk birbirine yapışık kalmaktadır. Kavuzsuz arpada ise kavuz, harman sırasında taneden kolaylıkla ayrılabilmektedir (Şekil 2.3) (TARM, 2014). Kavuzsuzluk arpada 7H kromozomunun uzun kolu üzerinde bulunan tek bir genle resesif ''nud'' geni ile kontrol edilmektedir (Balcı vd., 2018). Kullanım sırasında kavuz ayırma işleminin bulunmaması kavuzsuz arpanın değerini arttırmaktadır. Kavuzsuz arpa tanesinde bulunan bazı bileşenlerin içerikleri Çizelge 2.1' de verilmiştir (Çalışkan vd. 2019).

Çizelge 2.1. Kavuzsuz arpa tanesinin bileşimi

Bileşen	İçerik (% k.m)
Nişasta	60-64
Arabinoksilanlar	4,4-7,8
β-glukan	3,6-6,1
Selüloz	1,4-5,0
Basit karbonhidratlar	0,41-2,9
Protein	8-15
Yağ	2-3
Mineraller	2-3

Yulaf (***Avena sativa L.***), buğday ve arpaya göre yeni bir kültür bitkisidir. Ortalama 15-25 cm uzunluk ve 1-1,2 cm genişliğindedir. Tanesi uzun şekillidir (Şekil 2.4) (Anon., 2023a).



Şekil 2. 4. Yulaf başağı



Şekil 2. 5. Kavuzsuz yulaf taneleri

Arkeologlar tarafından bir tahıl yiyeceği olarak Orta Doğu ve özellikle Akdeniz Bölgesinde M.Ö. 2000' lerde kullanıldığı iddia edilirken farklı kaynaklarda da ilk kez Mısır' da kullanıldığı belirtilmektedir (Saran, 2014). Günümüzde de insan beslenmesinde kullanılan; ancak yavan tadı ve bozulmaya yatkınlığı nedeniyle de daha az tercih sebebi olan bir yıllık bitkidir. Yulaf unu; ezmesi, gevreği ve çorbası ile bisküvi, bebek maması yapımında kullanılmaktadır (Özcan vd., 2006).

Yulaf tahılının kabuğu tohumunun yaklaşık % 25-30' unu oluşturur. Kavuzlu tahıl çeşitleri diğerlerine göre yaklaşık 2,5 kat daha fazla ham selüloz içerir. Protein oranları ise

düşüktür. Tane kavuzdan ayrıldıktan sonraki süreçte yulafta protein miktarı daha fazladır (Yaver ve Ertaş, 2013). Yulaf, çözünür lifler, proteinler, doymamış yağlar, vitaminler ve fitokimyasallar gibi değerli besin maddelerini yüksek miktarda içermektedir (Flander vd., 2007). Yulafta protein miktarı % 12,4-24,4 arasında değişmekte olup protein yulafın kepek kısmında daha fazla bulunmaktadır (Robbins vd., 1971). Protein içeriği yulafın çeşidi ve yetiştirildiği bölge ve şartlara göre değişmektedir.

Çizelge 2.2. Kavuzsuz yulaf tanesinin bileşimi

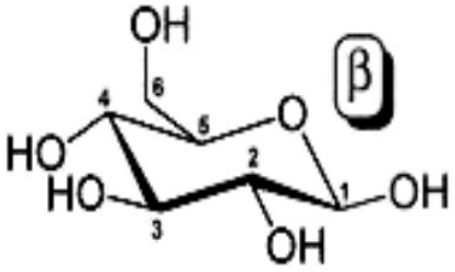
Bileşen	İçerik (%, k.m)
Nişasta	60-75
Toplam Diyet Lifi	11-13
β-glukan	4-7
Karbonhidrat	63-67
Protein	12-17
Yağ	5-7
Mineraller	2-3

Yulaf, insan beslenmesinde kullanılan kavuzlu ve kavuzsuz çeşitleri olan bir tahıldır (Batalova ve Lisitsyn, 2016). Kavuzlu yulafların insan beslenmesinde kullanılmadan önce kavuzlarından ayrılması gerekmektedir (Şekil 2.5) (Anon., 2016). Bu sebeple kavuzsuz yulaflar kavuzlu yulaflardan avantajlıdır. Ayrıca kavuzsuz yulaflar kavuzlu yulaflara oranla daha yüksek protein, enerji, nişasta, β-glukan, yağ ve biyoaktif bileşenlere sahipken daha az oranda lif içeriği (selüloz) bulundururlar (Biel vd., 2009). Sağlık üzerine olumlu etkisi olan β-glukan yulafta % 2-8 arasında değişir (Xu vd., 2021). Kavuzsuz yulaf tanesinin bileşimi Çizelge 2.2.' de verilmiştir (Anon., 2009).

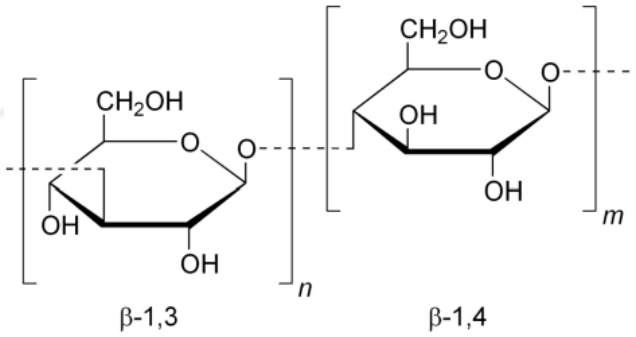
Hem yulaf hem de arpa, çözünür lif (1-3) (1-4) β-glukan açısından zengindir. Klinik deneylerde LDL kolesterolü düşürdüğü ve kardiyovasküler hastalık riskini azalttığı gösterilmiştir ve şu anda Avrupa Gıda Standartları Ajansı da dahil olmak üzere dünya çapında birçok onaylı sağlık beyanına sahiptir (EFSA, 2006).

B-glukan bazı bakteri, mantar ve maya gibi mikroogranizmalar ile yulafta aleuron tabakasının hemen altında, arpanın endosperm kısmında, bitkilerde selülozda bulunan β-glikozidik bağlarla birbirine bağlanmış D-glukoz monomerlerinden oluşan ve nişasta olmayan polisakkarittir (Şekil 2.6) (Anon., 2022) (Karaçil ve Akbulut 2013; Şimşekli ve

Doğan, 2015). Arpa ve yulaf hücre duvarlarındaki β-glukanlar dalsız 1,3 ve 1,4-β bağlı glikopiranosil halkalarından, bakteri kaynaklı β-glukanlar ise dalsız 1,3-β bağlı glikopiranosil halkalarından oluşurlar (Şekil 2.7) (Şimşekli ve Doğan 2015) (Keser ve Bilal, 2008). Yulaf, arpa, çavdar ve buğdayın β-glukan içeriklerinin sırasıyla % 3-7, % 3-11, % 1-2 ve % 1 olduğu belirtilmektedir. Nişasta olmayan polisakkaritlerin sınıflandırılmamış bir kolunu oluşturan β-glukan, sırayla yaklaşık olarak %30 oranında β (1→3) ve %70 oranında β (1→4) bağlarını içeren β-D-glukopiranosilden meydana gelmektedir (Özcan vd., 2013). Molekül dizilişindeki farklılıklar β-glukanların etkinliğini belirleyen faktörlerden biridir. Polisakkarit zincir yapısındaki glikozidik bağların pozisyonuna göre isimlendirilirler.



Şekil 2. 6. β-glukoz molekül dizilişi



Şekil 2. 7. Tahıl β-glukanının kimyasal yapısı

Gıdalarda doğal olarak bulunmalarının yanı sıra çeşitli besinlerden izole edilip gıda formülasyonlarına eklenerek gıdalara tekstür kazandırma, jelleştirme, emülsifiye ve stabilize etme etkileri vardır (Aktaş Akyıldız vd., 2018).

Tahıllarda bulunan β-glukan oranları; hasat öncesi ve sonrası işlemler, yetiştirme koşulları, genetik özellikler ve çevresel faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Bazı tahıllarda bulunan β-glukan oranları Çizelge 2.3' te verilmiştir (Şimşekli ve Doğan, 2015).

Çizelge 2.3. Bazı tahıllarda bulunan β-glukan oranları

Tahıl çeşidi	β-glukan oranı (%, k.m)
Buğday	0,5-3,8
Pirinç	1,0-3,5
Yulaf	5,5-11,0
Arpa	3,0-10,6

β-glukan suda çözünebilirlikleri bakımından suda çözünebilen ve çözünemeyenler olmak üzere 2 şekilde sınıflandırılır. Arpa ve yulaftan elde edilenler suda çözünebilirken, ekmek mayası ve mantardan elde edilenler suda çözünememektedirler. Suda çözünemeyenler bağışıklı sistemi üzerinde faydalı iken; suda çözünebilenler, bağışıklık sistemindeki olumlu etkilerinin yanında sindirim sisteminde oluşturduğu jel kıvamındaki yapı ile kolesterol ve kan şekerini olumlu yönde etkileyerek kalp hastalığı riskini azaltılmasında rol oynar (Şimşekli ve Doğan, 2015).

Yulaf ürünleri tüketilmesinin düşük serum kolesterol seviyeleri, glikoz alımının azaltılması, plazma insülin cevabının azaltılması ve uzamış tokluk ile kilo kontrolü sağladığı tespit edilmiştir. Yulafın bu fizyolojik etkilerinin çoğunlukla yapısında bulunan β-glukanın gastrointestinal sistemde neden olduğu viskozite artışına dayandılır (Liu, 2010).

β-glukan düşük konsantrasyonlarda bile vizkozdur. İnsanların ince bağırsaklarına β-glukanlar bozulmadan ulaşabildiklerinden (memeli enzimleri hidrolize edemediğinden) bağırsaklardaki viskoziteyi arttırırlar. β-glukanın viskozitesi, molekül ağırlığı, çözünürlüğü ve konsantrasyonuna bağlıdır. Molekül ağırlığı azaldığında viskozite ve dolayısıyla da β-glukanın etkinliği azalır (Lyly, 2006; Daou ve Zhang, 2012).

β-glukanın taksolü indükleyerek karaciğer hasarını önlediği ve vücuttaki hasarlı dokuların iyileşmesine yardımcı olduğu belirtilmiştir (Karaduman, 2010).

EFSA (Avrupa Birliği Gıda Güvenliği Otoritesi), kanda kolesterolün normal seviyede tutulması ve normal vücut ağırlığı için bir ya da birden fazla porsiyonda arpa, arpa kepeği, yulaf, yulaf kepeği ya da işlenmemiş(ya da en az seviyede işlenmiş) β-glukanın en az 3g/gün olmasının gerektiğini belirtmiştir (Anon, 2023b).

Türk Gıda Kodeksi Beslenme ve Sağlık Beyanları Yönetmeliğine göre; yüksek kolesterolün koroner kalp hastalıklarının gelişiminde bir risk faktörü olduğu, arpa ve yulaf β-glukanlarının ise kan kolesterol düzeyini azaltıcı etkisi olduğu belirtilmiştir. Ayrıca aynı yönetmelikte, "tüketiciye faydalı etkinin günde 3 g arpa veya yulaf β-glukanı alındığında sağlanacağı ve gıdanın bir porsiyonunun en az 1 g arpa veya yulaf β-glukanı içermesi gerektiği'' ibaresi yer almaktadır (Anon, 2010).

Yumuşak bir doku ve uygun sindirim özelliklerine sahip ekmek, dünya çapında tüketiciler tarafından geniş çapta kabul görmüş bir temel gıda maddesidir. Piyasada pek çok ekmek çeşidi olmasına rağmen, hammadde çoğunlukta tektir ve buğday unudur. Bununla birlikte, buğday ekmeği, eksik besin maddeleri ve yüksek glisemik indeks (GI) değeri içerir. Bu durum, şeker hastası ve kilo problemi olan kişiler için risk teşkil etmektedir (Wilcox vd., 2021). Ekmeğin besin değerini arttırmak için ekmeğe yüksek besin maddeleri içeren tahıl ikameleri daha popüler hale gelmiştir. Zengin besin maddeleri içeren tahıl ürünü ikamesi yalnızca gıda kalitesi arayışını karşılamakla kalmamış sağlık üzerine de olumlu etkiler sağladığı yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (Cao vd., 2023).

Buğday ununa farklı oranlarda β-glukan ilavesiyle üretilen ekmeklerde, β-glukanın ekmeklerin fiziksel özelliklerine etkisi incelenmiş, β-glukan miktarı arttıkça kabuk renginde koyulaşma, ekmek sertliğinde artış ve hamur hacmi ile ekmek çapında azalma gözlemlenirken bıçak açma özelliğinde değişiklik olmadığı belirtilmiştir (Ahmad vd., 2008; Moriartey vd., 2010).

Blandino vd. (2015), tarafından yapılan bir araştırmada kavuzsuz arpa ile zenginleştirilmiş ekmeklerin diyet lif ve β-glukan miktarının önemli düzeyde arttığı, tekstür ve ekmek hacminin ise olumsuz etkilendiği belirtilmiştir. % 10 kavuzsuz arpa katkılı ekmeklerin hacim ve tekstürel özelliklerinin kontrol örneği ile benzer sonuçlar verdiği ifade edilmiştir.

Yılmaz (2022), Yalın ve Özen kavuzsuz arpa unlarını buğday unlarına % 10, 20, 30 oranlarında ikame ederek ürettiği ekmek ve bisküvilerde tam tane unu ilavesiyle ekmek örneklerinin ağırlık, yükseklik ve tekstürel analiz, bisküvi örneklerinin ise kalınlık, genişlik, uzunluk ve nem değerlerinde istatistiksel olarak önemli farklılıklar olduğunu saptamıştır. Arpa unu ilavesinin ekmek ve bisküvi örneklerinin sertklik değerini arttırdığını belirtmiştir.

Buğday ununa % 50 oranında kavuzsuz arpa unu ilavesiyle tortilla ve pita ekmeği üretilmiştir. Kavuzsuz arpalı tortilla ekmeğinin kontrol ekmeğinden daha koyu renkte olduğu ve ilk gün sonunda aynı yuvarlanabilme özelliği gösterdiği, 3. gün sonunda yuvarlanabilme özelliğinin olumsuz olarak etkilendiği görülmüştür. Sonuç olarak, tam kavuzsuz arpa unundan üretilen tortillaların daha iyi aroma ve görünüşte olduğu, yapı olarak ise zayıf özellik gösterdiği tespit edilmiştir. Kavuzsuz arpadan üretilen pita ekmekleri kontrol ekmeğiyle kıyaslandığında iyi bir aroma ile ekmek içi yapısına sahip ve renginin daha koyu olduğu görülmüştür (Malcolmson, 2014).

Yapılan başka bir çalışmada buğday ununa % 20 oranında kavuzsuz arpa unu ilavesi elde edilmiş krakerler kontrol örneği ile kıyaslandığında renk ve görünüşün olumsuz yönde, aroma ve gevreklik açısından ise bir farklılık olmadığı belirtilmiştir (Malcolmson 2014).

Özer (2019), Yalın ve Özen kavuzsuz arpa çeşitlerinden elde ettiği mikrofludize edilmiş ve edilmemiş tam tane unları bisküvilik buğday unlarına % 0, 25, 50, 75, 100 oranlarında ilave ederek ürettiği bisküvilerin fonksiyonel ve duyusal özellikleri ile teknolojik kalitelerini incelemiştir. Bisküvi örneklerinin fenolik madde, antioksidan içeriği, diyet lifi, β-glukan ve fosfor miktarı, mikrofludize edilmiş ve edilmemiş kavuzsuz tam arpa unu ilave oranına bağlı olarak arttığı, % 100 mikrofludize kavuzsuz tam arpa unundan yapılan bisküvilerde söz konusu değerlerin en yüksek olduğu ve mikrofludize kavuzsuz arpa unu katkılı örneklerin fonksiyonel özelliklerindeki iyileşmenin daha belirgin olduğu saptanmıştır. Bisküvilerin a* (kırmızılık) değerinin ilave oranına bağlı olarak kavuzsuz tam arpa ununda arttığı, mikrofludize kavuzsuz tam arpa ununda azaldığı, L* (parlaklık) ve b* (sarılık) değerlerinin ise her iki arpa unu ilavesinde de azaldığı belirlenmiştir. Kavuzsuz arpa unu katkısı, yine katma oranına bağlı olarak bisküvilerin duyusal özelliklerini olumsuz etkilemiştir. Olumsuz etkiler mikrofludize kavuzsuz arpa unu katkılı bisküvilerde daha fazla gözlenmiştir.

Buğday ununa farklı oranlarda kavuzsuz arpa unu katılmasıyla yapılan bir çalışmada ekmeklerin β-glukan içeriğinin katma oranı arttıkça artış gösterdiği ancak ekmek hacminin azaldığı ve bu azalmanın % 30 kavuzsuz arpa içeren örneklerde önemli olduğu belirtilmiştir (Golzari, 2015).

Elçi (2022), buğday ununa % 0, 20, 40, 60, 80, 100 oranlarında arpa unu ekleyerek ürettiği Şanlıurfa yöresine özgü açık ekmeğin fiziksel, kimyasal ve duyusal özelliklerini incelemiştir. Arpa unu ilave oranı arttıkça örneklerin protein, kül, besinsel lif, fitik asit, fenolik madde içerikleri, nem miktarları ve a* ile b* renk değerlerinde artış, L* değerinde düşüş olduğunu saptamıştır. Duyusal analizde ise yüzey özelliği ve şeklin % 60' ın üzerinde arpa unu ilavesiyle, rengin de %80 üzerinde arpa unu ilavesiyle beğeni sınırlarının altında kaldığını belirtmiştir.

Yüksek β-glukan içeren tarhana üretimi için kavuzsuz arpa kullanılmış ve fermantasyon sırasında β-glukan içeriğinde bir miktar azalma olduğu görülmüştür (Erkan vd. 2006).

Buğday hamuru ile hazırlanan yufka hamuruna %10, 20, 30, 40 oranlarında kavuzsuz arpa ve % 5, 10, 15 oranlarında buğday kepeği ilave edilmesi ile arpa unu ve kepek eklenmesi durumundaki değişimlerin benzer olduğu ve bütün yufka örneklerinin kabul edilebilir duyusal formda olduğu belirtilmiştir. Kepek ilave edilen yufka ekmeği örneklerinde kavuzsuz arpaya kıyasla L* (parlaklık) değerinin düşük, a* (kırmızılık) ve b* (sarılık) değerlerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir (Basman ve Köksel, 2001).

Buğday ekmeğinin işlenmesinde yulaf unu ikamesinin ekmeğin dokusunu bozmasının engellenmesi üzerine odaklanılan bir çalışmada, filizlenmiş yulaf ununun 120 saate kadar filizlendirilerek buğday ununa ikamesi ile ekmek üretilmiştir. β-glukan oranının düştüğü, fenolik bileşik oranının ise 120 saatlik filizlenme sonrası neredeyse 3 kat arttığı tespit edilmiştir. Filizlenmemiş yulaf unu içeren buğday ekmeği ile karşılaştırıldığında, filizlenmiş yulaf unu içeren buğday ekmeğinin daha düşük sertlik, çiğnenebilirlik ve yapışkanlığa sahip olduğu belirtilmiştir (Cao vd., 2023).

Yapılan bir çalışmada, buğday ununa % 4, 8, 12, 16, 20 iki farklı partikül irliğinde (75 ve 150 mikron) yulaf lif tozu eklenmiştir. Lif ilavesi ile hamur elastikiyeti kontrole göre artmıştır. Yulaf unu ilavesi ile ürün sertliği artmıştır. Daha ince partikül iriliğinde (75 mikron) son ürüne daha benzer reolojik ve renk özellikleri elde edilmiştir (Kurek, 2016).

Kurek vd. (2018), farklı β-glukan ön hazırlama işlemlerinin ekmeğin özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Hidratlı veya kuru β-glukan preparatları içeren ekmekler, kontrole göre daha düşük özgül hacim değerleri vermiştir. En sert ekmek, hidratlanmış ve harmanlanmış β-glukan preparatının eklenmesiyle elde edilirken en az sertlik, dondurulmuş ve harmanlanmış preparatın uygulanmasından sonra elde edilmiştir.

Kalinga ve Mishra (2009), yulaf β-glukanının keklerde yağ ikamesi olarak kullanılabileceğini bulmuştur. İlave miktarının artmasıyla kekin özgül hacmi azalır, sertlik artar, kek kabuğunun rengi daha parlak, kek çekirdeğinin rengi koyulaşır. Yulaf β-glukanının eriştelere eklenmesi, su emilimini, pişirme ağırlığını ve hacmini arttırır, ancak aşırı yulaf β-glukanı, eriştelerin sertliği, yüzey düzgünlüğü, elastikiyeti, aroması ve tüketici tarafından kabul edilebilirliği üzerinde olumsuz etkilere sahiptir (Lee vd., 2014).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Proje çalışma kapsamında ekmek üretiminde kullanılan yulaf unu Yazır Yulaf çeşidi Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (GKTAEM)' nden, arpa unu Yalın Arpa çeşidi Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (BDUTAEM)' nden sağlanmış ve Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Kalite ve Teknoloji Laboratuvarı' nda Retsch ZM200 değirmeni (Retsch Haan, Germany) ile 0,5 mm partikül iriliğinde öğütülerek tam tane unları elde edilmiştir. Ekmeklik ticari buğday unu ise bir işletmenin (Mis Fırın) üretiminde kullandığı undan temin edilmiştir.

Ekmeklik ticari buğday kontrol ununa % 0, 25, 50, 75, 100 oranında kavuzsuz arpa ve % 0, 25, 50,75, 100 kavuzsuz yulaf ikame edilerek kullanılacak numuneler hazırlanmıştır. Kontrol unu, 4 ikame oranı ve 2 tahıl çeşidi olmak üzere toplam 9 adet numune oluşturulmuştur. Unların homojen bir şekilde karışması amacıyla mutfak tipi hamur yoğurma makinesinde (KitchenAid, 5KSM45, Benton Harbor, MI, ABD) 5 dk karıştırma işlemi yapılmıştır. Un ve ekmek analizleri için hazırlanan numuneler yaklaşık 15±2°C depoda, doğrudan ışık almayan bir ortamda ağzı kapalı plastik kaplarda muhafaza edilmiştir. Bulgular ve tartışmalar bölümünde yer alan tablolarda kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarından ‘’Un çeşidi’’ olarak bahsedilecektir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Un Analizleri

3.2.1.1. Renk analizi

Unların L* (parlaklık), a* (+kırmızı/-yeşil) ve b* (+sarı/-mavi) değerleri Hunterlab MiniScan(XE Plus, ABD) renk tayin cihazı ile belirlenmiştir.

3.2.1.2. Rutubet miktarı

135°C' de kurutularak sabit ağırlığa getirilmiş ve desikatörde soğutulup darası alınmış kurutma kaplarına yaklaşık 5 g örnek tartılmış, örnekler etüve (Daihan Wiseven) kapakları açık şekilde yerleştirilmiş ve 135° C' de sabit ağırlığa gelinceye kadar (yaklaşık 2 saat) kurutulmuştur. Sürenin sonuna kadar kapaklar kapalı olarak desikatöre yerleştirilmiş, soğutularak tartılmıştır.

$$\%\, Rutubet = 100\ x\ \frac{(\text{örneğin başlangıçtaki ağırlığı}, g - \text{örneğin kuru ağırlığı}, g)}{(\text{örneğin başlangıçtaki ağırlığı}, g)}$$

3.2.1.3. Su aktivitesi

Su Aktivitesi Tayin Cihazı (Novasina Labmaster-aw manual, Lachen, İsviçre) kullanılarak ölçüm yapılmıştır. Denge sıcaklığı 20 +/- 1 ^{0}C olarak seçilmiştir.

3.2.1.4. Kül miktarı

AACCI Metot No: 08.01'e (AACCI,2010) e göre belirlenmiştir. Yakma işlemi yüksek sıcaklık değerlerine dayanabilen Kül Fırını (Labcompanion) lie gerçekleştirilmiştir. Daha önce 550 °C'de kurutulup (yaklaşık 30 dk) sabit ağırlığa getirilmiş, desikatörde soğutulup darası alınmış yakma krozelerine yaklaşık 5 g (0,1 mg hassasiyetle) örnek tartılmıştır. Örnekler sıcaklığı 550 °C'ye getirilmiş kül fırını kapağı üzerine yerleştirilerek 1-2 ml etil alkol ilave edilip ön yakma işlemine tabi tutulmuştur. Ön yakma işleminden sonra krozeler fırına yerleştirilip yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Külün rengi açık gri olana kadar yakma işlemine devam edilmiştir. Yakma işlemi sonunda krozeler önce 1-2 dk amyant levha üzerinde bekletilmiş, desikatörde soğutulup tartılmıştır.

$$\%\, Kül = 100\ x\ \frac{\big((Kül + Kroze\ ağırlığı, g) - (Kroze\ ağırlığı, g)\big)x\ 100}{Örnek\ miktarı\ x\ (100 - Örnek\ rutubeti, \%)}$$

3.2.1.5. Protein oranı

Dumas yakma yöntemiyle AACC Metot 46-30 (AACCI,2010) göre çalışan azot (N) analizatörü (LECO FP628) kullanılarak ölçülmüş ve N X 5,7 faktörü kullanılarak hesaplanmış sonuçlar kuru madde üzerinden verilmiştir.

3.2.1.6. Glutenin şişme indeksi

Wang ve Kovacs (2002)'ye göre yapılmıştır. Öncelikle izopropanol-laktik asit çözeltisi hazırlanmış (AACC 56-60), bunun için hazırlanan % 25'lik laktik asit solüsyonundan 45 ml alınıp 50 ml izopropanol ilavesi sonrası 250 ml' ye hacim tamamlanmıştır. 2 ml santrfiüj tüpüne 40 mg un tartılıp üzerine 0,8 ml saf su ilave edilerek 5 s vortekslenmiştir. Termomikserde 1400 rpm' de, 25°C' de, 10 dk bekletilmiştir. Üzerine 0.4 ml izopropanol-laktik asit çözeltisi ilave edilerek tekrar 5 s vortekslenmiştir. Tekrar termomikserde 1400 rpm' de, 25 °C' de, 10 dk bekletilmiştir. 100 *x* g' de 5 dk santrifüjlenip daha sonra çözelti dökülüp tüpün üst kısmı kağıt havlu ile silindikten sonra tartılmıştır.

$$\%\, GSI = \frac{Tüp + Kalıntı\ ağırlığı - Boş\ tüp\ ağırlığı}{Un\ ağırlığı}\, x\, \frac{100-14}{100-Un\ rutubeti,}$$

3.2.1.7. Sedimantasyon değeri

Williams vd. (1986)'de beliritilen metoda göre 100 ml standart test tüpleri kullanılarak belirlenmiştir. Un örneğinden 3,0 g tartılmış 100 ml' lik ağzı kapaklı ölçü silindirine konulmuştur. Üzerine bromfenol mavisi çözeltisinden 50 ml ilave edilerek kapağı kapatılmış yatay olarak 5 sn içinde 12 kere çalkalanarak un ile çözeltinin iyice karışması sağlanarak ve sedimantasyon sallama cihazında 5 dk çalkalanmıştır. 5 dk sonunda üzerine 50 ml sodyum dodesil sülfat -laktik asit çözeltisinden ilave edilip tekrar 5 dk daha mekanik çalkalayıcı da çalkalanmış, düz bir yüzeyde 5 dk bekletildikten sonra dibe çöken miktar ölçü silindirinden okunmuştur.

3.2.1.8. Laktik asit, su, sakkaroz, sodyum karbonat solvent tutma kapasitesi

Guzman vd. (2015)' e göre ve Karaduman (2020)' de çalışılan metoda göre yapılmıştır. Çalışmada sodyum karbonat (% 5, w/v), laktik asit (% 5, v/v), sakkaroz (% 50, w/v) ve saf su solvent olarak kullanılmıştır. Buna göre 2 ml santrifüj tüplerine 0,3000 g un tartılmış ve üzerine her bir solventten ilave edilmiştir. Vortekste homojen bir karıştırma sonrası hızlıca termomiksere konularak 1400 rpm' de, 25 °C' de, 5 dk bekletilmiştir. Daha sonra tüp içeriği 4000 *x* g' de 2 dk santrifüj edilmiştir. Solvent içeriği döküldükten sonra 45 derece açı ile oda sıcaklığında 10 dk bekletilip tüplerin üst kısmı kağıt havlu ile silindikten sonra tüp ve kalıntı tartılmıştır. Sonuçlar aşağıdaki formülle % 14 rutubete göre düzeltme yapılarak verilecektir.

$$\%\, STK = \frac{Tüp + Kalıntı\ ağırlığı - Boş\ tüp\ ağırlığı}{Un\ ağırlığı}\, x\, \frac{100-14}{100-Un\ rutubeti,\%} - 1\ x\ 100$$

3.2.1.9. Toplam antioksidan aktivite tayini

Brand vd. (1995), tarafından önerilen metoda göre, 2,2-diphenyl-1- picrylhydrazyl (DPPH) kullanılarak ve sonuçlar troloks kalibrasyon grafiği çizilerek hesaplanmıştır. Standart olarak 50, 100, 200, 300, 400, 500 ppm µmol Troloks standardı (metanolde) hazırlanmıştır. Ekstraksiyon amacıyla 0.25 g un örneği tartılmış ve % 50'lik etanolden 5 ml ilave edilerek 1.5 saaat çalkalayıcıda çalkalanmıştır. 500 g' de 7 dk santrfifüj edilerek süzüntü alınmıştır. Aynı işlem bir kez daha tekrar edilip iki süzüntü birleştirilmiştir. Analiz için örnekten 100 µl alınarak 2 ml DPPH ilave edilmiştir. 30 dk karanlıkta bekletilmiştir. 515 nm de kör boş küvet olacak şekildetermoplaka okuyucuda okunmuştur.

3.2.1.10. Toplam fenolik madde miktarı

Toplam fenolik madde miktarları Xu vd. (2009), tarafından bildirilen metoda göre belirlenmiştir.. Toplam antioksidan aktivite metodundaki gibi ekstraksiyon yapılmıştır. Gallik asit standardı kullanılarak sonuçlar mg GAE/100 g gallik asit cinsinden ifade edilmiştir. Örnekten 500 µL alınmış 2,5 ml saf su ilave edilmiştir. 500 µL folin ciocolteu eklenerek 30 dk karanlıkta bekletilmiştir. Üzerine 1.5 ml sodyum karbonat (% 7,5'lik) ilave

edilerek saf su ile 10 ml' ye tamamlanmıştır. 30 dk daha oda sıcaklığında karanlıkta bekletilerek 400 rpm' de 5 dk santrifüj edilip 760 nm' de kör metanol olacak şekilde termoplaka okuyucuda okunmuştur. Gallik asit standart olarak kullanılmış olup tüm işlemler standartlar içinde yapılmıştır. Standart olarak 50, 100, 150, 200, 250 ppm gallik asit standardı hazırlanmıştır.

3.2.1.11. β-glukan miktarı

β-glukan içeriği modifiye AOAC Method 995.16' ya göre Megazyme (Bray, County Wicklow, Ireland) enzimatik kiti kullanılarak belirlenmiştir. 0.1 g un tartılıp üzerine 0,2 ml etanol eklenmiştir. Buffer 1 (sodyum fosfat tamponu pH. 6.5, 20 μM) eklenip (4 ml) vortekslenip 100 °C' de 1 dk inkube edilmiştir. 2 dk vortekslenip tekrar 2 dk daha 100 °C' de inkübe edilmiştir. 5 dk bekletme sonrası, 0.2 ml likenaz koyularak tekrar vortekslenip 1 saat 50 °C' de bekletilmiş 15 dk da bir vorteksleme işlemi yapılmıştır. Buffer 2 (sodyum asetat tamponu pH 4.0 200 μM) eklenip (5 ml) eklenip vortekslenip 5 dk oda sıcaklığında bekletilmiştir. Süre sonunda 2 ml ependorf tüpüne aktarılıp 10.000 rpm' de 5 dk santrifüj edilmiştir. Süpernatant kısmından 3 ayrı 16'lık tüplere (K, A, B) 0,1 ml aktarılıp A ve B tüplerine β-glukozidaz ve K tüpüne buffer 3 (sodyum asetat tamponu pH 4.0, 50 μM) eklenerek 10 dk 50 °C' de inkube edilmiştir. 0,1 ml standart 0,1 ml Buffer 3 eklenmiştir. Referans blank'e 0,1 ml su + 0,1 ml Buffer 3 eklenmiştir. Tüm örneklere 3 ml GOPOD da eklenerek vortekslenip 20 dk 50 °C' de inkübe edilmiş 510 nm' de termoplaka okuyucu absorbans ölçülmüştür.

3.2.1.12. GlutoPik analizi

Brabender Glutopik cihazında yapılmıştır (Brabender GmbH and Co KG, Duisburg, Germany). Analizde 9 g un ve 9 g 0,5 M hızlı un kontrol metodu kullanılmış: analiz 34 °C sabit sıcaklık ve 1900 rpm sabit karıştırma hızında 3 dakikada tamamlanmıştır. Pik maksimum zaman (PMT), maksimum tork (BEM), maksimum torktan 15 s önceki tork (AM), maksimum torktan 15 s sonraki tork (PM) elde edilmiştir (Karaduman vd., 2020).

3.2.1.13. Alveograf analizi

Hamur reolojik özellikleri Alveo-link (Chopin Technologies France) kullanılarak American Association of Cereal Chemist International (AACCI) method 54.30.02 (AACCI, 2010) modifiye edilmiş şekilde yapılmıştır. Analizde 60 g un kullanılmış ve unlara verilecek su miktarı International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT) tarafından un rutubeti, protein oranı ve solvent tutma kapasitesi laktik asit, su, sakkaroz ve sodyum karbonat kullanılarak geliştirilen (Guzman vd., 2015) ve Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (GkTAEM)'nde uzun yıllardır ölçülen değerlere göre geliştirilen denklemle belirlenmiştir. Hamur eldesinde 60 g' lık tek bıçaklı mikser (Bastak Instruments) kullanılmış, 25 °C su verildikten sonra 1. ve 2. dakikalarda mikser durdurularak kenara yapışan hamur karıştırılmıştır. Toplam 8 dk yoğurmanın ardından hamur dikkatli bir şekilde içe doğru katlanıp kenarlar ve uç kısımları da içe doğru getirilmiştir. Hamur şekillendiricide cihazın standart kalıbına uygun kalınlıkta açılıp standart hamur kesme cihazında kesilmiştir. 20 dk dinlendirilen hamurlara Alveo-AH testi uygulanmıştır. Direnç (T), uzama kabiliyeti (A), enerji (Fb) ve elastikiyet indeksi (Ex) değerleri belirlenmiştir.

3.2.2. Laboratuvar tipi ekmeklerin eldesi

Ekmeklerin üretilmesinde AACC Metot No:10-10A (AACCI, 2010) modifiye edilerek uygulanmıştır (Katina, 2005; Rieder vd., 2012; Chinma vd., 2016; Yu vd., 2018). Hamur formülü 100 g un (%14 k.m.), tuz çözeltisi, yaş maya çözeltisinden oluşmaktadır. Yaş maya çözeltisi: % 8'lik hazırlanmıştır ve 25 ml, 100 g un için ilave edilmiştir. Tuz + şeker çözeltisi % 4 tuz ve % 3 şeker taşımaktadır ve 25 ml, 100 g un için ilave edilmiştir. Una verilecek ilave su miktarı toplam 47 ml su yaş maya ve tuz + şeker çözeltilerinden geldiği göz önüne alınarak International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT) tarafından un rutubeti, protein oranı ve solvent tutma kapasitesi laktik asit, su, sakkaroz ve sodyum karbonat kullanılarak geliştirilen (Guzman vd., 2015) ve Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü (GKTAEM)'nde uzun yıllardır ölçülen değerlere göre geliştirilen denkleme göre unların belirlenen su absorpsiyon değerlerinden 47.0 ml çıkarılarak belirlenmiştir (Karaduman vd., 2023). Yoğurma işlemi mutfak tipi hamur yoğurma makinesinde (KitchenAid, 5KSM45, Benton Harbor, MI, ABD) 4 dk süre ile olmuştur. 1. dakika mikser durdurularak kapta kalanları karıştırma yapılmıştır. 4. dakikanın sonunda

hamur kontrol edildikten sonra yoğurma işlemi tamamlanmıştır. Yoğurma işleminden sonra hamur ağırlığı tartılarak aşağıdaki işlem basamakları sırasıyla uygulanmıştır:

- Fermentasyon: 30 ^{0}C'de, %85 RH, 30 dk (taslarda)
- Gaz alma (3/8)
- Fermentasyon: %85 RH, 30 ^{0}C'de, 30 dk (taslarda)
- Gaz alma (3/8), katlama ve tavalara alma
- Fermentasyon 45 dk, 30 ^{0}C'de, %85 RH (tavalarda)
- 230 ^{0}C, 25 dk pişirme
- 2 saat oda sıcaklığında bekletilerek ölçümler öncesi soğutulmuştur.

3.2.3. Ekmek Analizleri

3.2.3.1. Renk analizleri

Ekmeklerin kabuk içi ve dışı L* (parlaklık), a* (+kırmızı/-yeşil) ve b* (+sarı/-mavi) değerleri Minolta CR-300 (Konica Minolta, Tokyo, Japonya) renk tayin cihazı ile belirlenmiştir.

3.2.3.2. Rutubet miktarı

Bölüm 3.2.1.2.' de belirtilen yönteme göre tayin edilmiştir.

3.2.3.3. Su aktivitesi

Bölüm 3.2.1.3.' te belirtilen yönteme göre tayin edilmiştir.

3.2.3.4. Kül miktarı

Bölüm 3.2.1.4.' te belirtilen yönteme göre tayin edilmiştir.

3.2.3.5. Protein oranı

Bölüm 3.2.1.5.' te belirtilen yönteme göre tayin edilmiştir.

3.2.3.6. Ekmek hacmi/spesifik hacim değerleri

Elden edilen ekmekler oda sıcaklığında iki saat soğutularak ekmek hacimleri ölçülmüştür. Ekmek hacimleri, hacim ölçme aleti ile kolza tohumu kullanıralarak yer değiştirme Standart Metot No 10-05A (AACCI, 2010)' ya göre belirlenerek ve 100 g una karşılık gelen hacim verimi (ml) ve ağırlık verimi (g) saptanarak bu değerlerden de spesifik hacim (g/ml) hesaplanmıştır.

3.2.3.7. Tekstür analizi

Ekmek için sertlik, yapışkanlık, esneklik, çiğnenebilirlik, sakızımsılık, koheziflik, elastikiyet değerleri tekstür analiz cihazı (Stable Microsystems, TA, XT plus, Goldaming, Surrey, İngiltere) ile belielenmiştir. 1,25 mm kalınlığında 2 dilim ekmek üst üste konularak, 36 mm' lik prob (P/36) ile ölçüm yapılmıştır. 5 kg' lık yük hücresi kullanılmıştır. Analizin yürütüldüğü koşullar ön test hızı: 1,0 mm/s, test hızı: 2,0 mm/s, test sonrası hız: 2,0 mm/s, sıkıştırma oranı: %40, tetikleme gücü: 20 g, zaman: 5 s olarak belirlenmiştir.

3.2.3.8. Toplam antioksidan aktivite tayini

Bölüm 3.2.1.9.'da belirtilen yönteme göre tayin edilmiştir.

3.2.3.9. Toplam fenolik madde miktarı

Bölüm 3.2.1.10.'da belirtilen yönteme göre tayin edilmiştir.

3.2.3.10. Alan emisyonlu taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleme

Ekmek içi yüzey karakteristiklerinin belirlenmesi için 2.5 cm kalınlığında kesilen ekmek dilimlerinin merkezinden alınan örneklerin SEM görüntüleri JSM-7001F Jeol (Japonya) cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Liyofilize edilen örneklerin ölçüm öncesi yüzeyi palladyum-altın ile Quorum SC7620 (İngiltere) kullanılarak kaplanmıştır. 100, 250, 500, 1000, 1500 büyütmede ekmek içleri incelenmiştir.

3.2.3.11. β-glukan miktarı

Bölüm 3.2.1.11.' de belirtilen yönteme göre tayin edilmiştir.

3.2.3.12. Mineral madde miktarı

Ekmekte mineral madde (P, Ca, Mg, K, Fe, Cu, Zn, Mn, S) analizleri için kurutulmuş ve öğütülmüş ekmek örneklerinden mikrodalga tüplerine 1 g tartılmış ve 10 ml nitrik asit eklenmiştir. Numuneler 30 dk 200 °C' de mikrodalga sisteminde yakılmıştır (CEM, Mars 6). Yakılan ekmek örnekleri çözeltisi 50 ml' ye ultra saf su kullanılarak tamamlanmış ve numuneler ICP-OES (PerkinElmer, Optima 8000) cihazında okunmuştur.

3.2.4. Duyusal analiz

Duyusal analiz için hazırlanan ekmek örneklerine farklı kodlar verilerek ekmeklerin kabuk rengi, iç rengi, görünüş, gözenek yapısı, ekmek içi yapı, lezzet, çiğnenebilirlik ve genel beğeni özellikleri bakımından tercih veya beğenme/beğenmeme durumlarının değerlendirilmesi için bir puantaj formu oluşturulmuştur (Altuğ Onoğur ve Elmacı, 2011). Değerlendirme formu oluşturulurken hedonik skaladan yararlanılmış ve panelistlerin her bir ekmeği genel beğenme durumlarını 1-9 arası bir rakamla ifade etmeleri istenmiştir. 14 panelist tarafından değerlendirme yapılmıştır. 1 hiç beğenmedim, 2-3 az beğendim, 4-5-6 orta derecede beğendim, 7-8 beğendim, 9 çok beğendim şeklinde puantaj formuna numaralar verilmiştir.

3.2.5. İstatistiki analizler

Un ve ekmeklerde teknolojik ve beslenme kalitesi ile ilgili özelliklerin belirlenmesi analizleri tam şansa bağlı deneme planında iki faktörlü olarak yapılmıştır. Sonuçların analizi JMP istatistik programı ile yapılmıştır (SAS Institute, 1998). Ortalamaların karşılaştırılmasında Student's t testi ($p<0,05$) kullanılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Un Analizleri

4.1.1. Renk analiz değerleri

Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ikame un örneklerinin L*, a* ve b* renk değerlerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.1' de verilmiştir. Unların L* değerleri 83,33-93,30; a* değerleri 0,60-2,12 ve b* değerleri 9,56-15,40 arasında değişim göstermiştir. L*, a* ve b* değerleri sırasıyla ortalama 89,1, 1,25 ve 11,54 olarak bulunmuştur.

İkame un örneklerinin L*, a*, b* renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.2' de verilmiştir. L*, a*, b* renk değerleri üzerinde "*ikame oranı (İKO)", "un çeşidi (UÇ)" ve "ikame oranı x un çeşidi interaksiyonu"* çok önemli düzeyde etkili olmuştur (*p<0,01*).

Çizelge 4.2'de *p<0.01* düzeyinde önemli çıkan "*un çeşidi"* ve "*ikame oranı"* değişkenlerine ait L*, a*, b* renk değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma sonuçları sırasıyla Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4' te verilmiştir. Çizelge 4.3'te görüldüğü gibi kavuzsuz arpa ununun L* değeri kavuzsuz yulaf ununa göre daha yüksek iken (91,19 ve 87,94); a* ve b* değerleri bakımından kavuzsuz yulaf unu daha yüksek değerlere sahip olmuştur. Kavuzsuz yulaf tanesi de aleuron tabakasında karotenoidlerce zengindir (İbrahim vd., 2020; Raguindin vd., 2021). Yulaf tanesinde karotenoid içeriği 1,8 µg/g'a çıkabilir ve lutein yulaf ve arpada birincil, zeaksantin ise ikincil ksantofil olarak kabul edilir (Ndolo ve Beta, 2013, 2014). Kavuzsuz arpada aleuron tabakasında veya perikarpta bulunan antosiyaninler tane renginin mavi ve mor tonlarını meydana getirirler (Shaveta vd., 2019). Zeaksantin ve lutein, kavuzsuz arpada bilinen diğer iki temel karotenoiddir (Panfili vd., 2004) ve elektron açısından zengin zincirin varlığı nedeniyle antioksidan aktiviteleri yüksektir (Cooke vd., 2002). Zeaksantin ve lutein, katarakt ve yaşa bağlı göz rahatsızlıklarına karşı koruma sağlarlar (Beatty vd., 2000) ve kardiyovasküler hastalık riskleri ile kanser ve farklı enfeksiyonlara karşı etkili biyoaktif bileşiklerdir (Mares-Perlman vd., 2002; Calvo, 2005). Çalışmada, ekmeklik una kavuzsuz yulaf unu ikame edilmesiyle daha fazla renk maddesi

ilave olduğundan kavuzsuz arpa unu ikamesine göre daha koyu renkli un elde edilmiş ve kırmızı ile sarı renk değerleri daha yüksek olmuştur.

Çizelge 4.1. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu katılması ile elde edilen ikame unların L*, a*, b* renk değerleri analiz sonuçları

Un çeşidi	Örnek no	İkame oranı %	Tek	L*	a*	b*
Kavuzsuz arpa unu	Kontrol	0	1	93.30	0,600	10,55
			2	93.14	0,640	10,51
			3	92.65	0,630	10,71
	KA1	25	1	89,88	1,270	9,72
			2	89,33	1,370	10,19
			3	89,27	1,340	10,28
	KA2	50	1	90,32	1,240	9,71
			2	90,26	1,220	9,91
			3	90,23	1,170	9,76
	KA3	75	1	91,15	1,060	9,81
			2	91,14	1,020	9,58
			3	91,08	0,990	9,56
	KA4	100	1	92,21	0,880	9,92
			2	92,00	0,850	9,97
			3	91,95	0,840	9,84
Kavuzsuz yulaf unu	Kontrol	0	1	93,30	0,600	10,55
			2	93,14	0,640	10,51
			3	92,65	0,630	10,71
	KY1	25	1	90,40	0,930	11,23
			2	90,40	0,970	11,24
			3	89,86	0,940	11,29
	KY2	50	1	88,08	1,280	12,36
			2	87,99	1,310	12,57
			3	87,09	1,370	12,65
	KY3	75	1	85,63	1,710	13,81
			2	85,01	1,850	14,51
			3	84,44	1,830	14,38
	KY4	100	1	83,86	2,020	15,08
			2	83,85	2,040	15,22
			3	83,33	2,120	15,40
Minimum-maksimum				83,33-93,30	0,60-2,12	9,56-15,40
Ortalama				89,12	1,25	11,54

Tek: tekerrür; L*: parlaklık; a*: +kırmızı/-yeşil; b*: +sarı/-mavi; Kontrol: ekmeklik un; KA1: %25 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA2: %50 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA3: %75 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA4: kavuzsuz arpa unu; KY1: %25 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY2: %50 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY3: %75 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY4: kavuzsuz yulaf unu

Çizelge 4.2. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu katılması ile elde edilen ikame unların L*, a*, b* renk değerleri varyans analiz sonuçları

VK	L*				a*				b*			
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
İkame oranı (İKO)	4	105,124	26,281	217,552**	4	2,696	0,674	384,417**	4	17,572	4,393	131,099**
Un çeşidi (UÇ)	1	79,642	79,642	659,268**	1	0,874	0,874	498,373**	1	57,381	57,381	1712,345**
İKOXUÇ	4	91,827	22,957	190,034**	4	2,430	0,608	346,486**	4	29,967	7,492	223,570**
Hata	20	2,416	0,121		20	0,035	0,002		20	0,670	0,034	
Toplam	29	279,009			29	6,035			29	105,591		

** *p<0,01* düzeyinde önemli; İKO: ikame oranı; UÇ: un çeşidi; VK: varyasyon kaynağı; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması; L*: parlaklık; a*: +kırmızı/-yeşil; b*: +sarı/-mavi

Çizelge 4.3. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu ikame edilmesi ile elde edilen un örneklerine ait L*, a*, b* renk değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları[1]

Un çeşidi	n	L*	a*	b*
Kontrol	3	$93,03 \pm 0,34^{a}$	$0,62 \pm 0,02^{h}$	$10,59 \pm 0,11^{e}$
KA1	3	$89,49 \pm 0,34^{e}$	$1,33 \pm 0,05^{c}$	$10,06 \pm 0,30^{f}$
KA2	3	$90,27 \pm 0,05^{d}$	$1,21 \pm 0,04^{d}$	$9,79 \pm 0,10^{fg}$
KA3	3	$91,12 \pm 0,04^{c}$	$1,02 \pm 0,04^{e}$	$9,65 \pm 0,14^{g}$
KA4	3	$92,05 \pm 0,14^{b}$	$0,86 \pm 0,02^{g}$	$9,91 \pm 0,07^{fg}$
KA ort	15	$91,19^{A}$	$1,01^{B}$	$10,00^{B}$
Kontrol	3	$93,03 \pm 0,34^{a}$	$0,62 \pm 0,02^{h}$	$10,59 \pm 0,11^{e}$
KY1	3	$90,22 \pm 0,31^{d}$	$0,95 \pm 0,02^{f}$	$11,25 \pm 0,03^{d}$
KY2	3	$87,72 \pm 0,55^{f}$	$1,32 \pm 0,05^{c}$	$12,53 \pm 0,15^{c}$
KY3	3	$85,03 \pm 0,60^{g}$	$1,80 \pm 0,08^{b}$	$14,23 \pm 0,37^{b}$
KY4	3	$83,68 \pm 0,30^{h}$	$2,06 \pm 0,05^{a}$	$15,23 \pm 0,16^{a}$
KY ort	15	$87,94^{B}$	$1,35^{A}$	$12,77^{A}$

[1]Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen "*un çeşidi"*, küçük harflerle gösterilen "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*" ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır *(p<0,05*). Kontrol: ekmeklik un; KA1: %25 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA2: %50 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA3: %75 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA4: kavuzsuz arpa unu; KY1: %25 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY2: %50 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY3: %75 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY4: kavuzsuz yulaf unu; L*: parlaklık; a*: +kırmızı/-yeşil; b*: +sarı/-mavi

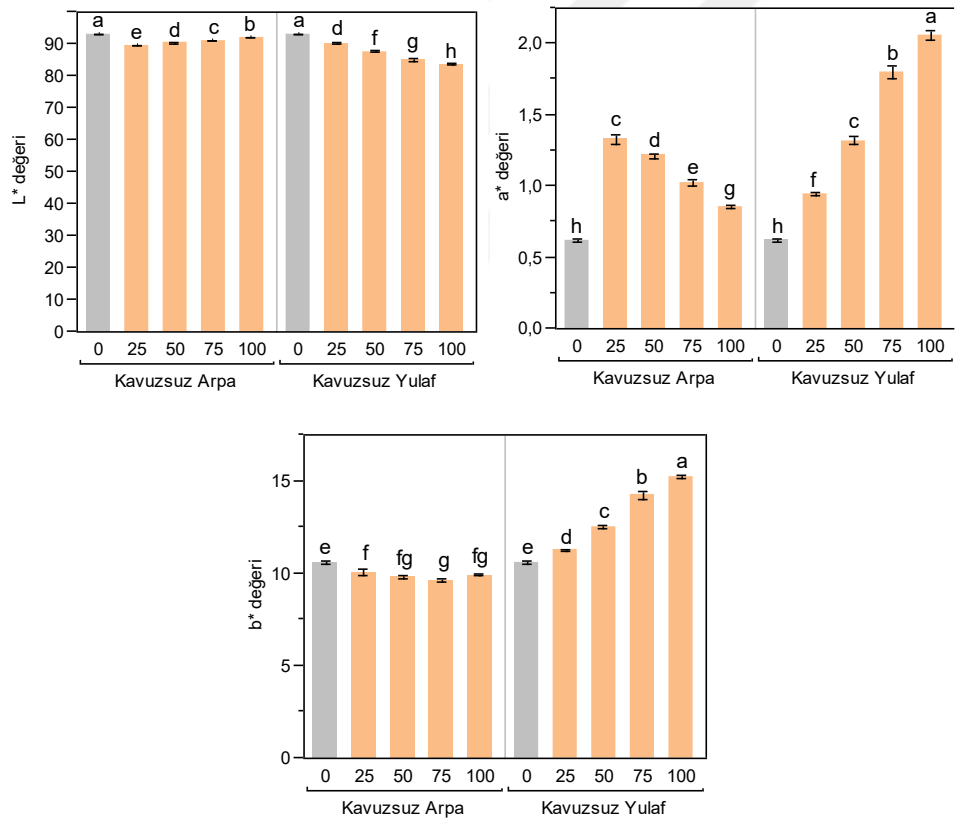
Çalışmada her iki tahıl çeşidinde de ikame oranı arttıkça L* değeri azalırken, kavuzsuz yulaf ikameli örneklerde a* ve b* değerleri artış göstermiştir. En yüksek L* değeri kontrol unundan elde edilirken en düşük %100 ikame oranından elde edilmiştir. Genel olarak tüm ikame oranlarının istatistiki olarak birbirinden farklı olduğu, L* ve a* değerlerinde % 50 ikame oranından sonra, b* değerinde ise kontrol unu ile % 25 ikame unu arasında istatistiki olarak bir farklılık olmadığı görülmüştür (*p<0,01*). Kavuzsuz arpa ve yulaf unları tam tane ununun aleuron ve perikarp tabakalarında daha yoğun olarak bulunan

renk maddelerinin kontrol una ikame oranı arttıkça renk koyulaşırken, a* ve b* değerleri de yükselmiştir (Shaveta vd., 2019).

Çizelge 4.4. Un örneklerinde ikame oranlarına ait L*, a*, b* renk değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

İkame oranı %	n	L*	a*	b*
0	6	$93,03 \pm 0,30^{a}$	$0,62 \pm 0,02^{d}$	$10,59 \pm 0,09^{d}$
25	6	$89,86 \pm 0,49^{b}$	$1,14 \pm 0,21^{c}$	$10,66 \pm 0,68^{d}$
50	6	$89,00 \pm 1,44^{c}$	$1,27 \pm 0,07^{b}$	$11,16 \pm 1,50^{c}$
75	6	$88,08 \pm 3,36^{d}$	$1,41 \pm 0,43^{a}$	$11,94 \pm 2,52^{b}$
100	6	$87,87 \pm 4,59^{d}$	$1,46 \pm 0,66^{a}$	$12,57 \pm 2,92^{a}$

Farklı italik harflerle işaretlenmiş aynı sütundaki ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$).



Şekil 4. 1. L*, a*, b* renk değerleri üzerinde etkili olan "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*"

L*, a*, b* renk değerleri üzerinde etkili olan "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonları*" ise Çizelge 4.3. ve Şekil 4.1'de gösterilmiştir. *Un çeşidi* ve *ikame oranı* bakımından %100 ve %75 ikame kavuzsuz arpa unlarından (KA4 ve KA3) sırasıyla 92,05

ve 91,12 değerleri ile en yüksek ve kontrol una yakın L* değeri elde edilmiştir. Aynı ikame oranlarında kavuzsuz yulaf unlarının (KY4 ve KY3) L* değerleri ise en düşük (83,68 ve 85,03) iken a* ve b* değerleri ise en yüksektir (2,06 ve 1,80; 15,23 ve 14,23). Kavuz yulaf ikame oranı arttıkça a* ve b*değeri her ikame oranında istatistiki olarak farklı oranda artarken, kavuzsuz arpa ilavesi ile a* değeri istatistiki olarak azalmıştır. Kavuzsuz arpa ikame edilen unlarda kontrol ununda istatistiki olarak daha düşük olmakla birlikte unların b* değerleri benzer olmuştur.

4.1.2. Fizikokimyasal özellikler

Tam tane kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ikame un örneklerine ait rutubet miktarı, kül miktarı ve su aktivitesi değeri analiz sonuçları Çizelge 4.5'te verilmiştir. Unların rutubet miktarı 9,50-14,30; kül miktarı 0,678-2,231 ve su aktivitesi değerleri 0,375-0,575 arasında değişim göstermiştir. Rutubet miktarı, kül miktarı ve su aktivitesi değerleri sırasıyla ortalama 12,64, 1,359 ve 0,462 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.5. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu katılması ile elde edilen ikame unların rutubet, kül miktarı ve su aktivitesi değeri analiz sonuçları

Un çeşidi	Örnek no	İkame oranı %	Tek	Rutubet miktarı %	Kül miktarı[1] %	Su aktivitesi değeri a_w
Kavuzsuz arpa unu	Kontrol	0	1	14,20	0,678	0,574
			2	14,10	0,716	0,547
			3	14,30	0,691	0,575
	KA1	25	1	12,10	0,939	0,503
			2	12,90	0,926	0,497
			3	12,80	0,935	0,477
	KA2	50	1	11,80	1,239	0,452
			2	11,90	1,253	0,449
			3	11,80	1,246	0,438
	KA3	75	1	10,90	1,653	0,424
			2	11,00	1,649	0,427
			3	11,10	1,654	0,430
	KA4	100	1	10,30	2,004	0,391
			2	10,00	1,944	0,379
			3	9,50	1,950	0,376
Kavuzsuz yulaf unu	Kontrol	0	1	14,20	0,678	0,574
			2	14,10	0,716	0,547
			3	14,30	0,691	0,575
	KY1	25	1	14,00	1,048	0,502
			2	13,90	1,008	0,505
			3	13,60	1,017	0,520
	KY2	50	1	13,50	1,411	0,456
			2	13,50	1,380	0,449
			3	13,70	1,418	0,434
	KY3	75	1	13,40	1,775	0,432
			2	12,70	1,764	0,400
			3	13,10	1,770	0,411
	KY4	100	1	12,32	2,189	0,374
			2	11,88	2,213	0,372
			3	12,20	2,206	0,373
Minimum-maksimum				9,50- 14,30	0,678- 2,213	0,375- 0,575
Ortalama				12,64	1,359	0,462

[1] Sonuçlar kurumadde üzerinden düzeltilmiştir. Tek: tekerrür; Kontrol: ekmeklik un; KA1: %25 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA2: %50 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA3: %75 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA4: kavuzsuz arpa unu; KY1: %25 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY2: %50 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY3: %75 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY4: kavuzsuz yulaf unu

İkame un örneklerine ait rutubet ve kül miktarları ve su aktivitesi değerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir. ''*İkame oranı'', ''un çeşidi''* ve ''*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu''* rutubet ve kül miktarı üzerinde çok önemli düzeyde (*p<0,01*), ''*ikame oranı''* su aktivitesi üzerinde ise çok önemli düzeyde etkili olurken; su aktivitesi değeri üzerinde*''un çeşidi''* ve ''*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*'' istatistiki olarak önemli bulunmamıştır.

Çizelge 4.6. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu katılması ile elde edilen ikame unların rutubet ve kül miktarı varyans analiz sonuçları

VK	Rutubet miktarı				Kül miktarı				Su aktivitesi değeri			
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
İkame oranı (İKO)	4	34,315	8,579	138,7236**	4	7,418	1,855	6195,614**	4	0,128	0,032	245,587**
Un çeşidi (UÇ)	1	15,696	15,696	253,8217**	1	0,109	0,109	364,408**	1	0,000	0,000	0,048
İKOxUÇ	4	4,759	1,190	19,2378**	4	0,045	0,011	37,962**	4	0,001	0,000	1,424
Hata	20	1,237	0,062		20	0,006	0,000		20	0,003	0,000	
Toplam	29	56,006			29	7,579			29	0,131		

** *p<0,01* düzeyinde önemli; İKO: ikame oranı; UÇ: un çeşidi; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması

Çizelge 4.6'da *p<0,01* düzeyinde önemli çıkan "*un çeşidi"* ve "*ikame oranı"* değişkenlerine ait rutubet miktarı, kül miktarı ve su aktivitesi değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma sonuçları sırasıyla Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8' de verilmiştir. Çizelge 4.7'de görüldüğü gibi kavuzsuz yulaf ununun rutubet ve kül miktarı değerleri kavuzsuz arpa ununa göre daha yüksek olmuştur. Kül; fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, demir, çinko ve bakır mineral bileşiklerinden oluşur (Czaja vd., 2020). Arpa tanesinin mineral içeriği genotipe bağlı olarak % 2-3 arasında değişmekte olup (Owen vd., 1977) esas olarak aleuron, embriyo ve perikarp dokularında bulunmaktadır (Marconi vd., 2000). Kavuzsuz arpanın niasin, tiamin, selenyum, demir, magnezyum, çinko, fosfor ve bakır gibi çeşitli vitamin ve mineraller bakımından zengin olarak belirtilmektedir (Shaveta, 2019). Çalışmamızda, kavuzsuz yulaf unun kül miktarı kavuzsuz arpaya göre istatistiki olarak daha yüksek bulunmuştur. İkame oranı arttıkça kavuzsuz arpa ve yulafın yüksek oranda mineral madde taşıyan aleuron, embriyo ve perikarp tabakalarının dahil olması kül miktarında da doğrusal bir şekilde artış göstermiştir. En yüksek kül miktarı miktarı % 100 ikame oranında (% 2,084) ve en düşük ise kontrol ununda (% 0,695) elde edilmiştir. İkame oranı arttıkça rutubet miktarı ve su aktivitesi değerleri istatistiki olarak azalmıştır. Bu durum, kavuzsuz arpa ve

yulaf unlarının kontrol una göre partikül iriliği daha yüksek olup (0.5 mm) artan partikül iriliği ile yüzey alanının azalması ve yapıda oluşan daha büyük boşluklar nedeniyle rutubet miktarının ve buna bağlı olarak su aktivitesinin azaldığı şeklinde değerlendirilmiştir. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulafın bileşiminde yer alan özellikle β-glukan olmak üzere yüksek diyet lifinin (Golzari, 2015) hidrofilik bölgelerinde veya moleküler yapısındaki boşluklar içerisindeki su tutulmakta (Acar vd., 2021) ve tutulan su ise yoğurma sırasında hamur oluşumunu desteklemektedir. Su aktivitesi mikroorganizma faaliyetleri, lipid oksidasyonu ve enzim aktiviteleri ile ilişkili bir değerdir (Özay vd., 1993). Çalışmada ikame oranı arttıkça unların rutubet miktarının ve su aktivitesi değerinin azalması mikrobiyal ve kimyasal stabilite için olumlu olarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.7. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu ikame edilmesi ile elde edilen un örneklerine ait rutubet miktarı, kül miktarı ve su aktivitesi değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

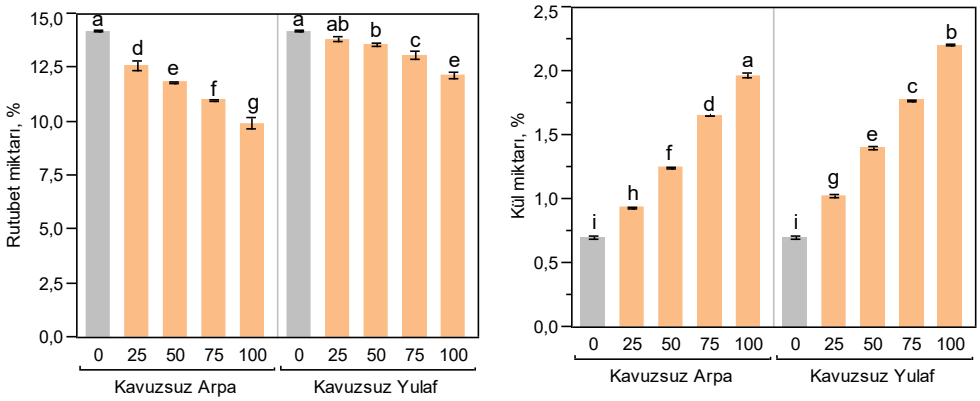
Un çeşidi	n	Rutubet miktarı %	Kül miktarı[1] %	Su aktivitesi değeri a_w
Kontrol	3	$14,20 \pm 0,10^{a}$	$0,695 \pm 0,020^{i}$	$0,565 \pm 0,016$
KA1	3	$12,60 \pm 0,44^{d}$	$0,933 \pm 0,007^{h}$	$0,493 \pm 0,014$
KA2	3	$11,83 \pm 0,06^{e}$	$1,246 \pm 0,007^{f}$	$0,446 \pm 0,007$
KA3	3	$11,00 \pm 0,10^{f}$	$1,652 \pm 0,003^{d}$	$0,427 \pm 0,003$
KA4	3	$9,93 \pm 0,40^{g}$	$1,966 \pm 0,033^{a}$	$0,382 \pm 0,008$
KA ort	15	$11,91^{B}$	$1,298^{B}$	0,463
Kontrol	3	$14,20 \pm 0,10^{a}$	$0,695 \pm 0,020^{i}$	$0,565 \pm 0,016$
KY1	3	$13,83 \pm 0,21^{ab}$	$1,024 \pm 0,021^{g}$	$0,509 \pm 0,010$
KY2	3	$13,57 \pm 0,12^{b}$	$1,403 \pm 0,021^{e}$	$0,446 \pm 0,011$
KY3	3	$13,07 \pm 0,35^{c}$	$1,770 \pm 0,005^{c}$	$0,415 \pm 0,016$
KY4	3	$12,13 \pm 0,23^{e}$	$2,203 \pm 0,013^{b}$	$0,373 \pm 0,001$
KY ort	15	$13,36^{A}$	$1,419^{A}$	0,462

[1] Sonuçlar kurumadde üzerinden düzeltilmiştir. Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen "*un çeşidi"*, küçük harflerle gösterilen "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*" ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır *($p<0,05$)*. Kontrol: ekmeklik un; KA1: %25 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA2: %50 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA3: %75 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA4: kavuzsuz arpa unu; KY1: %25 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY2: %50 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY3: %75 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY4: kavuzsuz yulaf unu; KA ort: Kavuzsuz arpa unu ortalama; KY ort: Kavuzsuz yulaf unu ortalama

Çizelge 4.8. Un örneklerinde ikame oranlarına ait rutubet miktarı, kül miktarı, su aktivitesi değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

İkame oranı %	n	Rutubet miktarı %	Kül miktarı %	Su aktivitesi değeri a_w
0	6	$14,20 \pm 0,09^{a}$	$0,695 \pm 0,018^{e}$	$0,565 \pm 0,014^{a}$
25	6	$13,22 \pm 0,74^{b}$	$0,979 \pm 0,052^{d}$	$0,501 \pm 0,014^{b}$
50	6	$12,70 \pm 0,95^{c}$	$1,325 \pm 0,087^{c}$	$0,446 \pm 0,009^{c}$
75	6	$12,03 \pm 1,16^{d}$	$1,711 \pm 0,065^{b}$	$0,421 \pm 0,012^{d}$
100	6	$11,03 \pm 1,24^{e}$	$2,084 \pm 0,132^{a}$	$0,377 \pm 0,007^{e}$

[1]Sonuçlar kurumadde üzerinden düzeltilmiştir. Farklı italik harflerle işaretlenmiş aynı sütundaki ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (*$p<0,05$*).



Şekil 4. 2. Rutubet ve kül miktarı üzerinde etkili olan "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu''*

Rutubet ve kül miktarları üzerinde etkili olan "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonları''* Çizelge 4.7 ve Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Kavuzsuz arpa unu (% 100 ikame oranı) en düşük (% 9,93) ve kontrol unu en yüksek (% 14,20) rutubet miktarına sahiptir. Kavuzsuz arpa ikame oranı arttıkça rutubet miktarı her ikame oranında istatistiki olarak birbirinden farklı olacak şekilde azalırken; kavuzsuz yulaf ilavesinde % 50 ikame oranından sonra azalma daha bariz olmuştur. Kavuzsuz yulaf ikamesinde % 100 ikame oranı hariç diğer üç ikame oranı, kavuzsuz arpanın tüm ikame oranlarından daha yüksek rutubet miktarı ile dikkat çekmişlerdir (% 13,0-14,0 arasında). En yüksek kül miktarı kavuzsuz yulafın % 100 ikame oranında elde edilmiştir (% 2,203). Ünal (1991) tarafından yapılan çalışmada tam tane yulaf ununun kül miktarı % 2,40 olarak ve Özer (2019) tarafından yapılan çalışmada ise iki kavuzsuz arpa çeşidine ait tam tane ununun kül miktarı % 1,83 ve % 1.95 olarak bulunmuştur. Çalışmada, aynı ikame oranlarında kavuzsuz yulaf ununun kavuzsuz arpa ununa göre kül miktarı değerleri istatistiki olarak daha yüksek bulunmuştur.

4.1.3. β-glukan miktarı, protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değeri

Tam tane kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ikame un örneklerine ait β-glukan, protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değeri analiz sonuçları Çizelge 4.9'da verilmiştir. Unların β-glukan miktarı % 0,58-5,52; protein oranı % 10,20-17,42; toplam fenolik madde miktarı 16,62-61,58 mg GAE/100g; toplam antioksidan aktivite değeri 162,2-

430,5 µmol TE/g arasında değişim göstermiştir. β-glukan, protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değerleri sırasıyla ortalama % 2,93, % 13,73, 29,39 mg GAE/100g, 250,1 µmol TE/g olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.9. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu katılması ile elde edilen ikame unların β-glukan miktarı, protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite değerleri analiz sonuçları[1]

Un çeşidi	Örnek no	İkame oranı %	Tek	β-glukan miktarı %	Protein oranı %	Toplam fenolik madde miktarı mg GAE/100g	Toplam antioksidan aktivite değeri µmol TE/g
Kavuzsuz arpa unu	Kontrol	0	1	0,61	10,70	18,25	184,2
			2	0,63	10,20	16,62	162,2
			3	0,58	10,41	19,04	162,2
	KA1	25	1	1,86	12,86	17,63	232,6
			2	1,88	12,52	18,67	237,8
			3	1,90	12,67	17,63	237,0
	KA2	50	1	3,14	14,05	29,29	278,4
			2	3,17	13,82	30,41	270,0
			3	3,22	13,90	30,24	274,4
	KA3	75	1	4,48	15,42	43,54	390,9
			2	4,41	15,77	43,45	344,8
			3	4,45	15,26	41,89	353,5
	KA4	100	1	5,44	17,05	61,58	421,7
			2	5,47	17,42	59,51	437,1
			3	5,52	17,24	57,01	430,5
Kavuzsuz yulaf unu	Kontrol	0	1	0,61	10,70	18,25	184,2
			2	0,63	10,20	16,62	162,2
			3	0,58	10,41	19,04	162,2
	KY1	25	1	1,86	12,31	13,34	193,0
			2	1,85	11,03	14,55	223,8
			3	1,78	11,65	12,99	197,6
	KY2	50	1	2,89	13,41	20,16	204,0
			2	2,75	13,59	21,11	208,4
			3	2,83	13,53	23,27	226,0
	KY3	75	1	3,56	14,94	26,72	219,4
			2	3,63	15,02	28,97	203,2
			3	3,60	14,97	29,83	212,8
	KY4	100	1	4,86	16,69	45,81	226,0
			2	4,78	17,29	45,81	234,8
			3	4,85	16,82	40,54	228,2
Minimum-maksimum				0,58-5,52	10,20-	16,62-61,58	162,2-430,5
Ortalama				2,93	13,73	29,39	250,1

[1] Sonuçlar kurumadde üzerinden düzeltilmiştir. Tek: tekerrür; Kontrol: ekmeklik un; KA1: %25 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA2: %50 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA3: %75 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA4: kavuzsuz arpa unu; KY1: %25 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY2: %50 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY3: %75 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY4: kavuzsuz yulaf unu

İkame un örneklerine ait β-glukan, protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değeri varyans analiz sonuçları Çizelge 4.10' da verilmiştir. "*İkame oranı"*, "*un çeşidi", "un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu''* β-glukan, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değerleri üzerinde çok önemli düzeyde etkili bulunmuştur (*p<0,01*). Protein oranı üzerinde "*ikame oranı"* istatistiki olarak çok önemli ve "*un çeşidi"* önemli düzeyde etkili iken*, "un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu"* etkili olmamıştır.

Çizelge 4.10. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu katılması ile elde edilen ikame unların β-glukan, protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	β-glukan miktarı				Protein oranı			
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
İkame oranı (İKO)	4	76,150	19,039	11801,640**	4	160,650	40,163	508,137**
Un çeşidi (UÇ)	1	1,083	1,083	671,281**	1	1,500	1,50	19,101*
İKOxUÇ	4	0,819	0,204	126,916**	4	0,830	0,207	2,625
Hata	20	0,03	0,001		20	1,5808	0,079	
Toplam	29	78,094			29	164,57		
VK	Toplam fenolik madde miktarı				Toplam antioksidan aktivite değeri			
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
İkame oranı(İKO)	4	5200,580	1300,145	522,184**	4	90928,440	22732,110	150,874**
Un çeşidi (UÇ)	1	543,713	543,713	218,374**	1	59096,410	59096,410	392,226**
İKOxUÇ	4	256,984	64,246	25,804**	4	42394,740	10598,6900	70,344**
Hata	20	49,797	2,490		20	3013,380	150,700	
Toplam	29	6051,073			29	195432,970		

*$p<0,05$ düzeyinde önemli; ** $p<0,01$ düzeyinde önemli; İKO: ikame oranı; UÇ: un çeşidi; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması

Çizelge 4.10' da önemlilik düzeyleri yer alan "*un çeşidi"* ve "*ikame oranı"* na ait β-glukan, protein oranı, toplam fenolik madde ve toplam antioksidan aktivite değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları sırasıyla Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12'de verilmiştir. β-glukan, protein oranı, toplam fenolik madde ve toplam antioksidan aktivite değeri üzerinde etkili olan ''*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonları''* ise Çizelge 4.11 ve Şekil 4.3'de gösterilmiştir. Çizelge 4.11'de görüldüğü gibi kavuzsuz arpa ununun β-glukan miktarı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değeri kavuzsuz yulaf ununa göre istatistiki olarak daha yüksek bulunmuştur. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf bileşiminde yer alan özellikle β-glukan olmak üzere diyet lifi, rafine buğday ununa göre belirgin şekilde daha yüksek olduğundan ekmeğin beslenme özelliklerinin geliştirilebilirliği için çok önemli bir potansiyele sahiptirler (Golzari, 2015). Nişasta olmayan polisakkaritlerin sınıflandırılmamış bir kolunu oluşturan β-glukan β (1→3) ve β (1→4) bağlarını içeren β-D-glukopiranosilden meydana gelmektedir (Özcan vd., 2013). Arpa ve yulaftan elde edilenler β-glukan suda çözünebilmektedir. Suda çözünebilenler, bağışıklık sistemindeki olumlu etkilerinin yanından sindirim sisteminde oluşturduğu jel kıvamındaki yapı ile kolesterol ve kan şekerini olumlu yönde etkileyerek kalp hastalığı riskinin azaltılmasında rol oynamaktadır (Şimşekli ve Doğan, 2015). β-glukanın düşük serum kolesterol seviyesi sağlama, glikoz alımının ve plazma insülin cevabının azaltılması ve uzamış tokluk ile kilo kontrolü sağlama gibi sağlık üzerinde önemli faydaları vardır (Liu, 2010). EFSA (Avrupa Birliği Gıda Güvenliği Otoritesi), kanda kolesterolün normal seviyede tutulması ve normal vücut ağırlığı için β-glukanın en az 3 g/gün alınmasının gerektiğini belirtmiştir (Anon, 2010). Buğday unu az miktarda β-glukan içermektedir, buğday ununa farklı oranlarda arpa unu ilavesi ile ikame unlarda ve son üründe önemli oranda β-glukan miktarları artmıştır (Holtekjolen vd., 2008; Yamlahi, 2013). Buğday ununa kavuzsuz arpa unu ilavesi ile buğday ununun β-glukan içeriği % 0,26' dan % 100 ikame oranında % 6,80'e ulaşacak şekilde artmıştır (Narwal vd., 2017). Ekmek üretimi için ekmeklik una % 15 kavuzsuz yulaf unu ikamesi ile β-glukan miktarı % 1,44 ten % 2,83'e artarken; %30 ikame ile % 3,50' ye yükselmiştir (Krochmal-Marczak, 2020). Kavuzsuz arpa çok sayıda antioksidanın (fenolik asitler, proantosiyanidinler, tanenler, flavonoller, flavonlar, flavanonlar, lignanlar ve amino fenolik bileşikler) deposudur (Holtekjolen vd., 2008; Sharma ve Gujral, 2014). Kavuzsuz yulafta tokoferoller ve tokotrienoller (tokoller), fenolik asitler ve avenantramidler gibi çeşitli antioksidan gruplarını da içerir (Colins, 1989; Mattila vd., 2005; Jastrebova vd., 2006). Kavuzsuz yulaf ve kavuzsuz arpa ununun rafine buğday ununa ikame edilmesi ile son ürünün

sağlık açısından faydalı biyoaktif bileşenlerinin miktarı önemli oranda arttırılabilir. Kavuzsuz arpa, β-glukan, sınırlayıcı amino asitler (lisin), vitaminler, fenolik ve flavanoid bileşikler, nişasta ve toplam diyet lifi gibi besin bileşenleri bakımından kavuzlu yulaf ile kıyaslandığında daha zengindir. Kavuzsuz arpada proantosiyanidinler gibi aktif antioksidanlar da dahil olmak üzere arpa tanesinin tüm yararlı bileşenlerinin işlenmesi sırasında korunduğu tespit edilmiştir (Boros vd., 1996; Zheleznov vd., 2013; Polonsky vd., 2021). Arpa ununda bulunan β-glukanın glisemik ve insülin tepkisini değiştirerek ekmeğin kalitesini arttırabileceği bildirilmektedr (Gujral ve Gaur, 2005). Diğer taraftan sağlık açısından daha etkili olduğu belirtilen çözünebilir β-glukan içeriğinin yulafta arpaya göre daha yüksek olduğu da bilinmektedir (Lee vd., 1997).

Çalışma kapsamında kavuzsuz arpa ununun β- glukan, toplam fenolik madde ve toplam antioksidan aktivite değeri sırasıyla % 3,12, 33,65 mg GAE/100g ve 294,5 µmol TE/g ile kavuzsuz yulaf ununa göre daha yüksektir. Kavuzsuz arpa ununun protein oranı istatistiki olarak önemli olmasa da bir miktar daha yüksek bulunmuştur (% 13,95, k.m). Arpa kavuzunun protein içeriği düşüktür. Arpa prolaminleri (hordein) toplam proteinin %40' ını oluşturur. Arpa glutelinleri (hordenin) ve özellikle albümin ve globulinler nispeten yüksek seviyede lisin içerir (Köksel ve Shewry, 2021). Kavuzsuz yulaf tanelerinin protein içeriği diğer tahıllardan yüksektir (Yaver ve Ertaş, 2013) ve beslenme açısından oldukça iyi aminoasit dengesi vardır (globulin oranı yüksek) (Köksel ve Shewry, 2021). Kavuzsuz yulafın esansiyel aminoasit içeriği yüksektir (Biel vd., 2009). Yulafta aveninler toplam proteinin % 10-15'ini ve glutelinler ise % 25'ini oluştururlar (Köksel ve Shewry, 2021). Kavuzsuz yulaf tanesinin protein bileşimi % 12-17 arasında değişir, kavuzsuz arpada ise % 8-15 arasında değiştiği bildirilmiştir (Anon., 2009).

Çalışmada ikame oranı arttıkça β-glukan miktarı, protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değerleri artış göstermiştir. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unları daha fazla β-glukan, fenolik ve antioksidan bileşenler ile protein oranına sahip olduğundan ikame oranı artışı ile tüm parametrelerde her bir ikame oranı istatistiki olarak birbirinden farklı olacak şekilde artmıştır. En yüksek değerler % 100 ikame oranından en düşük değerlerde kontrol ununda elde edilmiştir.

Çizelge 4.11. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu ikame edilmesi ile elde edilen un örneklerine ait β- glukan, protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değeri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları[1]

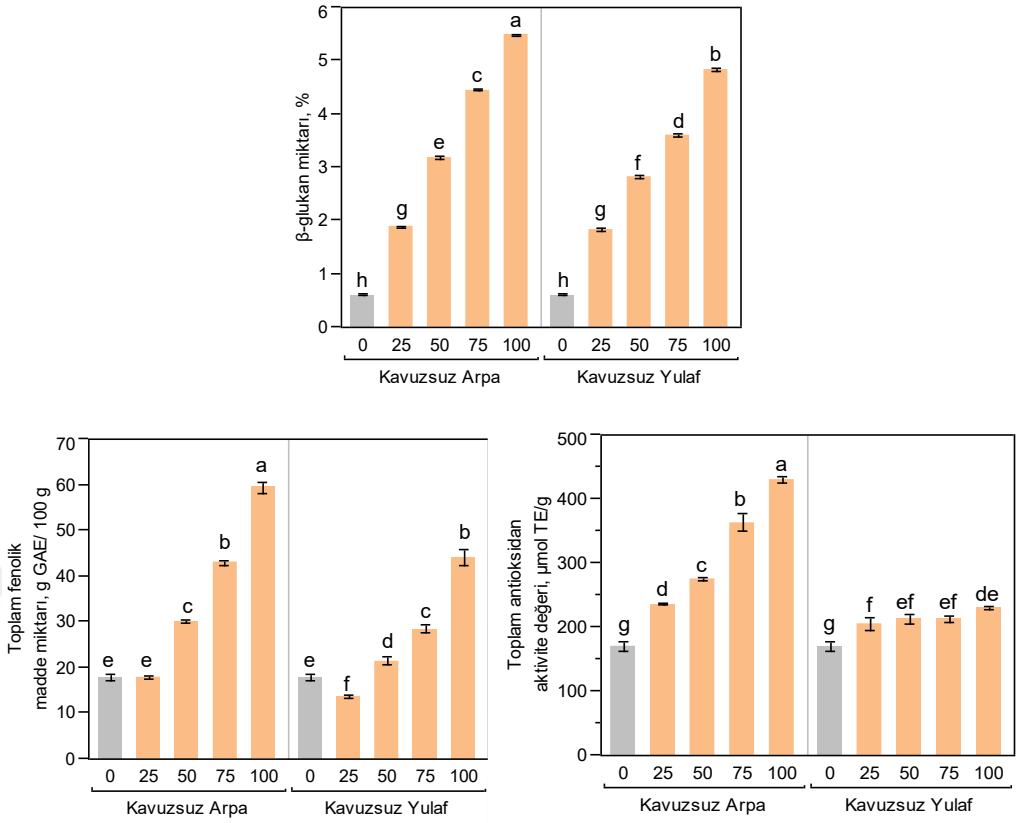
Un çeşidi	n	β-glukan miktarı %	Protein oranı %	Toplam fenolik madde miktarı mg GAE/100g	Toplam antioksidan aktivite değeri µmol TE/g
Kontrol	3	$0,61 \pm 0,03^{h}$	$10,44 \pm 0,25$	$17,97 \pm 1,23^{e}$	$169,5 \pm 12,7^{g}$
KA1	3	$1,88 \pm 0,02^{g}$	$12,68 \pm 0,17$	$17,97 \pm 0,60^{e}$	$235,8 \pm 2,8^{d}$
KA2	3	$3,18 \pm 0,04^{e}$	$13,92 \pm 0,12$	$29,98 \pm 0,60^{c}$	$274,3 \pm 4,2^{c}$
KA3	3	$4,45 \pm 0,04^{c}$	$15,48 \pm 0,26$	$42,96 \pm 0,92^{b}$	$363,1 \pm 24,5^{b}$
KA4	3	$5,48 \pm 0,04^{a}$	$17,24 \pm 0,19$	$59,37 \pm 2,29^{a}$	$429,8 \pm 7,7^{a}$
KA ort	15	$3,12^{A}$	$13,95^{A}$	$33,65^{A}$	$294,5^{A}$
Kontrol	3	$0,61 \pm 0,03^{h}$	$10,44 \pm 0,25$	$17,97 \pm 1,23^{e}$	$169,5 \pm 12,7^{g}$
KY1	3	$1,83 \pm 0,04^{g}$	$11,66 \pm 0,64$	$13,63 \pm 0,82^{f}$	$204,8 \pm 16,6^{f}$
KY2	3	$2,82 \pm 0,07^{f}$	$13,51 \pm 0,09$	$21,51 \pm 1,59^{d}$	$212,8 \pm 11,6^{ef}$
KY3	3	$3,60 \pm 0,04^{d}$	$14,98 \pm 0,04$	$28,51 \pm 1,60^{c}$	$211,8 \pm 8,2^{ef}$
KY4	3	$4,83 \pm 0,04^{b}$	$16,93 \pm 0,32$	$44,05 \pm 3,04^{b}$	$229,7 \pm 4,6^{de}$
KY ort	15	$2,74^{B}$	$13,50^{B}$	$25,13^{B}$	$205,7^{B}$

[1] Sonuçlar kurumadde üzerinden düzeltilmiştir. Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen "*un çeşidi"*, küçük harflerle gösterilen "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu"* ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır *($p<0,05$*). Kontrol: ekmeklik un; KA1: %25 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA2: %50 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA3: %75 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA4: kavuzsuz arpa unu; KY1: %25 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY2: %50 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY3: %75 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY4: kavuzsuz yulaf unu; KA ort: Kavuzsuz arpa unu ortalama; KY ort: Kavuzsuz yulaf unu ortalama

Çizelge 4.12. Un örneklerinde ikame oranlarına ait β-glukan, protein miktarı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değeri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

İkame oranı %	n	β-glukan miktarı %	Protein oranı %	Toplam fenolik madde miktarı mg GAE/100g	Toplam antioksidan aktivite değeri µmol TE/g
0	6	$0,61 \pm 0,02^{e}$	$10,44 \pm 0,22^{e}$	$17,97 \pm 1,10^{d}$	$169,5 \pm 11,4^{e}$
25	6	$1,86 \pm 0,04^{d}$	$12,17 \pm 0,70^{d}$	$15,80 \pm 2,47^{e}$	$220,3 \pm 20,1^{d}$
50	6	$3,00 \pm 0,20^{c}$	$13,72 \pm 0,25^{c}$	$25,75 \pm 4,76^{c}$	$243,5 \pm 34,6^{c}$
75	6	$4,02 \pm 0,47^{b}$	$15,23 \pm 0,32^{b}$	$35,73 \pm 8,00^{b}$	$287,4 \pm 84,5^{b}$
100	6	$5,15 \pm 0,36^{a}$	$17,09 \pm 0,28^{a}$	$51,71 \pm 8,73^{a}$	$329,7 \pm 109,8^{a}$

Farklı italik harflerle işaretlenmiş aynı sütundaki ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$).



Şekil 4. 3. β-glukan, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değerleri üzerinde etkili olan "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonları*"

β-glukan, protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değeri üzerinde etkili olan "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonları''* ise Çizelge 4.11 ve Şekil 4.3'de gösterilmiştir. Kavuzsuz arpa ve yulaf unlarında ikame oranı arttıkça β-glukan miktarı artarken her iki un çeşidinin tüm ikame oranları istatistiki olarak biribirinden farklı olmuştur. Kavuzsuz arpa ununda (% 100) en yüksek β-glukan miktarı elde edilmiştir (% 5,48). Bunu kavuzsuz yulaf unu takip etmiştir (% 4,83). % 75 ve % 50 ikame oranlarında kavuzsuz arpa ununun kavuzsuz yulaf ununa göre yüksek β-glukan miktarı değerleri istatistiki olarak daha yüksek bulunurken (% 4,45 ve % 3,18); her iki un için % 25 ikame oranı unları β-glukan miktarı bakımından istatiski olarak aynı grupta yer almıştır (% 1,88 ve % 1,83). Kavuzsuz arpa ununun tüm ikame oranlarında protein oranları istatistiki olarak önemli olmasa da kavuzsuz yulafın aynı ikame oranlarından daha yüksektir. En yüksek toplam fenolik madde (TFM) miktarı kavuzsuz arpa ununda (% 100) elde edilmiştir (59,37 mg GAE/100g). Kavuzsuz arpanın % 75 ikame oranı ile kavuzsuz yulaf unu (% 100) ve kavuzsuz arpanın % 50 ikame oranı ile kavuzsuz yulaf ununun % 75 ikame oranı TFM miktarı bakımından istatistiki olarak aynı gruptadır (42,96 ve 44,05 mg GAE/100g; 29,98 ve

28,51 mg GAE/100g). Her iki un grubunda da % 25 ikame oranı ile TFM miktarı genel olarak değişim göstermemiş kontrol una benzer olmuştur. Kavuzsuz arpa unu ilavesi ile toplam antioksidan aktivite değerleri her ikame oranında istatistiki olarak birbirinden farklı olacak şekilde artarken (235,8-429,8 µmol TE/g); kavuzsuz yulaf unu ilavesi ile toplam antioksidan aktivite değerlerinde önemli bir değişim gözlenmemiştir. Genel olarak kavuzsuz arpanın tüm ikame oranlarının toplam antioksidan aktivite değeri kavuzsuz yulafın tüm ikame unlarından yüksek bulunmuştur.

4.1.4. Solvent Tutma Kapasitesi (STK) Analizi

Kavuzsuz arpa ve yulaf unu çeşitleri ve kontrol unu ile hazırlanan ikame un örneklerine ait solvent tutma kapasitesi (STK) analiz sonuçları Çizelge 4.13'te verilmiştir. Unların STK laktik asit değerleri % 102,3-185,0; STK su değerleri % 66,3-154,4; STK sakkaroz değerleri % 84,1-172,1; STK sodyum karbonat değerleri % 76,0-196,8; gluten performans indeks (GPI) değeri 0,42-0,66; glutenin şişme indeksi (GSI) değeri 2,35-3,59 arasında değişim göstermiştir. STK laktik asit, su, sakkaroz, sodyum, GPI ve GSI değerleri sırasıyla ortalama % 125,8, % 103,5, % 115,0, % 129,0, 0,52 ve 3,01 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.13. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu katılması ile elde edilen ikame unların solvent tutma kapasitesi değerleri analiz sonuçları[1]

Un çeşidi	Örnek no	İkame oranı %	Tek	STK laktik asit %	STK su %	STK sakkaroz %	STK sodyum karbonat %	GPI değeri %	GSI değeri
Kavuzsuz arpa unu	Kontrol	0	1	100,5	72,8	89,3	76,2	0,61	3,55
			2	102,5	66,3	84,1	76,0	0,64	3,27
			3	103,8	69,6	93,2	81,8	0,59	3,33
	KA1	25	1	103,2	97,2	120,0	109,3	0,45	2,93
			2	107,1	78,5	119,2	107,6	0,47	2,98
			3	102,3	89,5	120,8	112,5	0,44	2,97
	KA2	50	1	122,7	104,9	129,9	136,3	0,46	2,77
			2	122,1	110,8	138,4	145,4	0,43	2,78
			3	122,3	98,9	130,8	138,7	0,45	2,62
	KA3	75	1	150,3	127,1	144,9	167,8	0,48	3,59
			2	150,0	127,7	150,7	170,9	0,47	2,96
			3	128,2	131,8	145,7	161,6	0,42	2,35
	KA4	100	1	185,0	154,4	162,4	171,9	0,55	3,16
			2	181,7	150,7	156,4	196,8	0,51	3,38
			3	172,6	154,1	172,1	181,6	0,49	3,18
Kavuzsuz yulaf unu	Kontrol	0	1	100,5	72,8	89,3	76,2	0,61	3,55
			2	102,5	66,3	84,1	76,0	0,64	3,27
			3	103,8	69,6	93,2	81,8	0,59	3,33
	KY1	25	1	97,5	77,7	91,5	101,3	0,51	3,15
			2	93,5	77,9	92,7	102,7	0,48	2,68
			3	95,1	75,8	92,1	104,2	0,48	2,68
	KY2	50	1	110,7	93,8	100,6	135,3	0,47	3,15
			2	103,6	93,7	100,7	128,2	0,45	2,81
			3	103,7	92,6	99,7	124,1	0,46	2,78
	KY3	75	1	129,8	118,1	106,1	123,2	0,57	2,62
			2	128,6	116,9	106,0	139,6	0,52	2,55
			3	125,4	93,8	103,7	134,6	0,53	3,39
	KY4	100	1	169,3	142,1	102,2	182,0	0,60	2,57
			2	183,0	135,2	115,2	163,0	0,66	3,13
			3	174,0	144,6	115,2	161,9	0,63	2,78
Minimum- maksimum				102,3-185,0	66,3-154,4	84,1-172,1	76,0-196,8	0,42-0,66	2,35-3,59
Ortalama				125,8	103,5	115,0	129,0	0,52	3,01

[1]%14 rutubet esasına göre düzeltilerek verilmiştir. Tek: tekerrür; Kontrol: ekmeklik un; KA1: %25 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA2: %50 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA3: %75 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA4: kavuzsuz arpa unu; KY1: %25 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY2: %50 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY3: %75 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY4: kavuzsuz yulaf unu; STK: solvent tutma kapasitesi; GPI: gluten performans indeks $\frac{\text{STK Laktik asit}}{(\text{STK Sakkaroz}+\text{STK Sodyum karbonat})}$; GSI: Glutenin şişme indeksi

Kavuzsuz arpa ve yulaf ununun kontrol ununa ikamesi ile elde edilen un örneklerinin STK değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.14 ve Çizelge 4.15' te verilmiştir. "*İkame oranı"* GSI değeri üzerinde önemli (*p<0,05*) diğer özellikler üzerinde çok önemli düzeyde (*p<0,01*) etkili olmuştur. "*Un çeşidi*" GSI değeri üzerinde önemsiz, STK laktik asit değeri üzerinde % 1 düzeyinde ve diğer özellikler üzerinde % 1 düzeyinde önemli etkili olmuştur. "*İkame oranı x un çeşidi interaksiyonu*" STK sakkaroz (*p<0,01*) ve STK sodyum karbonat ve GPI değeri üzerinde (*p<0,05*) önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.14. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu katılması ile elde edilen ikame unların STK laktik asit, su, sakkaroz, sodyum karbonat değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	STK laktik asit				STK su			
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
İkame oranı (İKO)	4	24844,215	6211,054	215,470**	4	22363,895	5590,974	151,637**
Un çeşidi (UÇ)	1	592,296	592,296	20,548*	1	889,985	889,985	24,138**
İKO x UÇ	4	287,729	71,932	2,495	4	287,485	71,871	1,949
Hata	20	576,513	28,830		20	737,413	36,870	
Toplam	29	26300,754			29	24278,779		
VK	STK sakkaroz				STK sodyum karbonat			
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
İkame oranı (İKO)	4	8316,099	2079,025	106,282**	4	34816,740	8704,185	188,146**
Un çeşidi (UÇ)	1	7226,112	7226,112	369,408**	1	1337,336	1337,336	28,907**
İKO x UÇ	4	2346,961	586,740	29,995**	4	995,539	248,885	5,380
Hata	20	391,227	19,560		20	925,260	46,260	
Toplam	29	18280,399			29	38074,875		

*$p<0,05$ düzeyinde önemli; **;$p<0.01$ düzeyinde önemli; İKO: ikame oranı; UÇ: un çeşidi; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması

Çizelge 4.15. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu katılması ile elde edilen ikame unların GPI ve GSI değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	GPI değeri				GSI değeri			
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
İkame oranı (İKO)	4	0,112	0,028	48,888**	4	1,195	0,299	3,455*
Un çeşidi (UÇ)	1	0,018	0,018	30,680**	1	0,063	0,063	0,734
İKO x UÇ	4	0,013	0,003	5,638**	4	0,289	0,072	0,836
Hata	20	0,011	0,001		20	1,729	0,086	
Toplam	29	0,154			29	3,276		

*:*p<0,05* düzeyinde önemli; **; *p<0,01* düzeyinde önemli; İKO: ikame oranı; UÇ: un çeşidi; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması

Çizelge 4.14 ve Çizelge 4.15'te önemlilik düzeyleri yer alan "*un çeşidi"* ve "*ikame oranı"* na ait STK değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.17' de verilmiştir. Çizelge 4.16' da görüldüğü gibi kavuzsuz arpa ununun dört solvent tutma kapasitesi değerleri kavuzsuz yulaf ununa göre daha yüksek iken; gluten performans indeksi değeri bakımından kavuzsuz yulaf ununa göre daha düşük değerlere sahip olmuştur. Solvent tutma kapasitesi (STK) testlerinde dört adet solvent kullanılarak undaki farklı bileşenlerin özelliklerinin belirlenmekte ve böylece unun son ürün yapımına uygunluğu tahminlenmektedir (Kweon, 2011; USDA, 2019). Solvent tutma kapasitesi (STK) testlerinde çok az örnek kullanılmakta ve analiz süresi de kısa olmaktadır (Karaduman, 2020). Solvent tutma kapasitesi testleri hamurun daha kapsamlı değerlendirildiği reolojik analizler için (alveograf, miksograf gibi) ve ürün yapımında gerekli su absorbsiyonunun belirlenmesinde de kullanılmaktadır (Karaduman vd., 2023). STK su, undaki polimerler (gluten, nişasta, nişasta harici polisakkaritler) tarafından tutulan toplam su; STK sakkaroz kavuzsuz arpa ve yulafta özellikle β-glukan içeriği ile ilişkilidir. STK sodyum karbonat, nişasta zedelenmesi ve STK laktik asit ise glutenin gücü (elastikiyet ve uzama kabiliyeti) ile ilişkilidir (Guzman vd., 2015; Anon., 2020; Karaduman, 2020). Araştırmacılar tarafından STK laktik asit, sakkaroz ve sodyum karbonat değerleri üzerinden belirlenen gluten performans indeks (GPI) değerinin unların teknolojik kalite değerlendirmesinde etkili olarak kullanılabileceği belirtilmiştir (Kweon vd. 2011). Çalışmamızda GPI değerleri de hesaplanmıştır. Ayrıca hamurların viskoelastik yapısını ortaya çıkaran gluten elastikiyeti ilişkili glutenin proteinlerinin şişme gücü de (GSI değeri) çalışmamızda belirlenmiştir (Wang ve Kovacks, 2002; Karaduman, 2020). Kavuzsuz arpa ununun STK değerleri kavuzsuz yulaf ununa göre istatistiki olarak daha yüksek bulunmuştur. Bunun nedeni kavuzsuz arpa ununun daha yüksek β-glukan ve protein oranına sahip olmasına bağlanmıştır. β-glukan gibi polisakkaritler güçlü hidrofilik özellikleri ile hidrofilik bölgelerinde ve moleküllerinin yapısındaki boşluklarda suyu tutmaktadırlar (Acar vd., 2021). Daha yüksek β-glukan ve protein oranı tutulan su miktarındaki artışa neden olarak STK laktik asit değerlerini de arttırmıştır. STK laktik asit değerlerinin de yükselmesi kavuzsuz arpa ilavesi ile unların gluten gücünün olumlu olarak arttığını göstermiştir. Çalışmada kavuzsuz arpa unu GPI değerlerinin kavuzsuz yulaf ununa göre daha düşük bulunması, yine GSI değerlerinde un çeşitleri arasında fark bulunmaması, STK laktik asit değerinde artışın gluten gücündeki iyileşmeden daha çok, tutulan su miktarından kaynaklandığını göstermektedir. Diğer taraftan solvent tutma kapasitesi testlerinde rafine

beyaz buğday unları kullanılmakta olup (Kweon vd., 2011), kavuzsuz arpa ve yulaf ilavesinde olduğu gibi kepek tabakasının dahil olduğu tam tane unlarında, ortamdaki suyun kepekteki nişasta harici polisakkaritler tarafından fazla miktarda tutulması testlerin etkinliğini düşürmektedir.

Çizelge 4.16. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu ikame edilmesi ile elde edilen un örneklerine ait solvent tutma kapasitesi değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları[1]

Un çeşidi	n	STK laktik asit %	STK su %	STK sakkaroz %	STK sodyum karbonat %	GPI değeri %	GSI değeri
Kontrol	3	102,3 ± 1,7	69,6 ± 3,3	88,9 ± 4,6^{g}	78,0 ± 3,3	0,61 ± 0,02^{a}	3,38 ± 0,15
KA1	3	104,2 ± 2,6	88,4 ± 9,4	120,0 ± 0,8^{d}	109,8 ± 2,5	0,45 ± 0,02^{de}	2,96 ± 0,03
KA2	3	122,4 ± 0,3	104,9 ± 6,0	133,0 ± 4,7^{c}	140,1 ± 4,7	0,45 ± 0,02^{e}	2,72 ± 0,09
KA3	3	142,8 ± 12,7	128,9 ± 2,6	147,1 ± 3,1^{b}	166,8 ± 4,7	0,45 ± 0,03^{de}	2,97 ± 0,62
KA4	3	179,8 ± 6,4	153,1 ± 2,1	163,6 ± 7,9^{a}	183,4 ± 12,6	0,52 ± 0,03^{bc}	3,24 ± 0,12
KA ort	15	130,3^{A}	109,0^{A}	130,5^{A}	135,6^{A}	0,50^{B}	3,05
Kontrol	3	102,3 ± 1,7	69,6 ± 3,3	88,9 ± 4,6^{g}	78,0 ± 3,3	0,61 ± 0,02^{a}	3,38 ± 0,15
KY1	3	95,4 ± 2,0	77,1 ± 1,2	92,1 ± 0,6^{g}	102,7 ± 1,5	0,49 ± 0,01^{cd}	2,84 ± 0,27
KY2	3	106,0 ± 4,1	93,4 ± 0,7	100,3 ± 0,6^{f}	129,2 ± 5,7	0,46 ± 0,01^{de}	2,91 ± 0,21
KY3	3	127,9 ± 2,3	109,6 ± 13,7	105,3 ± 1,4^{ef}	132,5 ± 8,4	0,54 ± 0,02^{b}	2,85 ± 0,47
KY4	3	175,4 ± 7,0	140,6 ± 4,9	110,9 ± 7,5^{e}	169,0 ± 11,3	0,63 ± 0,03^{a}	2,83 ± 0,28
KY ort	15	121,4^{B}	98,1^{B}	99,5^{B}	122,3^{B}	0,55^{A}	2,96

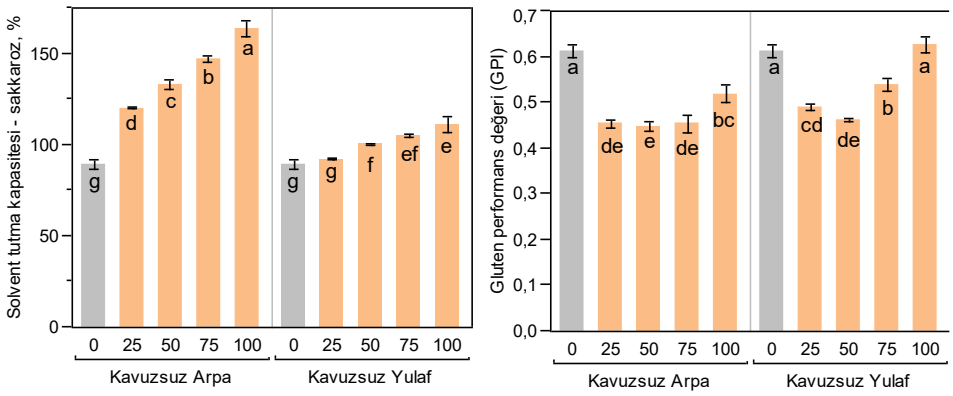
[1]%14 rutubet esasına göre düzeltilerek verilmiştir. Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen "*un çeşidi"*, küçük harflerle gösterilen "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu"* ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır *($p<0,05$)*. Kontrol: ekmeklik un; KA1: %25 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA2: %50 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA3: %75 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA4: kavuzsuz arpa unu; KY1: %25 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY2: %50 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY3: %75 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY4: kavuzsuz yulaf unu; KA ort: Kavuzsuz arpa unu ortalama; KY ort: Kavuzsuz yulaf unu ortalama; STK: solvent tutma kapasitesi; GPI: gluten performans indeks $\frac{\text{LASRC}}{(\text{SacSRC}+\text{SodSRC})}$; GSI: Glutenin şişme indeksi; KA ort: Kavuzsuz arpa unu ortalama; KY ort: Kavuzsuz yulaf unu ortalama

Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulafın bileşiminde yer alan özellikle β-glukan olmak üzere diyet lifi ve protein rafine buğday ununa göre belirgin şekilde daha yüksek olduğundan (Golzari, 2015), ikame oranı arttıkça tüm STK özellikleri artan ikame oranı ile artış göstermiştir. Fakat kontrol una ikame oranı artıkça gluten seyrelmesine bağlı olarak hem GPI değeri hem de glutenin şişme özellikleri ile ilişkili olarak GSI değerleri azalmıştır. Tüm ikame oranları GSI değerleri bakımından kontrolden düşük ve aynı grupta yer almıştır. GPI değerleri de tüm ikame oranlarında kontrol una göre daha düşüktür. Bu durum ikame unlardan elde edilecek ekmeklerin ürün özelliklerini olumsuz etkileyecektir.

Çizelge 4.17. Un örneklerinde ikame oranlarına ait solvent tutma kapasitesi değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

İkame oranı %	n	STK laktik asit %	STK su %	STK sakkaroz %	STK sodyum karbonat %	GPI değeri %	GSI değeri
0	6	$102,3 \pm 1,5^{d}$	$69,6 \pm 2,9^{e}$	$88,9 \pm 4,1^{e}$	$78,0 \pm 2,9^{e}$	$0,61 \pm 0,02^{a}$	$3,38 \pm 0,13^{a}$
25	6	$99,8 \pm 5,3^{d}$	$82,8 \pm 8,6^{d}$	$106,1 \pm 15,3^{d}$	$106,3 \pm 4,3^{d}$	$0,47 \pm 0,02^{cd}$	$2,90 \pm 0,19^{b}$
50	6	$114,2 \pm 9,3^{c}$	$99,1 \pm 7,4^{c}$	$116,7 \pm 18,2^{c}$	$134,7 \pm 7,6^{c}$	$0,46 \pm 0,01^{d}$	$2,82 \pm 0,18^{b}$
75	6	$135,4 \pm 11,5^{b}$	$119,2 \pm 13,8^{b}$	$126,2 \pm 23,0^{b}$	$149,6 \pm 19,8^{b}$	$0,50 \pm 0,05^{c}$	$2,91 \pm 0,49^{b}$
100	6	$177,6 \pm 6,4^{a}$	$146,9 \pm 7,6^{a}$	$137,3 \pm 29,7^{a}$	$176,2 \pm 13,3^{a}$	$0,57 \pm 0,07^{b}$	$3,03 \pm 0,30^{ab}$

Farklı italik harflerle işaretlenmiş aynı sütundaki ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$). STK: solvent tutma kapasitesi; GPI: gluten performans indeks; GSI: Glutenin şişme indeksi



Şekil 4. 4. STK sakkaroz ve GPI değerleri üzerinde etkili olan ‘*’un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*’’

Solvent tutma kapasitesi sakkaroz ve gluten performans indeksi değeri üzerinde etkili olan *‘’un çeşidi x ikame oranı interaksiyonları’’* ise Çizelge 4.17 ve Şekil 4.4’te gösterilmiştir. Kavuzsuz arpa ununun tüm ikame oranları istatistiki olarak kavuzsuz yulaf

ununun ikame oranlarından daha yüksek STK sakkaroz değerine sahip olmuştur. Kavuzsuz arpa unu ikame unlarında her ikame oranında istatistiki olarak birbirinden farklı olacak şekilde STK sakkaroz değerleri % 120,0-163,6 arasında değişmiştir. Kavuzsuz yulaf ununda ise % 92,1-110,9 arasında değişim vardır ve % 25 ikame oranından sonra kontrole göre bir miktar artış olmuştur. Kavuzsuz arpa unu (% 100 ikame un) en yüksek STK sakkaroz değeri verirken (% 163,6), tüm ikame oranlarından kavuzsuz arpa ununun STK sakkaroz değerleri kavuzsuz yulaf ununa göre yüksektir. GPI değerlerinde kavuzsuz yulaf ununda % 50 ikame oranından sonra artış dikkat çekmiştir.

4.1.5. Sedimantasyon değeri

Kavuzsuz arpa ve yulaf unu çeşitleri ve kontrol unu ile elde edilen ikame un örneklerine ait sedimantasyon değeri analiz sonuçları Çizelge 4.18’ de verilmiştir. Unların sedimantasyon değerleri 8,0-55,0 ml arasında değişim göstermiş olup ortalama 37,4 ml olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.18. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unu katılması ile elde edilen ikame unların sedimantasyon değeri analiz sonuçları

Un çeşidi	Örnek no	İkame oranı %	Tek	Sedimantasyon değeri[1] ml
Kavuzsuz arpa unu	Kontrol	0	1	53,0
			2	51,0
			3	55,0
	KA1	25	1	51,0
			2	51,0
			3	52,0
	KA2	50	1	47,0
			2	49,0
			3	48,0
	KA3	75	1	44,0
			2	45,0
			3	43,0
	KA4	100	1	44,0
			2	41,0
			3	41,0
Kavuzsuz yulaf unu	Kontrol	0	1	53,0
			2	51,0
			3	55,0
	KY1	25	1	32,0
			2	38,0
			3	35,0
	KY2	50	1	25,0
			2	23,0
			3	25,0
	KY3	75	1	14,0
			2	15,0
			3	16,0
	KY4	100	1	9,0
			2	8,0
			3	9,0
Minimum- maksimum				8,0- 55,0
Ortalama				37,4

[1]%14 rutubete göre düzeltilmiştir. Tek: tekerrür; Kontrol: ekmeklik un; KA1: %25 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA2: %50 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA3: %75 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA4: kavuzsuz arpa unu; KY1: %25 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY2: %50 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY3: %75 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY4: kavuzsuz yulaf unu

Kavuzsuz arpa ve yulaf ununun kontrol ununa ikamesi ile elde edilen un örneklerinin sedimantasyon değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.19'da verilmiştir. "*İkame oranı" "Un çeşidi" ve "ikame oranı x un çeşidi interaksiyonu"* sedimantasyon değerleri üzerinde çok önemli düzeyde (*p<0,01*) etkili olmuştur.

Çizelge 4.19. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu katılması ile elde edilen ikame unların sedimantasyon değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	Sedimantasyon değeri			
	SD	KT	KO	F
İkame oranı (İKO)	4	2916,867	729,217	291,687**
Un çeşidi (UÇ)	1	3141,633	3141,633	1256,653**
İKOxUÇ	4	1026,867	256,717	102,687**
Hata	20	50,000	2,500	
Toplam	29	7135,367		

**: *p<0.01* düzeyinde önemli; İKO: ikame oranı; UÇ: un çeşidi; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması

Çizelge 4.19'da önemlilik düzeyleri yer alan "*un çeşidi"* ve "*ikame oranlarına*" ait sedimantasyon değeri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları sırasıyla Çizelge 4.20 ve Çizelge 4.21'de verilmiştir. Sedimantasyon değeri; sulu, zayıf, asidik çözeltilerde gluten partiküllerin şişmesi ve hacminin artması ile belli zaman içerisinde çöken miktarın ölçülmesi esasına dayanan ve un kalite değerlendirmesinde sıklıkla kullanılan bir testtir (Çetiner vd., 2021). Güçlü gluten yapısına sahip olan unlar daha fazla şişerek hacimleri artar ve sabit kütlede hacim artışına bağlı olarak yoğunlukları düşer ve daha yüksek çökme değerleri verirler (Zeleny, 1971; Karaduman vd., 2015; Guzman vd., 2016). Kavuzsuz arpa unu sedimantasyon değeri bakımından kavuzsuz yulaf unundan daha yüksek değerlere sahip olmuştur. β-glukan gibi polisakkaritler güçlü hidrofilik özellikleri ile hidrofilik bölgelerinde ve moleküllerinin yapısındaki boşluklarda suyu tutmaktadırlar (Acar vd., 2021). Kavuzsuz arpa ununun daha yüksek β-glukan ve protein oranına sahip olması sedimantasyon değerlerinin kavuzsuz yulaf ununa göre bariz şekilde yükselmesine neden olmuştur (47,7 ml ve 27,2 ml).

Çizelge 4.20. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu ikame edilmesi ile elde edilen un örneklerine ait sedimantasyon değeri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

Un çeşidi	n	Sedimantasyon değeri[1] ml
Kontrol	3	$53,0 \pm 2,0^{a}$
KA1	3	$51,3 \pm 0,6^{a}$
KA2	3	$48,0 \pm 1,0^{b}$
KA3	3	$44,0 \pm 1,0^{c}$
KA4	3	$42,0 \pm 1,7^{c}$
KA ort	15	$47,7^{A}$
Kontrol	3	$53,0 \pm 2,0^{a}$
KY1	3	$35,0 \pm 3,0^{d}$
KY2	3	$24,3 \pm 1,2^{e}$
KY3	3	$15,0 \pm 1,0^{f}$
KY4	3	$8,7 \pm 0,6^{g}$
KY ort	15	$27,2^{B}$

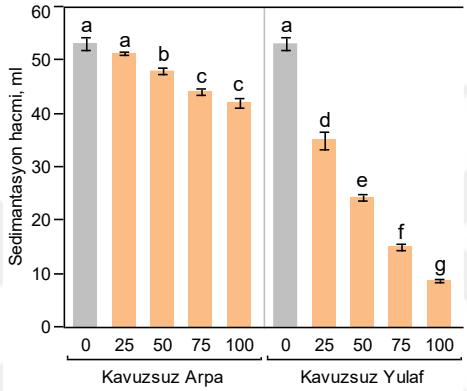
[1]%14 rutubete göre düzeltilmiştir. Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen "*un çeşidi"*, küçük harflerle gösterilen "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*" ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır *($p<0,05$*). Kontrol: ekmeklik un; KA1: %25 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA2: %50 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA3: %75 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA4: kavuzsuz arpa unu; KY1: %25 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY2: %50 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY3: %75 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY4: kavuzsuz yulaf unu; KA ort: Kavuzsuz arpa unu ortalama; KY ort: Kavuzsuz yulaf unu ortalama

Çalışmada ikame oranı arttıkça sedimantasyon değeri düşüş göstermiştir ve her bir ikame oranı istatistiki olarak birbirinden farklı olmuştur (53,0-25,3 ml arasında). İkame oranı arttıkça glutenin seyrelmesi, kavuzsuz arpa ve yulaf unundan daha fazla kepek tabakasının ve buna bağlı olarak β-glukan gibi lifli bileşenlerin ortama dahil olması ve ortamda bu bileşenler tarafından tutulan su miktarının artması ve gluten ile oluşturdukları agregasyonlar nedeniyle (Gomez vd., 2020; Zhou vd, 2021) gluten oluşumunun yeterince gerçekleşmemesi ve gluten yapısının zayıflaması ve buna bağlı olarak yeterince su alıp şişememeleri ve glutende ek yüksek molekül ağırlıklı gluteninlerde ß-dönüşlerin oluşumunu arttırması (Bock, 2019) nedeniyle sedimantasyon değerleri artan ikame oranı ile düşmüştür.

Çizelge 4.21. Un örneklerinde ikame oranına ait sedimantasyon değeri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

İkame oranı %	n	Sedimantasyon değeri ml
0	6	$53,0 \pm 1,8^{a}$
25	6	$43,2 \pm 9,2^{b}$
50	6	$36,2 \pm 13,0^{c}$
75	6	$29,5 \pm 15,9^{d}$
100	6	$25,3 \pm 18,3^{e}$

Farklı italik harflerle işaretlenmiş aynı sütundaki ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$).



Şekil 4. 5. Sedimantasyon değeri üzerinde etkili olan "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu"*

Sedimantasyon değeri üzerinde etkili olan ''*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu''* ise Çizelge 4.20 ve Şekil 4.5' te gösterilmiştir. Kavuzsuz arpanın %25 ikame oranında sedimantasyon değerlerinin değişmediği istatistiki olarak kontrol unu ile aynı değere sahip oldukları görülmüştür (51,3 ml). Daha sonra bir miktar düşme olsa da % 75 ve % 100 ikame oranlarında bile kavuzsuz arpa ilavesi ile sedimantasyon değerleri 40,0 ml' nin üzerindedir. Kavuzsuz yulaf ununun tüm ikame oranlarının sedimantasyon değerleri istatistiki olarak kavuzsuz arpa unu ikame oranlarından düşüktür. Kavuzsuz yulaf ununun kontrol una ikame oranının artması ile her ikame oranı istatististiki olarak birbirinden farklı olacak şekilde azalarak %100 ikame oranında (kavuzsuz yulaf unu) 8,7 ml gibi çok düşük değere kadar düşmüştür.

4.1.6. GlutoPik analizi

Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf ununun kontrol una ikamesi ile elde edilen un örneklerine ait GlutoPik analiz sonuçları Çizelge 4.22' de verilmiştir. Unların maksimum tork (BEM) değeri 32,0-71,0; BEM değerinden 15 sn önceki tork (AM) değeri 25,0-64 GPU; maksimum pik zaman (PMT) değeri 12,0-104,0 sn; BEM değerinden 15 sn önceki tork (PM) değeri 29,0-65,0 GPU arasında değişim göstermiş; sırasıyla ortalama 55,5 GPU, 35,0 sn, 47,6 GPU, 46,0 GPU olarak bulunmuştur. GlutoPik analizinde kavuzsuz arpa ununun (%100 ikame) AM ve PM değerleri elde edilememiştir.

Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf ununun kontrol una ikamesi ile elde edilen un örneklerinin gluten agregasyon (GlutoPik) özelliklerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.23' te verilmiştir. "*İkame oranı"*, "*un çeşidi"* ve "*interaksiyon"* tüm GlutoPik parametreleri üzerinde önemli düzeyde etkili olmuştur.

Çizelge 4.22. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu katılması ile elde edilen ikame unların GlutoPik analiz sonuçları

Un çeşidi	Örnek no	İkame oranı %	Tek	AM değeri GPU	BEM değeri GPU	PMT değeri s	PM değeri GPU
Kavuzsuz arpa unu	Kontrol	0	1	26,0	70,0	42,0	48,0
			2	27,0	71,0	42,0	48,0
			3	25,0	69,0	41,0	46,0
	KA1	25	1	36,0	70,0	39,0	56,0
			2	34,0	63,0	34,0	57,0
			3	35,0	64,0	36,0	56,0
	KA2	50	1	44,0	56,0	38,0	55,0
			2	50,0	60,0	36,0	57,0
			3	55,0	61,0	38,0	58,0
	KA3	75	1	56,0	58,0	58,0	56,0
			2	64,0	68,0	41,0	65,0
			3	53,0	54,0	53,0	53,0
	KA4	100	1	-	50,0	12,0	-
			2	-	47,0	12,0	-
			3	-	49,0	13,0	-
Kavuzsuz yulaf unu	Kontrol	0	1	26,0	70,0	42,0	48,0
			2	27,0	71,0	42,0	48,0
			3	25,0	69,0	41,0	46,0
	KY1	25	1	29,0	58,0	31,0	48,0
			2	26,0	63,0	35,0	44,0
			3	26,0	61,0	34,0	47,0
	KY2	50	1	26,0	47,0	33,0	30,0
			2	26,0	45,0	41,0	28,0
			3	27,0	46,0	38,0	32,0
	KY3	75	1	30,0	38,0	78,0	35,0
			2	30,0	37,0	93,0	34,0
			3	28,0	32,0	104,0	29,0
	KY4	100	1	37,0	39,0	96,0	39,0
			2	42,0	42,0	99,0	41,0
			3	35,0	37,0	86,0	37,0
Minimum-maksimum				25,0- 64,0	32,0-71,0	12,0- 104,0	29,0- 65,0
Ortalama				35,0	55,5	47,6	46,0

Tek: tekerrür; Kontrol: ekmeklik un; KA1: %25 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA2: %50 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA3: %75 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA4: kavuzsuz arpa unu; KY1: %25 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY2: %50 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY3: %75 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY4: kavuzsuz yulaf unu; BEM: maksimum tork; AM: BEM değerinden 15 s önceki tork; PMT: maksimum pik zamanı; PM: BEM değerinden 15 s sonraki tork

Çizelge 4.23. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu katılması ile elde edilen ikame unların GlutoPik değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	AM değeri				BEM değeri			
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
İkame oranı (İKO)	3	1066,125	355,375	40,422**	4	2814,333	703,583	69,205**
Un çeşidi (UÇ)	1	1335,041	1335,042	151,853**	1	800,833	800,833	78,771**
İKOxUÇ	3	781,791	260,597	29,641**	4	509	127,250	12,516**
Hata	16	140,667	8,792		20	203,333	10,167	
Toplam	23	3323,625			29	4327,500		
VK	PMT değeri				PM değeri			
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
İkame oranı (İKO)	4	5328,867	1332,217	41,330**	3	210,000	70,000	8,889*
Un çeşidi (UÇ)	1	4272,133	4272,133	132,538**	1	1441,500	1441,500	183,048**
İKOxUÇ	4	8185,533	2046,383	63,487**	3	737,833	245,944	31,231**
Hata	20	644,667	32,230		16	126,000	7,875	
Toplam	29	18431,200			23	2515,333		

* *p<0,05* düzeyinde önemli; **: *p<0,01* düzeyinde önemli; İKO: ikame oranı; UÇ: un çeşidi; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması

Çizelge 4.23' te önemlilik düzeyleri yer alan "*un çeşidi"* ve *"ikame oranı"*a ait GlutoPik değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları sırasıyla Çizelge 4.24 ve Çizelge 4.25' te verilmiştir. Çizelge 4.24' te görüldüğü gibi kavuzsuz arpa ununun GlutoPik AM, BEM ve PM değerleri kavuzsuz yulaf ununa göre yüksek, PMT değeri ise daha kısa değerlere sahip olmuştur. Gluten agregasyon özelliklerinin belirlenmesi amacıyla son yıllarda kullanılmaya başlanılan GlutoPik cihazı (Wang vd., 2018; Marti vd., 2015) ile 8- 10 g örnek miktarı ile 1-3 dk içerisinde, farklı un çeşitleri ile ve analiz için cihazın çalışma sıcaklığı, paletin dönüş hızı, örnek/çözelti oranı gibi koşullar değiştirilerek gluten kalite özellikleri değerlendirilebilmektedir (Malegori vd., 2018; Güçbilmez vd., 2019; Karaduman vd., 2020). Unun gluten yapısı güçlendikçe AM, PM, BEM ve agregasyon enerji değeri de yükselmektedir. Genel olarak Pik maksimum zaman (PMT) değerinin uzun olması ise unların güçlü gluten yapısını gösterirken; gluten yapısı güçlü bazı unlarda hızlı gluten oluşumu ile (BEM değeri) maksimum torka daha hızlı ulaşılmaktadır (Bouachra vd., 2017; Rakita vd., 2017; Karaduman vd., 2019, 2020). Bunun yanında bazı durumlarda zayıf gluten yapısında unlarda yüksek değerler elde edilmesi, glutamatikte gluten indeks değerlerinde görüldüğü gibi, glutenin zayıflığından çok, sıkılığının artışı ve buna bağlı olarak maksimum tork (BEM) ve maksimum torktan 15 sn sonraki tork (PM) değerlerini yükseltebilmektedir (Karaduman vd., 2020). Ayrıca zayıf unlarda gluten oluşumunun zorlaşması sonucu PMT değerleri de uzayabilmektedir (Gal ve Wiertz, 2018; Güçbilmez vd., 2019). β-glukan gibi polisakkaritler güçlü hidrofilik özellikleri ile hidrofilik bölgelerinde ve moleküllerinin yapısındaki boşluklarda suyu tutmaktadırlar (Acar vd., 2021). Kavuzsuz arpa unun daha yüksek β-glukan ve protein miktarına sahip olması, tutulan suyun yoğurma sırasında gluten gelişmesinin teşvik edilmesi ve lif bileşenlerinin gluten ile oluşturdukları interaksiyonların gluten yapısını güçlendirmesi nedeni ile kavuzsuz arpa ununun kavuzsuz yulaf ununa göre GlutoPik değerlerinde artış olmuş, gluten oluşumu da hızlanarak PMT değerleri düşmüştür.

Çizelge 4.24. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu ikame edilmesi ile elde edilen un örneklerine ait GlutoPik değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları[1]

Un çeşidi	n	AM değeri GPU	BEM değeri GPU	PMT değeri s	PM değeri GPU
Kontrol	3	$26,0 \pm 1,0^{d}$	$70,0 \pm 1,0^{a}$	$41,7 \pm 0,6^{bc}$	$47,3 \pm 1,2^{b}$
KA1	3	$35,0 \pm 1,0^{c}$	$65,7 \pm 3,8^{ab}$	$36,3 \pm 2,5^{c}$	$56,3 \pm 0,6^{a}$
KA2	3	$49,7 \pm 5,5^{b}$	$59,0 \pm 2,7^{c}$	$37,3 \pm 1,2^{c}$	$56,7 \pm 1,5^{a}$
KA3	3	$57,7 \pm 5,7^{a}$	$60,0 \pm 7,2^{c}$	$50,7 \pm 8,7^{b}$	$58,0 \pm 6,2^{a}$
KA4	0	-	$48,7^{d}$	$12,3^{d}$	-
KA ort	12	$42,1 \pm 13,3^{A}$	$60,7 \pm 8,2^{A}$	$35,7 \pm 13,6^{B}$	$54,6 \pm 5,2^{A}$
Kontrol	3	$26,0 \pm 1,0^{d}$	$70,0 \pm 1,0^{a}$	$41,7 \pm 0,6^{bc}$	$47,3 \pm 1,2^{b}$
KY1	3	$27,0 \pm 1,7^{d}$	$60,7 \pm 2,5^{bc}$	$33,3 \pm 2,1^{c}$	$46,3 \pm 2,1^{b}$
KY2	3	$26,3 \pm 0,6^{d}$	$46,0 \pm 1,0^{d}$	$37,3 \pm 4,0^{c}$	$30,0 \pm 2,0^{c}$
KY3	3	$29,3 \pm 1,2^{d}$	$35,7 \pm 3,2^{e}$	$91,7 \pm 13,1^{a}$	$32,7 \pm 3,2^{c}$
KY4	0	-	$39,3 \pm 2,5^{e}$	$93,7 \pm 6,8^{a}$	-
KY ort	12	$27,2^{B}$	$50,3^{B}$	$59,5^{A}$	$39,1^{B}$

[1]Kavuzsuz arpanın %100 ikame oranı değerlendirmede dikkate alınmamıştır. Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen "*un çeşidi"*, küçük harflerle gösterilen "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu"* ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır *($p<0,05$)*. Kontrol: ekmeklik un; KA1: %25 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA2: %50 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA3: %75 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA4: kavuzsuz arpa unu; KY1: %25 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY2: %50 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY3: %75 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY4: kavuzsuz yulaf unu; KA ort: Kavuzsuz arpa unu ortalama; KY ort: Kavuzsuz yulaf unu ortalama

Çalışmada ikame oranı arttıkça GlutoPik AM artarken BEM değeri düşmüştür (Çizelge 4.25). % 50 ikame oranına kadar PMT değeri değişmez iken daha sonra gluten gelişimi gecikerek PMT değerleri artmıştır. PM değerlerindeki değişim anlamlı olarak değerlendirilmemiştir. Artan ikame oranı ile birlikte β-glukan gibi lifli bileşenlerin ortama dahil olması ve gluten ile oluşturdukları agregasyonlar nedeniyle (Gomez vd., 2020; Zhou vd, 2021) gluten gelişiminin başlangıcında (AM değeri) daha sıkı bir gluten oluşmaya başlarken; glutenin artan ikame oranı ile sıkılığını fazla koruyamadığı (BEM değeri) görülmüştür. Gluten oluşumunun yeterince gerçekleşmemesi ve gluten yapısının zayıflaması ve glutende ek ß-dönüşlerin oluşumunun artması (Bock, 2019) nedeniyle gluten oluşumunun gecikmesi ile PMT değerleri % 50 ikame oranından sonra artmıştır. Kavuzsuz arpanın tüm ikame oranlarının AM değeri kavuzsuz yulafın ikame oranlarından yüksektir. Kavuzsuz yulafın tüm ikame oranlarının AM değerleri istatistiki olarak benzerdir. En yüksek AM değeri kavuzsuz arpanın % 75 ikame oranından elde edilmiştir (57,7 GPU). Kavuzsuz arpanın % 25 ikame oranının BEM değeri kontrol ile aynı gruptadır. Kavuzsuz yulafın %

25 ikame oranı da kavuzsuz arpanın % 25 ikame oranı ile istatistiki olarak benzer BEM değeri vermişlerdir. Kavuzsuz arpanın % 25 ikame oranından sonra diğer ikame oranlarında BEM değerinde azalma kavuzsuz arpada daha az iken kavuzsuz yulafta daha fazla olmuştur. Kavuzsuz yulafın % 50 ikame oranından sonra PMT değerleri oldukça fazla oranda yükselmiştir (90 sn' nin üzerinde). Elde edilen sonuçlar özellikle buğday ununa diğer tahıl unları ile zenginleştirme yapıldığında kepek ilavesi olduğundan GlutoPik' te gluten agregasyon özelliklerinin değişimi konusunda farklı metodların geliştirilmesi ve kullanılan metodların optimizasyonu ile ilgili daha fazla çalışma yapılması gerektiğini göstermiştir.

Çizelge 4.25. Un örneklerinde ikame oranlarına ait GlutoPik değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

İkame oranı %	n	AM değeri GPU	BEM değeri GPU	PMT değeri s	PM değeri GPU
0	6	$26,0 \pm 0,9^{d}$	$70,0 \pm 0,9^{a}$	$41,7 \pm 0,5^{c}$	$47,3 \pm 1,0^{b}$
25	6	$31,0 \pm 4,6^{c}$	$63,2 \pm 4,0^{b}$	$34,8 \pm 2,6^{c}$	$51,3 \pm 5,7^{a}$
50	6	$38,0 \pm 13,3^{b}$	$52,5 \pm 7,3^{c}$	$37,3 \pm 2,7^{c}$	$43,3 \pm 14,7^{b}$
75	6	$43,5 \pm 16,0^{a}$	$47,8 \pm 14,2^{d}$	$71,2 \pm 24,6^{a}$	$45,3 \pm 14,6^{bc}$
100	0	-	$44,0 \pm 5,4^{d}$	$53,0 \pm 44,8^{b}$	-

Farklı italik harflerle işaretlenmiş aynı sütundaki ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$). Kavuzsuz arpanın %100 ikame oranı değerlendirmede dikkate alınmamıştır.

4.1.7. Hamur reolojik özellikleri (alveograf)

Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf ununun kontrol una ikamesi ile elde edilen un örneklerine ait alveograf analiz sonuçları Çizelge 4.26' da verilmiştir. Unların direnç (T) değeri 92,0-243,0 mm; uzama kabiliyeti (A) 5,0-30,0 mm; elastikiyet indeksi (Ex) 5,0-12,2' ve enerji (Fb) değeri 23,0-177,0 10^{-4} x J arasında değişim göstermiş ve sırasıyla ortalama 141,7 mm, 16,9 mm, 8,9 ve 108,9 10^{-4} x J olarak bulunmuştur. Kavuzsuz yulaf ununda (%100 ikame un) alveografta herhangi bir değer elde edilememiştir.

Çizelge 4.26. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu katılması ile elde edilen ikame unların alveograf değerleri analiz sonuçları

Un çeşidi	Örnek no	İkame oranı %	Tek	Direnç (T) mm	Uzama kabiliyeti (A) mm	Elastikiyet indeksi (Ex)	Enerji değeri (Fb) 10^{-4} x J
Kavuzsuz arpa unu	Kontrol	0	1	118,0	30,0	12,2	169,0
			2	137,0	28,0	11,8	177,0
			3	140,0	25,0	11,1	158,0
	KA1	25	1	164,0	25,0	11,1	178,0
			2	141,0	21,0	10,2	128,0
			3	140,0	22,0	10,4	134,0
	KA2	50	1	152,0	14,0	8,3	79,0
			2	153,0	14,0	8,3	81,0
			3	148,0	13,0	8,0	74,0
	KA3	75	1	125,0	11,0	7,4	68,0
			2	128,0	8,0	6,3	49,0
			3	126,0	9,0	6,8	57,0
	KA4	100	1	92,0	5,0	5,0	23,0
			2	95,0	5,0	5,0	23,0
			3	96,0	6,0	5,5	23,0
Kavuzsuz yulaf unu	Kontrol	0	1	118,0	30,0	12,2	169,0
			2	137,0	28,0	11,8	177,0
			3	140,0	25,0	11,1	158,0
	KY1	25	1	224,0	21,0	10,2	210,0
			2	234,0	19,0	9,7	182,0
			3	243,0	22,0	10,4	206,0
	KY2	50	1	135,0	14,0	8,3	72,0
			2	138,0	15,0	8,5	73,0
			3	140,0	15,0	8,3	75,0
	KY3	75	1	123,0	11,0	7,4	64,0
			2	120,0	11,0	7,1	62,0
			3	119,0	10,0	7,2	70,0
	KY4	100	1	-	-	-	-
			2	-	-	-	-
			3	-	-	-	-
Minimum- maksimum				92,0- 243,0	5,0- 30,0	5,0- 12,2	23,0- 177,0
Ortalama				141,7	16,9	8,9	108,9

Tek: tekerrür; Kontrol: ekmeklik un; KA1: %25 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA2: %50 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA3: %75 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA4: kavuzsuz arpa unu; KY1: %25 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY2: %50 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY3: %75 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; T: direnç; A: uzama kabiliyeti, Ex: elastikiyet indeksi; Fb: enerji değeri; T/A: direnç/uzama kabiliyeti

Kavuzsuz arpa ve yulaf unu çeşitleri ve kontrol unu ile hazırlanan ikame un örneklerinin alveograf çözelliklerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.27 ve Çizelge 4.28' de verilmiştir. "*İkame oranı"* tüm parametreler üzerinde çok önemli düzeyde (*p<0,01*); "*un çeşidi"* ve *"interaksiyon*" direnç ve enerji değerleri üzerinde etkili olmuştur.

Çizelge 4.27. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu katılması ile elde edilen ikame unların alveograf direnç ve uzama kabiliyeti değerleri varyans analiz sonuçları

VK	Direnç (T)				Uzama kabiliyeti (A)			
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
İkame oranı (İKO)	3	16373,458	5457,819	75,367**	3	1110,125	370,042	130,603**
Un çeşidi (UÇ)	1	1650,042	1650,042	22,785*	1	0,0417	0,042	0,015
İKOxUÇ	3	9587,458	3195,819	44,131**	3	10,125	3,375	1,191
Hata	16	1158,667	72,42		16	45,333	2,833	
Toplam	23	28769,630			23	1165,625		

* *p<0,05* düzeyinde önemli; **: *p<0,01* düzeyinde önemli; İKO: ikame oranı; UÇ: un çeşidi; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması

Çizelge 4.28. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu katılması ile elde edilen ikame unların alveograf elastikiyet indeksi ve enerji değerleri varyans analiz sonuçları

VK	Elastikiyet indeksi (Ex)				Enerji (Fb)			
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
İkame oranı (İKO)	3	78,041	26,014	157,107**	3	62883,167	20961,060	130,973**
Un çeşidi (UÇ)	1	0,001	0,001	0,007	1	1148,167	1148,1700	7,174*
İKOxUÇ	3	0,588	0,196	1,184	3	3125,833	1041,940	6,511*
Hata	16	2,649	0,166		16	2560,67	160,04	
Toplam	23	81,280			23	69717,83		

* *p<0,05* düzeyinde önemli; **: *p<0,01* düzeyinde önemli; İKO: ikame oranı; UÇ: un çeşidi; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması

Çizelge 4.27. ve 4.28' de önemlilik düzeyleri yer alan "*un çeşidi"* ve *"ikame oranı"*na ait alveograf değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.29 ve Çizelge 4.30' da verilmiştir. Çizelge 4.29' da görüldüğü gibi kavuzsuz yulaf ununun hamur direnç ve enerji değerleri kavuzsuz arpa ununa göre yüksektir. Un çeşitleri arasında uzama kabiliyeti ve elastikiyet indeksi bakımından istatistiki olarak önemli bir farklılık bulunmamıştır. Hamur reolojik özelliklerinin son ürün için değerlendirilmesinde alveograf özellikleri oldukça yarayışlıdır. Ekmek yapım kalitesi yüksek hamurların alveografta uzama yeteneği (A) ve enerji değeri (Fb)' nin yüksek, direnç/uzama kabiliyeti (T/A) oranının dengeli olması istenmektedir (Guzman vd., 2016; Hernandez-Espinose vd., 2018; Jodal ve

Larsen, 2021). Daha yüksek β-glukan ve protein oranına sahip olmasına ve tutulan su miktarının artmasına bağlı olarak sedimantasyon değerleri yükselmesine ve GlutoPik analizin daha sıkı bir gluten sağlamasına rağmen kavuzsuz arpa ununun gluten özellikleri üzerindeki bu etkileri hamurun çok yönlü genişlemesinin değerlendirildiği ve ekmek yapım özelliklerinin tahminlenmesinde oldukça belirleyici olan hamur reolojik özelliklerini geliştirememiştir. Kavuzsuz arpa ununun enerji değerleri kavuzsuz yulaf ununun altında kalmıştır.

Çalışmada % 25 kavuzsuz yulaf ikame oranında enerji değerinin kontrolün üzerinde olması ($199,3x10^{-4}$ J) alveograf testinde kullanılan mevcut metodun ortama tam tane unu dahil olduğunda etkinliğinin zayıfladığını göstermiştir. Alveograf testi rafine beyaz unların hamur reoloji özelliklerinin tahminlenmesi için geliştirilmiş bir analizdir. Tam tane unlarının veya tam tane unları ikame edilmiş rafine beyaz unların alveograf özelliklerinin belirlenmesi için mevcut metod üzerinde optimizasyon çalışmaları yürütülmelidir. Her iki un çeşidinde de % 50 ikame oranından sonra hamurun ekmek yapım kalitesini ortaya koyan en önemli iki parametreden (Guzman vd., 2016) enerji değerinin $100,0x10^{-4}$ J' nin altında ve istatistiki olarak benzer gruplarda yer alması ve ayrıca uzama kabiliyetinin de 20,0 mm' nin altına inmesi, % 50 ikame oranından sonra ekmek özelliklerinin olumsuz etkileneceğini göstermektedir.

Çizelge 4.29. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda tam tane kavuzsuz arpa ve yulaf unu ikame edilmesi ile elde edilen un örneklerine ait alveograf değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları[1]

Un çeşidi	n	Direnç mm	Uzama kabiliyeti mm	Elastikiyet indeksi	Enerji değeri 10^{-4} x J
Kontrol	3	131,7 ± 11,9^{cd}	27,67 ± 2,52	11,70 ± 0,56	168,0 ± 9,5^{b}
KA1	3	148,3 ± 13,6^{b}	22,67 ± 2,08	10,57 ± 0,47	146,7 ± 27,3^{b}
KA2	3	151,0 ± 2,7^{b}	13,67 ± 0,58	8,23 ± 0,17	78,0 ± 3,6^{c}
KA3	3	126,3 ± 1,5^{cd}	9,33 ± 1,53	6,83 ± 0,54	58,0 ± 9,5^{c}
KA4	0	-	-	-	-
KA ort	12	139,3^{B}	18,33	9,33	112,7^{B}
Kontrol	3	131,7 ± 11,9^{cd}	27,67 ± 2,52	11,70 ± 0,56	168,0 ± 9,5^{b}
KY1	3	233,7 ± 9,5^{a}	20,67 ± 1,53	10,10 ± 0,36	199,3 ± 15,1^{a}
KY2	3	137,7 ± 2,5^{cd}	14,67 ± 0,58	8,35 ± 0,11	73,3 ± 1,5^{c}
KY3	3	120,7 ± 2,1^{d}	10,67 ± 0,58	7,23 ± 0,13	65,3 ± 4,2^{c}
KY4	0	-	-	-	-
KY ort	12	155,9^{A}	18,42	9,35	126,50^{A}

[1]Kavuzsuz arpanın %100 ikame oranı değerlendirmede dikkate alınmamıştır. Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen "*un çeşidi"*, küçük harflerle gösterilen "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu"* ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır *(p<0,05*). Kontrol: ekmeklik un; KA1: %25 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA2: %50 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA3: %75 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA4: kavuzsuz arpa unu; KY1: %25 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY2: %50 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY3: %75 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY4: kavuzsuz yulaf unu; KA ort: Kavuzsuz arpa unu ortalama; KY ort: Kavuzsuz yulaf unu ortalama

Çalışmada ikame oranı arttıkça unların tüm alveograf parametreleri azalmıştır (Çizelge 4.30). Özellikle enerji değeri ve direnç değerinde % 50 ikame oranından sonra azalma çok daha bariz olmuştur. Ekmek hacminin belirlenmesinde diğer önemli bir parametre olan uzama kabiliyeti de 27,67 mm' den 10,00 mm' ye her ikame oranı istatistiki olarak birbirinden farklı olacak şekilde azalmıştır. Artan ikame oranı ile birlikte β-glukan gibi lifli bileşenlerin ortama dahil olması ve gluten ile oluşturdukları agregasyonlar nedeniyle (Gomez vd., 2020; Zhou vd., 2021) hamurda gluten oluşumunun yeterince gerçekleşmemekte ve hamurun gluten gelişimi bozularak (Bock, 2019) hamurun reolojik özellikleri zayıflamıştır.

Çizelge 4.30. Un örneklerinde ikame oranlarına ait alveograf değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

İkame oranı %	n	Direnç mm	Uzama kabiliyeti mm	Elastikiyet indeksi	Enerji değeri 10^{-4} x J
0	6	131,7 ± 10,7^{c}	27,67 ± 2,25^{a}	11,70 ± 0,50^{a}	168,0 ± 8,5^{a}
25	6	191,0 ± 47,9^{a}	21,67 ± 1,97^{b}	10,33 ± 0,45^{b}	173,0 ± 35,0^{a}
50	6	144,3 ± 7,7^{b}	14,17 ± 0,75^{c}	8,29 ± 0,15^{c}	75,7 ± 3,6^{b}
75	6	123,5 ± 3,5^{b}	10,00 ± 1,26^{d}	7,03 ± 0,41^{d}	61,7 ± 7,7^{b}
100	0	-	-	-	-

Farklı italik harflerle işaretlenmiş aynı sütundaki ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$).

4.2. Ekmek Analizleri

4.2.1. Renk Analizleri

Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmeklerin kabuk ve iç L*, a*, b* renk değerlerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.31' de verilmiştir. Ekmeklerin kabuk L* değeri 58,94-70,48, a* değeri 2,54-9,42, b* değeri 15,81-25,05; iç L* değeri 57,59-68,73; a* değeri -1,30-3,70 ve b* değeri 17,18-24,62 arasında değişim göstermiştir ve sırasıyla ortalama 65,02, 5,77, 21,57, 63,78, 1,41 ve 21,51 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.31. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin kabuk ve iç L*, a*, b* renk değerleri analiz sonuçları

Un Çeşidi	Örnek no	İkame oranı %	Tek	Kabuk			İç		
				L*	a*	b*	L*	a*	b*
Kavuzsuz arpa unu	Kontrol	0	1	59,89	8,52	21,77	62,31	-1,12	17,18
			2	62,57	8,02	24,40	64,70	-1,08	18,67
			3	63,33	7,65	24,28	66,04	-1,30	17,62
	KA1	25	1	62,79	8,04	21,83	65,63	0,12	19,59
			2	62,60	7,30	23,06	65,15	0,19	19,90
			3	58,94	9,42	23,83	63,06	0,64	21,73
	KA2	50	1	65,92	4,35	22,53	65,43	1,86	22,39
			2	64,29	4,84	23,60	67,50	2,07	24,26
			3	65,29	5,05	25,05	65,86	1,90	23,36
	KA3	75	1	65,80	4,23	21,62	60,86	2,87	22,12
			2	65,75	4,79	22,96	61,21	3,45	24,62
			3	67,82	4,27	22,21	57,59	3,68	23,72
	KA4	100	1	67,28	3,93	17,80	59,61	3,70	23,16
			2	66,57	3,82	17,25	57,59	3,47	21,73
			3	65,86	4,79	22,96	59,35	3,60	23,04
Kavuzsuz yulaf unu	Kontrol	0	1	59,89	8,52	21,77	62,31	-1,12	17,18
			2	62,57	8,02	24,40	64,70	-1,08	18,67
			3	63,33	7,65	24,28	66,04	-1,30	17,62
	KY1	25	1	61,20	8,54	23,21	67,80	-0,15	18,71
			2	63,83	8,56	24,32	68,58	0,08	19,18
			3	66,16	7,49	26,83	68,73	0,24	19,65
	KY2	50	1	64,38	7,54	22,32	62,18	2,41	24,08
			2	64,87	6,33	19,44	63,09	2,18	24,58
			3	65,06	5,51	17,51	60,80	2,29	23,96
	KY3	75	1	69,25	2,50	19,62	62,15	2,43	22,58
			2	69,17	2,66	19,41	65,46	2,08	22,12
			3	67,12	2,54	19,26	64,03	2,55	23,89
	KY4	100	1	70,47	2,63	15,81	64,25	2,64	23,40
			2	70,48	2,77	16,80	65,03	2,63	23,38
			3	68,25	2,74	16,90	66,28	2,47	23,20
Minimum-maksimum				58,94-70,48	2,54-9,42	15,81-25,05	57,59-68,73	-1,30-3,70	17,18-24,62
Ortalama				65,02	5,77	21,57	63,78	1,41	21,51

Tek: tekerrür; Kontrol: ekmeklik un; KA1: %25 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA2: %50 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA3: %75 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA4: kavuzsuz arpa unu; KY1: %25 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY2: %50 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY3: %75 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY4:kavuzsuz yulaf unu; İKO: ikame oranı; L*: parlaklık; a*: +kırmızı/-yeşil; b*: +sarı/-mavi

Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmeklerin kabuk ve iç L*, a*, b* renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.32 ve Çizelge 4.33' te verilmiştir. *"İkame oranı"* ekmek kabuk ve içi tüm renk değerleri üzerinde çok önemli ($p<0,01$); "*un çeşidi"* ekmek kabuğunda L* ve b* değerleri üzerinde önemli ($p<0,05$) ve ekmek içinde L* değeri üzerinde önemli ve a*değeri üzerinde çok önemli ($p<0,01$) ve "*ikame oranı x un çeşidi interaksiyonu*" ise ekmek kabuğu a*, b* ve ekmek içi L* ve a* üzerinde önemli düzeyde etkilidir.

Çizelge 4.32. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin kabuk renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	L*				a*				b*			
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
İkame oranı (İKO)	4	188,132	47,033	20,270**	4	131,235	32,809	94,342**	4	136,315	34,079	12,577**
Un çeşidi (UÇ)	1	15,166	15,166	6,536*	1	0,840	0,840	2,416	1	18,050	18,050	6,662*
İKOxUÇ	4	14,268	3,567	1,537	4	12,003	3,001	8,629*	4	34,977	8,744	3,227*
Hata	20	46,407	2,320		20		6,955	0,348	20	54,190	2,710	
Toplam	29	263,973			29		151,033		29	243,532		

*: *p<0,05* düzeyinde önemli; **: *p<0,01* düzeyinde önemli; İKO: ikame oranı; UÇ: un çeşidi; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması

Çizelge 4.33. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin iç renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	L*				a*				b*			
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
İkame oranı (İKO)	4	87,065	21,766	10,476**	4	80,985	20,246	473,634**	4	159,609	39,902	58,668**
Un çeşidi (UÇ)	1	29,087	29,087	13,999*	1	1,083	1,083	25,335**	1	0,026	0,026	0,039
İKOxUÇ	4	103,198	25,800	12,417**	4	2,173	0,543	12,708**	4	4,649	1,162	1,709
Hata	20	41,556	2,078		20	0,855	0,043		20	13,603	0,680	
Toplam	29	260,907			29	85,096			29	177,887		

*: *p<0,05* düzeyinde önemli; **: *p<0,01* düzeyinde önemli; İKO: ikame oranı; UÇ: un çeşidi; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması

Çizelge 4.32 ve Çizelge 4.33' te önemlilik düzeyleri verilen "*un çeşidi"* ve "*ikame oranı"na* ait ekmek kabuk ve içinde L*, a* ve b* renk değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları sırasıyla Çizelge 4.34 ve Çizelge 4.35' te verilmiştir. "*Un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*" ise Çizelge 4.34 ve Şekil 4.6' da gösterilmiştir. Ekmek kabuğunda kavuzsuz arpa unu ikamesinin kavuzsuz yulaf ununa göre b* değeri, ekmek içi ise a* değeri daha yüksek; ekmeğin her iki kısmında L* değeri düşük olup renk daha koyudur. Kavuzsuz arpada aleuron tabakasında veya perikarpta bulunan antosiyaninler tane renginin mavi ve mor tonlarını meydana getirirler (Shaveta vd., 2019) ve zeaksantin ve lutein, kavuzsuz arpada bilinen diğer iki temel karotenoiddir (Panfili vd., 2004). Kabuk tabakası özellikle yüksek sıcaklık ile Maillard reaksiyonlarının pişme sırasında oluştuğu kısımdır (Burdurlu ve Karadeniz, 2002). Kavuzsuz arpanın sahip olduğu yüksek indirgen şekerlerin (Şimşekli ve Doğan, 2015) ve çalışmamızda kavuzsuz arpa unun sahip olduğu daha yüksek protein oranına bağlı olarak Maillard reaksiyonlarının ve bileşiminde bulunan sarı renk maddelerinin kabukta rengin koyulaşmasına neden olduğu; ekmek içinde ise özellikle kavuzsuz arpanın ihtiva ettiği kırmızı renk maddelerinin rengin koyulaşmasına neden oldukları değerlendirilmiştir. Buğday ununa % 50 oranında kavuzsuz arpa unu ilavesiyle üretilen tortilla ve pita ekmeği kontrol ekmeğiyle kıyaslandığında renginin daha koyu olduğu görülmüştür (Malcolmson, 2014). Diğer taraftan kavuzsuz yulaf ununda daha yüksek oranda bulunan renk maddelerinin sıcaklık ve ortamdaki oksijen varlığında stabilitelerinin daha düşük olabileceğini akla getirmektedir.

Çizelge 4.34. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin un çeşitlerine ait kabuk ve iç renk değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

Un çeşidi	n	Kabuk			İç		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*
Kontrol	3	61,93 ± 1,81	8,06 ±0,44^{a}	23,48 ± 1,49^{a}	64,35 ± 1,89^{bc}	-1,17 ± 0,12^{e}	17,82 ± 0,77
KA1	3	61,44 ± 2,17	8,25 ± 1,08^{a}	22,91 ± 1,01^{a}	64,61 ± 1,37^{b}	0,32 ± 0,28^{d}	20,41 ± 1,16
KA2	3	65,17 ± 0,82	4,75 ± 0,36^{c}	23,73 ± 1,26^{a}	66,26 ± 1,09^{ab}	1,94 ± 0,11^{c}	23,34 ± 0,94
KA3	3	66,46 ± 1,18	4,43 ± 0,31^{c}	22,26 ± 0,67^{ab}	59,89 ± 2,00^{de}	3,33 ± 0,42^{a}	23,49 ± 1,27
KA4	3	66,57 ± 0,71	4,18 ± 0,53^{c}	19,34 ± 3,15^{c}	58,85 ± 1,10^{e}	3,59 ± 0,12^{a}	22,64 ± 0,79
KA ort	15	64,31^{B}	5,93	22,34^{A}	62,79^{B}	1,60^{A}	21,54
Kontrol	3	61,93 ± 1,81	8,06 ± 0,44^{a}	23,48 ± 1,49^{a}	64,35 ± 1,89^{bc}	-1,17 ± 0,12^{e}	17,82 ± 0,77
KY1	3	63,73 ± 2,48	8,20 ± 0,61^{a}	24,79 ± 1,85^{a}	68,37 ± 0,50^{a}	0,06 ± 0,20^{d}	19,18 ± 0,47
KY2	3	64,77 ± 0,35	6,46 ± 1,02^{b}	19,76 ± 2,42^{bc}	62,02 ± 1,15^{cd}	2,29 ± 0,12^{bc}	24,21 ± 0,33
KY3	3	68,51 ± 1,21	2,57 ± 0,08^{d}	19,43 ± 0,18^{c}	63,88 ± 1,66^{bc}	2,35 ± 0,24^{b}	22,86 ± 0,92
KY4	3	69,73 ± 1,28	2,71 ± 0,07^{d}	16,50 ± 0,60^{d}	65,19 ± 1,02^{b}	2,58 ± 0,10^{b}	23,33 ± 0,11
KY ort	15	65,74^{A}	5,60	20,79^{B}	64,76^{A}	1,22^{B}	21,48

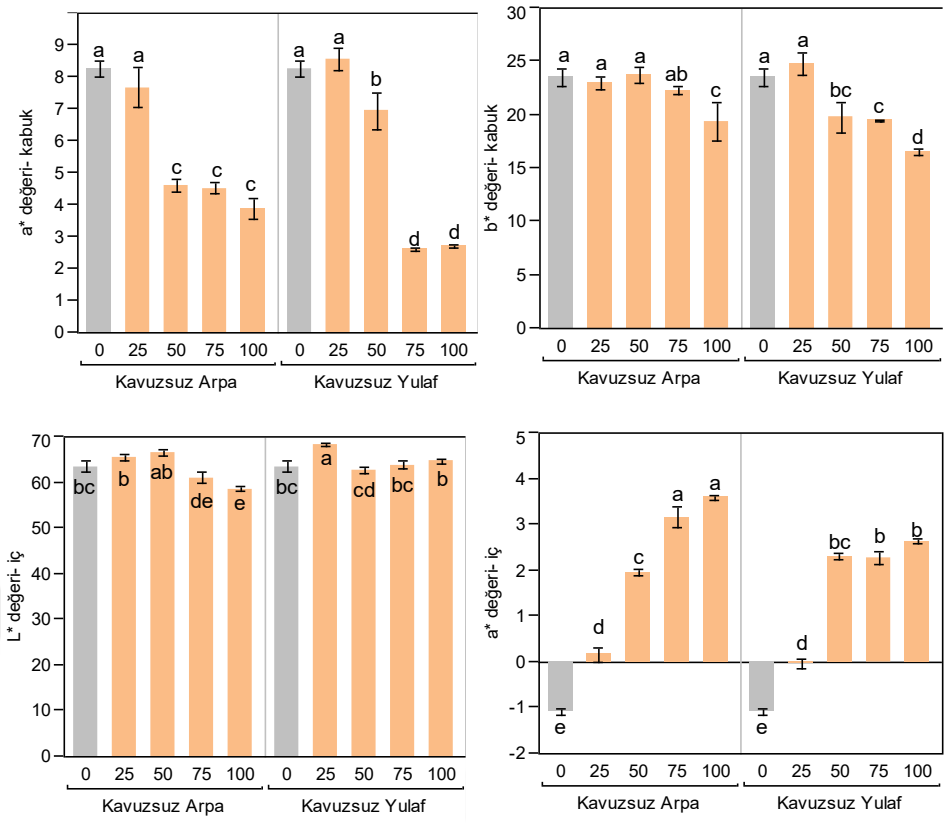
Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen "*un çeşidi"*, küçük harflerle gösterilen *un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu"* ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır *(p<0,05*). Kontrol: ekmeklik un; KA1: %25 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA2: %50 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA3: %75 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA4: kavuzsuz arpa unu; KY1: %25 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY2: %50 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY3: %75 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY4: kavuzsuz yulaf unu; KA ort: Kavuzsuz arpa unu ortalama; KY ort: Kavuzsuz yulaf unu ortalama

Çalışmada ikame oranı arttıkça ekmek içinde a* ve b* değerleri artış gösterirken daha koyu renkli olmuştur (L* değeri azalmıştır) (Çizelge 4.35). Kavuzsuz arpa ve yulaf unları tam tane ununun aleuron ve perikarp tabakalarında daha yoğun olarak bulunan renk maddelerinin kontrol una ikame oranı arttıkça ekmek içinde renk koyulaşmış ve a* ve b* değerleri yükselmiştir (Shaveta vd., 2019). Ekmek içinde % 50 ikame oranından sonra L*, a* ve b* değerleri istatistiki olarak değişmemiştir. Diğer taraftan ekmek kabuğunda renk maddelerinin stabiliteleri daha düşük olduğundan yüksek sıcaklıkta bozunmaları nedeniyle kabuk renginin daha açık renkli olmasına neden olmuş ve a* ve b* değerleri düşmüş olabilir.

Çizelge 4.35. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin ikame oranlarına ait ekmek kabuk ve iç renk değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

İkame oranı %	n	Kabuk			İç		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*
0	6	61,93 ± 1,62^{c}	8,06 ± 0,39^{a}	23,48 ± 1,33^{ab}	64,35 ± 1,69^{b}	-1,17 ± 0,10^{d}	17,82 ± 0,68^{c}
25	6	62,59 ± 2,43^{c}	8,23 ± 0,78^{a}	23,85 ± 1,69^{a}	66,49 ± 2,25^{a}	0,19 ± 0,26^{c}	19,79 ± 1,04^{b}
50	6	64,97 ± 0,61^{b}	5,60 ± 1,16^{b}	21,74 ± 2,78^{bc}	64,14 ± 2,53^{b}	2,12 ± 0,22^{b}	23,77 ± 0,79^{a}
75	6	67,49 ± 1,55^{a}	3,50 ± 1,04^{c}	20,85 ± 1,61^{c}	61,88 ± 2,74^{c}	2,84 ± 0,62^{a}	23,18 ± 1,05^{a}
100	6	68,15 ± 1,97^{a}	3,45 ± 0,87^{c}	17,92 ± 2,55^{d}	62,02 ± 3,60^{c}	3,09 ± 0,56^{a}	22,99 ± 0,63^{a}

Farklı italik harflerle işaretlenmiş aynı sütundaki ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$).



Şekil 4. 6. Ekmek içi ve kabuğunun L*, a*, b* renk değerleri üzerinde etkili olan ‘*’un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*’’

Ekmek kabuğunda ve içinde renk değerleri üzerinde istatistiki olarak önemli olan “*un çeşidi x ikame oranı”* interaksiyonları Çizelge 4.34 ve Şekil 6’ da verilmiştir. Ekmek kabuğunda her iki un çeşidi ekmeklerinde % 25 ikame oranından sonra a* değerleri bariz şekilde düşmüştür. Kavuzsuz arpa unu ilave edilen ekmeklerin %25 ikame oranından sonraki ikame oranlarına ait kabuk a* değeri istatistiki olarak değişmemiştir. Kavuzsuz yulaf unu ekmeğinin % 50 ikame oranının a* değeri yüksek kalmıştır (6,46). Kavuzsuz yulaf ununun % 75 ve % 100 ikame oranının a* değeri daha düşük bulunmuştur. Ekmek kabuğunda kavuzsuz arpa unun %100 ikame oranı diğer oranların altında iken % 25 ikame oranından sonra kavuzsuz yulaf unu ikame ekmeklerin b* değeri kademeli olarak azalmıştır. Ekmek kabuğunda kavuzsuz yulaf ununun % 50 ve % 75 oranlarında ikame edildiği ekmeklerin b* değeri, kavuzsuz arpa ununun % 100 ikame edildiği ekmekler ile istatistiki olarak aynı grupta yer almıştır. Kavuzsuz yulaf unu ekmeği (% 100 ikame) en düşük b* değerine sahip olmuştur (16,50). Ekmek içinde kavuzsuz arpa ununun % 75 ve % 100 ikame edilmiş ekmeklerinde en düşük L* değeri elde edilmiştir (<60,0). Ekmek içinde her iki un çeşidi ekmeklerinde kontrole göre a* değerleri bariz şekilde artmıştır.

4.2.2. Fizikokimyasal özellikler

Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmeklerinin rutubet miktarı, kül miktarı ve su aktivitesi değerlerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.36' da verilmiştir. Ekmeklerin rutubet miktarı %36,96-49,26; kül miktarı %1,540-2,731 ve su aktivitesi değerleri 0,834-0,953 arasında değişim göstermiştir ve sırasıyla ortalama %40,14, %2,154 ve 0,910 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.36. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin rutubet miktarı, kül miktarı ve su aktivitesi değerleri analiz sonuçları

Un çeşidi	Örnek no	İkame oranı %	Tek	Rutubet miktarı %	Kül miktarı[1] %	Su aktivitesi a_w
Kavuzsuz arpa unu	Kontrol	0	1	37,80	1,540	0,911
			2	40,30	2,061	0,919
			3	39,39	1,661	0,892
	KA1	25	1	42,13	1,848	0,922
			2	39,65	1,865	0,953
			3	41,55	1,851	0,901
	KA2	50	1	41,57	2,037	0,950
			2	42,00	2,118	0,910
			3	41,78	2,087	0,893
	KA3	75	1	41,74	2,359	0,916
			2	43,05	2,401	0,939
			3	42,42	2,376	0,952
	KA4	100	1	46,35	2,731	0,886
			2	46,26	2,669	0,933
			3	46,05	2,697	0,908
Kavuzsuz yulaf unu	Kontrol	0	1	37,80	1,540	0,911
			2	40,30	2,061	0,919
			3	39,39	1,661	0,892
	KY1	25	1	38,40	1,779	0,883
			2	37,67	1,875	0,955
			3	38,22	1,843	0,834
	KY2	50	1	36,96	2,109	0,906
			2	37,90	2,160	0,890
			3	37,55	2,138	0,899
	KY3	75	1	39,18	2,421	0,915
			2	37,23	2,402	0,846
			3	37,95	2,413	0,936
	KY4	100	1	37,96	2,643	0,949
			2	37,69	2,635	0,895
			3	38,03	2,639	0,880
Minimum- maksimum				36,96-49,26	1,540-2,731	0,834-0,953
Ortalama				40,14	2,154	0,910

[1]Sonuçlar kurumadde üzerinden düzeltilmiştir. Tek: tekerrür; Kontrol: ekmeklik un; KA1: %25 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA2: %50 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA3: %75 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA4: kavuzsuz arpa unu; KY1: %25 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY2: %50 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY3: %75 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY4:kavuzsuz yulaf unu

Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmeklerinin rutubet miktarı, kül miktarı ve su aktivitesi değerlerine

ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.37'de verilmiştir. Rutubet miktarı üzerinde "*İkame oranı*", "*un çeşidi"* ve "*interaksiyon"* çok önemli düzeyde (*p<0,01*) etkili olmuştur. Kül miktarı üzerinde yalnız "*ikame oranı*" etkili iken (*p<0,01*), su aktivitesi üzerinde değişkenlerin etkisi önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.37. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin rutubet miktarı, kül miktarı ve su aktivitesi değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	Rutubet miktarı				Kül miktarı				Su aktivitesi			
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
İkame oranı (İKO)	4	31,163	7,791	11,527**	4	3,491	0,873	56,405**	4	0,000	0,000	0,0972
Un çeşidi (UÇ)	1	119,241	119,241	176,421**	1	0,000	0,000	0,001	1	0,002	0,002	2,4474
İKOxUÇ	4	53,807	13,452	19,902**	4	0,012	0,003	0,199	4	0,002	0,000	0,4662
Hata	20	13,518	0,676		20	0,309	0,015		20	0,020	0,001	
Toplam	29	217,729			29	3,813			29	0,025		

**: *p<0,01* düzeyinde önemli; İKO: ikame oranı; UÇ: un çeşidi; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması

Çizelge 4.37' de önemlilik düzeyleri verilen "*un çeşidi"* ve "*ikame oranı"* "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu"*na ait rutubet miktarı, kül miktarı değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları sırasıyla Çizelge 4.38 ve Çizelge 4.39' da verilmiştir. Çizelge 4.38' de görüldüğü gibi kavuzsuz arpa unu rutubet miktarı kavuzsuz yulaf ununa göre yüksektir. Kavuzsuz arpanın sahip olduğu daha yüksek β-glukan ve protein oranı nedeniyle rutubetin molekülün hidrofilik bölgelerinde veya molekülün yapısındaki boşluklar içerisinde tutulmakta (Acar vd., 2021) bu yüzden rutubet miktarı daha yüksek bulunmuştur. Kavuzsuz yulaf unu ikame oranının artışı ile ekmeklerin rutubet miktarı değişmemiştir. % 100 kavuzsuz arpa ununda elde edilen ekmeklerin rutubet miktarı % 46,22 gibi yüksek değere ulaşmıştır. Çalışmada ikame oranı arttıkça rutubet miktarının artışı artan kepek tabakası ve diyet lifi içeriğine bağlanmıştır. Yine artan ikame oranı ile ekmeklerin kül miktarı kontrole göre kademeli olarak artmıştır. % 25 ikame oranından sonra her ikame oranından birbirinden farklı olacak şekilde kül miktarı doğrusal olarak artmıştır. Kül içeriği ile ilişkili olarak arpa ve yulaf tanesinin mineral içeriği esas olarak aleuron, embriyo ve perikarp dokularında bulunmaktadır (Marconi vd., 2000). Kavuzsuz tam tane yulaf ve arpa unu ikamesi ile daha fazla mineral bileşenler ekmeğe dahil olmuştur (Çizelge 4.39).

Çizelge 4.38. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin un çeşitlerine ait rutubet miktarı, kül miktarı ve su aktivitesi değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları[1]

Un çeşidi	n	Rutubet miktarı %	Kül miktarı %	Su aktivitesi a_w
Kontrol	3	$39,16 \pm 1,27^{c}$	$1,754 \pm 0,272$	$0,907 \pm 0,014$
KA1	3	$41,11 \pm 1,30^{b}$	$1,855 \pm 0,009$	$0,926 \pm 0,026$
KA2	3	$41,78 \pm 0,22^{b}$	$2,081 \pm 0,041$	$0,918 \pm 0,029$
KA3	3	$42,40 \pm 0,66^{b}$	$2,378 \pm 0,021$	$0,935 \pm 0,018$
KA4	3	$46,22 \pm 0,15^{a}$	$2,699 \pm 0,031$	$0,909 \pm 0,024$
KA ort	15	$42,14^{A}$	2,153	0,919
Kontrol	3	$39,16 \pm 1,27^{c}$	$1,754 \pm 0,272$	$0,907 \pm 0,014$
KY1	3	$38,10 \pm 0,38^{cd}$	$1,832 \pm 0,049$	$0,891 \pm 0,061$
KY2	3	$37,47 \pm 0,48^{d}$	$2,136 \pm 0,026$	$0,899 \pm 0,008$
KY3	3	$38,12 \pm 0,99^{cd}$	$2,412 \pm 0,010$	$0,899 \pm 0,047$
KY4	3	$37,89 \pm 0,18^{cd}$	$2,639 \pm 0,004$	$0,908 \pm 0,036$
KY ort	15	$38,15^{B}$	2,155	0,901

[1]Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen "*un çeşidi"*, küçük harflerle gösterilen "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu"* ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır *($p<0,05$*). Kontrol: ekmeklik un; KA1: %25 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA2: %50 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA3: %75 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA4: kavuzsuz arpa unu; KY1: %25 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY2: %50 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY3: %75 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY4: kavuzsuz yulaf unu; KA ort: Kavuzsuz arpa unu ortalama; KY ort: Kavuzsuz yulaf unu ortalama

Çizelge 4.39. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin ikame oranlarına ait rutubet miktarı, kül miktarı, su aktivitesi değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

İkame oranı %	n	Rutubet miktarı %	Kül Miktarı %	Su aktivitesi (a_w)
0	6	$39,16 \pm 1,13^{c}$	$1,754 \pm 0,24^{d}$	$0,907 \pm 0,01$
25	6	$39,60 \pm 1,86^{bc}$	$1,844 \pm 0,03^{d}$	$0,908 \pm 0,05$
50	6	$39,63 \pm 2,39^{bc}$	$2,108 \pm 0,04^{c}$	$0,908 \pm 0,02$
75	6	$40,26 \pm 2,46^{b}$	$2,395 \pm 0,02^{b}$	$0,917 \pm 0,04$
100	6	$42,06 \pm 4,56^{a}$	$2,669 \pm 0,04^{a}$	$0,909 \pm 0,03$

Farklı italik harflerle işaretlenmiş aynı sütundaki ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$).

4.2.3. β-glukan, protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite değeri

Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmeklerinin β-glukan, protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değerlerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.40' ta verilmiştir. Ekmeklerin β-glukan miktarı %0,35-4,55; protein oranı %10,16-16,32; toplam fenolik madde miktarı 76,9-257,0 mg GAE/100g ve toplam antioksidan aktivite değeri 173,2-571,3 µmol TE/g arasında değişim göstermiştir. β-glukan miktarı, protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değerleri sırasıyla % 2,51, % 13,37, 153,1 mg GAE/100g ve 300,8 µmol TE/g olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.40. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin β-glukan miktarı, protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değerleri analiz sonuçları[1]

Un çeşidi	Örnek no	İkame oranı %	Tek	β-glukan miktarı %	Protein oranı %	Toplam fenolik madde miktarı mg GAE/100g	Toplam antioksidan aktivite değeri µmol TE/g
Kavuzsuz arpa unu	Kontrol	0	1	0,36	10,66	76,9	203,9
			2	0,36	10,16	83,2	199,2
			3	0,35	10,31	86,4	173,2
	KA1	25	1	1,63	12,37	133,8	270,0
			2	1,65	12,43	133,8	193,0
			3	1,61	12,22	143,3	212,8
	KA2	50	1	3,02	13,28	197,0	351,3
			2	3,02	13,50	203,3	368,9
			3	3,04	13,30	200,1	364,5
	KA3	75	1	3,62	14,97	231,7	404,1
			2	3,64	15,02	234,9	430,5
			3	3,60	14,75	236,5	410,7
	KA4	100	1	4,52	16,57	228,6	571,3
			2	4,55	16,65	257,0	531,7
			3	4,52	16,60	250,7	518,5
Kavuzsuz yulaf unu	Kontrol	0	1	0,36	10,66	76,9	203,9
			2	0,36	10,16	83,2	199,2
			3	0,35	10,31	86,4	173,2
	KY1	25	1	1,64	12,03	89,5	234,8
			2	1,66	12,15	102,2	249,0
			3	1,63	11,99	99,0	223,9
	KY2	50	1	2,84	13,11	136,9	270,0
			2	2,79	13,03	142,7	254,6
			3	2,85	12,96	143,3	239,2
	KY3	75	1	3,03	14,60	155,9	305,2
			2	3,10	14,38	159,0	261,2
			3	3,01	14,57	155,9	281,0
	KY4	100	1	4,12	16,32	165,4	311,8
			2	4,08	16,14	159,0	311,8
			3	4,13	15,90	140,1	300,8
Minimum- maksimum				0,35-4,55	10,16-	76,9-257,0	173,2-571,3
Ortalama				2,51	13,37	153,1	300,8

[1]Sonuçlar kurumadde üzerinden düzeltilmiştir. Tek: tekerrür; Kontrol: ekmeklik un; KA1: %25 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA2: %50 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA3: %75 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA4: kavuzsuz arpa unu; KY1: %25 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY2: %50 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY3: %75 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY4:kavuzsuz yulaf unu

Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmeklerinin β-glukan, protein oranı, toplam fenolik madde ve toplam antioksidan aktivite değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.41' de verilmiştir. "*İkame oranı*", "*un çeşidi*" ve "*interaksiyon*" β- glukan, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değeri üzerinde çok önemli düzeyde etkili olmuştur. Protein oranı üzerinde sadece "*interaksiyon"* önemli çıkmamıştır.

Çizelge 4.41. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin β-glukan miktarı, protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değeri varyans analiz sonuçları

VK	β-glukan miktarı				Protein oranı			
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
İkame oranı (İKO)	4	57,162	14,291	25982,820**	4	126,714	31,679	1251,646**
Un çeşidi (UÇ)	1	0,418	0,418	759,491**	1	0,665	0,665	26,2677**
İKOxUÇ	4	0,400	0,100	181,915**	4	0,203	0,051	2,001
Hata	20	0,011	0,001		20	0,506	0,025	
Toplam	29	57,991			29	128,088		
VK	Toplam fenolik madde miktarı				Toplam antioksidan aktivite değeri			
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
İkame oranı (İKO)	4	64000,225	16000,060	292,228**	4	206147,290	51536,820	125,857**
Un çeşidi (UÇ)	1	21429,441	21429,440	391,391**	1	63848,530	63848,530	155,923**
İKOxUÇ	4	7536,029	1884,010	34,410**	4	60862,670	15215,670	37,158**
Hata	20	1095,040	54,800		20	8189,770	409,500	
Toplam	29	94060,735			29	339048,260		

**: *p<0,01* düzeyinde önemli; İKO: ikame oranı; UÇ: un çeşidi; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması

Çizelge 4.41' de önemlilik düzeyleri yer alan "*un çeşidi"* ve "*ikame oranı"* ait β-glukan miktarı, protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değeri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları sırasıyla Çizelge 4.42 ve Çizelge 4.43' te verilmiştir. Çalışmada kavuzsuz arpa ununun β-glukan miktarı, protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değeri kavuzsuz yulaf ununa göre istatistiki olarak daha yüksek değere sahip olmuştur. Çalışma kapsamında kavuzsuz arpa ununun β- glukan, protein oranı, toplam fenolik madde ve toplam antioksidan aktivite değeri sırasıyla % 3,12, % 13,95, 33,65 mg GAE/100g ve 294,5 µmol TE/g ile kavuzsuz yulaf ununa göre daha yüksek olup bu bileşenlerin ekmeğin yapısına da yansıdığı görülmüştür. Kavuzsuz arpa; β-glukan, sınırlayıcı amino asitler (lisin), vitaminler, fenolik ve flavanoid bileşikler, nişasta ve toplam diyet lifi gibi besin bileşenleri bakımından kavuzlu yulaf ile

kıyaslandığında daha zengindir. β-glukan, β (1→3) ve β (1→4) bağlarını içermekte (Özcan vd., 2013), suda çözünebilen β-glukan bağışıklık sistemindeki olumlu etkilerinin yanında kandaki kolesterol ve şekeri olumlu yönde etkileyerek kalp hastalığı riskinin azaltılmasında rol oynamaktadır (Şimşekli ve Doğan, 2015). β-glukanın düşük serum kolesterol seviyesi sağlama, glikoz alımının ve plazma insülin cevabının azaltılması ve uzamış tokluk ile kilo kontrolü sağlama gibi sağlık üzerinde önemli faydaları vardır (Liu, 2010). Buğday unu az miktarda β-glukan içermektedir, buğday ununa farklı oranlarda arpa unu ilavesi ile ikame unlarda ve son üründe önemli oranda β-glukan miktarları artmıştır (Holtekjolen vd., 2008; Yamlahi, 2013). Buğday ununa kavuzsuz arpa unu ilavesi ile buğday ununun β-glukan içeriği % 0,26 dan % 100 ikame oranında % 6,80'e ulaşacak şekilde artmıştır (Narwal vd., 2017). Ekmek üretimi için ekmeklik una % 15 kavuzsuz yulaf unu ikamesi ile β-glukan miktarı % 1,44'ten % 2,83'e artarken; % 30 ikame ile % 3,50'ye yükselmiştir (Krochmal-Marczak, 2020). Arpa ununda bulunan β-glukanın glisemik ve insülin tepkisini değiştirerek ekmeğin kalitesini arttırabileceği bildirilmektedir (Gujral ve Gaur 2005). Blandino vd. (2015), tarafından yapılan bir araştırmada kavuzsuz arpa ile zenginleştirilmiş ekmeklerin diyet lif ve β-glukan miktarının önemli düzeyde arttığı bildirilmiştir.

Kavuzsuz arpa çok sayıda antioksidanın (fenolik asitler, proantosiyanidinler, tanenler, flavonoller, flavonlar, flavanonlar, lignanlar ve amino fenolik bileşikler) deposudur (Holtekjolen vd., 2008; Sharma ve Gujral, 2014). Kavuzsuz yulaf; tokoferoller ve tokotrienoller (tokoller), fenolik asitler ve avenantramidler gibi çeşitli antioksidan gruplarını da içerir. Kavuzsuz arpada proantosiyanidinler gibi aktif antioksidanlar da dahil olmak üzere arpa tanesinin tüm yararlı bileşenlerinin işlenmesi sırasında korunduğu tespit edilmiştir (Boros vd., 1996; Zheleznov vd., 2013; Polonsky vd., 2021). Kavuzsuz yulaf ve kavuzsuz arpanın rafine buğday ununa ikamesi ile son ürünün sağlık açısından faydalı biyoaktif bileşen miktarının arttırılabileceği çalışmamız kapsamında görülmüştür. Çalışmada kavuzsuz arpa ununun toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite değeri daha yüksek bulunmuştur ve kavuzsuz arpa unundan elde edilen ekmeklerin de bu değerleri daha yüksektir.

Arpa prolaminleri (hordein) toplam proteinin % 40'ını oluşturur. Arpa gluteninleri (hordenin) ve özellikle albümin ve globulinler nispeten yüksek seviyede lisin içerir. Kavuzu ayrılmış yulaf tanelerinin ise protein içeriği diğer tahıllardan yüksektir (Yaver ve Ertaş,

2011) ve beslenme açısından globülin oranı yüksek oldukça iyi aminoasit dengesi vardır. Kavuzsuz yulafın esansiyel aminoasit içeriği de yüksektir (Biel vd., 2009). Yulafta aveninler toplam proteinin % 10-15' ini ve glutelinler ise %25'ini oluştururlar (Köksel ve Shewry, 2021). Kavuzsuz yulaf tanesinin protein bileşimi %12-17 arasında değişir, kavuzsuz arpada ise % 8-15 arasında değiştiği bildirilmiştir (Anon., 2009). Çalışmada kavuzsuz arpa ununun protein oranı daha yüksek bulunmuştur (%13,95, km) ve kavuzsuz arpa unundan elde edilen ekmeklerinde protein oranı daha yüksektir.

Çizelge 4.42. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin un çeşitlerine ait β-glukan miktarı, protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değeri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları[1]

Un Çeşidi	n	β-glukan miktarı %	Protein oranı %	Toplam fenolik madde miktarı mg GAE/100g	Toplam antioksidan aktivite değeri µmol TE/g
Kontrol	3	$0,36 \pm 0,01^{g}$	$10,38 \pm 0,26$	$82,2 \pm 4,8^{f}$	$192,1 \pm 16,5^{g}$
KA1	3	$1,63 \pm 0,02^{f}$	$12,34 \pm 0,11$	$137,0 \pm 5,5^{d}$	$225,3 \pm 40,0^{fg}$
KA2	3	$3,03 \pm 0,01^{d}$	$13,36 \pm 0,12$	$200,1 \pm 3,2^{b}$	$361,6 \pm 9,2^{c}$
KA3	3	$3,62 \pm 0,02^{c}$	$14,91 \pm 0,14$	$234,4 \pm 2,4^{a}$	$415,1 \pm 13,7^{b}$
KA4	3	$4,53 \pm 0,02^{a}$	$16,61 \pm 0,04$	$245,4 \pm 14,9^{a}$	$540,5 \pm 27,5^{a}$
KA ort	15	$2,63^{A}$	$13,52^{A}$	$179,8^{A}$	$346,9^{A}$
Kontrol	3	$0,36 \pm 0,01^{g}$	$10,38 \pm 0,26$	$82,2 \pm 4,8^{f}$	$192,1 \pm 16,5^{g}$
KY1	3	$1,64 \pm 0,02^{f}$	$12,06 \pm 0,08$	$96,9 \pm 6,6^{e}$	$235,9 \pm 12,6^{f}$
KY2	3	$2,83 \pm 0,03^{e}$	$13,04 \pm 0,08$	$141,0 \pm 3,5^{d}$	$254,6 \pm 15,4^{ef}$
KY3	3	$3,05 \pm 0,05^{d}$	$14,52 \pm 0,12$	$156,9 \pm 1,8^{c}$	$282,5 \pm 22,0^{de}$
KY4	3	$4,11 \pm 0,03^{b}$	$16,12 \pm 0,21$	$154,8 \pm 13,2^{c}$	$308,1 \pm 6,4^{d}$
KY ort	15	$2,40^{B}$	$13,22^{B}$	$126,4^{B}$	$254,6^{B}$

[1]Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen "*un çeşidi"*, küçük harflerle gösterilen *un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*" ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır *($p<0,05$)*. Kontrol: ekmeklik un; KA1: %25 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA2: %50 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA3: %75 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA4: kavuzsuz arpa unu; KY1: %25 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY2: %50 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY3: %75 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY4: kavuzsuz yulaf unu; KA ort: Kavuzsuz arpa unu ortalama; KY ort: Kavuzsuz yulaf unu ortalama

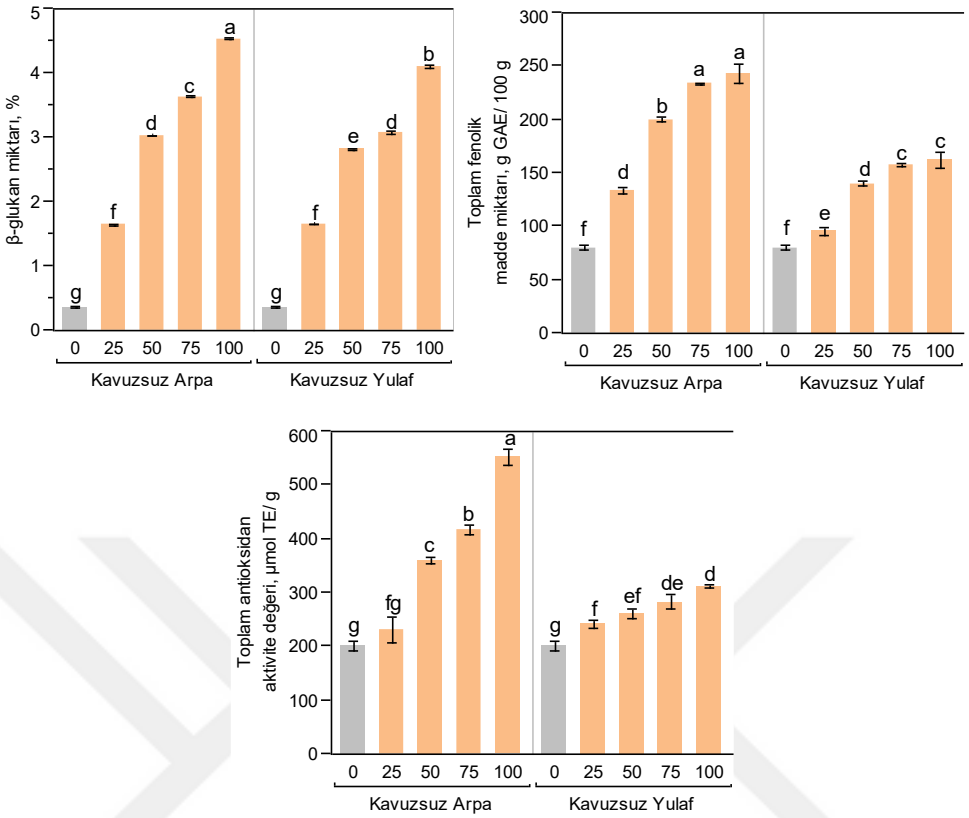
Çalışmada ikame oranı arttıkça β-glukan miktarı, protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değerleri artış göstermiştir. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulafın bileşiminde yer alan özellikle β-glukan olmak üzere diyet lifi rafine buğday ununa göre belirgin şekilde daha yüksek olduğundan ekmeğin beslenme özelliklerinin geliştirilebilirliği için çok önemli bir potansiyele sahiptirler (Golzari, 2015). En yüksek değerler % 100 ikame oranında elde edilmiştir. β-glukan miktarı, protein oranı ve toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değerleri her bir ikame oranında istatistiki olarak birbirinden farklıdır. EFSA (Avrupa Birliği Gıda Güvenliği Otoritesi), kanda kolesterolün normal seviyede tutulması ve normal vücut ağırlığı için β-glukanın en az 3 g/gün alınmasının gerektiğini belirtmektedir (Anon, 2010). % 75 ikame oranında 100 g ekmek tüketilmesi ile bunun karşılanabileceği görülmüştür (% 3,33). % 50 ikame oranında ise bu değere yaklaşılmıştır (% 2,93).

Çizelge 4.43. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin ikame oranlarına ait β-glukan, protein miktarı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değeri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

İkame oranı %	n	β-glukan miktarı %	Protein oranı %	Toplam fenolik madde miktarı mg GAE/100g	Toplam antioksidan aktivite değeri µmol TE/g
0	6	0,36 ± 0,01^{e}	10,38 ± 0,23^{e}	82,2 ± 4,3^{d}	192,1 ± 14,8^{e}
25	6	1,64 ± 0,02^{d}	12,20 ± 0,18^{d}	116,9 ± 22,6^{c}	230,6 ± 27,1^{d}
50	6	2,93 ± 0,11^{c}	13,20 ± 0,20^{c}	170,6 ± 32,5^{b}	308,1 ± 59,7^{c}
75	6	3,33 ± 0,32^{b}	14,72 ± 0,25^{b}	195,7 ± 42,5^{a}	348,8 ± 74,5^{b}
100	6	4,32 ± 0,23^{a}	16,36 ± 0,30^{a}	200,1 ± 51,2^{a}	424,3 ± 128,5^{a}

Farklı italik harflerle işaretlenmiş aynı sütundaki ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$).

β-glukan miktarı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değeri üzerinde etkili olan "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu"* Çizelge 4.42 ve Şekil 4.7' de gösterilmiştir. β-glukan, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değeri her iki un çeşidine ait ekmekler artan un ikame oranlarına bağlı olarak artmıştır. Ekmeklerin β-glukan miktarı, kavuzsuz arpa ununun % 100 ikame oranında en yüksek bulunmuştur (% 4,53). Bunu kavuzsuz yulaf ununun % 100 ikame oranı ekmekleri takip etmiştir (% 4,11). Kavuzsuz arpa ununun % 50 ve % 75 ikame oranı ve kavuzsuz yulafın % 75 ikame oranlarında β-glukan miktarı % 3,0 üzerine çıkmıştır. Yukarıdaki ikame oranlarına sahip ekmeklerin 100 gramının tüketilmesi ile önerilen 3 g/gün β-glukan gereksiniminin karşılanabildiği ortaya koyulmuştur (Anon, 2009). Kavuzsuz yulafın %50 ikame oranı ile elde edilen ekmekler de günlük gereksinime yaklaşan β-glukan içeriğine sahiptir (%2,83). Çalışmada kavuzsuz arpanın % 50, 75 ve 100 ikame oranlarına ait ekmeklerin toplam fenolik madde miktarı 200,0 mg GAE/100g'ın üzerinde ve kavuzsuz yulafın aynı ikame oranları ile karşılaştırıldığında oldukça yüksek bulunmuştur. Kavuzsuz yulafın % 25 ikame oranından sonraki ikame oranlarında elde edilen ekmeklerin toplam fenolik madde miktarı 150,0 mg GAE/100g civarında kalmıştır. Bu durum toplam antioksidan aktivite değerlerine yansımış olup, kavuzsuz arpa ununun % 100, % 75 ve % 50 ikame oranı ekmeklerinde yüksek düzeyde antioksidan aktivite elde edilmiştir (sırasıyla 540,5, 415,1 ve 361,6 µmol TE/g). Kavuzsuz yulaf unu ikamesi ile elde edilen ekmeklerin antioksidan aktivite değerlerinde değişim daha sınırlı kalmıştır (235,9-308,1 µmol TE/g).



Şekil 4. 7. β-glukan, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değeri üzerinde etkili olan "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*"

4.2.4. Kalsiyum, bakır, demir ve potasyum miktarı

Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmeklerin kalsiyum, bakır, demir ve potasyum mineral madde miktarı analiz sonuçları Çizelge 4.44' te verilmiştir. Ekmeklerin kalsiyum miktarı 233,1-795,1 mg/kg; bakır miktarı 1,36-7,53 mg/kg; demir miktarı 13,44-55,25 mg/kgve potasyum miktarı 1384-4442 mg/kg arasında değişim göstermiştir. Kalsiyum, bakır, demir ve potasyum miktarları sırasıyla ortalama 432,9 mg/kg, 4,10 mg/kg, 29,40 mg/kg ve 2756,8 mg/kg olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.44. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin kalsiyum, bakır, demir ve potasyum mineral madde miktarı analiz sonuçları[1]

Un çeşidi	Örnek no	İkame oranı %	Tek	Kalsiyum mg/kg	Bakır mg/kg	Demir mg/kg	Potasyum mg/kg
Kavuzsuz arpa unu	Kontrol	0	1	233,1	1,39	16,93	1384
			2	240,0	1,36	13,44	1389
	KA1	25	1	306,7	2,69	25,58	2157
			2	326,8	2,66	24,58	2149
	KA2	50	1	376,5	4,07	35,56	2874
			2	397,8	4,11	37,26	2996
	KA3	75	1	422,9	5,41	43,93	3422
			2	426,0	5,45	42,02	3449
	KA4	100	1	514,1	6,97	55,25	4442
			2	518,1	7,08	55,16	4402
Kavuzsuz yulaf unu	Kontrol	0	1	233,1	1,39	16,93	1384
			2	240,0	1,36	13,44	1389
	KY1	25	1	355,5	2,46	19,65	2108
			2	337,5	2,60	18,23	2051
	KY2	50	1	461,1	3,63	25,38	2780
			2	468,1	3,58	24,42	2631
	KY3	75	1	642,1	5,80	28,10	3236
			2	597,0	5,61	28,24	3246
	KY4	100	1	765,5	6,91	30,89	3792
			2	795,1	7,53	32,93	3854
Minimum- maksimum				233,1-795,1	1,36-7,53	13,44-55,25	1384-4442
Ortalama				432,9	4,10	29,40	2756,8

[1]Sonuçlar kurumadde üzerinden düzeltilmiştir. Tek: tekerrür; Kontrol: ekmeklik un; KA1: %25 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA2: %50 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA3: %75 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA4: kavuzsuz arpa unu; KY1: %25 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY2: %50 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY3: %75 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY4:kavuzsuz yulaf unu

Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmeklerin kalsiyum, bakır, demir ve potasyum mineral madde miktarı varyans analiz sonuçları Çizelge 4.45'te verilmiştir. "*İkame oranı*" ve "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*" bu mineral maddeler üzerinde önemli düzeyde etkili olmuştur. "*Un çeşidi*" nin sadece ekmeklerin bakır miktarı üzerinde etkisi önemli değildir.

Çizelge 4.45. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin kalsiyum, bakır, demir ve potasyum miktarlarına ait varyans analiz sonuçları

VK	Kalsiyum				Bakır			
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
İkame oranı (İKO)	4	412608,740	103152,200	484,089**	4	84,081	21,020	901,303**
Un çeşidi (UÇ)	1	64184,450	64184,500	301,215**	1	0,005	0,005	0,221
İKOxUÇ	4	50564,760	12641,200	59,325**	4	0,369	0,092	3,951*
Hata	10	2130,850	213,100		10	0,233	0,023	
Toplam	19	529488,810			19	84,688		
VK	Demir				Potasyum			
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
İkame oranı (İKO)	4	1987,151	496,788	254,596**	4	17981092	4495273	1924,305**
Un çeşidi (UÇ)	1	621,613	621,613	318,567**	1	240462	240462	102,936**
İKOxUÇ	4	310,412	77,603	39,770**	4	214241	53560	22,928**
Hata	10	19,513	1,951		10	23360	2336	
Toplam	19	2938,689			19	18459156		

**p<0,05* düzeyinde önemli; **: *p<0,01* düzeyinde önemli; İKO: ikame oranı; UÇ: un çeşidi; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması

Çizelge 4.45' te önemlilik düzeyleri verilen "*un çeşidi*" ve "*ikame oranı*"na ait kalsiyum, bakır, demir ve potasyum miktarları ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları sırasıyla Çizelge 4.46 ve Çizelge 4.47' de verilmiştir. Çizelge 4.46' da görüldüğü gibi kavuzsuz arpa unundan elde edilen ekmeklerin demir ve potasyum miktarı kavuzsuz yulaf ununa göre daha yüksek iken; kavuzsuz yulaf unu ekmeğinin kalsiyum miktarı daha yüksektir. Mineral maddeler, mineral (inorganik bileşenler) külü oluştururlar (Czaja vd., 2020). Çalışmada, kavuzsuz yulaf ununun kül miktarı kavuzsuz arpaya göre istatistiki olarak daha yüksek bulunsa da yalnız kalsiyum miktarı kavuzsuz yulaf unu ekmeklerinin yüksek bulunmuştur. Kavuzsuz arpanın selenyum, demir, magnezyum, çinko, fosfor ve bakır gibi çeşitli vitamin ve minerallerin de ana kaynağı olarak belirtilmektedir (Shaveta, 2019). Vücuttaki yaklaşık olarak bulunan 1200 g kalsiyumun % 99 ununun tuz şeklinde bulunduğu ve kemiklerle dişlere sertlik verdiği; geri kalan % 1'inin ise lipaz, adenozin trifosfat ve bazı proteolitik enzimlerin yapısında yer aldığı, sinir sistemi için gerekli olan asetokolinin sentezinde ve B12 vitaminin absorbsiyonunda yer aldığı bildirilmektedir. Bakırın ise hemoglobin sentezi için karaciğerden demirin mobilizasyonunda rol oynadığı, enerji üretimi için gerekli olan sitokroma oksidaz enziminin yapısında, hücreleri oksidatif bozulmalara karşı koruyan süper okside dismutaz enziminin yapısında, elsatin ve kolajen sentezi için gerekli lisiloksidaz enziminin etkinliği için bakır hayati öneme sahip bir elementtir

(Robinson vd., 1986). Potasyum (K), insan vücudundaki sıvı dengesinin korunmasında ve kan basıncının kontrol edilmesinde önemli rolü olan bir mineraldir. Ayrıca potasyum, kalbi kontrol eden kas ve sinirlerin fonksiyonunun korunması için de gereklidir (Budiyanto vd., 2021). Demir (Fe), kandaki hemoglobinin yapısında yer alan önemli bir mineraldir. Demir eksikliğine demir eksikliği anemisi denir. Aşırı yorgunluğa ve baş dönmesine neden olan, dünya çapında en yaygın beslenme eksikliği olup çocuklar, hamile kadınlar ve böbrek diyalizi alan kişiler en yüksek risk altındadır (Anon., 2023c).

Çalışmada *"ikame oranı"* arttıkça kalsiyum, bakır, demir ve potasyum miktarı artmıştır (Çizelge 4.47). En yüksek değerler % 100 ikame oranında elde edilmiştir. Tüm parametrelerde her bir ikame oranı istatistiki olarak birbirinden farklıdır. Arpa ve yulaf tanesinde mineraller esas olarak aleuron, embriyo ve perikarp dokularında bulunmaktadır (Marconi vd., 2000). Çalışmada ikame oranı arttıkça kavuzsuz arpa ve yulafın yüksek oranda mineral madde taşıyan aleuron, embriyo ve perikarp tabakalarının dahil olmasıyla ekmeklerde kalsiyum, bakır, demir ve potasyum miktarı doğrusal bir şekilde artış göstermiştir.

Çizelge 4.46. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin un çeşitlerine ait kalsiyum, bakır, demir ve potasyum miktarı ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları[1]

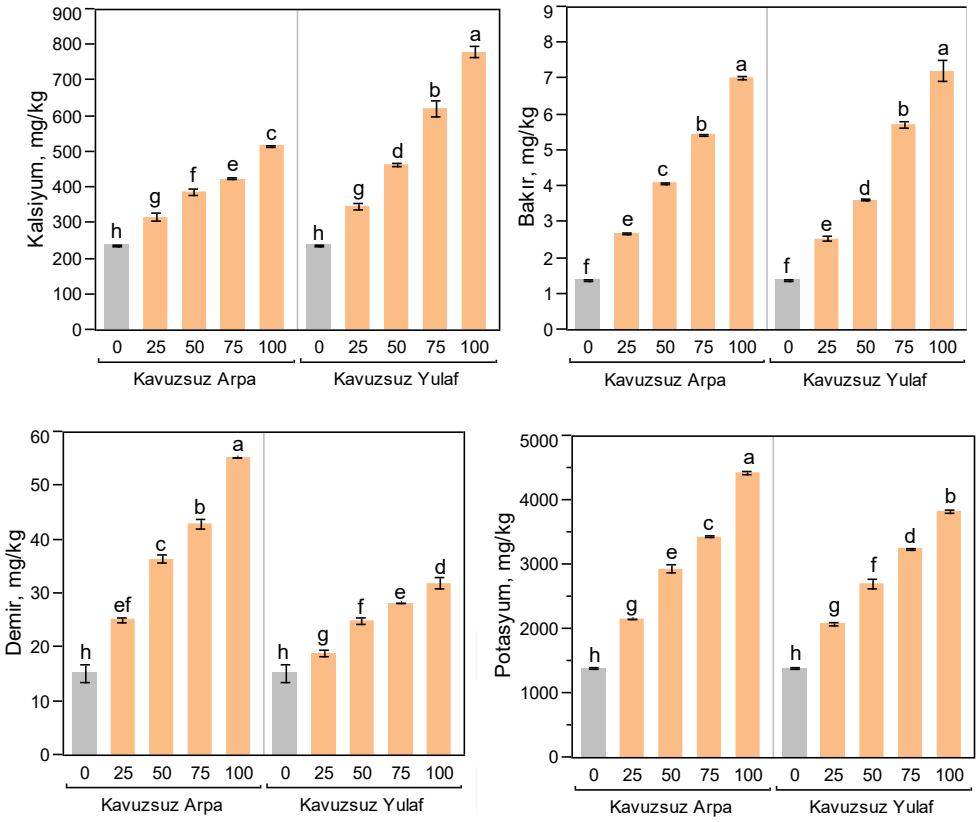
Un çeşidi	n	Kalsiyum mg/kg	Bakır mg/kg	Demir mg/kg	Potasyum mg/kg
Kontrol	2	$236,6 \pm 4,9^{h}$	$1,37 \pm 0,02^{f}$	$15,19 \pm 2,47^{h}$	$1386,5 \pm 3,5^{h}$
KA1	2	$316,8 \pm 14,2^{g}$	$2,68 \pm 0,02^{e}$	$25,08 \pm 0,71^{ef}$	$2153,0 \pm 5,7^{g}$
KA2	2	$387,2 \pm 15,1^{f}$	$4,09 \pm 0,03^{c}$	$36,41 \pm 1,20^{c}$	$2935,0 \pm 86,3^{e}$
KA3	2	$424,5 \pm 2,2^{e}$	$5,43 \pm 0,03^{b}$	$42,98 \pm 1,35^{b}$	$3435,5 \pm 19,1^{c}$
KA4	2	$516,1 \pm 2,8^{c}$	$7,03 \pm 0,08^{a}$	$55,21 \pm 0,06^{a}$	$4422,0 \pm 28,3^{a}$
KA ort	10	$376,2^{B}$	4,12	$34,97^{A}$	$2866,4^{A}$
Kontrol	2	$236,6 \pm 4,9^{h}$	$1,37 \pm 0,02^{f}$	$15,19 \pm 2,47^{h}$	$1386,5 \pm 3,5^{h}$
KY1	2	$346,5 \pm 12,7^{g}$	$2,53 \pm 0,10^{e}$	$18,94 \pm 1,00^{g}$	$2079,5 \pm 40,3^{g}$
KY2	2	$464,6 \pm 5,0^{d}$	$3,61 \pm 0,04^{d}$	$24,90 \pm 0,68^{f}$	$2705,5 \pm 105,4^{f}$
KY3	2	$619,6 \pm 31,9^{b}$	$5,71 \pm 0,14^{b}$	$28,17 \pm 0,10^{e}$	$3241,0 \pm 7,1^{d}$
KY4	2	$780,3 \pm 20,9^{a}$	$7,22 \pm 0,44^{a}$	$31,91 \pm 1,44^{d}$	$3823,0 \pm 43,8^{b}$
KY ort	10	$489,5^{A}$	4,09	$23,82^{B}$	$2647,1^{B}$

[1]Sonuçlar kurumadde üzerinden düzeltilmiştir. Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen "*un çeşidi"*, küçük harflerle gösterilen "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu"* ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır *($p<0,05$*). Kontrol: ekmeklik un; KA1: %25 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA2: %50 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA3: %75 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA4: kavuzsuz arpa unu; KY1: %25 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY2: %50 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY3: %75 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY4: kavuzsuz yulaf unu; KA ort: Kavuzsuz arpa unu ortalama; KY ort: Kavuzsuz yulaf unu ortalama

Çizelge 4.47. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin ikame oranlarına ait kalsiyum, bakır, demir ve potasyum miktarları ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

İkame oranı %	n	Kalsiyum mg/kg	Bakır mg/kg	Demir mg/kg	Potasyum mg/kg
0	4	$236,6 \pm 4,0^{e}$	$1,37 \pm 0,02^{e}$	$15,19 \pm 2,01^{e}$	$1386,5 \pm 2,9^{e}$
25	4	$331,6 \pm 20,4^{d}$	$2,60 \pm 0,11^{d}$	$22,01 \pm 3,62^{d}$	$2116,3 \pm 48,5^{d}$
50	4	$425,9 \pm 45,6^{c}$	$3,85 \pm 0,28^{c}$	$30,66 \pm 6,69^{c}$	$2820,3 \pm 154,1^{c}$
75	4	$522,0 \pm 114,1^{b}$	$5,57 \pm 0,18^{b}$	$35,57 \pm 8,58^{b}$	$3338,3 \pm 112,9^{b}$
100	4	$648,2 \pm 153,0^{a}$	$7,12 \pm 0,28^{a}$	$43,56 \pm 13,48^{a}$	$4122,5 \pm 347,1^{a}$

Farklı italik harflerle işaretlenmiş aynı sütundaki ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (*$p<0,05$*).



Şekil 4. 8. Kalsiyum, bakır, demir ve potasyum miktarı üzerinde etkili olan ‘*’un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*’’

Kalsiyum, bakır, demir ve potasyum miktarı üzerinde etkili olan ‘’*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonları’’* ise Çizelge 4.46 ve Şekil 4.8’de gösterilmiştir. Her iki un çeşidinde de artan ikame oranı ile bu mineral maddeler doğrusal olarak artmıştır. Kavuzsuz yulaf unu % 100 ve % 75 ikame unu ekmeklerinin kalsiyum miktarı (sırasıyla 780,3 mg/kg ve 619,6 mg/kg) ; kavuzsuz arpanın % 50, 75 ve 100 ikame unu ekmeklerinin demir miktarı en yüksek (35,0-55 mg/kg arasında); iki un çeşidinde % 100 ikame unu ekmeklerinin potasyum miktarı en yüksek (4422 mg/kg ve 3823 mg/kg); bakır miktarı ise her iki un çeşidine ait ekmeklerde aynı ikame oranlarında benzer düzeyde bulunmuştur.

4.2.5. Magnezyum, mangan, fosfor, kükürt, çinko miktarı

Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmeklerin magnezyum, mangan, fosfor, kükürt, çinko miktarı analiz sonuçları Çizelge 4.48’ de verilmiştir. Ekmeklerin magnezyum miktarı 348,8-1336,0 mg/kg; mangan miktarı 6,28-73,80 mg/kg; fosfor miktarı 1090-4333 mg/kg; kükürt miktarı

1249-2146 mg/kg ve çinko miktarı 7,77-58,17 mg/kg arasında değişim göstermiştir. Magnezyum, mangan, fosfor, kükürt ve çinko miktarı sırasıyla ortalama 849,3 mg/kg, 25,92 mg/kg, 2715,7 mg/kg, 1637,7 mg/kg ve 28,13 mg/kg olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.48. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmekler örneklerinin magnezyum, mangan, fosfor, kükürt, çinko miktarı analiz sonuçları[1]

Un çeşidi	Örnek no	İkame oranı %	Tek	Magnezyum mg/kg	Mangan mg/kg	Fosfor mg/kg	Kükürt mg/kg	Çinko mg/kg
Kavuzsuz arpa unu	Kontrol	0	1	348,8	6,28	1113	1249	7,77
			2	357,4	6,25	1090	1247	8,95
	KA1	25	1	609,7	10,66	1877	1401	20,66
			2	626,9	10,56	1932	1404	21,45
	KA2	50	1	843,9	14,54	2702	1492	33,04
			2	871,2	15,04	2784	1605	35,56
	KA3	75	1	1014,0	17,67	3252	1617	42,75
			2	1060,0	17,19	3349	1607	43,49
	KA4	100	1	1335,0	21,54	4309	1925	56,90
			2	1333,0	21,47	4175	1828	58,17
Kavuzsuz yulaf unu	Kontrol	0	1	348,8	6,28	1113	1249	7,77
			2	357,4	6,25	1090	1247	8,95
	KY1	25	1	633,6	21,04	2070	1507	14,85
			2	598,1	21,13	1940	1482	14,15
	KY2	50	1	920,9	33,12	2851	1727	19,91
			2	869,3	33,00	2815	1762	19,52
	KY3	75	1	1108,0	57,22	3647	2141	33,53
			2	1078,0	53,74	3580	2044	33,00
	KY4	100	1	1336,0	71,61	4333	2074	39,55
			2	1336,0	73,80	4292	2146	42,63
Minimum- maksimum				348,8- 1336,0	6,28- 73,80	1090- 4333	1249- 2146	7,77- 58,17
Ortalama				849,3	25,92	2715,7	1637,7	28,13

[1]Sonuçlar kurumadde üzerinden düzeltilmiştir. Tek: tekerrür; Kontrol: ekmeklik un; KA1: %25 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA2: %50 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA3: %75 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA4: kavuzsuz arpa unu; KY1: %25 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY2: %50 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY3: %75 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY4:kavuzsuz yulaf unu;

Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmeklerin magnezyum, mangan, fosfor, kükürt, çinko miktarı varyans analiz sonuçları Çizelge 4.49 ve Çizelge 4.50' te verilmiştir. Ekmeklerin mangan, fosfor, kükürt, çinko miktarı üzerinde "*ikame oranı*", "*un çeşidi"* ve *"interaksiyon*" önemli düzeyde etkili olmuştur. Magnezyum miktarı üzerinde sadece "*ikame oranı*" istatistiki olarak önemli düzeyde etkilidir.

Çizelge 4.49. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin magnezyum ve mangan değerleri varyans analiz sonuçları

VK	Magnezyum				Mangan			
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
İkame oranı (İKO)	4	2333216,900	583304,200	1434,615**	4	4205,629	1051,407	1206,712**
Un çeşidi (UÇ)	1	1733,500	1733,500	4,264	1	2784,564	2784,564	3195,876**
İKOxUÇ	4	2822,500	705,600	1,735	4	1728,197	432,049	495,8679**
Hata	10	4065,900	407		10	8,713	0,871	
Toplam	19	2341838,800			19	8727,103		

*$p<0,05$ düzeyinde önemli; **: $p<0,01$ düzeyinde önemli; İKO: ikame oranı; UÇ: un çeşidi; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması

Çizelge 4.50. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin fosfor, kükür ve çinko değerleri varyans analiz sonuçları

VK	Fosfor				Kükürt				Çinko			
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
İkame oranı (İKO)	4	24711512	6177878	1975,720**	4	1440750,7	360187,7	185,961**	4	4196,641	1049,160	938,925**
Un çeşidi (UÇ)	1	65895	65895	21,074*	1	200800,8	200800,8	103,671**	1	450,111	450,111	402,818**
İKOxUÇ	4	55244	13811	4,417*	4	131481,7	32870,4	16,971*	4	173,139	43,285	38,737**
Hata	10	31269	3127		10	19369	1937		10	11,174	1,117	
Toplam	19	24863920			19	1792402,200			19	4831,065		

*$p<0,05$ düzeyinde önemli; **: $p<0,01$ düzeyinde önemli; İKO: ikame oranı; UÇ: un çeşidi; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması

Çizelge 4.49 ve Çizelge 4.50’ de önemlilik düzeyleri yer alan un çeşidi ve ikame oranlarına ait magnezyum, mangan, fosfor, kükürt ve çinko miktarı ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları sırasıyla Çizelge 4.51 ve Çizelge 4.52’ de verilmiştir. Çizelge 4.51 ’de görüldüğü gibi kavuzsuz arpa unundan elde edilen ekmeğin çinko miktarı kavuzsuz yulaf ununa göre daha yüksek iken; kavuzsuz yulaf unu ekmeğinin mangan, fosfor ve kükürt miktarı daha yüksek bulunmuştur. Mineraller maddeler külü oluştururlar (Czaja vd., 2020). Çalışmada kavuzsuz yulaf unun kül miktarı kavuzsuz arpaya göre istatistiki olarak daha yüksek bulunmuştur. Kalsiyum miktarı yanında mangan, fosfor ve kükürt miktarı kavuzsuz yulaf unu ekmeklerinin yüksek bulunmuş olup kül sonuçları ile uyumludur. Sağlık açısından oldukça önemli yararları olduğu bilinen ve tahıla dayalı beslenmede eksikliği görülen çinko miktarının kavuzsuz arpa unu ekmeğinin yüksek olması dikkat çekmiştir. Kavuzsuz arpanın da selenyum, demir, magnezyum, çinko, fosfor ve bakır gibi çeşitli vitamin ve minerallerin de ana kaynağı olarak belirtilmektedir (Shaveta, 2019). Mangan (Mn), vücudumuzun oksidatif strese karşı savunmasında önemli bir role sahip olan glutamin sentetaz ve oksidoredüktazlar gibi çeşitli enzimler için kofaktör görevi görür (Martin vd., 2020). Mn; amino asit, lipit, protein ve karbonhidrat metabolizmasında, bağışıklık sistemi, büyüme ve gelişme, kan şekerinin ve hücresel enerjinin düzenlenmesi ve üreme sistemi fonksiyonları için gerekli ve zararlı reaktif oksijenin detoksifikasyonunda yer alan önemli bir elementtir (Erikson ve Aschner, 2003; Aschner ve Aschner, 2005). Metionin gibi kükürtlü aminoasitler kükürt taşırlar. Vücutta tiamin, biotin, koenzim A, lipoik asitin biyokimyasal reaksiyonlarında kükürt görev alır. Glutamik asit, sistin ve glisinden oluşan ve bir tripeptit olan glutatyonun kırmızı kan hücrelerinde konsantrasyonu yüksektir. Sülfür içeren aminoasitle aynı zamanda vücutta sülfirik aside dönüşerek zararlı bileşenlerin detoksifikasyonunda etkendir. Fosfor (P), DNA ve RNA nın yapısında yer alır. Fosfolipidler hücre membranının bileşenidir. Fosfor (P), vücutta ADP ve ATP enerjilerinin depolanması ve salınımında görev yapar (Robinson vd., 1986). Çinko (Zn), genetik stabilite ve hücresel proliferasyondan sorumlu ve büyüme için gerekli en temel mikro besin elementlerinden birisidir (Salgueiro vd., 2000; Chasapis vd., 2011**).** Çinkonun insan vücudunda, yardımcı (katalitik), yapıcı ve düzenleyici olmak üzere 3 temel biyolojik görevi bulunmakta olup bu görevleri ile optimal büyüme, sağlık ve iyi halin sağlanmasında önem taşımaktadır. Çünkü Zn, proteinlerin ve hücre bileşenlerinin yapısı ve işlevsel görevleri için mutlaka gerekli bir element olup insan vücudunda hastalıklara karşı bağışıklık sisteminin iyi çalışabilmesi, hücre büyümesi ve çoğalması gibi hayati fonksiyonlar için kullanılmaktadır. Çinko insan

vücudunda görev alan 300’ den fazla enzimin, ayrıca insülin hormonunun da yapısında bir bileşen olarak yer almaktadır. Beslenmesi tahıla dayalı olan ve hayvansal besin tüketimi yetersiz olan ülkelerde sıklıkla görülen Zn yetersizliği, özellikle yetişkinlerle kıyaslandığında bebekler, çocuklar, ergenler, gebe ve emziren kadınlarda çok büyük risk oluşturmaktadır (Samur, 2006). Magnezyum (Mg), vücutta proteinlerin ve kemiklerin oluşturulmasında, kan şekerinin, kan basıncının, kas ve sinir fonksiyonlarının düzenlenmesi gibi çeşitli kimyasal reaksiyonların gerçekleştirilmesinde 300' den fazla enzimin aktivitasyonunda önemli bir rol oynar. Magnezyum (Mg), ayrıca kalp kaslarının kalbin düzenli atmasını ve diğer kasları kasılmasında bir elektrik iletkeni olarak da görev yapar (Anon., 2023d).

Çizelge 4.51. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin un çeşitlerine ait magnezyum, mangan, fosfor, kükürt ve çinko miktarları ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları[1]

Un çeşidi	n	Magnezyum mg/kg	Mangan mg/kg	Fosfor mg/kg	Kükürt mg/kg	Çinko mg/kg
Kontrol	2	353,1 ± 6,1	6,27 ± 0,02^{h}	1101,5 ± 16,3^{f}	1248,0 ± 1,4^{g}	8,36 ± 0,84^{f}
KA1	2	618,3 ± 12,2	10,61 ± 0,07^{g}	1904,5 ± 38,9^{e}	1402,5 ± 2,1^{f}	21,06 ± 0,56^{d}
KA2	2	857,6 ± 19,3	14,79 ± 0,35^{f}	2743,0 ± 58,0^{d}	1548,5 ± 79,9^{de}	34,30 ± 1,78^{c}
KA3	2	1037,0 ± 32,5	17,43 ± 0,34^{e}	3300,5 ± 68,6^{c}	1612,0 ± 7,1^{d}	43,12 ± 0,52^{b}
KA4	2	1334,0 ± 1,4	21,51 ± 0,05^{d}	4242,0 ± 94,8^{a}	1876,5 ± 68,6^{b}	57,54 ± 0,90^{a}
KA ort	10	840,0	14,12^{B}	2658,3^{B}	1537,5^{B}	32,87^{A}
Kontrol	2	353,1 ± 6,1	6,27 ± 0,02^{h}	1101,5 ± 16,3^{f}	1248,0 ± 1,4^{g}	8,36 ± 0,84^{f}
KY1	2	615,9 ± 25,1	21,09 ± 0,06^{d}	2005,0 ± 91,9^{e}	1494,5 ± 17,7^{ef}	14,50 ± 0,49^{e}
KY2	2	895,1 ± 36,5	33,06 ± 0,08^{c}	2833,0 ± 25,5^{d}	1744,5 ± 24,8^{c}	19,72 ± 0,28^{d}
KY3	2	1093,0 ± 21,2	55,48 ± 2,46^{b}	3613,5 ± 47,4^{b}	2092,5 ± 68,6^{a}	33,27 ± 0,37^{c}
KY4	2	1336,0 ± 0,0	72,71 ± 1,55^{a}	4312,5 ± 29,0^{a}	2110,0 ± 50,9^{a}	41,09 ± 2,18^{b}
KY ort	10	858,6	37,72^{A}	2773,1^{A}	1737,9^{A}	23,39^{B}

[1]Sonuçlar kurumadde üzerinden düzeltilmiştir. Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen “*un çeşidi”*, küçük harflerle gösterilen “*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu”* ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır *(p<0,05*). Kontrol: ekmeklik un; KA1: %25 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA2: %50 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA3: %75 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA4: kavuzsuz arpa unu; KY1: %25 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY2: %50 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY3: %75 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY4: kavuzsuz yulaf unu; KA ort: Kavuzsuz arpa unu ortalama; KY ort: Kavuzsuz yulaf unu ortalama

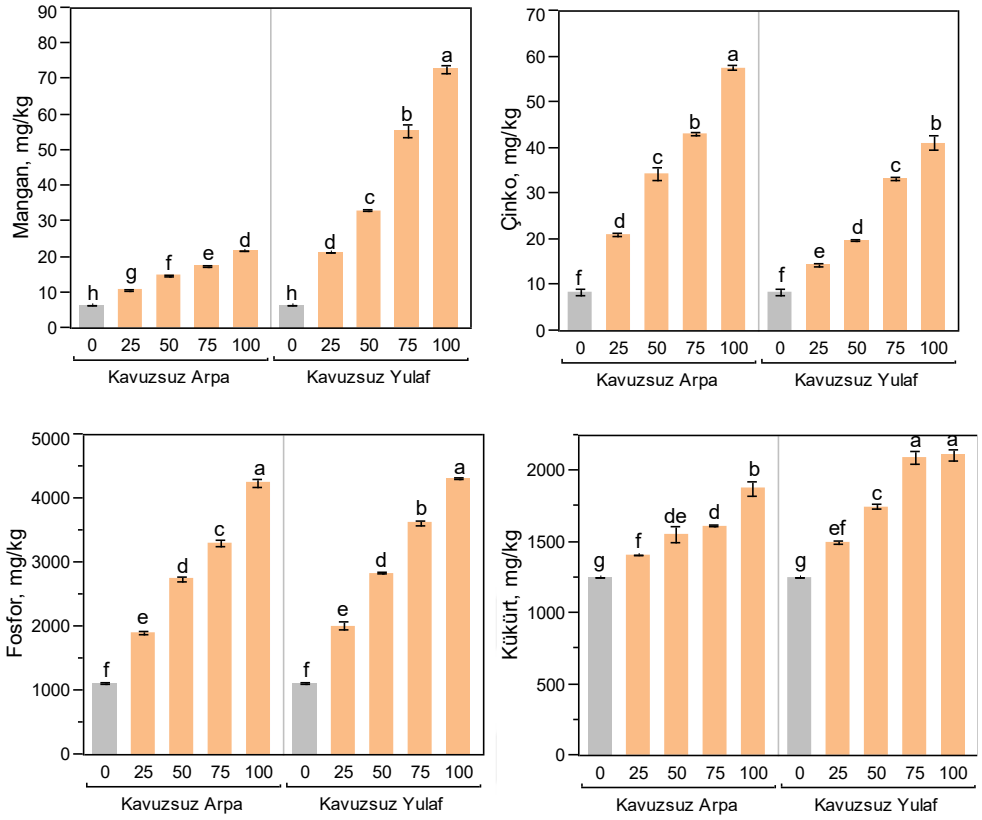
Çalışmada *“ikame oranı”* arttıkça magnezyum, mangan, fosfor, kükürt ve çinko miktarı artmıştır. En yüksek değerler % 100 ikame oranında elde edilmiştir. Tüm parametrelerde her bir ikame oranı istatistiki olarak birbirinden farklıdır. Arpa ve yulaf tanesinde mineraller esas olarak aleuron, embriyo ve perikarp dokularında bulunmaktadır

(Marconi vd., 2000). Çalışmada ikame oranı arttıkça kavuzsuz arpa ve yulafın yüksek oranda mineral madde taşıyan aleuron, embriyo ve perikarp tabakalarının dahil olması ile ekmeklerde magnezyum, mangan, fosfor, kükürt, çinko miktarı doğrusal bir şekilde artış göstermiştir.

Çizelge 4.52. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin ikame oranlarına ait kalsiyum, bakır, demir ve potasyum miktarları ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

İkame oranı %	n	Magnezyum mg/kg	Mangan mg/kg	Fosfor mg/kg	Kükürt mg/kg	Çinko mg/kg
0	4	353,1 ± 4,97^{e}	6,27 ± 0,02^{e}	1101,5 ± 13,3^{e}	1248,0 ± 1,2^{e}	8,36 ± 0,68^{e}
25	4	617,1 ± 16,17^{d}	15,85 ± 6,05^{d}	1954,8 ± 81,8^{d}	1448,5 ± 54,1^{d}	17,78 ± 3,81^{d}
50	4	876,3 ± 32,22^{c}	23,93 ± 10,55^{c}	2788,0 ± 63,5^{c}	1646,5 ± 123,0^{c}	27,01± 8,48^{c}
75	4	1065,0 ± 39,34^{b}	36,46 ± 22,01^{b}	3457,0 ± 187,0^{b}	1852,3 ± 280,3^{b}	38,19 ± 5,70^{b}
100	4	1335,0 ± 1,41^{a}	47,11 ± 29,57^{a}	4277,3 ± 70,2^{a}	1993,3 ± 143,6^{a}	49,31 ± 9,59^{a}

Farklı italik harflerle işaretlenmiş aynı sütundaki ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$).



Şekil 4. 9. Mangan, fosfor, kükürt ve çinko miktarı üzerinde etkili olan "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*''

Mangan, fosfor, kükürt, çinko miktarı üzerinde etkili olan ''*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonları*'' ise Çizelge 4.51 ve Şekil 4.9' da gösterilmiştir. Her iki un çeşidinde de artan ikame oranı ile bu mineral maddeler doğrusal olarak artmıştır. Kavuzsuz yulaf unun %50 ikame oranı ve sonraki ikame oranları ekmeklerinin mangan miktarı kavuzsuz arpa ununun tüm ikame oranı ekmeklerinin üzerindedir (33,06 mg/kg, 55,48 mg/kg ve 72,71 mg/kg). Yine kavuzsuz yulaf ununun % 100 ve % 75 ikame unu ekmeklerinin kükürt miktarı 2000 mg/kg'ın üzerinde istatistiki olarak en yüksektir. Kavuzsuz arpa ununun % 100 ikame oranı ekmeklerininde kükürt miktarı iyi düzeyde bulunmuştur (1876,5 mg/kg). Her iki un çeşidi ekmeklerinin % 100 ikame oranlarında en yüksek fosfor miktarı bulunmuştur (4312,5 mg/kg ve 4242,0 mg/kg). Bunları kavuzsuz yulafın % 75 ikame oranı ekmeği takip etmiştir (3613,5 mg/kg). Kavuzsuz arpanın % 100 ikame oranı ekmeklerinde yüksek çinko miktarı dikkat çekmiştir (57,54 mg/kg). Kavuzsuz arpanın %75 ve kavuzsuz yulafın % 100 ikame oranı ekmeklerinde çinko miktarı 40,0 mg/kg'ın üzerindedir. Kavuzsuz arpanın % 50 ve kavuzsuz yulafın % 75 ikame oranı ekmeklerinde çinko miktarı 30,0 mg/kg'ın üzerindedir.

4.2.6. Ekmek fiziksel özellikleri

Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmeklerin fiziksel özelliklerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.53'te verilmiştir. Ekmeklerin hamur ağırlığı 161,4-189,7 g; ekmek ağırlığı 142,2-169,8 g; ekmek hacmi 235,0-440,0 ml ve spesifik hacim değerleri 1,37 ile 3,01 ml/g arasında değişim göstermiştir. Hamur ağırlığı, ekmek ağırlığı, ekmek hacmi ve spesifik hacim değerleri sırasıyla ortalama 169,7 g, 151,5 g, 334,6 ml ve 2,23 ml/g olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.53. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin ekmek hacim değerleri analiz sonuçları

Un çeşidi	Örnek no	İkame oranı %	Tek	Hamur ağırlığı g	Ekmek ağırlığı g	Ekmek hacmi ml	Spesifik hacim ml/g
Kavuzsuz arpa unu	Kontrol	0	1	165,5	147,0	435,0	2,96
			2	166,7	146,9	440,0	3,00
	KA1	25	1	171,5	147,5	375,0	2,54
			2	170,3	151,5	420,0	2,77
	KA2	50	1	173,8	156,5	280,0	1,79
			2	171,4	154,5	275,0	1,78
	KA3	75	1	177,3	153,8	245,0	1,59
			2	178,1	161,1	240,0	1,49
	KA4	100	1	189,7	169,8	235,0	1,38
			2	187,8	169,6	240,0	1,41
Kavuzsuz yulaf unu	Kontrol	0	1	165,5	147,0	435,0	2,96
			2	166,7	146,9	440,0	3,00
	KY1	25	1	166,6	148,0	445,0	3,01
			2	165,1	142,2	405,0	2,85
	KY2	50	1	162,4	142,9	320,0	2,24
			2	161,4	143,0	325,0	2,27
	KY3	75	1	162,4	152,8	285,0	1,87
			2	162,6	148,3	285,0	1,92
	KY4	100	1	163,7	152,8	285,0	1,87
			2	165,5	148,0	282,0	1,91
Minimum- maksimum				161,4-189,7	142,2-169,8	235,0-440,0	1,37-3,01
Ortalama				169,7	151,5	334,6	2,23

Tek: tekerrür; Kontrol: ekmeklik un; KA1: %25 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA2: %50 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA3: %75 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA4: kavuzsuz arpa unu; KY1: %25 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY2: %50 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY3: %75 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY4:kavuzsuz yulaf unu

Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmeklerin fiziksel özelliklerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.54' te verilmiştir. Ekmeklerin fiziksel özellikleri üzerinde "*ikame oranı*" ve "*un çeşidi*" çok önemli düzeyde etkili olmuştur ($p<0,01$). Ekmek hacmi hariç *"interaksiyon* önemli düzeyde etkilidir.

Çizelge 4.54. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin hamur ve ekmek ağırlığı, ekmek hacmi ve spesifik hacim varyans analiz sonuçları

VK	Hamur ağırlığı				Ekmek ağırlığı			
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
İkame oranı(İKO)	4	278,340	69,585	65,163**	4	492,405	123,101	16,321**
Un çeşidi (UÇ)	1	605,220	605,220	566,754**	1	373,248	373,248	49,485**
İKOxUÇ	4	345,341	86,335	80,848**	4	224,366	56,092	7,437*
Hata	10	10,679	1,068		10	75,427	7,543	
Toplam	19	1239,580			19	1165,447		
VK	Ekmek hacmi				Spesifik hacim			
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
İkame oranı (İKO)	4	112685,300	28171,330	148,897**	4	6,108	1,527	310,937**
Un çeşidi	1	5184,200	5184,200	27,401**	1	0,500	0,500	101,715**
İKOxUÇ	4	1519,300	379,830	2,008	4	0,156	0,039	7,953*
Hata	10	1892	189,200		10	0,049	0,005	
Toplam	19	121280,800			19	6,813		

**p<0,05* düzeyinde önemli; **: *p<0,01* düzeyinde önemli; İKO: ikame oranı; UÇ: un çeşidi; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması

Çizelge 4.54' te önemlilik düzeyleri yer alan "*un çeşidi*" ve "*ikame oranı*"na ait ekmeklerin fiziksel özellikleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları sırasıyla Çizelge 4.55 ve Çizelge 4.56' da verilmiştir. Çizelge 4.55' te görüldüğü gibi kavuzsuz arpa unu hamur ve ekmek ağırlığı kavuzsuz yulaf ununa göre daha yüksekken; ekmek hacim ve spesifik hacim değerleri bakımından kavuzsuz yulaf ununa göre düşük değerlere sahip olmuştur. Kavuzsuz arpa unu sedimantasyon değeri bakımından kavuzsuz yulaf unundan daha yüksek değerlere sahip olmuştur. β-glukan gibi polisakkaritler güçlü hidrofilik özellikleri ile hidrofilik bölgelerinde ve moleküllerinin yapısındaki boşluklarda suyu tutmaktadırlar (Acar vd., 2021). Çalışmamızda kavuzsuz arpa ununun daha yüksek β-glukan ve protein oranına sahip olması hamur ve ekmek ağırlığı değerlerinin kavuzsuz yulaf ununa göre artmasına neden olmuştur. Kavuzsuz arpa ununun STK değerleri de kavuzsuz yulaf ununa göre istatistiki olarak daha yüksek bulunmuştur bu da yapıda suyun özellikle kavuzsuz

arpada daha yüksek oranda bulunan β-glukan tarafından tutulduğunu göstermiştir. Daha yüksek β-glukan ve protein oranına sahip olmasına ve tutulan su miktarının artmasına bağlı olarak sedimantasyon değerleri yükselmesine ve GlutoPik analizin daha sıkı bir gluten sağlamasına rağmen; kavuzsuz arpa ununun gluten özellikleri üzerindeki bu etkileri hamurun çok yönlü genişlemesinin değerlendirildiği ve ekmek yapım özelliklerinin tahminlenmesinde oldukça belirleyici olan hamur reolojik özelliklerini geliştirememiştir. Kavuzsuz arpa unu hamurunun enerji değerleri kavuzsuz yulaf ununun altında kalmıştır. Hamur özellikleri ile ilgili bu bulgular ekmeğin tüketici tercihlerini belirleyen en önemli unsur olan ekmek hacim değerleri ile benzerlik göstermiştir.

Çizelge 4.55. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin un çeşitlerine ait ekmek fiziksel özellikleri analiz değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları[1]

Un çeşidi	n	Hamur ağırlığı g	Ekmek ağırlığı g	Ekmek hacmi ml	Spesifik hacim ml/g
Kontrol	4	$166,1 \pm 0,9^{d}$	$146,9 \pm 0,1^{de}$	$437,5 \pm 3,5$	$2,98 \pm 0,03^{a}$
KA1	4	$170,9 \pm 0,9^{c}$	$149,5 \pm 2,9^{cd}$	$397,5 \pm 31,8$	$2,66 \pm 0,16^{b}$
KA2	4	$172,6 \pm 1,7^{c}$	$155,5 \pm 1,4^{bc}$	$277,5 \pm 3,5$	$1,78 \pm 0,01^{d}$
KA3	4	$177,7 \pm 0,6^{b}$	$157,5 \pm 5,2^{b}$	$242,5 \pm 3,5$	$1,54 \pm 0,07^{e}$
KA4	4	$188,7 \pm 1,3^{a}$	$169,7 \pm 0,1^{a}$	$237,5 \pm 3,5$	$1,40 \pm 0,02^{e}$
KA ort	20	$175,2^{A}$	$155,8^{A}$	318,5	$2,07^{B}$
Kontrol	4	$166,1 \pm 0,9^{d}$	$146,9 \pm 0,1^{de}$	$437,5 \pm 3,5$	$2,98 \pm 0,03^{a}$
KY1	4	$165,8 \pm 1,1^{d}$	$145,1 \pm 4,1^{de}$	$425,0 \pm 28,3$	$2,93 \pm 0,11^{a}$
KY2	4	$161,9 \pm 0,7^{f}$	$142,9 \pm 0,0^{e}$	$322,5 \pm 3,5$	$2,26 \pm 0,02^{c}$
KY3	4	$162,5 \pm 0,1^{ef}$	$150,5 \pm 3,2^{cd}$	$285,0 \pm 0,0$	$1,89 \pm 0,04^{d}$
KY4	4	$164,6 \pm 1,3^{de}$	$150,4 \pm 3,4^{cd}$	$283,5 \pm 2,1$	$1,89 \pm 0,03^{d}$
KY ort	20	$164,2^{B}$	$147,2^{B}$	350,7	$2,39^{A}$

[1]Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen "*un çeşidi"*, küçük harflerle gösterilen "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu"* ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır *($p<0,05$*). Kontrol: ekmeklik un; KA1: %25 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA2: %50 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA3: %75 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA4: kavuzsuz arpa unu; KY1: %25 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY2: %50 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY3: %75 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY4: kavuzsuz yulaf unu; KA ort: Kavuzsuz arpa unu ortalama; KY ort: Kavuzsuz yulaf unu ortalama

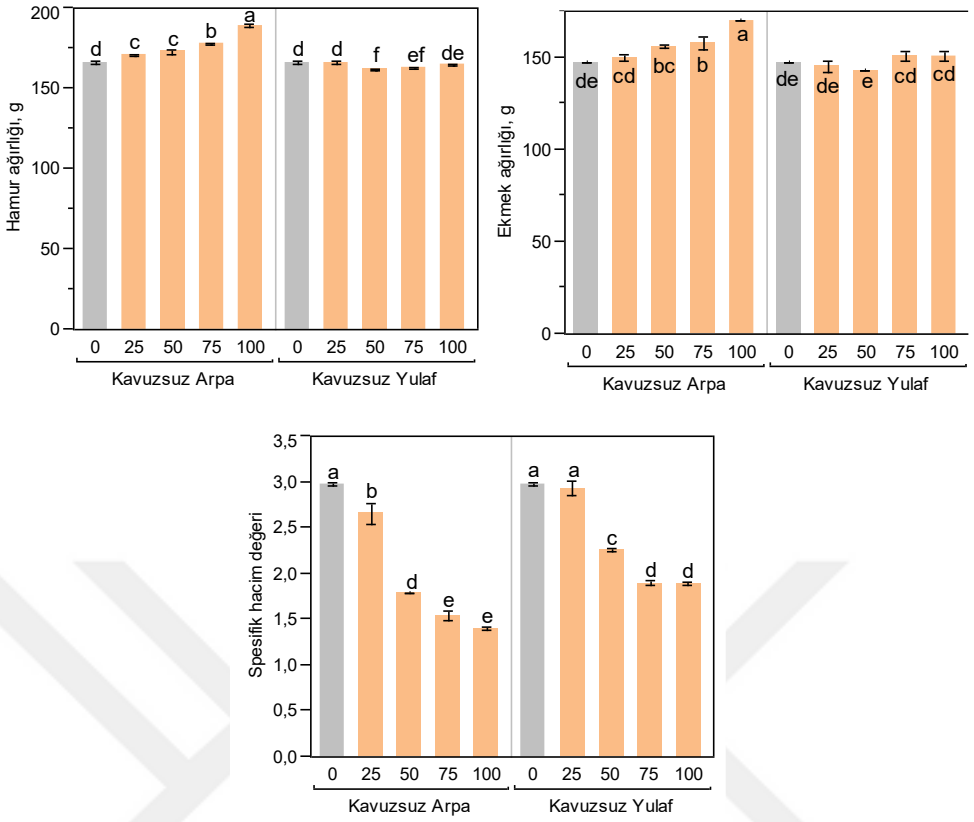
Çalışmada *"ikame oranı"* arttıkça hamur ağırlığı ve ekmek ağırlığı doğrusal olarak artmıştır (Çizelge 4.56). İkame oranı arttıkça glutenin seyrelmesi, kavuzsuz arpa ve yulaf ununun daha fazla kepek tabakasının ve buna bağlı olarak β-glukan gibi lifli bileşenlerin ortama dahil olması ve ortamda bu bileşenler tarafından tutulan su miktarının artması ve gluten ile oluşturdukları agregasyonlar nedeniyle (Gomez vd., 2020; Zhou vd., 2021) hamur

ve ekmek ağırlığı artmıştır. Ekmekte hacim değerinin yüksek olması ekmekte istenilen en önemli ürün özelliklerinden birisidir (Guzman vd., 2016; Karaduman vd., 2023). Ekmek hacmi veya spesifik hacim değeri arttıkça ekmeğin tekstürü daha esnek olmakta, yutulabilme özellikleri iyileşmekte, gözenek sayısı artmaktadır. İkame oranı arttıkça ekmek hacmi ve spesifik hacim değerleri ise azalmış, % 75 ikame oranından sonra istatistiki olarak değişmemiştir. İkame oranı arttıkça glutenin seyrelmesi, kavuzsuz arpa ve yulaf unundan daha fazla kepek tabakasının ve buna bağlı olarak β-glukan gibi lifli bileşenlerin ortama dahil olması nedeniyle gluten oluşumunun yeterince gerçekleşmemesi ve gluten yapısının zayıflaması ve buna bağlı olarak yeterince su alıp şişememeleri ve glutende ek ß-dönüşlerin oluşumunun artması (Bock, 2019) ekmek hacim değerlerini düşürmüştür. Artan ikame oranı ile çalışmamızda sedimantasyon değerleri düşmüş, hamurun reolojik özellikleri (alveograf enerji değeri ve uzama kabiliyeti) zayıflamıştır. Elde edilen ekmek hacim değerleri sonuçları gluten kalite analizleri ve hamur reolojik özellikleri ile benzer olmuştur.

Çizelge 4.56. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin ikame oranlarına ait ekmek fiziksel özellikleri analiz ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

İkame oranı %	n	Hamur ağırlığı g	Ekmek ağırlığı g	Ekmek hacmi ml	Spesifik hacim ml/g
0	4	$166,1 \pm 0,7^{d}$	$146,9 \pm 0,1^{c}$	$437,5 \pm 2,9^{a}$	$2,98 \pm 0,02^{a}$
25	4	$168,4 \pm 3,0^{c}$	$147,3 \pm 3,9^{c}$	$411,3 \pm 29,3^{b}$	$2,79 \pm 0,19^{b}$
50	4	$167,3 \pm 6,3^{cd}$	$149,2 \pm 7,3^{c}$	$300,0 \pm 26,1^{c}$	$2,02 \pm 0,27^{c}$
75	4	$170,1 \pm 8,8^{b}$	$154,0 \pm 5,3^{b}$	$263,8 \pm 24,6^{d}$	$1,72 \pm 0,21^{d}$
100	4	$176,7 \pm 14,0^{a}$	$160,1 \pm 11,3^{a}$	$260,5 \pm 26,7^{d}$	$1,64 \pm 0,28^{d}$

Farklı italik harflerle işaretlenmiş aynı sütundaki ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$).



Şekil 4. 10. Ekmek fiziksel özellikleri üzerinde etkili olan "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*''

Ekmek fiziksel özellikleri üzerinde üzerinde etkili olan "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonları*'' ise Çizelge 4.55 ve Şekil 4.10' da gösterilmiştir. Kavuzsuz arpa ununun tüm ikame unu ekmeklerinin hamur ağırlığı kavuzsuz yulaf unu ekmeklerinin üzerinde bulunmuştur (170,0-190,0 g arasında). Ekmek ağırlığı da % 100 ve % 75 ikame oranı ekmeklerinde 169,7 g ve 157,5 g a kadar çıkmıştır. Kavuzsuz yulaf unu ekmeklerinin hamur ve ekmek ağırlıkları kontrol ekmeklere göre değişmemiştir. Kavuzsuz arpa ununun % 75 ve % 100 ikame oranı ekmeklerinin spesifik hacim değerleri kontrol una göre oldukça düşük elde edilmiştir (1,40 ve 1,54 ml/g). Kavuzsuz yulaf ununun % 75 ve % 100 ikame oranları ve kavuzsuz arpa ununun %50 ikame unlarının ekmeklerinin spesifik hacim değerleri istatistiki olarak benzer ve aynı gruptadır (1,89 ve 1,78 ml/g). Kavuzsuz yulaf ununun % 25 ikame oranı ekmeklerinin spesifik hacim değerleri kontrol ekmek ile istatistiki olarak benzer olması dikkat çekmiştir (2,93 ml/g).

4.2.7. Ekmeklerin tekstür özellikleri

Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmeklerin tekstür özelliklerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.57 ve 4.58' de verilmiştir.

Çizelge 4.57. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin tekstür özelliklerine ait (sertlik, elastikiyet, esneklik, koheziflik) analiz sonuçları

Un çeşidi	Örnek no	İkame oranı %	Tek	Sertlik g	Elastikiyet	Esneklik	Koheziflik
Kavuzsuz arpa unu	Kontrol	0	1	714,9	0,131	0,542	0,844
			2	647,4	0,460	0,571	0,861
	KA1	25	1	1118,7	0,123	0,484	0,799
			2	762,1	0,154	0,557	0,844
	KA2	50	1	3307,6	0,128	0,492	0,792
			2	3897,5	0,121	0,416	0,738
	KA3	75	1	5363,8	-	0,517	-
			2	5355,7	-	0,514	-
	KA4	100	1	5381,2	-	0,632	-
			2	5387,5	-	0,673	-
Kavuzsuz yulaf unu	Kontrol	0	1	714,9	0,131	0,542	0,844
			2	647,4	0,460	0,571	0,861
	KY1	25	1	1412,3	0,139	0,340	0,704
			2	1619,9	0,118	0,325	0,699
	KY2	50	1	3115,7	0,132	0,295	0,684
			2	2984,9	0,125	0,291	0,669
	KY3	75	1	4578,4	0,105	0,252	0,614
			2	4521,9	0,100	0,239	0,574
	KY4	100	1	5352,1	-	0,317	-
			2	5347,3	-	0,324	-
Minimum- maksimum				647,4-5387,5	0,100-0,460	0,239-0,673	0,574-0,861
Ortalama				3111,6	0,173	0,445	0,752

Tek: tekerrür; Kontrol: ekmeklik un; KA1: %25 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA2: %50 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA3: %75 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA4: kavuzsuz arpa unu; KY1: %25 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY2: %50 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY3: %75 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY4:kavuzsuz yulaf unu

Ekmeklerin sertlik değeri 647,4 g-5387,5 g; elastikiyet değeri 0,100-0,460; esneklik değeri 0,239-0,673, koheziflik değeri 0,574-0,861, yapışkanlık değeri -3,791-(-0,052), sakızımsılık değeri 557,6-2876,0, çiğnenebilirlik değeri 79,0-348,1 arasında değişim göstermiş olup sırasıyla ortalama 3111,6 g, 0,173, 0,445, 0,752, -0,952, 1501,2, 208,5 olarak bulunmuştur. Tekstür profil analizinde (TPA) % 75 ve % 100 kavuzsuz arpa ve % 100 kavuzsuz yulaf ikamesi ile elde edilen ekmeklerde elastikiyet ve koheziflik değerleri ile; % 75 ve % 100 kavuzsuz arpa ve % 100 kavuzsuz yulaf ikamesi ile elde edilen ekmeklerde yapışkanlık, sakızımsızlık ve çiğnenebilirlik değerleri elde edilememiştir.

Çizelge 4.58. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin tekstür özelliklerine ait (yapışkanlık, sakızımsılık, çiğnenebilirlik) değerleri analiz sonuçları

Un çeşidi	Örnek no	İkame oranı %	Tek	Yapışkanlık	Sakızımsılık	Çiğnenebilirlik
Kavuzsuz arpa unu	Kontrol	0	1	-0,052	603,3	79,0
			2	-0,188	557,6	256,7
	KA1	25	1	-1,534	894,0	109,7
			2	-0,234	643,1	99,3
	KA2	50	1	-2,071	2618,3	334,5
			2	-3,791	2876,0	348,1
	KA3	75	1	-	-	-
			2	-	-	-
	KA4	100	1	-	-	-
			2	-	-	-
Kavuzsuz yulaf unu	Kontrol	0	1	-0,052	603,3	79,0
			2	-0,188	557,6	256,7
	KY1	25	1	-0,314	993,9	138,5
			2	-0,253	1131,8	133,9
	KY2	50	1	-0,530	2132,7	281,4
			2	-0,664	1998,0	249,6
	KY3	75	1	-2,831	2813,1	294,1
			2	-0,628	2593,4	258,9
	KY4	100	1	-	-	-
			2	-	-	-
Minimum- maksimum				-3,791-(-0,052)	557,6-2876,0	79,0-348,1
Ortalama				-0,952	1501,2	208,5

Tek: tekerrür; Kontrol: ekmeklik un; KA1: %25 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA2: %50 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA3: %75 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA4: kavuzsuz arpa unu; KY1: %25 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY2: %50 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY3: %75 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY4:kavuzsuz yulaf unu

Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmeklerin tekstür özelliklerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.59 ve Çizelge 4.60' ta verilmiştir. Elastikiyet değeri üzerinde değişkenlerin istatistiki olarak önemli etkisi olmamıştır. "*İkame oranı*"nın diğer tüm tekstür özellikleri üzerinde istatistiki olarak önemli etkisi vardır.*"Un çeşidi"* esneklik, koheziflik ve yapışkanlık; "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*" sertlik, esneklik, koheziflik ve sakızımsılık değerleri üzerinde istatistiki olarak önemli etkiye sahiptir.

Çizelge 4.59. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin tekstür özelliklerine (sertlik, elastikiyet, esneklik ve koheziflik) ait varyans analiz sonuçları

VK	Sertlik				Elastikiyet			
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
İkame oranı (İKO)	4	71940165	17985041	656,643**	2	0,073	0,037	2,008
Un çeşidi (UÇ)	1	134755	134755	4,920	1	0,000	0,000	0,001
İKOxUÇ	4	1158314	289578	10,573*	2	0,000	0,000	0,003
Hata	10	273894	27389		6	0,109	0,018	
Toplam	19	73507127			11	0,183		
VK	Esneklik				Koheziflik			
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
İkame oranı (İKO)	4	0,095	0,024	31,724**	2	0,036	0,018	38,024**
Un çeşidi (UÇ)	1	0,181	0,181	240,603**	1	0,014	0,014	30,167*
İKOxUÇ	4	0,064	0,016	21,189**	2	0,008	0,004	8,092*
Hata	10	0,008	0,001		6	0,003	0,001	
Toplam	19	0,347			11	0,061		

**p<0,05* düzeyinde önemli; **: *p<0,01* düzeyinde önemli; İKO: ikame oranı; UÇ: un çeşidi; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması

Çizelge 4.60. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmekler örneklerinin tekstür özelliklerine (yapışkanlık, sakızımsılık ve çiğnenebilirlik) ait varyans analiz sonuçları

VK	Yapışkanlık				Sakızımsılık				Çiğnenebilirlik			
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
İkame oranı (İKO)	2	5,752	2,876	7,329*	2	7556958,100	3778479	265,607**	2	72169,794	36084,9	6,709*
Un çeşidi (UÇ)	1	2,870	2,870	7,314*	1	50079,800	50080	3,520	1	648,016	648,02	0,121
İKOxUÇ	2	2,937	1,468	3,743	2	501464,800	250732	17,625*	2	6100,700	3050,35	0,567
Hata	6	2,354	0,392		6	85354,800	14226		6	32273,870	5379	
Toplam	11	13,913			11	8193857,500			11	111192,380		

**p<0,05* düzeyinde önemli; **: *p<0,01* düzeyinde önemli; İKO: ikame oranı; UÇ: un çeşidi; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması

Çizelge 4.59 ve 4.60' ta önemlilik düzeyleri yer alan un çeşidi ve ikame oranlarına ait sertlik, elastikiyet, esneklik ve koheziflik değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları sırasıyla Çizelge 4.61, 4.62, 4.63 ve 4.64' te verilmiştir. Sertlik, gıdanın deformasyonu için gerekli olan güçtür. Elastikiyet, deforme eden gücün ortadan kalkmasıyla birlikte gıdanın eski haline dönme hızıdır. Yapışkanlık, gıdanın iç bağlarının dayanma gücü şeklinde tanımlanmaktadır. Sakızımsılık, sertlik ve yapışkanlık değerlerinin çarpımıdır. Çiğnenebilirlik (chewiness), katı bir yiyeceği parçalayıp yutma durumuna getirmek için gerekli olan enerjidir. Sertlik, yapışkanlık ve esneklik değerlerinin çarpılmasıyla hesaplanır. Koheziflik, katı bir gıdanın ısırıldığında kopmadan önceki deformasyon miktarı olarak belirtilmektedir. (Gerçekaslan vd., 2007). Esneklik değeri, ekmeğe uygulanan kuvvetin ortadan kalkmasından sonra ürünün eski haline dönebilmesi için harcadığı enerjidir (Baumgartner, 2018). Çizelge 4.61 ve 4.63' te görüldüğü gibi kavuzsuz arpa unu ekmeklerinin esneklik ve koheziflik değerleri kavuzsuz yulaf unu ekmeklerine göre daha yüksek değerlere sahip olmuştur. Yapışkanlık değeri bakımından ise kavuzsuz arpa unu ekmekleri daha yüksek değere sahiptir. Çalışmada kavuzsuz arpada daha yüksek β-glukan varlığı ve gluten ile yaptığı interaksiyonlarla gluten kalitesinin bozularak ekmek hacminin azalması nedeniyle kavuzsuz arpanın bu tekstürel özellikleri olumsuz etkilenmiştir.

Çalışmada genel olarak ikame oranı arttıkça sertlik, sakızımsılık, çiğnebilirlik ve yapışkanlık artarken; esneklik, elastikiyet ve koheziflik azalmıştır. Ekmeğin yapısal özelliklerinde belirleyici parametre olan sertlik değeri istatistiki olarak her ikame oranında birbirinden farklı olacak şekilde doğrusal olarak artmıştır. İkame oranı arttıkça ekmeklerin sertlik değeri belirgin şekilde yükselmiştir. Artan kepek tabakası ve nişasta harici polisakkaritler (β-glukan, selüloz, hemiselüloz vb.) (Gomez vd., 2020) nedeniyle yapı sertleşmektedir. Lifçe zengin kepek tabakası nişasta ve protein arasındaki etkileşimleri bozarak ekmeğin daha sert ve daha az esnek olmasına neden olmaktadır (Liu vd., 2017). Ayrıca ekmek hacmi düştükçe ekmekler daha yoğun ve sıkı olmakta bu da ekmeklerin sertlik değerini arttırmaktadır (Sabanis vd., 2009; Minarro vd., 2012). Sertlik artışına bağlı olarak ekmeklerin sakızımsılık, çiğnenebilirlik ve yapışkanlık değerleri artmış; esneklik, elastikiyet ve koheziflik değerleri azalmıştır.

Çizelge 4.61. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin un çeşitlerine ait tekstür özellikleri (sertlik, elastikiyet, esneklik ve koheziflik) ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

Un Çeşidi	n	Sertlik g	Elastikiyet	Esneklik	Koheziflik
Kontrol	2	$681,2 \pm 47,7^{f}$	$0,30 \pm 0,23$	$0,56 \pm 0,02^{b}$	$0,85 \pm 0,01^{a}$
KA1	2	$940,4 \pm 252,2^{f}$	$0,14 \pm 0,02$	$0,52 \pm 0,05^{b}$	$0,82 \pm 0,03^{a}$
KA2	2	$3602,5 \pm 417,1^{c}$	$0,12 \pm 0,00$	$0,45 \pm 0,05^{c}$	$0,76 \pm 0,04^{b}$
KA3	2	$5359,8 \pm 5,7^{a}$	-	$0,52 \pm 0,00^{b}$	-
KA4	2	$5384,3 \pm 4,4^{a}$	-	$0,65 \pm 0,03^{a}$	-
KA ort	10	3193,6	0,19	$0,54^{A}$	$0,81^{A}$
Kontrol	2	$681,2 \pm 47,7^{f}$	$0,30 \pm 0,23$	$0,56 \pm 0,02^{b}$	$0,85 \pm 0,01^{a}$
KY1	2	$1516,1 \pm 146,8^{e}$	$0,13 \pm 0,01$	$0,33 \pm 0,01^{d}$	$0,70 \pm 0,00^{c}$
KY2	2	$3050,3 \pm 92,5^{d}$	$0,13 \pm 0,00$	$0,29 \pm 0,00^{de}$	$0,68 \pm 0,01^{c}$
KY3	2	$4550,1 \pm 40,0^{b}$	-	$0,25 \pm 0,01^{e}$	-
KY4	2	$5349,7 \pm 3,4^{a}$	-	$0,32 \pm 0,01^{d}$	-
KY ort	10	3029,5	0,18	$0,35^{B}$	$0,74^{B}$

Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen "*un çeşidi"*, küçük harflerle gösterilen "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu"* ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır *($p<0,05$*). Kontrol: ekmeklik un; KA1: %25 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA2: %50 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA3: %75 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA4: kavuzsuz arpa unu; KY1: %25 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY2: %50 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY3: %75 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY4: kavuzsuz yulaf unu; KA ort: Kavuzsuz arpa unu ortalama; KY ort: Kavuzsuz yulaf unu ortalama

Çizelge 4.62. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin ikame oranlarına ait tekstür özellikleri (sertlik, elastikiyet, esneklik ve koheziflik) ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

İkame oranı %	n	Sertlik g	Elastikiyet	Esneklik	Koheziflik
0	4	$681,2 \pm 39,0^{e}$	$0,30 \pm 0,19$	$0,56 \pm 0,02^{a}$	$0,85 \pm 0,01^{a}$
25	4	$1228,2 \pm 372,6^{d}$	$0,13 \pm 0,02$	$0,43 \pm 0,11^{c}$	$0,76 \pm 0,07^{b}$
50	4	$3326,4 \pm 403,1^{c}$	$0,13 \pm 0,00$	$0,37 \pm 0,10^{d}$	$0,72 \pm 0,06^{c}$
75	4	$4954,9 \pm 468,0^{b}$	-	$0,38 \pm 0,16^{d}$	-
100	4	$5367,0 \pm 20,3^{a}$	-	$0,49 \pm 0,19^{b}$	-

Farklı italik harflerle işaretlenmiş aynı sütundaki ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (*$p<0,05$*).

Çizelge 4.63. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin un çeşitlerine ait tekstür özellikleri (yapışkanlık, sakızımsılık, ve çiğnenebilirlik) ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

Un çeşidi	n	Yapışkanlık	Sakızımsılık	Çiğnenebilirlik
Kontrol	2	-0,12 ± 0,10	580,4 ± 32,3^{d}	167,8 ± 125,7
KA1	2	-0,88 ± 0,92	768,6 ± 177,4^{d}	104,5 ± 7,4
KA2	2	-2,93 ± 1,22	2747,2 ± 182,2^{a}	341,3 ± 9
KA3	0	-	-	-
KA4	0	-	-	-
KA ort	6	-1,31^{B}	1365,4	204,6
Kontrol	2	-0,12 ± 0,10	580,4 ± 32,3^{d}	167,8 ± 125,7
KY1	2	-0,28 ± 0,04	1062,9 ± 97,5^{c}	136,2 ± 3,3
KY2	2	-0,60 ± 0,09	2065,3 ± 95,3^{b}	265,5 ± 22,6
KY3	0	-	-	-
KY4	0	-	-	-
KY ort	6	-0,33^{A}	1236,2	189,9

Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen "*un çeşidi"*, küçük harflerle gösterilen "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*" ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır *(p<0,05*). Kontrol: ekmeklik un; KA1: %25 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA2: %50 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA3: %75 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA4: kavuzsuz arpa unu; KY1: %25 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY2: %50 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY3: %75 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY4: kavuzsuz yulaf unu; KA ort: Kavuzsuz arpa unu ortalama; KY ort: Kavuzsuz yulaf unu ortalama

Çizelge 4.64. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin ikame oranlarına ait tekstür özellikleri (yapışkanlık, sakızımsılık, ve çiğnenebilirlik) ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

İkame oranı %	n	Yapışkanlık	Sakızımsılık	Çiğnenebilirlik
0	4	-0,12 ± 0,08^{a}	580,4 ± 26,4^{c}	167,8 ± 102,6^{b}
25	4	-0,58 ± 0,63^{a}	915,7 ± 206,2^{b}	120,4 ± 18,9^{b}
50	4	-1,76 ± 1,52^{b}	2406,3 ± 411,2^{a}	303,4 ± 46,0^{a}
75	0	-	-	-
100	0	-	-	-

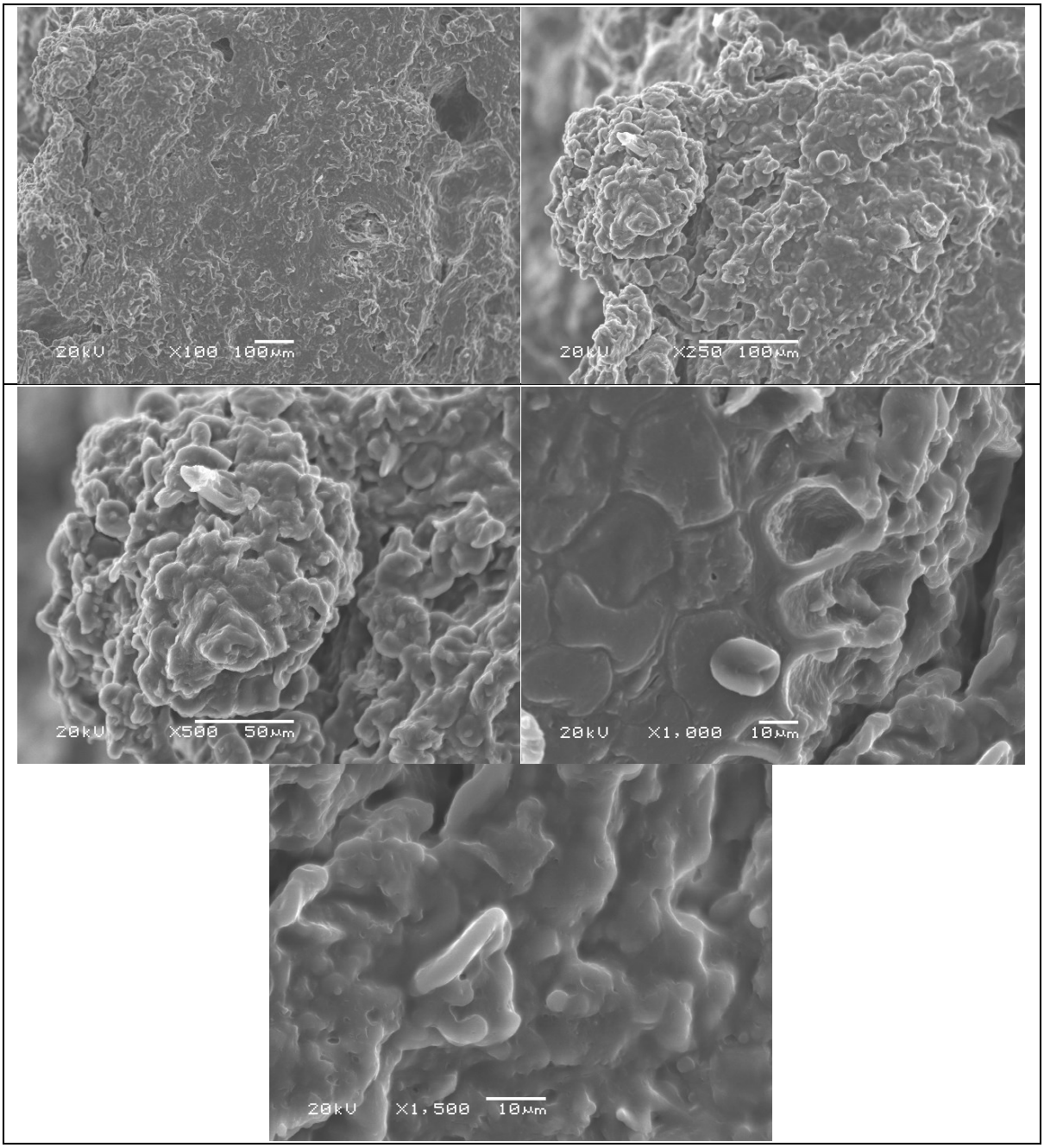
Farklı italik harflerle işaretlenmiş aynı sütundaki ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (*p<0,05*).

Ekmek fiziksel özellikleri üzerinde etkili olan "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonları''* bazı örneklerin eksik olması nedeni ile şekil olarak ayrıca gösterilmemiş, Çizelge 4.61 ve 4.63' te verilmiştir. Her iki un çeşidinde de ikame oranı arttıkça sertlik değeri doğrusal olarak artmıştır. Kavuzsuz arpa ununun % 75 ve % 100 ve kavuzsuz yulaf ununun %100 ikame oranlarında ekmeklerin sertlik değeri 5000 g' nin üzerine çıkmıştır (5384,3 g, 5359,8 g, 5349,7 g). Kavuzsuz yulaf ununun % 75 ikame oranında sertlik değeri 4550,1 g

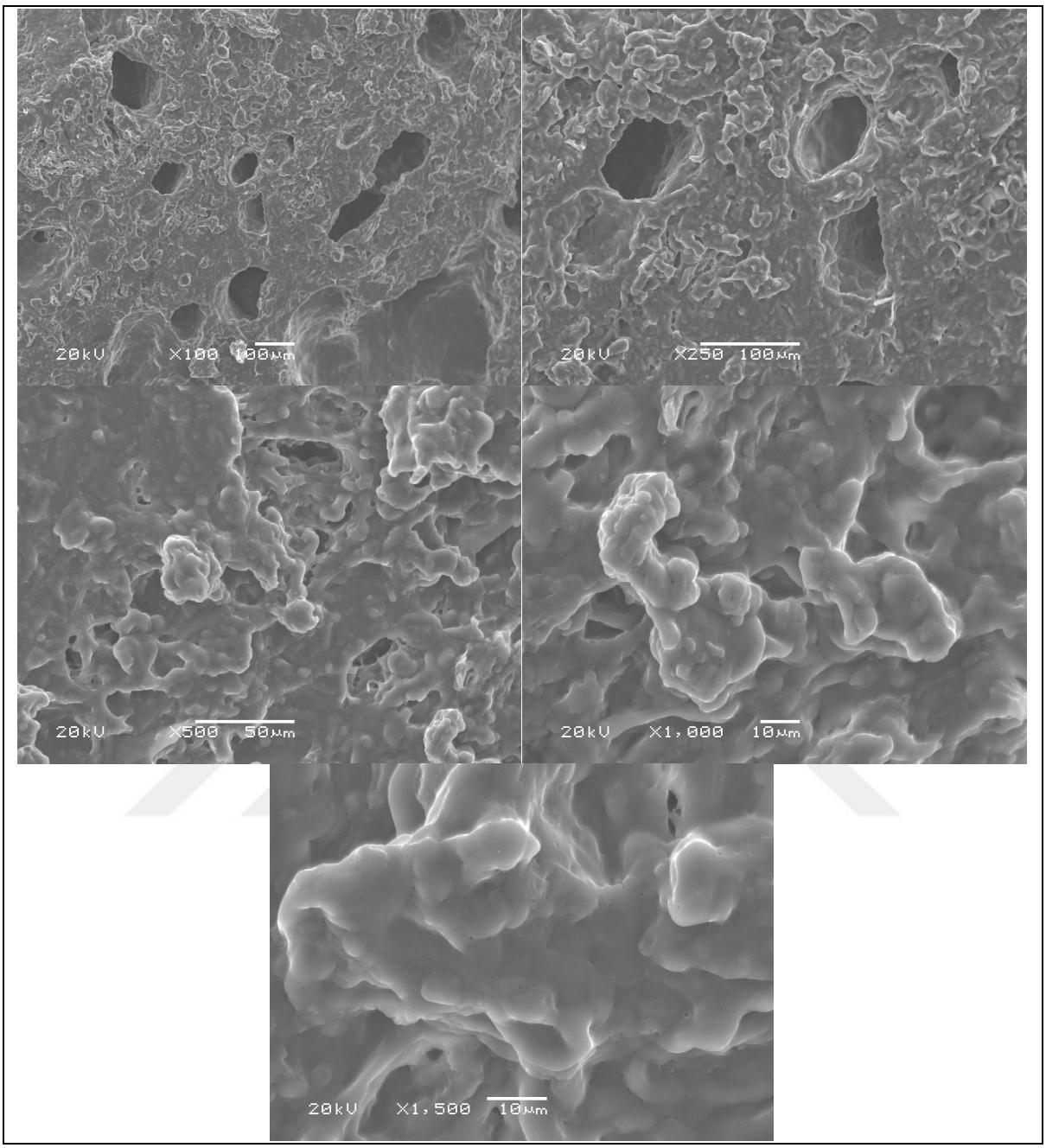
olmuştur. Kavuzsuz arpa ununun en yüksek ikame oranlarında sertlik değeri çok yükselse de % 25 ikame oranında kontrole yakın ve aynı ikame oranında kavuzsuz yulaf ununa göre daha düşük olması dikkat çekmiştir (940,4 g). Sertlik değerleri yüksek olan kavuzsuz arpanın ekmeğe uygulanan kuvvetin ortadan kalkmasından sonra ürünün eski haline dönebilmesi için harcadığı enerji olan esneklik değeri de yüksek olmuş, % 100 ikame oranında kavuzsuz yulaf ununun esneklik değerinin iki katına çıkmıştır. % 25 ikame oranında kavuzsuz arpa unu ekmeklerinin sertlik değeri kavuzsuz yulaf unu ekmeklerine göre daha düşük olsa da bu durum esnekliği azaltmamıştır. Gıdayı ısırırken kopmadan önceki deformasyonun miktarını gösteren koheziflik değeri, sertlik ile yapışkanlığın çarpımı ile bulunan sakızımsılık değeri % 75 ve % 100 ikame oranlarından sonuç alınamasa da % 25 ve % 50 ikame oranlarında kavuzsuz arpa ununun ekmeklerinin koheziflik değeri daha yüksek olup deformasyon daha yüksektir. % 25 kavuzsuz arpa ununun sertlik değerinde olduğu gibi sakızımsılık değeri de daha düşük iken; % 50 ikame oranında sertlik artışı ile artmıştır.

4.2.8. Ekmek örneklerine ait SEM görüntüleri

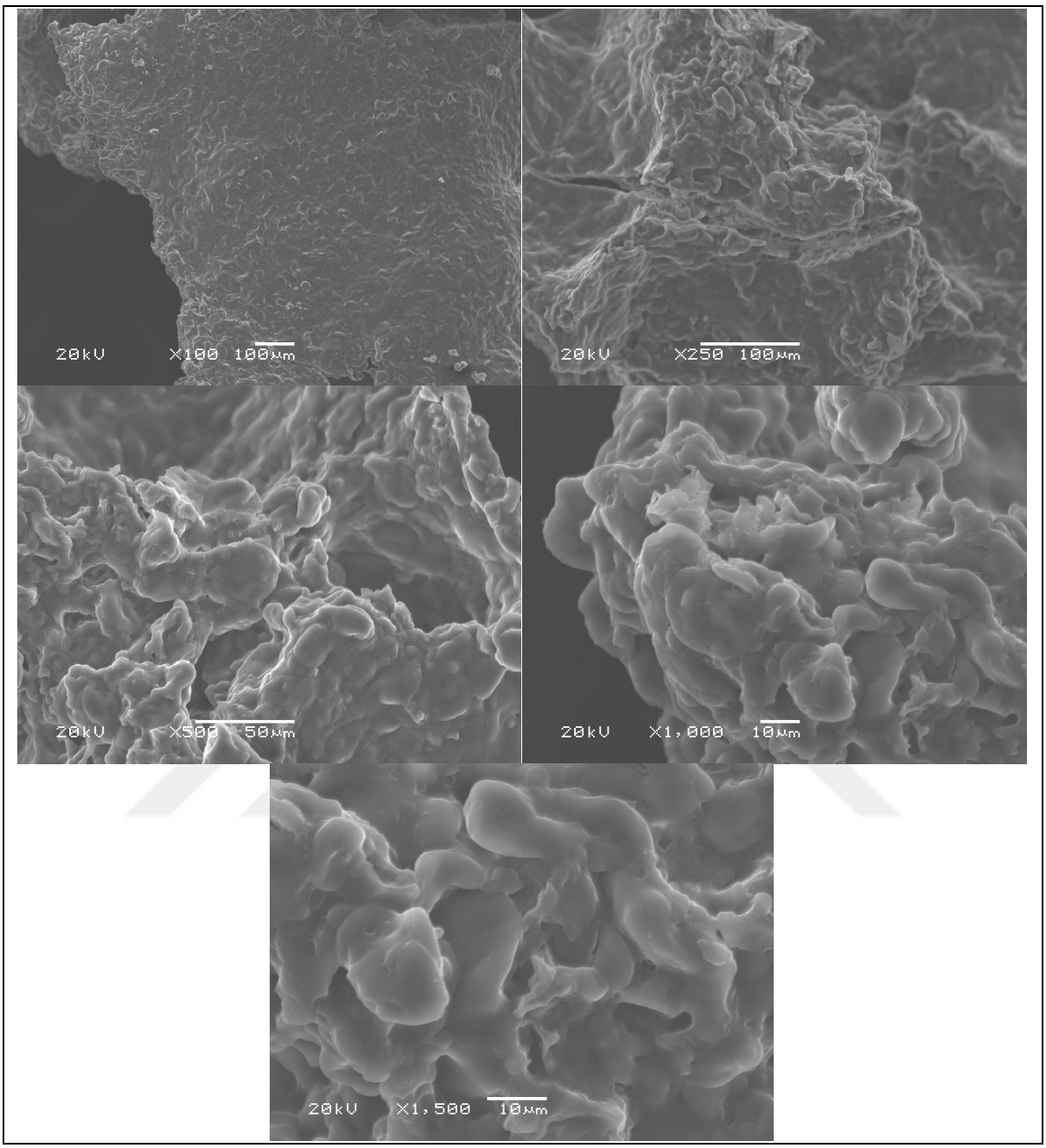
Ekmek örneklerine ait SEM görüntüleri Şekil 4.11-19' da verilmiştir. Ekmek örneklerinin pişirme sonrasında soğuması ile birlikte 2,5 cm kesilen parçaların merkezinden alınan numuneler -20 °C'de dondurulmuş ve SEM görüntüleme için Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne aktarılmıştır. Ekmek örneklerinde 100, 250, 500, 1000, 1500 büyütme ile yapı incelenmiştir.



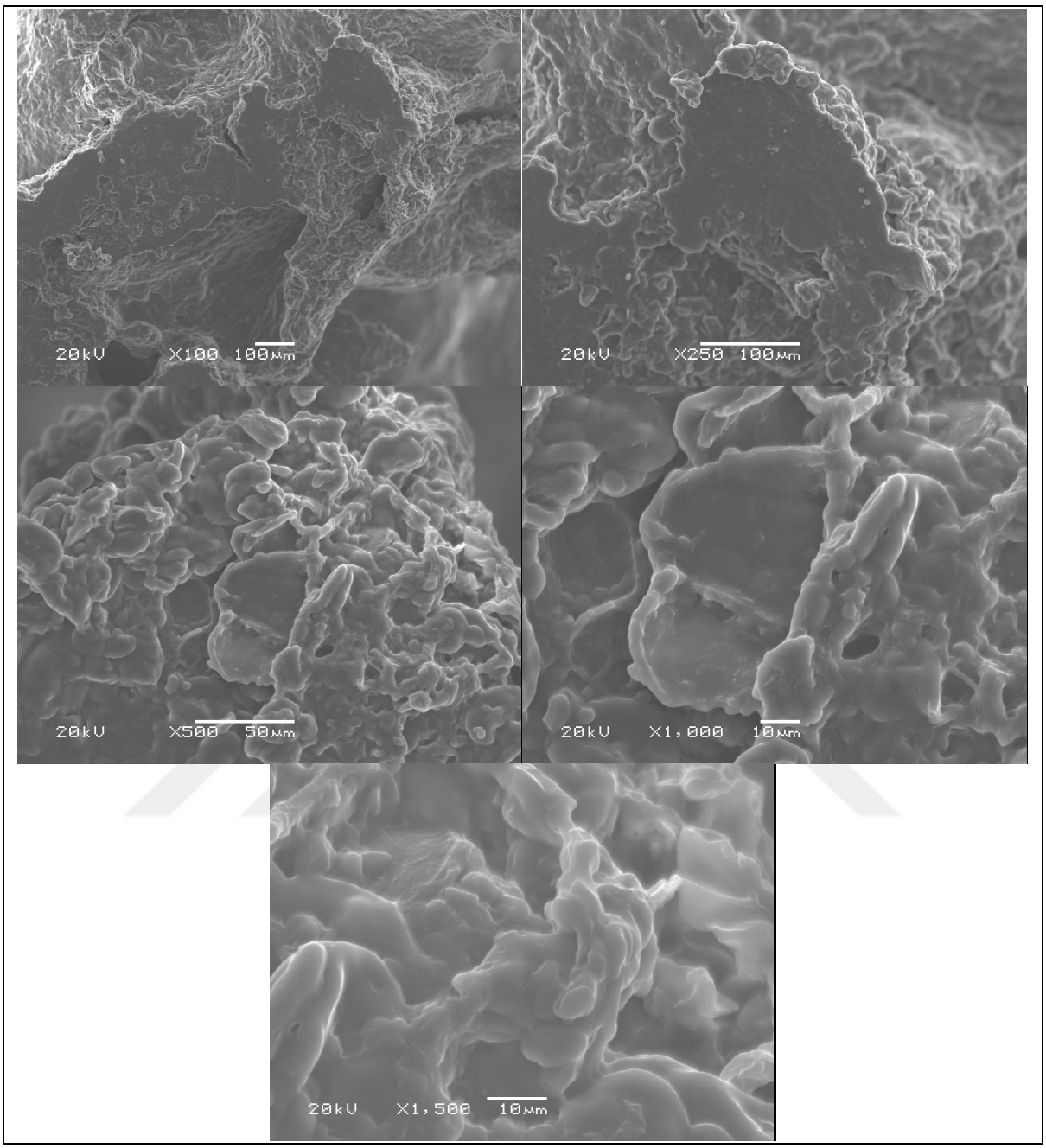
Şekil 4. 11. KA1 kombinasyonu %25 oranında kavuzsuz arpa ile ikame edilmiş ekmeğe ait SEM görüntüleri



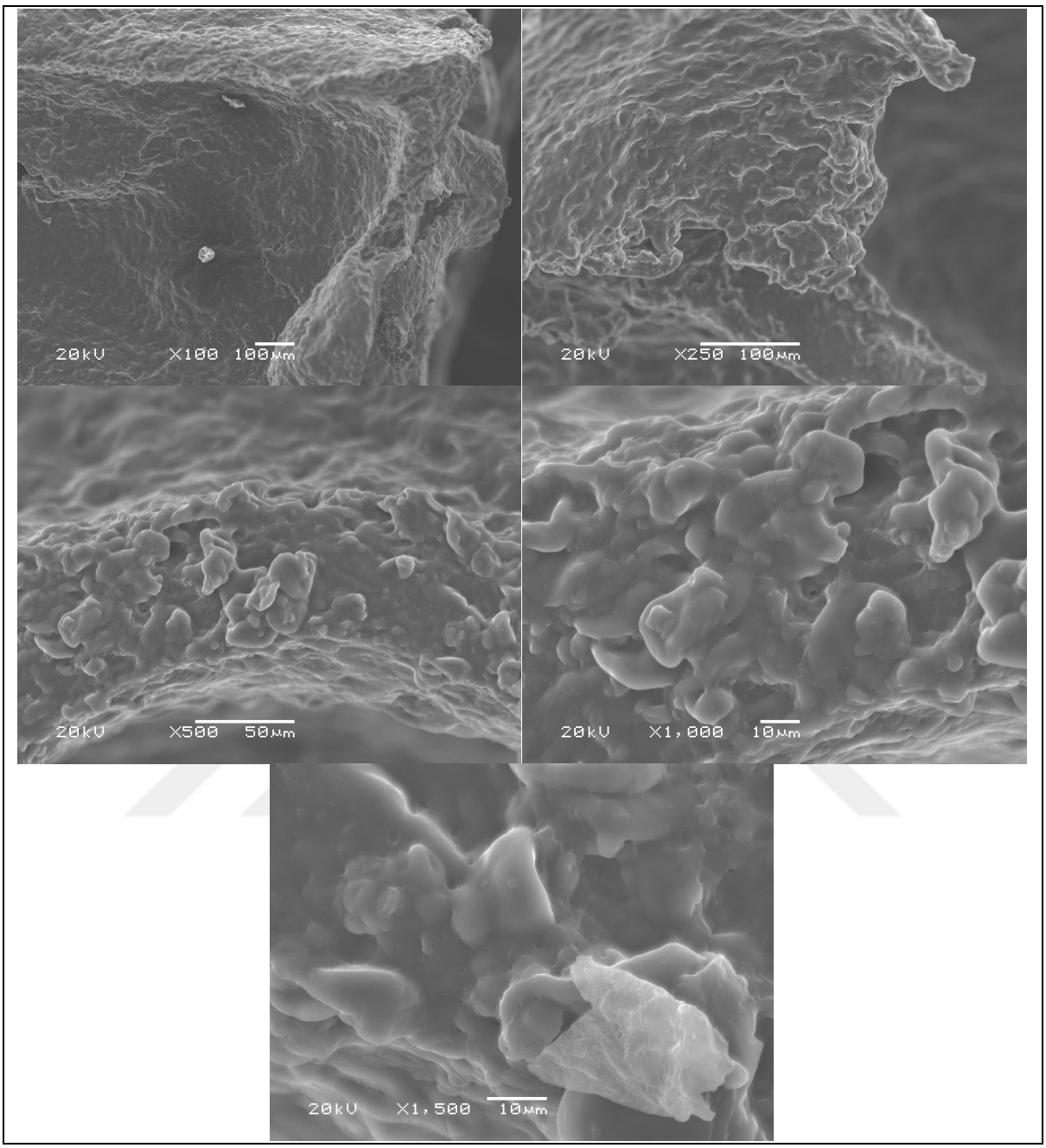
Şekil 4. 12. KA2 kombinasyonu %50 oranında kavuzsuz arpa ile ikame edilmiş ekmeğe ait SEM görüntüleri



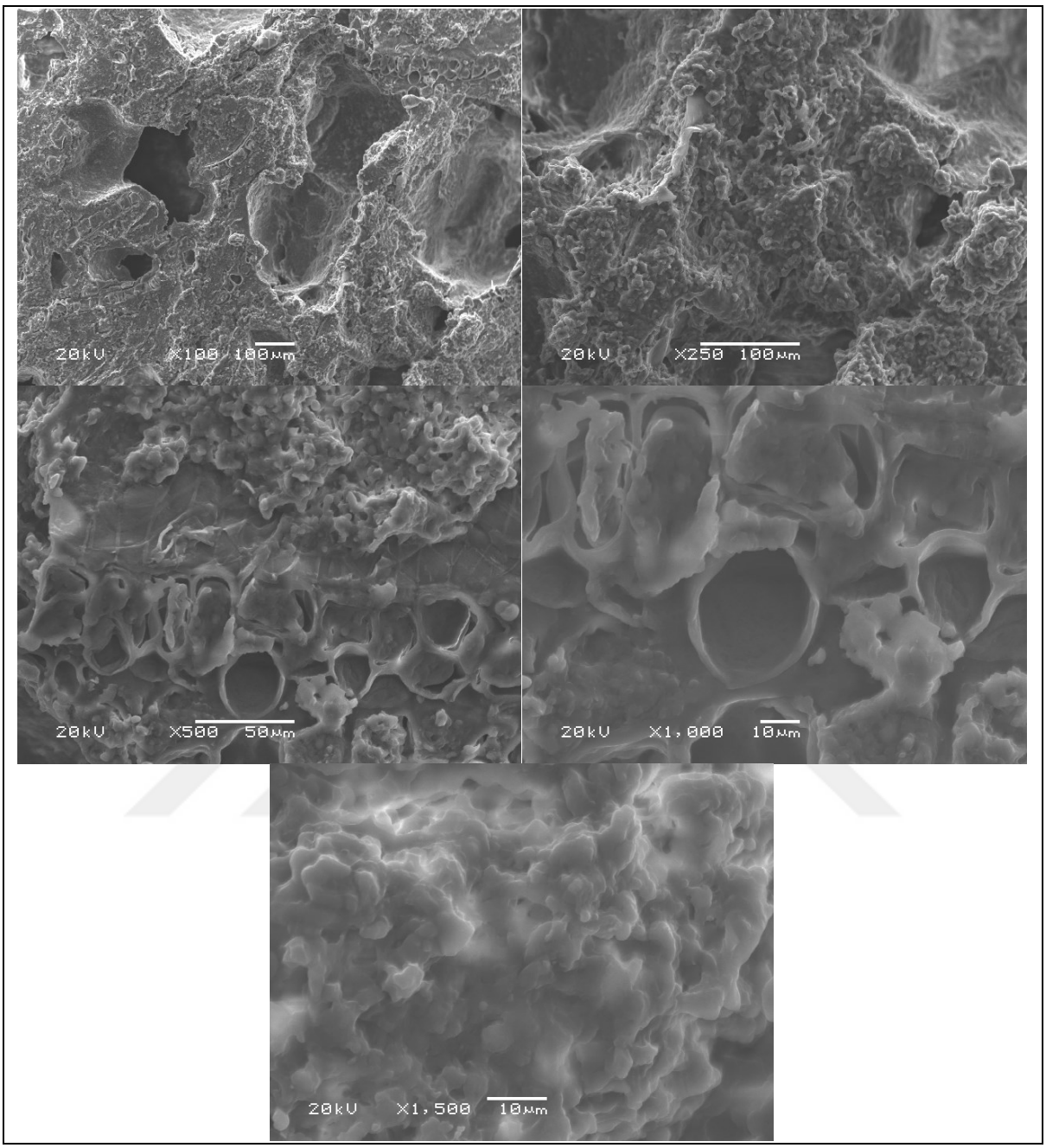
Şekil 4. 13. KA3 kombinasyonu %75 oranında kavuzsuz arpa ile ikame edilmiş ekmeğe ait SEM görüntüleri



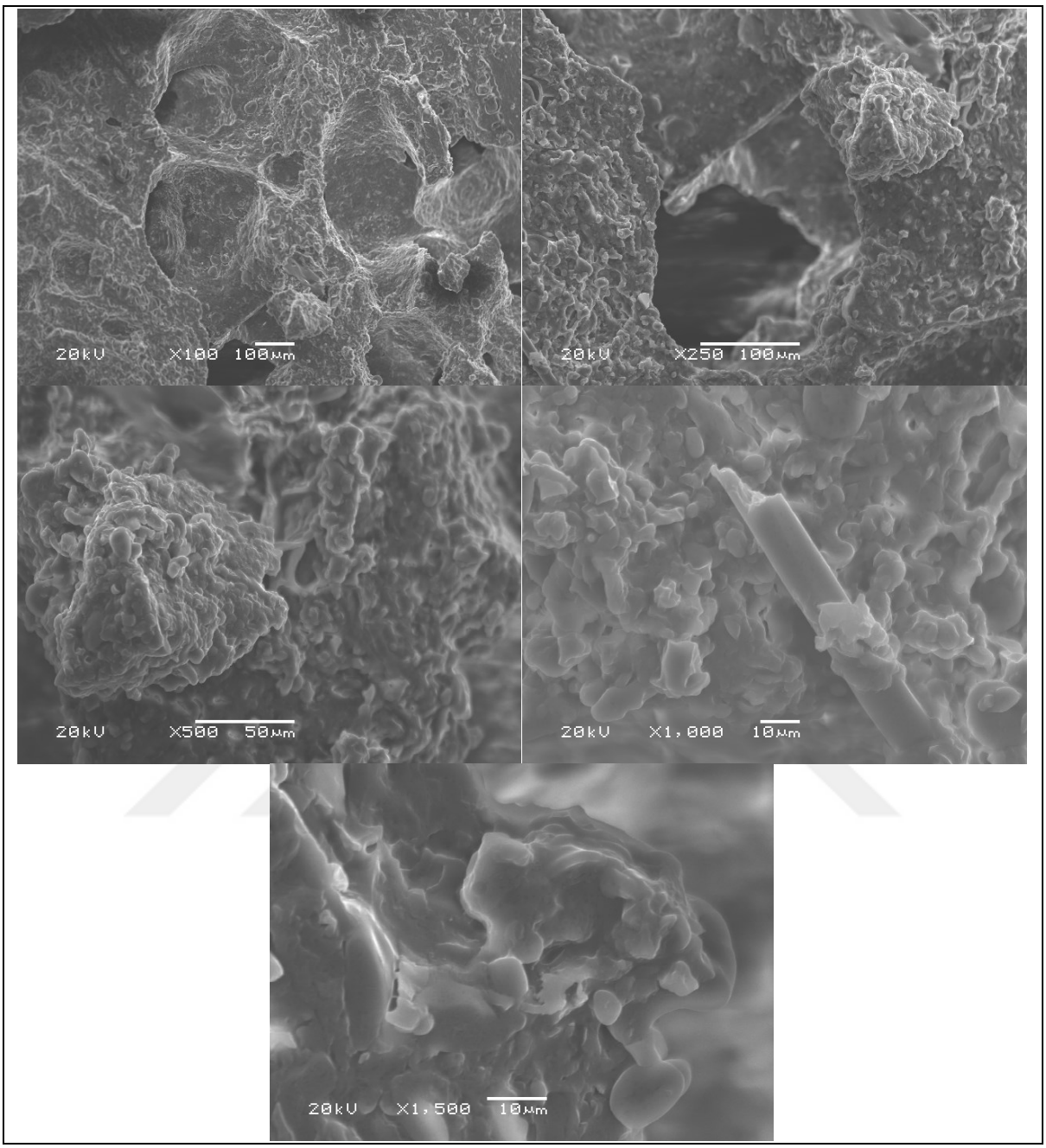
Şekil 4. 14. KA4 kombinasyonu %100 kavuzsuz arpa unu ile elde edilmiş ekmeğe ait SEM görüntüleri



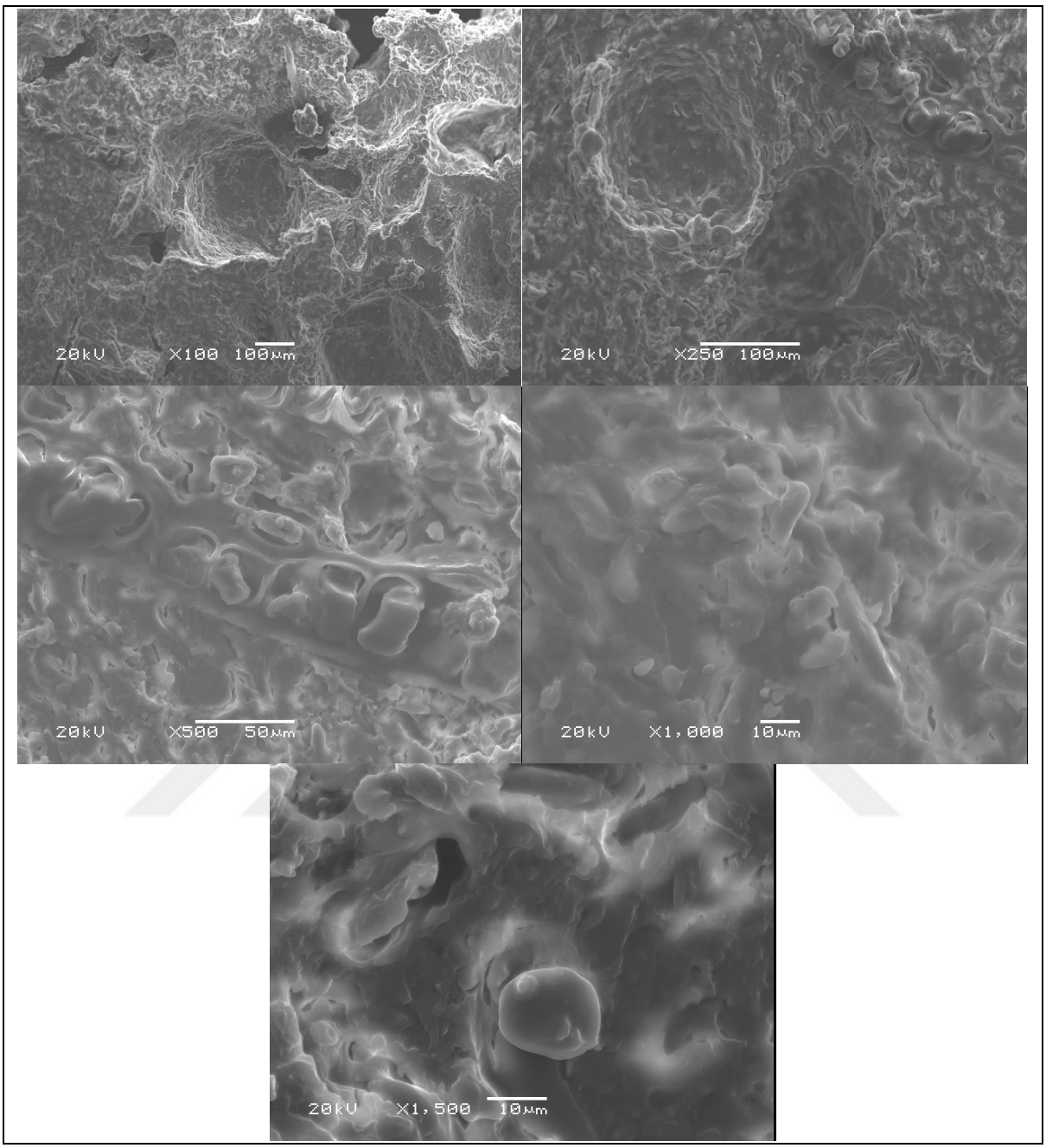
Şekil 4. 15. Kontrol unu %100 ekmeklik un ile elde edilmiş ekmeğe ait SEM görüntüleri



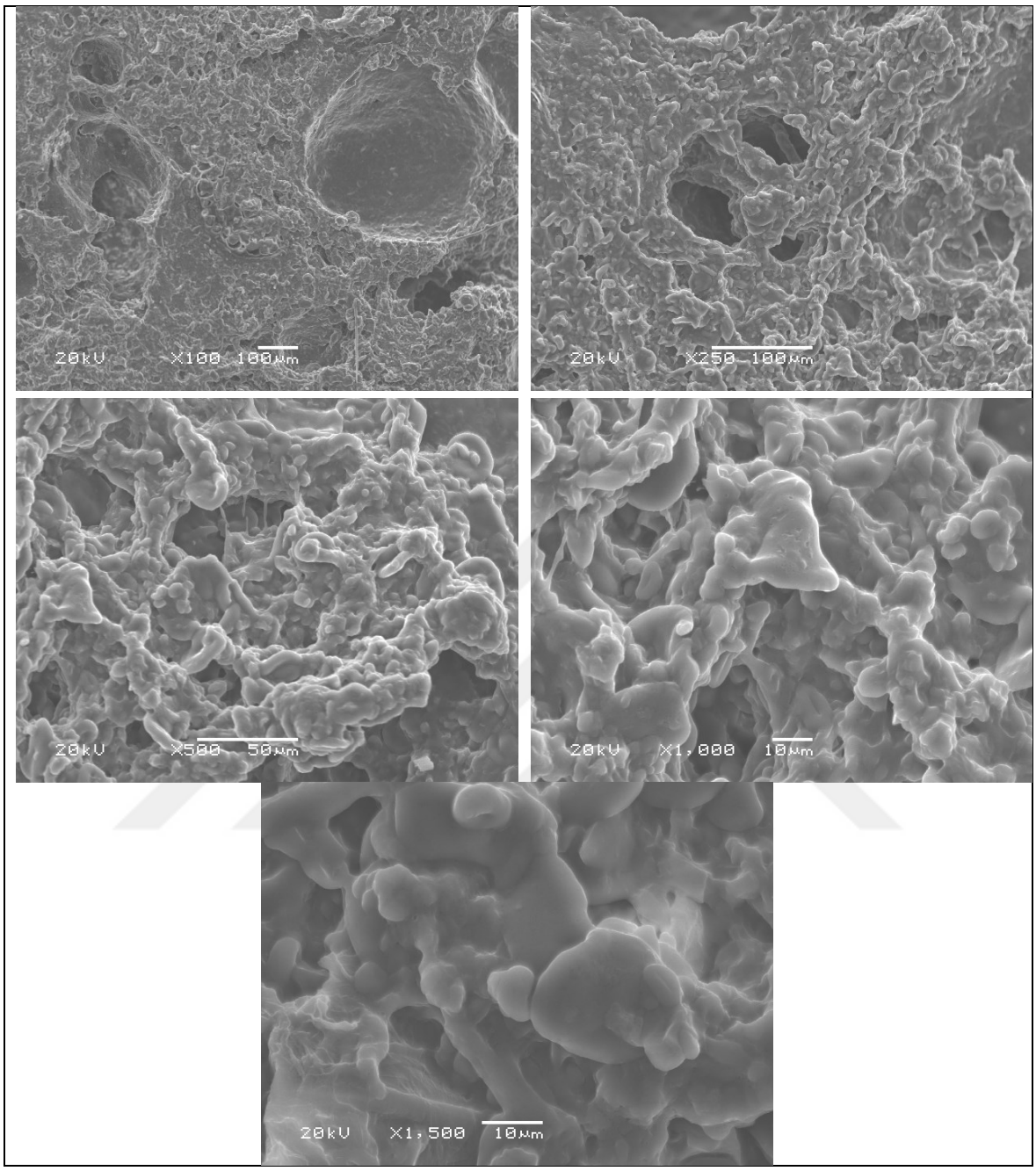
Şekil 4. 16. KY1 kombinasyonu %25 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş ekmeğe ait SEM görüntüleri



Şekil 4. 17. KY2 kombinasyonu %50 oranında yulaf unu ile ikame edilmiş ekmeğe ait SEM görüntüleri



Şekil 4. 18. KY3 kombinasyonu %75 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş ekmeğe ait SEM görüntüleri



Şekil 4. 19. KY4 kombinasyonu %100 kavuzsuz yulaf unu ile elde edilmiş SEM görüntüleri

Kavuzsuz arpa unu ekmekleri hacim ve spesifik hacim değerleri bakımından kavuzsuz yulaf ununa göre düşük değerlere sahiptir. Ekmek içinde, gluten ağı % 100 ikame oranında her iki un çeşidine ait ekmeklerde yüksek β-glukanın ortama ikamesi nedeniyle gelişememiştir. Yine % 50 ve 75 kavuzsuz arpa unu ile % 75 kavuzsuz yulaf unu ikameli ekmeklerde gluten gelişiminin gerçekleşemediği ve sıkı bir yapıya sahip oldukları görülmüştür. Kavuzsuz arpa unu ekmeklerinde % 25 ikame oranında bile gluten gelişmesi ve buna bağlı olarak ekmeklerde hacim artışı yetersizdir. Kavuzsuz yulaf unu ekmeklerinde

% 50 ikame oranında ekmeklerde gluten ağı genişlemeye başladığı % 25 ikame oranında ise gluten ağı gelişmesinin daha belirginleşmiş olduğu görülmüştür.

4.2.9. Duyusal özellikler

Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmeklerin duyusal özelliklerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.65' te verilmiştir. Kabuk rengi, iç renk, görünüm, gözenek yapısı, ekmek içi yapısı, lezzet, çiğnenebilirlik ve genel beğeni özellikleri duyusal olarak 14 panelist tarafından değerlendirilmiştir. Kabuk rengi, iç renk, görünüm, gözenek yapısı, ekmek içi yapısı, lezzet, çiğnenebilirlik, genel beğeni ortalaması sırasıyla 5,14, 5,31, 5,44, 4,97, 5,24, 5,21, 5,17 ve 5,15 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.65. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin duyusal özelliklerine ait analiz sonuçları

Un çeşidi	Öno	İKO	Tek	Kabuk rengi	İç renk	Gör	GYap	EYap	Lez	Çiğ	GBeğ
Kavuzsuz arpa unu	Kontrol	0	1	3	3	9	9	6	7	5	6
			2	2	9	9	7	8	8	8	8
			3	5	8	9	8	8	8	8	8
			4	8	7	8	8	7	7	7	7
			5	9	9	9	9	9	9	9	9
			6	8	8	8	6	8	5	6	6
			7	8	9	8	6	7	8	9	8
			8	8	8	7	7	8	9	9	9
			9	8	8	7	8	8	8	8	8
			10	8	9	9	9	9	9	8	9
			11	8	8	8	8	8	9	8	8
			12	9	9	6	6	7	8	8	8
			13	8	8	9	8	8	7	7	7
			14	8	8	9	9	7	7	8	7
	KA1	25	1	9	7	9	9	7	4	6	4
			2	3	6	7	6	6	7	8	8
			3	3	5	7	8	8	8	8	8
			4	7	7	8	7	8	8	8	8
			5	9	9	9	9	9	9	9	9
			6	8	8	8	7	7	7	7	7
			7	9	8	7	8	8	9	8	8
			8	8	8	9	7	7	9	8	9
			9	4	4	5	4	3	4	4	4
			10	5	6	5	4	4	5	5	5

Çizelge 4.65. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin duyusal özelliklerine ait analiz sonuçları (devam)

Kavuzsuz arpa unu	KA1	25	11	7	7	6	6	6	6	6	6
			12	5	6	6	6	6	6	8	7
			13	6	7	6	6	6	7	7	7
			14	6	5	7	7	7	7	8	8
	KA2	50	1	7	6	5	1	9	8	8	8
			2	7	6	5	7	8	8	8	8
			3	8	7	3	2	8	8	8	8
			4	4	5	5	5	7	6	6	6
			5	5	7	6	3	8	8	8	8
			6	5	4	4	4	7	8	8	7
			7	8	9	7	8	7	7	7	6
			8	9	8	7	7	6	7	6	5
			9	4	4	5	4	5	5	5	5
			10	4	4	5	3	4	4	5	4
			11	5	6	5	5	4	4	4	5
			12	4	4	3	4	3	2	3	3
			13	5	5	4	4	3	3	3	3
			14	4	4	4	3	3	3	3	3
	KA3	75	1	6	5	2	5	7	8	8	8
			2	3	3	3	7	7	8	8	7
			3	2	3	2	2	6	8	8	7
			4	4	4	4	5	6	6	7	7
			5	3	5	2	5	7	7	8	8
			6	4	3	5	4	6	8	7	8
			7	2	3	2	1	2	2	1	1
			8	3	3	2	1	4	1	2	2
			9	3	2	2	2	3	2	3	2
			10	2	2	2	1	2	2	1	3
			11	3	3	3	3	3	2	2	2
			12	2	1	1	1	2	1	2	2
			13	2	2	2	3	3	3	2	2
			14	2	2	2	2	2	3	3	3
	KA4	100	1	2	2	2	2	8	9	9	9
			2	3	3	5	6	6	5	6	6
			3	2	2	2	1	7	8	8	8
			4	4	4	4	4	5	5	5	5
			5	3	4	4	6	4	4	6	6
			6	4	3	4	6	7	8	6	7
			7	1	2	5	4	3	4	4	1
			8	3	2	4	2	4	1	4	1
			9	2	2	1	1	2	2	3	2
			10	2	2	1	1	3	2	2	2

Çizelge 4.65. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin duyusal özelliklerine ait analiz sonuçları (devam)

Kavuzsuz arpa unu	KA4	100	11	3	3	3	2	2	2	2	1
			12	2	2	1	1	1	1	2	2
			13	2	2	2	1	1	1	1	1
			14	1	1	1	1	1	1	1	1
Kavuzsuz yulaf unu	Kontrol	0	1	3	3	9	9	6	7	5	6
			2	2	9	9	7	8	8	8	8
			3	5	8	9	8	8	8	8	8
			4	8	7	8	8	7	7	7	7
			5	9	9	9	9	9	9	9	9
			6	8	8	8	6	8	5	6	6
			7	8	9	8	6	7	8	9	8
			8	8	8	7	7	8	9	9	9
			9	8	8	7	8	8	8	8	8
			10	8	9	9	9	9	9	8	9
			11	8	8	8	8	8	9	8	8
			12	9	9	6	6	7	8	8	8
			13	8	8	9	8	8	7	7	7
			14	8	8	9	9	7	7	8	7
	KY1	25	1	7	4	9	7	8	8	8	9
			2	6	7	6	5	5	6	6	7
			3	5	5	5	6	8	7	8	7
			4	6	7	6	7	6	7	6	7
			5	6	5	9	6	9	9	9	9
			6	6	7	7	7	5	8	8	7
			7	9	7	6	6	3	3	2	2
			8	8	8	6	6	4	4	2	3
			9	5	5	6	6	6	6	7	6
			10	6	6	5	6	6	5	6	6
			11	7	7	7	8	7	6	6	6
			12	3	3	3	3	3	3	3	3
			13	7	7	7	7	6	5	6	6
			14	2	1	1	1	1	1	2	1
	KY2	50	1	8	7	8	5	7	7	8	8
			2	3	6	7	3	3	4	3	3
			3	4	4	8	4	5	6	6	5
			4	4	4	5	5	4	5	4	4
			5	5	4	5	3	6	6	6	6
			6	6	4	6	5	6	6	5	6
			7	9	7	6	6	2	2	1	1
			8	8	8	6	6	2	2	3	1
			9	4	3	3	3	4	4	3	3
			10	4	4	4	4	5	5	5	5

Çizelge 4.65. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin duyusal özelliklerine ait analiz sonuçları (devam)

Kavuzsuz yulaf unu	KY2	50	11	6	6	6	6	6	6	6	6
			12	3	3	3	3	2	1	1	2
			13	6	6	6	5	6	3	3	3
			14	3	2	2	2	2	1	2	2
	KY3	75	1	6	7	8	5	5	2	4	4
			2	3	7	8	3	3	4	4	4
			3	3	4	2	2	4	4	4	3
			4	4	5	4	4	3	4	3	3
			5	5	3	5	3	3	1	2	1
			6	4	6	5	5	7	6	3	5
			7	9	8	6	5	1	2	1	3
			8	8	9	6	5	2	3	2	3
			9	3	3	3	2	2	1	2	2
			10	4	3	2	2	3	4	3	3
			11	5	5	5	5	4	4	4	4
			12	3	3	3	2	2	1	1	1
			13	5	5	5	5	5	3	3	3
			14	2	1	1	3	3	1	2	2
	KY4	100	1	6	7	7	4	8	6	2	5
			2	4	7	8	3	2	2	3	2
			3	3	3	7	7	4	2	2	2
			4	4	4	5	5	4	4	3	3
			5	3	1	7	4	3	4	2	2
			6	4	3	6	4	4	7	4	7
			7	7	8	7	5	2	2	1	2
			8	6	9	6	6	1	3	2	3
			9	3	3	4	2	2	3	2	2
			10	3	2	2	2	3	2	2	2
			11	5	5	3	6	5	5	4	5
			12	2	2	3	1	1	1	1	1
			13	4	4	3	4	4	2	2	2
			14	2	1	2	1	2	1	2	1
Ortalama				5,14	5,31	5,44	4,97	5,24	5,21	5,17	5,15

Kontrol: ekmeklik un; KA1: %25 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA2: %50 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA3: %75 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA4: kavuzsuz arpa unu; KY1: %25 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY2: %50 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY3: %75 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY4: kavuzsuz yulaf unu; İKO: ikame oranı; Tek: tekerrür; Gör: görünüm; GYap: gözenek yapısı; EYap: ekmek içi yapısı; Lez: lezzet; Çiğ: çiğnenebilirlik; GBeğ: genel beğeni

Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ikame unların ekmeklerinin duyusal özelliklerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.66' da verilmiştir. Yalnız "*ikame oranı"* tüm duyusal özellikler üzerinde

istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$). "*Un çeşidi*" çiğnenebilirlik üzerinde çok önemli ($p<0,01$) ve görünüm, ekmek içi yapısı, lezzet ve genel beğeni üzerinde önemli ($p<0,05$) düzeyde etkili olmuştur. "*İkame oranı x un çeşidi interaksiyonu*" ise yalnız iç renk ve görünüm üzerinde % 5 düzeyinde önemli etkiye sahiptir.

Çizelge 4.66. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin duyusal özelliklerine ait varyans analiz sonuçları

VK	Kabuk rengi				İç renk				Görünüm			
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
İkame oranı (İKO)	4	300,7429	75,18571	22,7873**	4	375,6714	93,91786	30,9209**	4	426,3857	106,5964	41,8928**
Un çeşidi (UÇ)	1	7,77857	7,77857	2,3575	1	5,6	5,6	1,8437	1	18,57857	18,5786	7,3014*
İKOXUÇ	4	30,97143	7,74286	2,3467	4	56,04286	14,01071	4,6128*	4	56,67143	14,1679	5,568*
Hata	130	428,9286	3,2995		130	394,8571	3,0374		130	330,7857	2,5445	
Toplam	139	768,4214			139	832,1714			139	832,4214		
VK	Gözenek yapısı				Ekmek içi yapısı				Lezzet			
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
İkame oranı(İKO)	4	425,3857	106,3464	39,2279**	4	327,6143	81,90357	25,0318**	4	372,9571	93,23929	22,1621**
Un çeşidi(UÇ)	1	1,02857	1,0286	0,3794	1	24,86429	24,86429	7,5992*	1	36,00714	36,00714	8,5586*
İKOXUÇ	4	17,04286	4,2607	1,5716	4	9,38571	2,34643	0,7171	4	13,1	3,275	0,7784
Hata	130	352,4286	2,711		130	425,3571	3,272		130	546,9286	4,2071	
Toplam	139	795,8857			139	787,2214			139	968,9929		
VK	Çiğnenebilirlik				Genel beğeni							
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F				
İkame oranı (İKO)	4	399,5286	99,88214	27,5182**	4	387,9571	96,98929	24,1247**				
Un çeşidi (UÇ)	1	68,6	68,6	18,8998**	1	42,35	42,35	10,534*				
İKOXUÇ	4	17,9	4,475	1,2329	4	12,9	3,225	0,8022				
Hata	130	471,8571	3,6297		130	522,6429	4,0203					
Toplam	139	957,8857			139	965,85						

*$p<0,05$ düzeyinde önemli; **: $p<0,01$ düzeyinde önemli; İKO: ikame oranı; UÇ: un çeşidi; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması

Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ikame unların ekmeklerinin duyusal özelliklerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.67 ve 4.68' de verilmiştir. İstatistiki olarak önemli olmasa da ekmeklerin kabuk rengi, iç renk, görünümü, gözenek yapısı bakımından kavuzsuz yulaf unu ekmekleri; çiğnebilirlik, ekmek içi yapısı, lezzet ve genel beğeni kavuzsuz arpa unu ekmekleri daha fazla beğenilmiştir. Hacim değerleri daha iyi olan ve daha açık renkli ekmekler elde edilen kavuzsuz yulaf unu ekmekleri bu özellikler bakımından daha fazla beğenilmiştir. Hacim değerleri daha düşük ve ekmek içi yapısı daha sert olmasına rağmen çiğnebilirlik, ekmek içi yapısı, lezzet ve genel beğeni bakımında kavuzsuz arpa ununun duyusal olarak beğenilmesi dikkat çekici olmuştur.

Çizelge 4.67. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin un çeşitlerine ait duyusal analiz değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

Un çeşidi	n	Kabuk rengi	İç renk	Görünüm	Gözenek yapısı
Kontrol	14	7,14 ± 2,18	7,93 ± 1,54^{a}	8,21 ± 0,97^{a}	7,71 ± 1,14
KA1	14	6,36 ± 2,13	6,64 ± 1,39^{ab}	7,07 ± 1,38^{ab}	6,71 ± 1,54
KA2	14	5,64 ± 1,78	5,64 ± 1,65^{bc}	4,86±1,23^{cd}	4,29 ± 1,98
KA3	14	2,93 ± 1,14	2,93 ± 1,14^{ef}	2,43 ± 1,02^{e}	3,00 ± 1,92
KA4	14	2,43 ± 0,94	2,43 ± 0,85^{f}	2,79 ± 1,53^{e}	2,71 ± 2,05
KA ort	70	4,90	5,11	5,07^{B}	4,89
Kontrol	14	7,14 ± 2,1	7,93 ± 1,54^{a}	8,21 ± 0,97^{a}	7,71 ± 1,14
KY1	14	5,93 ± 1,82	5,64 ± 1,95^{bc}	5,93 ± 2,09^{bc}	5,79 ± 1,81
KY2	14	5,21 ± 2,01	4,86 ± 1,79^{cd}	5,36 ± 1,82^{cd}	4,29 ± 1,33
KY3	14	4,57 ± 1,99	4,93 ± 2,27^{cd}	4,50 ± 2,14^{d}	3,64 ± 1,34
KY4	14	4,00 ± 1,52	4,21 ± 2,61^{de}	5,00 ± 2,11^{cd}	3,86 ± 1,88
KY ort	70	5,37	5,51	5,80^{A}	5,06
Un çeşidi	n	Ekmek içi yapısı	Lezzet	Çiğnenebilirlik	Genel beğeni
Kontrol	14	7,71 ± 0,83	7,79 ± 1,12	7,71 ± 1,14	7,71 ± 0,99
KA1	14	6,57 ± 1,60	6,86 ± 1,70	7,14 ± 1,41	7,00 ± 1,66
KA2	14	5,86 ± 2,14	5,79 ± 2,22	5,86 ± 2,03	5,64 ± 1,95
KA3	14	4,29 ± 2,09	4,36 ± 2,92	4,43 ± 2,98	4,43 ± 2,82
KA4	14	3,86 ± 2,41	3,79 ± 2,86	4,21 ± 2,55	3,71 ± 2,97
KA ort	70	5,66^{A}	5,71^{A}	5,87^{A}	5,70^{A}
Kontrol	14	7,71 ± 0,83	7,79 ± 1,12	7,71 ± 1,14	7,71 ± 0,99
KY1	14	5,50 ± 2,21	5,57 ± 2,24	5,64 ± 2,44	5,64 ± 2,47
KY2	14	4,29 ± 1,82	4,14 ± 2,03	4,00 ± 2,08	3,93 ± 2,13
KY3	14	3,36 ± 1,55	2,86 ± 1,56	2,71 ± 1,07	2,93 ± 1,14
KY4	14	3,21 ± 1,85	3,14 ± 1,83	2,29 ± 0,91	2,79 ± 1,72
KY ort	70	4,81^{B}	4,70^{B}	4,47^{B}	4,60^{B}

Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen "*un çeşidi"*, küçük harflerle gösterilen "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu"* ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır *(p<0,05*). Kontrol: ekmeklik un; KA1: %25 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA2: %50 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA3: %75 oranında kavuzsuz arpa unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KA4: kavuzsuz arpa unu; KY1: %25 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY2: %50 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY3: %75 oranında kavuzsuz yulaf unu ile ikame edilmiş kontrol unu; KY4: kavuzsuz yulaf unu; KA ort: Kavuzsuz arpa unu ortalama; KY ort: Kavuzsuz yulaf unu ortalama

Çalışmada ikame oranı arttıkça tüm duyusal özelliklere ait puanlar düşmüş ve kontrolün altında kalmıştır. % 25 ikame oranında tüm duyusal özelliklere ait puanların 6,0'nın üzerinde olması dikkat çekmiştir. % 50 ikame oranında ise duyusal özellik puanının kabul edilebilir düzey olan 5,0 yakın ve üzerinde olması da önemli görülmüştür. % 50 ikame oranından sonra tüm duyusal özellik puanları oldukça düşmüştür. % 75 ve % 100 ikame oranlarında duyusal özellik puanları düşük elde edilse de özellikle başta β-glukan olmak

üzere, antioksidan aktivite, protein ve mineral maddelerin bu ikame oranındaki ekmeklerde daha yüksek olmasından dolayı bu ekmekler fonksiyonel gıda olarak tüketilebilecektir.

Çizelge 4.68. Kavuzsuz arpa ve kavuzsuz yulaf unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin ikame oranlarına ait duyusal analiz değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

İkame oranı %	n	Kabuk rengi	İç renk	Görünüm	Gözenek yapısı
0	28	7,14 ± 2,14^{a}	7,93 ± 1,51^{a}	8,21 ± 0,96^{a}	7,71 ± 1,12^{a}
25	28	6,14 ± 1,96^{b}	6,14 ± 1,74^{b}	6,50 ± 1,84^{b}	6,25 ± 1,71^{b}
50	28	5,43 ± 1,87^{b}	5,25 ± 1,73^{b}	5,11 ± 1,55^{c}	4,29 ± 1,65^{c}
75	28	3,75 ± 1,80^{c}	3,93 ± 2,04^{c}	3,46 ± 1,95^{d}	3,32 ± 1,66^{d}
100	28	3,21 ± 1,47^{c}	3,32 ± 2,11^{c}	3,89 ± 2,13^{d}	3,29 ± 2,02^{d}
İkame oranı %	n	Ekmek içi yapısı	Lezzet	Çiğnenebilirlik	Genel beğeni
0	28	7,71 ± 0,81^{a}	7,79 ± 1,10^{a}	7,71 ± 1,12^{a}	7,71 ± 0,98^{a}
25	28	6,04 ± 1,97^{b}	6,21 ± 2,06^{b}	6,39 ± 2,10^{bc}	6,32 ± 2,18^{b}
50	28	5,07 ± 2,11^{c}	4,96 ± 2,25^{c}	4,93 ± 2,23^{c}	4,79 ± 2,18^{c}
75	28	3,82 ± 1,87^{d}	3,61 ± 2,42^{d}	3,57 ± 2,36^{d}	3,68 ± 2,25^{d}
100	28	3,54 ± 2,13^{d}	3,46 ± 2,38^{d}	3,25 ± 2,12^{d}	3,25 ± 2,43^{d}

Aynı özellik için farklı italik harflerle işaretlenmiş aynı sütundaki ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır *($p<0,05$)*.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada, ekmeği besin ögelerince zenginleştirmek amacıyla ticari ekmeklik una kavuzsuz yulaf ve arpa tam tane unu ikame edilerek hazırlanan unların ve bu unlardan elde edilen ekmeklerin teknolojik, beslenme ve proses özellikleri araştırılmıştır. Kavuzsuz arpa ununun açıklık (L*) değeri kavuzsuz yulaf ununa göre yüksekken, kırmızılık (a*) ve sarılık (b*) değerleri bakımından kavuzsuz yulaf unu daha yüksek değerlere sahip olmuştur. Ancak un ikamelerinde görülen bu değerler elde edilen ekmeklere yansımamıştır. Ekmek kabuğunda kavuzsuz arpa unu ikamesinin kavuzsuz yulaf ununa göre b* değeri, ekmek içinde ise a* değeri daha yüksek; ekmeğin her iki kısmında L* değeri düşük olup renk daha koyudur. Kavuzsuz yulaf ikameli unların rutubet ve kül miktarları kavuzsuz arpa unu ikameli unlara göre daha yüksektir. Kavuzsuz arpa ve yulafın yüksek oranda mineral madde taşıyan aleuron, embriyo ve perikarp tabakalarının dahil olması ikame oranı arttıkça kül miktarında da artışa neden olmuştur. İkame unların β-glukan miktarı, protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değeri kontrol unundan yüksektir. Kavuzsuz arpa ununda β-glukan miktarı, protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değerinin kavuzsuz yulaf ununa göre yüksek olması önemli bulunmuştur. Kavuzsuz arpa ununun daha yüksek β-glukan miktarına sahip olması solvent tutma kapasitesi (STK) değerlerini arttırmıştır. STK testleri beyaz buğday unları için geliştirilmiş olup kepekteki nişasta harici polisakkaritler tarafından solventlerin fazla tutulması testlerin etkinliğini düşürmüştür. GlutoPik analizinde ikame oranları arttıkça β-glukan gibi diyet lifi bileşenlerin ortama dahil olması ile gluten oluşumunun başlangıcında daha sıkı gluten yapısı görülmüştür. Yine, gluten oluşumunun gecikmesi nedeniyle PMT değerleri özellikle %50 ikame oranından sonra artmıştır. Çalışmada tam tane unu kullanıldığından kepek tabakasının ortama dahil olması ile kepeğin su tutma özelliği ve glutenle yaptığı etkileşimler, hamurda gluten gelişmesini önleyici etki yapmış ve gluteni zayıflatmıştır. % 50 ikame oranından sonra sedimantasyon değeri 30,0 ml' nin altına düşmüştür. Kavuzsuz arpa ununun daha yüksek β-glukan ve protein oranına sahip olması nedeniyle kavuzsuz arpa unu ikameli unların sedimantasyon değerleri yüksek elde edilmiştir. Her iki un çeşidinde de %50 ikame oranından sonra hamurun ekmek yapım kalitesini ortaya koyan enerji değerinin $100{,}0 \times 10^{-4}$ J ve uzama kabiliyetinin de 20,0 mm' nin altında kalması, ekmeklerin hacim özelliklerini olumsuz etkilemiştir. Kavuzsuz arpa unu

ile elde edilen ekmeklerdeki rutubet miktarı kavuzsuz yulaf unu ile elde edilen ekmeklere göre yüksektir. İkame un örneklerindeki kül miktarı artışı ekmeklere de yansımış olup ikame oranı arttıkça kül miktarı da bariz şekilde artmıştır. Un örneklerinde olduğu gibi ekmek örneklerinde de β-glukan miktarı, protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değeri kavuzsuz arpada daha yüksek bulunmuştur. Artan ikame oranı ile birlikte yine bu değerlerde artış görülmüştür. Çalışmada, kanda kolesterolün normal seviyede tutulması ve normal bir vücut ağırlığı için EFSA tarafından belirtilen β-glukan gereksiniminin % 75 ikame oranında ekmek tüketilmesi ile karşılanıldığı, % 50 ikame oranında ise bu değere oldukça yaklaşıldığı tespit edilmiştir ve kavuzsuz arpa % 50 ikame oranıyla hazırlanan ekmeklerle de bu gereksinim karşılanabilir. Çalışmada, kalsiyum, mangan, fosfor ve kükürt miktarı kavuzsuz yulaf ekmeklerinde yüksektir. Kavuzsuz arpa ekmeklerinde ise demir, potasyum ve çinko miktarı daha yüksektir. İkame oranı arttıkça mineral madde miktarı artmış olup; kavuzsuz arpa ve yulaf, buğday ununda ki mineral madde eksikliğinin giderilmesine de katkı sağlayacaktır. Artan kepek tabakası nedeniyle ikame oranı arttıkça ekmek yapıları sertleşmiştir. Hem kavuzsuz yulaf hem kavuzsuz arpa ikameli ekmeklerde % 25 ikame oranından sonra sertlikte bariz bir artış görülmüştür. Kavuzsuz arpa unu ekmeklerinde % 25 ikame oranında bile gluten gelişmesi yetersiz iken; kavuzsuz yulaf unu ekmeklerinde % 50 ikame oranında ekmeklerde gluten ağının genişlemeye başladığı % 25 ikame oranında ise gluten ağı gelişmesinin daha belirginleştiği dikkat çekmiştir. Duyusal özellikler bakımından kontrolden düşük olmakla birlikte kavuzsuz arpa ekmekleri kavuzsuz yulaf ekmeklerinden daha yüksek puan almıştır. Her iki unlara ait % 25 ikame oranı ekmeklerinin kontrole yakın duyusal puanlar aldığı ve % 50 ikame oranı ekmeklerinin ise kabul edilebilir puan olan 5,0 civarı ve üzerinde değer alması önemli bulunmuştur. Çalışma sonucunda, kavuzsuz yulaf ikameli ekmeklerin son ürün (hacim) özelliklerinin daha olumlu olduğu, kavuzsuz arpa ikamelilerin ise β-glukan başta olmak üzere ekmeğin beslenme özelliklerinin geliştirilmesinde daha önemli etkiye sahip olduğu görülmüştür. Sonuç olarak; her iki un çeşidinin % 50 ikame oranlı ekmekleri günlük ihtiyaç duyulan başta β-glukan olmak üzere besin ögeleri ihtiyacının karşılanması göz önüne alınarak son ürün özellikleri bir miktar olumsuz etkilense de tüketimi uygun olarak değerlendirilmiştir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

AACCI, (2010). *AACC Approved Methods (10th ed.)*. American Association of Cereal Chemists International (AACC), St. Paul, MN.

Acar, O., Çetiner, B., Akyıldız, E.A., (2021). *Hububat Bilimi ve Teknolojisi: Besinsel Lifler*, Sidas Yayınevi, 6, s. 117-134.

Ahmad, A, Anjum, M.F, Zahoor, T., Chatha, Z.A., Nawaz, H., (2008). *Effect of barley β-glucan on sensory characteristics of bread*, Pakistan Journal of Agricultural Sciences, 45: 88-94.

Aktas Akyıldız, E., Sibakov, J., Nappa, M., Hytonen, E., Koksel, H., Poutanen, K., (2018). *Extraction of soluble b-glucan from oat and barley fractions: Process efficiency and dispersion stability*, International Journal of Food Sciences, 81: 60-68.

Anon., (2009). USDA, National Nutrient Database For Standard Reference, release 22. [Internet] U.S. Department ofAgriculture, Agricultural Research Service, Nutrient DataLaboratory, Beltsville Md, United States. http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl.

Anon., (2010). https://ordu.tarimorman.gov.tr/Belgeler/G%C4%B1da%20ve%20Yem/BSB%20Yonetmelik%20K%C4%B1lavuz.pdf. Erişim Tarihi: 12.08.2023.

Anon., (2016). https://www.atyemi.com/yhkkd-yulaf-40-kg-at-yemi-bagis-101049-0.html, Erişim Tarihi: 12.09.2023.

Anon., (2017a). https://www.diatek.com.tr/Makale-Yontem/Tahil-Taneleri-ve-Kuru-Bakliyatlar/Tahil-Taneleri-ve-Kuru-Bakliyatlar_3416.htm, Erişim Tarihi: 12.08.2023.

Anon., (2017b). https://www.ciftcideneve.com/urun/184/organik-arpa-tane-dogal-organik-dogal-organik-arpa, Erişim Tarihi: 12.08.2023.

Anon., (2020). *Geçit Kusağı Tarımsal Arastırma Enstitüsü Müdürlüğü Buğday Islah Proje Raporları.*

Anon., (2022). https://tr.wikipedia.org/wiki/β-glukan, Erişim Tarihi: 25.08.2023.

Anon., (2023a). *T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitü Müdürlüğü,* Erişim Tarihi 12.08.2023.

Anon., (2023b). *Hastalık Riskinin Azaltımasına, Çoçukların Gelişimi ve Sağlığına İlişkin Beyanlar Dışındaki Sağlık Beyanları Listesi*, Erişim Tarihi: 12.08.2023.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Anon., (2023c). https://www.medicalpark.com.tr/demir-eksikligi-belirtileri/hg-1949, Erişim Tarihi: 11.09.2023.

Anon., (2023d). The nutrition source: magnesium. https://www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/magnesium/. Erişim Tarihi: 09.09.2023.

Aschner, J.L., Aschner, M., (2005). *Nutritional aspects of manganese homeostasis*, Molecular aspects of medicine, 26(4-5): 353-362.

Aydın, F., Yıldız, Ş., (2011). *Sivas ilinde ekmek tüketim alışkanlıkları ve tüketici dinamiklerinin belirlenmesi*, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 42(2): 165-180.

Balcı, S., Karakaya, A., Çelik Oğuz, A., Ergün, N., Sayim, İ. ve Aydoğan, S., (2018). *Bazı kavuzsuz arpa çeşit ve hatlarının Cochliobolus yaprak lekesi hastalığına karşı fide dönemi tepkilerinin değerlendirilmesi*, Bitki Koruma Bülteni, 58(4): 221-226.

Baniwal, P., Mehra, R., Kumar, N., Sharma, S., Kumar, S., (2021). *Cereals: Functional constituents and its health benefits*, The Pharma Innovation Interrnational Journal, 10 (2), 343-349. https://doi.org/10.22271/tpi.2021.v10.i2e.5681.

Basman, A., Koksel, H., (2001). *Effects of barley flour and wheat bran supplementation on the properties and composition of Turkish flat bread: yufka*, European Food Research and Technology, 212,

Batalova, G.A., Lisitsyn, E.M., (2016). *Genetics of quantitative traits of productivity and qualities of grain of oat Avena sativa L.*, Temperature Crop Science and Breeding Ecological and Genetic Studies, 18-35.

Baumgartner, B., (2018). *Mikrofludizasyon ve mekanik öğütme uygulanmış bulgur ve nohut kepeğinin ekmeğin fonksiyonel özellikleri ve kalitesi üzerine etkisi*, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Beatty, S., Koh, H., Phil, M., Henson, D., Boulton, M., (2000). *The role of oxidative stress in the pathogenesis of age-related macular degeneration*, Survey of Ophthalmology, 45: 115-134.

Bhatty, R.S., (1999). *The potential of hull-less barley*, Cereal Chemistry, 76(5): 589–599.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Biel, W., Bobko, K., Maciorowski, R., (2009). *Chemical composition and nutritive value of husked and naked oats grain*, Journal of Cereal Science, 49(3): 413-418, https://doi.org/10.1016/j.jcs.2009.01.009.

Blandino, M., Locatelli, M., Gazzola, A., Coisson, J.D., Giacosa, S., Travaglia, F., Bordiga, M., Reyneri, A. and Rolle, L., (2015). *Hull-less barley pearling fractions: Nutritional properties and their effect on the functional and technological quality in bread-making*, Journal of Cereal Science, 65: 48-56.

Bock, J.E., (2019). *The structural evolution of water and gluten in refined and whole grain breads: a study of soft and hard wheat breads from postmixing to final product*, Cereal Chemistry, 96: 520–531.

Boros, D., Rek-Cieply, B., Cyran, M., (1996). *A note on the composition and nutritional value of hulleys barley*, Journal of Animal and Feed Sciences, 5: 417-424.

Bouachra, S., Begemann, J., Aarab, L., Hüsken, A., (2017). *Prediction of bread wheat baking quality using an optimized GlutoPeak®-Test method. Journal of Cereal Science*, 76: 8–16. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.05.006.

Budiyanto, M., Yasin, M., Mahdiannur, M.A., (2021). *Determination of potassium concentration in solution using optical fiber sensors*, In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 1125(1), p. 012004, IOP Publishing.

Burdurlu., H.S., Karadeniz, F., (2002). *Gıdalarda Maillard reaksiyonu*, Dergipark Akademik, 27(2): 77-83.

Aslan Burnaz, N., Hendek Ertop, M, Karataş, Ş.M., (2017). *Tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanımı ile ekmeğin fenolik madde içeriğinin zenginleştirilmesi*, The Journal of Food, 43(2): 240-249.

Calvo, M.M., (2005). *Lutein: A valuable ingredient of fruit and vegetables*, Critical Review of Food Science and Nutrition, 45: 671-696.

Cao, H., Gao, F., Shen, H., Su, Q., Guan, X., Sun, Z., Yu, Z., (2023). *Influence of partial substitution of wheat flour with sprouted oat flours on physicochemical and textural characteristics of wheat bread*, Journal of Cereal Science 110: 103649.

Chasapis, C.T., Loutsidou, A.C., Spiliopoulou, C.A., Stefanidou M., (2011). *Zinc and human health: An update*, Arch Toxicol, 86: 521–534.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Chinma, C.E., Anuonye, J.C., Ocheme, O.B., Abdullahi, S., Oni, S., Yakubu, C.M. ve Azeez, S.O., (2016). *Effect of acha and bambara nut sourdough flour addition on the quality of bread*, LWT-Food Science and Technology, 70: 223-228.

Collins, F.W., (1989). *Oat phenolics: avenanthramides, novel substituted* N-*cinnamoylanthranilate alkaloids from oat groats and hulls*, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 37, 60-66.

Cooke, M.S., Evans, M.D., Mistry, N., Lunec, J., (2002). *Role of dietary antioxidants in the prevention of invivo oxidative DNA damage*, Nutrition Research Reviews 15: 19-41.

Czaja, T., Sobota, A., Szostak, R., (2020). *Quantification of ash and moisture in wheatf flour by raman spectroscopy*, Foods, 9: 280. https://doi.org/10.3390/foods9030280.

Çalışkan A., (2019). *β glukan katkılı fonksiyonel kahvaltılık gevrek üretiminin yanıt yüzey metodu ile optimizasyonu*, Yüksek Lisans Tezi. Karamanoğlu MehmetBey Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Karaman.

Çetiner, B., Acar, O., Şanal, T., Köksel, H., (2021). *Hububat Bilimi ve Teknolojisi: Hububat ve hububat ürünlerinde kalite değerlendirme,* Sidas Yayınevi, 13: 269-290.

Dağlıoğlu, O., Tuncel, B., (1999). *Macro and micro mineral contents of Turkish bread types*, Nahrung, 43: 61-62.

Daou, C., Zhang, H., (2012). *Oat β-glucan: Its role in health promoting and prevention of disease*, 11: 355-365.

Dewettinck, K., Van Bockstaele, F., Kühne, B., Van de Walle, B., Courtens, T.M., Gellynck, X., (2008). *Nutritional value of bread: Influence of processing, food interaction and consumer perception*, Journal of Cereal Science, 2(48): 243-257.

Elçi, M.E., (2022). *Arpa unu ilavesinin Şanlıurfa açık ekmeğinin kalitesine etkisinin araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Şanlıurfa.

Elgün, A., (2021). *Hububat Bilimi ve Teknolojisi: Hububatta Tane Yapısı*, Sidas Yayınevi, 2: 31-50.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Englyst, H.N., Kingman, S.N., Cummings, J.H., (1992). *Classification and measurement of nutritionally important starch fractions*, European Journal of Clinical Nutrition, 2: 33-50.

Erikson, K.M., Aschner, M., (2003). *Manganese neurotoxicity and glutamate-GABA interaction*, Neurochemistry international, 43(4-5): 475-480.

Erkan, H., Çelik, S., Bilgi, B., Köksel, H., (2006). *A new approach for the utilization of barley in food products: Barley tarhana*, Food Chemistry, 97: 12-18.

European Food Safety Authority, (2006). EFSA panel on dietetic products, nutrition and allergies (NDA): scientific opinion on the substantiation of a health claim related to "oat β-glucan" and lowering blood cholesterol and reduced risk of (coronary) heart disease pursuant to article 14 of regulation (EC) No 1924/2006, EFSA J. 8 (12), 1885.

Flander, L., Salmenkallio Marttila, M., Suortti, T., Autio, K., (2007). *Optimization of ingredients and baking process for improved wholemeal oat bread quality*, LWT-Food Science and Technology, 40: 860-870.

Gall, S., Wiertz, J., (2018). *The Brabender GlutoPeak Methods. Brabender® GmbH & Co. KG*, http://www.tracomme.ch/wordpress/wp-content/uploads/2018/07/Brabender GlutoPeak_Methods_2018.pdf.

Gerçekaslan, K.E. Kotancılar, H.G. ve Karaoğlu, M.M., (2007). *Ekmek bayatlaması ve bayatlama derecesini ölçmede kullanılan yöntemler:* I, Gıda Dergisi, 32: 305-315.

Golzari, H., E., (2015). *Arpa unu ve çavdar unu ilavesinin buğday unlarının bazı fiziksel, kimyasal, reolojik ve ekmek kalite özellikleri üzerine etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 67, Ankara.

Gomez, M., Gutkoski, L.C., Bravo-nunez, A., (2020). *Understanding whole-wheat flour and its effect in breads: a review*, Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 19: 3241–3265.

Gujral, H.S., Gaur, S., (2005). *Instrumental texture of chapatti as affected by barley flour, glycerol monostearate and sodium chloride*, Int J Food Prop 8: 377–385.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Guzman, C., Posadas-Romano, G., Hernandez-Espinosa, A., Morales-Dorantes, A., Pen~a, R. J., (2015). *A new standard water absorption criteria based on solvent retention capacity (SRC) to determine dough mixing properties, viscoelasticity, and bread-making quality*, Journal of Cereal Science, 66: 59-65.

Guzman, C., Pena, R.J., Singh, R., Autrique, W., Dreisigacker, S., Crossa, J., Battenfield, S., (2016). *Wheat quality improvement at CIMMYT and the use of genomic selection on it. Applied and Translational Genomics*, 11: 3–8. https://doi.org/10.1016/j.atg.2016.10.004.

Güçbilmez, Ç.M., Şahin, M., Akçacık, A.G., Aydoğan, S., Demir, B., Hamzaoğlu, S., Gür, S., Yakışır, E., (2019). *Evaluation of GlutoPeak test for prediction of bread wheat our quality, rheological properties and baking performance*, Journal of Science, 90: 102827. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.102827.

Hernandez-Espinosa, N, Mondal, S., Autrique, E., Santoyo, H.G., Crossa, J., Espino, J.H., Singh, R.P., Guzmán, C., (2018). *Milling, processing and end-use quality traits of CIMMYT spring bread wheat germplasm under drought and heat stress*, Field Crops Research 215: 104– 112.

Holtekjolen, A.K., Baevre, A.B., Rødbotten, M., Berg, H., Knutsen, S. H., (2008). *Antioxidant properties and sensory profiles of breads containing barley flour*, Food Chemistry, 110: 414–421. doi: 10.1016/j.foodchem.2008.02.054.

Izydorczyk, M.S., Biliaderis, C.G., (2000). *Structural and functional aspects of cereal arabinoxylans and 13-glucans*, Macromolecules in Food Systems, 41: 361-383

Izydorczyk, M.S., Lagasse, S.L., Hatcher, D.W., Rossnagel, B.G., (2005). *The enrichment of Asian noodles with fiber-rich fractions derived from roller milling of hull-less barley*, Journal of Food and Agriculture 85(12): 2094-2104. https://doi.org/10.1002/jsfa.2242.

İbrahim, M.S., Ahmad, A., Asma Sohail, A., Muhammad Javaid Asad, M.J., (2020). *Nutritional and functional characterization of different oat (Avena sativa L.) cultivars*, International Journal of Food Properties, 23(1): 1373-1385, DOI: 10.1080/10942912.2020.1806297.

Jadhav, S.J., Lutz, S.E., Ghorpade, V.M., Salunkhe, D.K., (1998). *Barley: Chemistry and value-added processing, critical reviews in food science and nutrition*, 38(2): 123-171.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Jakubczyk, A., Świeca, M., Gawlik-Dziki, U., Dziki, D., (2018). *Nutritional potential and inhibitory activity of bread fortified with green coffee beans against enzymes involved in metabolic syndrome pathogenesis*, LWT-Food Science and Technology, 95: 78- 84. 10.1016/j.lwt.2018.04.071.

Jan, N., Sofi, S.A., Gousia, Wani, S.M., Hussain, S.Z., (2023). *Chapter Cereals as a functional foods for health, Functional Foods*, CRC Press. 1st edition. Pages 21. eBook ISBN 9781003315100.

Jastrebova, J., Skoglund, M., Dimberg, L.H., (2006). *Selective and sensitive LC–MS determination of avenanthramides in oats*, Chromatographia, 63 , 419-423.

Jødal, A.S.S., Larsen, K.L., (2021). *Investigation of the relationships between the alveograph parameters*, Sci Rep 11: 5349, https://doi.org/10.1038/s41598-021-84959-3.

Kalinga, D., Mishra, V.K., (2009). *Rheological and pyhsical properties of low fat cakes produced by addition of cereal β-glukan concentrates*, Journal of Food Processing and Preservation, 33(3): 384-400.

Karaçil, M. Ş. ve Akbulut, G., (2013). *Tip 2 diabetes mellitus ve β glukan*, Beslenme ve Diyet Dergisi, 41(3): 242-246

Karaduman, D., Eren, B. ve Keles, O.N., (2010). *The protective effect of β-1,3-D-glucan on taxol-induced hepatotoxicity: A histopathological and stereological study*, Drug and Chemistry, Toxicol, 33(1), 8–16.

Karaduman, Y., Akın, A., Türkölmez, S., Tunca, Z.Ş., (2015). *Ekmeklik buğday ıslah programlarında gluten kalitesinin değerlendirilmesi için GlutoPik parametrelerinin kullanılabilirliğinin araştırılması,* Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 24(1): 65-74.

Karaduman, Y., Önder, O., Sayaslan, A., Aydın, N., (2019). *Utilization of glutoPeak tester on whole-wheat flour for gluten quality assessment*, Quality Assurance and Safety of Crops & Foods, 11(3): 295-304, https://doi.org/10.3920/QAS2018.1319.

Karaduman, Y., (2020). *Assessing gluten strength with a new small-scale LASRC method useful for soft wheat breeding programs*, Cereal Chemistry, 97(2): 196-204, DOI:10.1002/cche.10235.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Karaduman, Y., Sayaslan, A., Akın, A., (2020). *GlutoPeak parameters of whole wheat flours for gluten quality evaluation in soft wheat breeding programs*, Jounal of Cereal Science, 95 103031: 1-11, https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.103031.

Karaduman, Y., Özer, S.S., Akın, A., (2023). *Enrichment of a local sourdough bread with zinc and selenium through the use of biofortified whole wheat flour*, Journal of Food Science Technology, 58(9): 4562-4571, https://doi.org/10.1111/ijfs.16556.

Karaoğlu, M., Kotancılar, G., (2005). *Ekmek içi yumuşaklık üzerine kısmi pişirme yöntemi ve depolama şartlarının etkisi*, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 30(2): 117-122.

Katina, K., (2005). *Sourdough: a tool for the improved flavour, texture and shelf-life of wheat bread*, VTT Publications: 569, VTT Biotechnology, Espoo, Finland.

Keser, O. ve Bilal, T., (2008). *β-Glukanın hayvan beslemede bağışıklık sistemi ve performans üzerine etkisi*, Erciyes Üniversitesi Veterinerlik Fakaltesi Dergisi, 5(2): 107-119.

Köksel, H., Shewry, H., (2021). *Hububat Bilimi ve Teknolojisi: Hububatta Proteinleri*, Sidas Yayınevi, 4: 71-91.

Krochmal-Marczak, B., Tobiasz-Salach, R., Kaszuba, J., (2020). *The effect of adding oat flour on the nutritional and sensory quality of wheat bread*, British Food Journal, 122(7): 2329-2339.

Kurek, M., Wyrwisz, J., Piwińska, M., Wierzbicka, A., (2016). *The effect of oat fibre powder particle size on the physical properties of wheat bread rolls*, Food Technology and Biotechnology, 54(1), 45-51.

Kurek, A., Wyrwisz, J., Brzeska, M., Moczkowska, M., Karp, S., Wierzbicka, A., (2018). *Effect of different β-glucan preparation pretreatments on fortified bread quality*, Food Science and Technology, 38 (4). https://doi.org/10.1590/fst.06917.

Kweon, M., Slade, L., Levine, H., (2011). *Solvent retention capacity (SRC) testing of wheat flour: Principles and value in predicting flour functionality in different wheat-based food processes and in wheat breeding – a Review*, Cereal Chemistry, 88: 537–552, https:// doi.org/10.1094/CCHEM-07-11-0092.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Lee, C.J., Horsley, R.D., Manthey, F.A., Schwarz, P.B., (1997). *Comparisons of β-glucan content of barley and oat*, Cereal Chemistry, 74(5): 571-575.

Li, X., Li, M., Ling, A., Hu, X., Ma, Z., Liu, L., Li, Y., (2017). *Effects of genotype and environment on avenanthramides and antioxidant activity of oats grown in northwestern China*, Journal of Cereal Science, 73: 130-137.

Lee, K.Y., Park, S., Y., Lee, S., Lee, H.G., (2014). *Suitability of TEMPO-Oxidized oat β-glucan for noodle preparation*, Food Science Biotechnology, 23(6): 1897-1901.

Liu, J., (2010). *β-Glucan effects on pasting properties and potential health benefits on flours from different oat lines*, Graduate Theses and Dissertation, Iowa State University.

Liu, W., Brennan, M., Serventi, L. and Brennan, C., (2017). *Buckwheat flour inclusion in Chinese steamed bread: Potential reduction in glycemic response and effects on dough quality*, European Food Research and Technology, 243: 727-734.

Lyly M., (2006). Added β-glucan as a Source of Fibre for Consumers, VTT Publicatıons 594.

MacGregor, A.W., (1993). *Encyclopedia of Food Science*, Food Technology, and Nutrition. In: R. Macrae, R.K. Robinson & M.J. Sadler (Eds.), Barley, p. 308- 312, Academic Press, New York.

Mäkinen, O.,E., Sozer, N., Ercili Cura, D., Poutanen, K., (2017). *Protein from oat: structure, processes, functionality, and nutrition*, Sustainable Protein Sources, 105-119 https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802778-3.00006-8.

Malcolmson, L., Lukie, C., Swallow, K., Sturzenegger, T. and Han, J., (2014). *Using barley flour to formulate foods to meet health claims*, Cereal Foods World, 59(5): 235-242.

Malegori, C., Grassi, S., Ohm, J., Anderson, J., Marti, A., (2018). *GlutoPeak pro le analysis for wheat classi cation: skipping the re nement process*, Journal of Cereal Science, 79: 73–79, https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.09.005.

Marconi, E,, Graziano, M., Cubadda, R., (2000). *Composition and utilization of barley pearling by-products for making functional pastas rich in dietary ber and β-glucans*, Cereal Chemistry, 77: 133-139.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Mares-Perlman J.A., Millen, A.E., Ficek, T.L., Hankinson, S.E., (2002). *The body of evidence to support a protective role for lutein and zeaxanthin in delaying chronic disease*, Overview, Journal of Nutrition, 132: 518-524.

Marti, A., Ulrici, A., Foca, G., Quaglia, L., Pagani, M.A., (2015). *Characterization of common wheat ours (Triticum aestivum L.) through multivariate analysis of conventional rheological parameters and gluten peak test indices*, LWT-Food Science and Technology 64: 95–10,. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.05.029.

Martins, A.C., Krum, B.N., Queirós, L., Tinkov, A.A., Skalny, A.V., Bowman, A.B., Aschner, M., (2020). *Manganese in the diet: bioaccessibility, adequate intake, and neurotoxicological effects,* Journal of agricultural and food chemistry, 68(46): 12893-12903.

Mattila, P., Pihlava, J.M., Hellström, J., (2005). *Contents of phenolic acids, alkyl- and alkenylresorcinols, and avenanthramides in commercial grain products*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53, 8290-8295.

Minarro, B., Albanell, E., Aguilar, N., Guamis, B. and Capellas, M., (2012). *Effect of legume flours on baking characteristics of gluten-free bread*, Journal of Cereal Science, 56: 476-481.

Moriartey, S., Temelli, F., Vasanthan, T., (2010). *Effect of health information on consumer acceptability of bread fortified with β-glucan and effect of fortification on bread quality*, Cereal Chemistry, 87: 428-433.

Moza, J., Gujral, H.S., (2018). *Mixolab, retrogradation and digestibility behavior of chapatti made from hulless barley flours*, Journal of Cereal Science, 79: 383-389.

Narwal, S., Kumar, D., Sheoran, S., (2017). *Hulless barley as a promising source to improve the nutritional quality of wheat products*, Journal of Food Science, 54: 2638–2644, https://doi.org/10.1007/s13197-017-2669-6.

Ndolo,V.U., Beta, T., (2013). *Distribution of carotenoids in endosperm,germ,and aleurone fractions of cereal grain kernels*, Food Chemistry, 139: 663–671.

Ndolo, V.U., Beta, T., (2014). *Comparative studies on composition and distribution of phenolic acids in cereal grain botanical fractions*, Cereal Chemistry, 91: 522–530.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Oda, T., Aoe, S., Sanada, H., and Ayano, Y., (1993). *Effects of soluble and insoluble fiber preparations isolated from oat, barley and wheat on liver cholesterol accumulation in cholesterol-fed rats*, J. Nutr. Sci. Vitaminol. (Tokyo) 39:73-79.

Owen, B.D., Sosulski, D., Wuand, K.K., Farmer, J.J., (1977). *Variation in mineral content in Saskatchewan feed grains*, Candian Journal of Animal Science, 57: 679-687.

Özay, G., Pala, M., Saygı, B., (1993). *Bazı gıdaların su aktivitesi yönünden incelenmesi*, Gıda, 18 (6): 377-383.

Özcan, M.M., Özkan, G., Topal, A., (2006). *Characteristics of grains and oils of four different oats (Avena sativa L.) cultivars growing in Turkey*, International Journal of Food Sciences and Nutrition, 57(5-6): 345-352.

Özcan, T., Kurtuldu O., Delikanlı B., (2013). *Tahıl içerikli süt ürünlerinin geliştirilmesinde β-glukan kullanımı*, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 27(1): 87-96.

Özer, A., (2019). *Kavuzsuz arpanın fonksiyonel özelliklerinin iyileştirilmesi ve bisküvide kullanılabilme olanaklarının araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.

Özgören, E., (2019). *Balık eti kullanımının makarnanın kalite özelliklerine etkisi,* Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli

Panfili, G., Fratianni, A., Irano, M., (2004). *Improved normal phase high-performance liquid chromatography procedure for determination of carotenoids in cereals*, Journal of Agricultural and Food Chemistry 52: 6373-6377.

Polonskiy V.I., Surin N.A., Gerasimov S.A., Lipshin A.G., Sumina A.V., Zute S.A., (2021). *Evaluation of barley genotypes for the content of β-glucans in grain and other valuable features in Eastern Siberia,* Trudy po Prikladnoy Botanike, Genetike i Selektsii = Proceedings on Applied Botany, Genetics, and Breeding, 182(1):48-58. DOI 10.30901/2227-8834-2021-1-48-58.

Raguindin, P.F., Itodo, O.A., Stoyanov, J., Dejanovic, G.M., Gamba, M., Asllanaj, E., Minder, B., Bussler, W., Metzger, B., Muka, T., Glisic, M., Kern, H., (2021). *A systematic review of phytochemicals in oat and buckwheat*, Food Chemistry, 338: 127982, https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127982.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Rakita, S., Dokić, L., Hadnadev, T.D., Hadnadev, M., Torbica, A., (2017). *Predicting rheological behavior and baking quality of wheat our using a GlutoPeak test,* Journal Texture Study, 49 (3): 339–347, https://doi.org/10.1111/jtxs.12308.

Ram, H., Rashid, A., Zhang, W., Duarte, A. P., Phattarakul, N., Simunji, S., Kalayci, M., Freitas, R., Rerkasem, B., Bal, R.S., Mahmood, K., Savasli, E., Lungu, O, Wang, Z.H., de Barros, V.L.N.P., Malik, S.S., Arisoy, R Z., Guo, J.X., Sohu, V.S., Zou, C.Q,; Cakmak, I., (2016). *Biofortification of wheat, rice and common bean by applying foliar zinc fertilizer along with pesticides in seven countries*, Plant Soil, 403: 389−401.

Rieder, A., Holtekjølen, A. K., Sahlstrøm, S., Moldestad, A., (2012). *Effect of barley and oat flour types and sourdoughs on dough rheology and bread quality of composite wheat bread*, Journal of Cereal Science, 55(1): 44-52.

Robbins, G.S., Pomeranz, Y., Briggle, L.W., (1971). *Amino acid composition of oat groats*, Journal of Agricultural can Food Chemistry, 10: 536-539.

Robinson, C.H., Lawler, M.R., Chenoweth, W.L., Garwick, A.E., (1986). *Normal and Therapeutic Nutrition, Macmillan publisghing company*, Seventeenth Edition, Newyork, 10022.

Rozylo, R., Schönlechner, R., Pichler, E.C., Dziki, D., Matwijczuk, A., Biernacka, B., Swieca, M., (2023). *Innovative high-fiber wheat bread fortified with micronized oat and Plantago ovata husks: Spectroscopic and physicochemical characteristics*, Food Chemistry, 428: 136782.

Sabanis, D., Lebesi, D. and Tzia, C., (2009). *Effect of dietary fiber enrichment on selected properties of gluten-free bread*, LWT - Food Science and Technology, 42: 1380- 1389.

Sajdakowska, M., Gebski, J., Zakowska-Biemans, S., Jezewska-Zychowicz, M., (2018). *Willingness to eat bread with health benefits: habits, taste and health in bread choice*, Public Health, 167, 78-87.

Salgueiro, M.J., Zubillaga, M., Lysionek, A., Sarabia, M.I, Caro, R., De Paoli, T., Hager, A., Weill, Eng, R., Bioch, J.B., (2000). *Zinc as an essential micronutrient: a review*, Nutrition Research, 20: 737– 55, doi: 10.1016/S0271-5317(00)00163-9.

Samur, G., (2006). *Vitaminler, Mineraller ve Sağlığımız*, T.C. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Gıda Güvenliği Daire Başkanlığı.

KAYNAKLAR DİZİNİ

SAS Institute, (1998). *INC SAS/STAT Users' Guide Release 7.0, SAS Institute*, Cary, NC, USA.

Shang, AO., Gan, R.Y., Xu, X., Mao, Q.Q., Zhang, P.Z., Li, H.B., (2021). *Effects and mechanisms of edible and medicinal plants on obesity: An updated review*. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 61 (12): 2061–17, doi: 10.1080/10408398.2020.1769548.

Sharma, P., Gujral, H.S., (2014). *Antioxidant potential of wheat flour chapattis as affected by incorporating barley flour*, LWT—Food Science Technol 56: 118–123.

Shaveta, H., Kaur, S., (2019). *Hulless barley: A new era of research for food purposes*, Journal of Cereal Research 11(2), 114-124, doi.org/10.25174/2249-4065/2019/83719.

Şimşekli, N., Doğan, İ., (2015). *Effect of addition of cereal based β-glucan on technological and functional properties of foods*, Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 3(4): 190-195.

TARM, (2014). Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü, Çeşit kataloğu*, Ankara, https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tarlabitkileri/Belgeler/cesit_katalogu.pdf.

Tuluk, K., (2017). *Farklı oranlarda lupin unu kullanılarak üretilen beyaz ekmek ve tam buğday ekmeğinin bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi*, Yüksek lisans tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İzmir.

Ünal, S., (1991). *Hububat teknolojisi*, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, 29.

USDA (2019). U.S. Department of Agriculture 2017 Annual Report. https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/50821000/36070500/ Annual%20Report%202017_Final.pdf .

Valle Jones, J.C., (1985). *An open study of oat bran meal biscuits ('Lejfibre') in the treatment of constipation in the elderly*, Current Medical Research and Opinion 9(10): 716- 720.

Wang, C., Kovacs, M.I.P., (2002). *Swelling index of glutenin test. I. Method and comparison with sedimentation, gel-protein, and insoluble glutenin tests,* Cereal Chemistry, 79: 183–189, https://doi. org/10.1094/CCHEM.2002.79.2.183.

Wang, R., Koutinas, A.A., Campell, G.M., (2007). *Dry processing oats-Application of dry milling*, Journal of Food Engineering, 82:559-567.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Wang, J., Hou, G.G., Liu, T., Wang, N., Bock, J.E., (2018). *GlutoPeak method improvement for aggregation measurement of whole wheat our*, LWT – Food Science and Technology 90: 8–14, https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.11.059.

Ward, J.L., Shewry, P.R., Piironen, V., Lampi, A.M., Nystro, L., Li, L., Rakszegi, M., Fras, A., Boros, D., Gebruers, K., Courtin, C.M., Andersson, A.A.M., Dimberg, L., Bedo, Z., (2008). *Phytochemical and fiber components in oat varieties in the healthgrain diversity screen*, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56: 9777-9784.

Webster, F.H., Wood, P.J., (2011). *Oats Chemistry and Technology, AACC International Inc.*, St. Paul, Minnesota, USA, ISBN:978-1-891127-64-9.

Wilcox, M. D., Cherry, P., Chater, P. I., Yang, X., Zulali, M., Okello, E. J., Seal, C .J., Pearson, J. P., (2021). *The effect of seaweed enriched bread on carbohydrate digestion and the release of glucose from food*, Journal of Functional Foods, 87: 104747.

Xu, S., Gong, Y., Rafique, H., He, T., Hu, X., (2021). *Effect of oat β-glucan addition on the staling properties of wheat-oat blended flour Chinese steamed bread*, Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre 26, 100285.

Yamlahi, A.E, Berny, E., Hammoumi, A., Ouhssine, M., (2013). *Effect of barley (*Hordeum vulgare L.*) flour incorporation on the baking quality of wheat (*Triticum aestivum L.*) flour*, Journal of Chemical and Pharmaceutical Research, 5(2): 162–170.

Yaver, E., Ertaş, N., (2013). *Yulafın bileşimi, hububat endüstrisinde kullanım alanları ve insan sağlığı üzerine etkileri*, Gıda ve Yem Bilimi Teknoloji Dergisi, 13: 41-50.

Yılmaz, E., (2022). *Tam tane kavuzsuz arpa ununun ekmek ve bisküvi yapımında kullanımı, Yüksek lisans tezi*, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Tekirdağ.

Yu, Y., Wang, L., Qian, H., Zhang, H. ve Qi, X., (2018). *Contribution of spontaneouslyfermented sourdoughs with pear and navel orange for the bread-making*, LWTFood Science and Technology, 89: 336-343.

Yurdatapan, S., (2014). *Türkiye'de ekmek sanayi ve ekmek tüketim eğilimleri: Edirne ili merkez ilçe örneği*, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Zeleny, L., (1971). *Criteria of wheat quality, in Wheat Chemistry and Technology*, Ed by Y.Pomeranz, AACC St Paul, MN, USA.

Zhang, K., Dong, R., Hu, X., Ren, C., Li, Y., (2021). *Oat-based foods: chemical constituents, glycemic index, and the effect of processing*, Journal of Foods 10(6): 1304, https://doi.org/10.3390/foods10061304.

Zhang, J., Deng, H., Bai, J., Zhou, X., Zhao, Y., Zhu, Y., McClements, D., J., Xiao, X., Sun, Q., (2023). *Health-promoting properties of barley: A review of nutrient and nutraceutical composition, functionality, bioprocessing, and health benefits*, Critical Reviews in Food Science and Nutrition 63(9), https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1972926.

Zheleznov, A.V., Kukoeva T.V., Zheleznova N.B., (2013). *Naked barley: origin, distribution and prospects of utilisation,* Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selektsii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 17(2):286-297.

Zhou, Y., Dhital, S., Zhao, C., Ye, F., Chen, J., Zhao, G., (2021). *Dietary fiber-gluten protein interaction in wheat flour dough: Analysis, consequences and proposed mechanisms*, Food Hydrocolloids, 111: 106203, https://doi.org/10.1016/j. foodhyd.2020.106203.

EK AÇIKLAMALAR

Ek Açıklama-A: Resimler













