Mor, Siyez ve Spelt Buğday Unlarının Ekmek-Yapım Performansları ile Ekmeğin Bazı Beslenme Özellikleri Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesi

Ece Dergi

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran 2024

Evaluation of the Effect of Purple, Siyez and Spelt Wheat Flours on Bread-Making Performance and Some Nutritional Properties of Bread

Ece Dergi

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Food Engineering

June 2024

Mor, Siyez ve Spelt Buğday Unlarının Ekmek-Yapım Performansları ile Ekmeğin Bazı Beslenme Özellikleri Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesi

Ece Dergi

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

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi
Tarafından FYL-2023-2618 Proje Kodu ile Desteklenmiştir.

Haziran 2024

ONAY

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Ece DERGİ' nin YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Mor, Siyez ve Spelt Buğday Unlarının Ekmek-Yapım Performansları ile Ekmeğin Bazı Beslenme Özellikleri Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesi" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek oybirliği ile kabul edilmiştir.

Danışman **:** Doç. Dr. Yaşar KARADUMAN

İkinci Danışman **: -**

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye: Doç. Dr. Yaşar KARADUMAN

Üye: Doç. Dr. Onur KETENOĞLU

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Şule BAŞAR

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

Prof. Dr. Fatma TÜMSEK
Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Doç. Dr. Yaşar KARADUMAN danışmanlığında hazırlamış olduğum "Mor, Siyez ve Spelt Buğday Unlarının Ekmek-Yapım Performansları İle Ekmeğin Bazı Beslenme Özellikleri Üzerine Etkisinin 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. 26/06/2024

Ece DERGİ

İmza

ÖZET

Bu çalışmada, mor, Siyez ve Spelt buğday unlarının ekmeğin bazı besin ögeleri ve ürün özelliklerine etkileri araştırılmıştır. Çalışmada üç adet buğday unu ekmeklik una beş farklı oranda (%0, 25, 50, 75, 100) ikame edilmiştir. Mor buğday ekmeklerinin kabuğu ile Siyez ekmeklerinin içi en açık renkli olmuştur. Siyez ekmekleri en yüksek protein ve antioksidan aktiviteye sahiptir (sırasıyla %12,44 ve 454,2 µmol TE/g). Spelt ekmeklerinin ise toplam fenolik madde içeriği yüksektir (220,8 mg GAE/100g). Siyez ekmeğinin çözünür diyet lifi içeriğinin daha yüksek olması sağlık açısından oldukça önemlidir (%4,09). Spelt ekmeğinin çözünmeyen diyet lif içeriği diğer ekmeklerin üzerindedir (%5,89). Histidin, arginin ve treonin bakımından mor buğday ve Spelt ekmekleri, metionin ve fenil alanin bakımından Siyez ekmekleri yüksek değerlere sahiptir. Kalsiyum, bakır, demir, potasyum, mangan ve fosfor içerikleri Spelt ve Siyez ekmeğinde; kükürt ve çinko Spelt ekmeğinde, magnezyum Siyez ekmeğinde diğer ekmeklerden yüksektir. İkame oranı arttıkça unların gluten kalite özellikleri artan lifli bileşenler ile bozulduğundan ekmek hacim değerleri azalmış; ekmek ve hamur ağırlıkları artmıştır. Siyez ve mor buğday ekmeklerinin %25 ikame oranında hacimleri kontrol ekmeğe yakın olmuştur (yaklaşık 570 ml). Mor buğday ekmeklerinin sertlik değeri diğer unlara göre düşük (1890,3 g), esneklik değeri yüksek (%0,43). Siyez ekmeğinin Spelt ekmeğine göre sertlik değeri daha düşük esneklik değeri daha yüksektir (2097,8 g ve %0,43). Kabuk rengi, iç renk, lezzet, çiğnenebilirlik ve genel beğeni duyusal özellikleri bakımından Siyez ekmekleri daha çok beğenilmiştir.

Anahtar kelimeler: Ekmek, Atalık Buğdaylar, Mor buğday, Siyez, Spelt, Beslenme

SUMMARY

In this study, the effects of purple, Einkorn, and Spelt wheat flours on some nutritional elements and product properties of bread were investigated. For this purpose, flour samples of three wheats were substituted into bread flour at five different ratios (0, 25, 50, 75, and 100%). The crust of purple wheat bread and the crumb of Einkorn bread were lighter. Einkorn breads had the highest protein and antioxidant activity (12.44% and 454.2 µmol TE/g, respectively). Spelt breads had a high total phenolic content (220.8 mg GAE/100g). The higher soluble dietary fiber content of Einkorn bread is very important for health (4.09%). The insoluble dietary fiber content of Spelt bread was above that of other breads (5.89%). Purple wheat and Spelt breads had high values in terms of histidine, arginine, and threonine, and Einkorn breads had high values in terms of methionine and phenyl alanine**.** Calcium, copper, iron, potassium, manganese, and phosphorus contents in Spelt and Einkorn breads were found higher, while Spelt bread was rich in sulfur and zinc. Also, magnesium was the highest in Einkorn bread. As the substitution ratio increased, the gluten quality properties of the flours deteriorated because of bran, resulted in decreased bread volume and increased weight of bread and dough. The volume of Einkorn and purple wheat breads at a 25% replacement was close to that of the control bread (approximately 570 ml). The hardness (1890.3) of purple wheat breads was lower than other flours, the resilience was high (0.43%). The hardness value of Einkorn bread was lower than Spelt bread and its resilience was higher (2097.8 g and 0.43%). Einkorn breads were appreciated more than other breads in terms of crust color, crumb color, flavor, chewiness, and general sensory properties.

Keywords: Bread, Ancient Wheats, Purple Wheat, Einkorn, Spelt, Nutrition

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca danışmanlığımı yürüten, tez konumun belirlenmesinde, planlanıp ve sürdürülmesinde katkılarını ve desteğini esirgemeyen, bilgi ve fikirlerini benimle paylaşan, analiz çalışmalarında deneyim ve yardımlarından faydalandığım her türlü desteğini benden esirgemeyen çok değerli hocam Doç. Dr. Yaşar KARADUMAN' a, yardımlarından dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

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

Analiz çalışmalarım esnasında laboratuvar olanaklarından yararlanmamı sağlayan başta Dr. Arzu AKIN olmak üzere Eskişehir Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü ile Teknoloji ve Kalite Bölümü personellerine,

Tez çalışmam esnasında, çalışmalarımın yürütülmesinde desteğini ve yardımını esirgemeyen İl Tarım ve Orman Müdürü Ender Muhammed GÜMÜŞ'e, Şube Müdürümüz Tacettin IŞIK'a ve Gıda ve Yem Şubesinde görevli mesai arkadaşlarıma, çalışmalarım boyunca desteklerini sürekli hissettiğim arkadaşlarım Zuhal ÜNAL CANBAZ, Ayşe ÖZDEN, Müge ÇİMEN ve Nilgün SÖZEN SUNAR'a teşekkürü borç bilirim.

Hammaddeleri temin etmemde yardımcı olan Kappadokia Tarım Bilişim Basın Yayın Hiz. Kimya Gıda Inş. Tic. San. Ltd. Şti.'ye desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Bu günlere gelmemde büyük pay sahibi olan, sevgilerini ve desteklerini hiç esirgemeyen annem Nezahat VARVEREN, babam Serdar VARVEREN ve kardeşim Enis VARVEREN'e, her zaman yanımda olan ve dualarını esirgemeyen kayınvalidem Saime LAFDİNLER, kayınpederim Faruk DERGİ'ye, bebekliklerinden bu yana birlikte çalıştığım, varlıklarıyla bana güç veren canım kızlarım MEVA ve EDA'ya çalışmama izin verdikleri için sabır ve anlayışlarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak tezimin hazırlanmasında benimle birlikte yoğun çaba göstererek yardımda bulunan sonsuz sevgi ve anlayışıyla her aşamada yanımda olan canım eşim AHMET DERGİ'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **vi**
SUMMARY ..... **vii**
TEŞEKKÜR ..... **viii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **xiv**
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... **xxi**
1.GİRİŞ VE AMAÇ **1**
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI **3**
2.1. Mor Buğday 3
2.2. Spelt Buğdayı 7
2.3. Siyez Buğdayı 11
3. MATERYAL VE YÖNTEM **21**
3.1. Materyal 21
3.2. Yöntem 21
3.2.1. Un analizleri 21
3.2.1.1. Renk analizi 21
3.2.1.2. Rutubet miktarı 22
3.2.1.3. Su aktivitesi değeri 22
3.2.1.4. Kül miktarı 22
3.2.1.5. Protein oranı 23
3.2.1.6. Glutenin şişme indeksi 23
3.2.1.7. Makro-SDS sedimantasyon (MSDS) değeri 23
3.2.1.8. Laktik asit, su, sakkaroz, sodyum karbonat solvent tutma kapasitesi değeri 24
3.2.1.9. GlutoPeak analizi 24
3.2.1.10. Yaş gluten (öz) miktarı 24
3.2.1.11. Alveograf analizi 25

İÇİNDEKİLER

3.2.1.12. Farinograf analizi 25
3.2.1.13. Amiloz / amilopektin oranı 26
3.2.1.14. Laboratuvar tipi ekmeklerin eldesi 26
3.2.2. Ekmek Analizleri 27
3.2.2.1. Renk analizi 27
3.2.2.2. Rutubet miktarı 27
3.2.2.3. Su aktivitesi değeri 27
3.2.2.4. Kül miktarı 28
3.2.2.5. Protein oranı 28
3.2.2.6. Ekmek hacmi değerleri 28
3.2.2.7. Tekstür özellikleri 28
3.2.2.8. Toplam antioksidan aktivite tayini 28
3.2.2.9. Toplam fenolik madde miktarı 29
3.2.2.10. Alan emisyonlu taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleme 29
3.2.2.11. Mineral madde içeriği 29
3.2.2.12. Aminoasit bileşimi 30
3.2.2.13. Toplam, çözünen ve çözünmeyen besinsel (diyet) lif analizi 31
3.2.2.14. Duyusal analiz 31
3.2.2.15. İstatistiki analizler 32
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 33
4.1. Un Analizleri 33
4.1.1 Fizikokimyasal özellikler 33
4.1.2. Renk analizi 39
4.1.3. Protein oranı, yaş gluten miktarı ve makro-SDS sedimantasyon (MSDS) değeri 44
4.1.4. Solvent tutma kapasitesi analizi 50
4.1.5. Gluten agregasyon özellikleri-GlutoPeak 57

İÇİNDEKİLER

4.1.6. Alveograf özellikleri 62
4.1.7. Farinograf özellikleri 66
4.1.8. Amiloz miktarı 71
4.2. Ekmek Analizleri 76
4.2.1. Renk analizleri 76
4.2.2. Fizikokimyasal özellikler 82
4.2.3. Protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite değeri 87
4.2.4. Diyet lifi miktarı 94
4.2.5. Aminoasit kompozisyonu 99
4.2.6. Kalsiyum, bakır, demir ve potasyum miktarı 107
4.2.7. Magnezyum, mangan, fosfor, kükürt, çinko miktarı 113
4.2.8. Ekmek fiziksel özellikleri 121
4.2.9. Ekmeklerin dokusal özellikleri 125
4.2.10. Ekmek örneklerine ait SEM görüntüleri 136
4.2.11. Duyusal özellikler 143
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 147
KAYNAKLAR DİZİNİ 153
EK AÇIKLAMALAR 170
Ek Açıklama-A: Resimler 170

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil **Sayfa**

4.1. Rutubet ve kül miktarı üzerinde etkili olan "un çeşidi x ikame oranı" interaksiyonları ...38
4.2. L*, a*, b* renk değerleri üzerinde etkili olan "un çeşidi x ikame oranı" interaksiyonları ...43
4.3. Protein oranı, yaş gluten miktarı, makro-SDS sedimantasyon değerleri üzerinde etkili olan "un çeşidi x ikame oranı interaksiyonları" ...50
4.4. STK sakkaroz ve GPI değerleri üzerinde etkili olan "un çeşidi x ikame oranı'' interaksiyonları ...57
4.5. Amiloz miktarı üzerinde etkili olan ''un çeşidi x ikame oranı'' interaksiyonu ...75
4.6. Ekmek içi ve kabuğunun L*, a*, b* renk değerleri üzerinde etkili olan ''un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu'' ...82
4.7. Protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değeri üzerinde etkili olan "un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu'' ...93
4.8. Çözünmez ve toplam diyet lif miktarı üzerinde etkili olan "un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu'' ...98
4.9. Metionin üzerinde etkili olan "un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu'' ...106
4.10. Kalsiyum, bakır, demir ve potasyum miktarı üzerinde etkili olan ''un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu'' ...112
4.11. Magnezyum, mangan, fosfor, kükürt ve çinko miktarı üzerinde etkili olan "un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu'' ...119
4.12. Hamur ağırlığı üzerinde etkili olan "un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu'' ...125
4.13. Kontrol unu ile elde edilmiş ekmeğe ait SEM görüntüleri ...136
4.14. MB1 kombinasyonu %100 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş ekmeğe ait SEM görüntüleri ...137
4.15. MB2 kombinasyonu %75 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş ekmeğe ait SEM görüntüleri ...137
4.16. MB3 kombinasyonu %50 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş ekmeğe ait SEM görüntüleri ...138
4.17. MB4 kombinasyonu %25 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş ekmeğe ait SEM görüntüleri ...138
4.18. SP1 kombinasyonu %100 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş ekmeğe ait SEM görüntüleri ...139

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil **Sayfa**

4.19. SP2 kombinasyonu %75 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş ekmeğe ait SEM görüntüleri....139
4.20. SP3 kombinasyonu %50 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş ekmeğe ait SEM görüntüleri....140
4.21. SP4 kombinasyonu %25 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş ekmeğe ait SEM görüntüleri....140
4.22. SY1 kombinasyonu %100 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş ekmeğe ait SEM görüntüleri....141
4.23. SY2 kombinasyonu %75 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş ekmeğe ait SEM görüntüleri....141
4.24. SY3 kombinasyonu %50 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş ekmeğe ait SEM görüntüleri....142
4.25. SY4 kombinasyonu %25 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş ekmeğe ait SEM görüntüleri....142

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge **Sayfa**

4.1. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor, Spelt ve Siyez buğday unlarının katılması ile elde edilen ikame unların rutubet, kül miktarı ve su aktivitesi değeri analiz sonuçları 33
4.2. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor, Spelt ve Siyez buğday unlarının katılması ile elde edilen ikame unların rutubet kül miktarı ve su aktivitesi varyans analiz sonuçları 335
4.3. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor, Spelt ve Siyez buğday unlarının ikame edilmesi ile elde edilen un örneklerine ait rutubet miktarı, kül miktarı ve su aktivitesi değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 37
4.4. Un örneklerinde ikame oranlarına ait rutubet miktarı, kül miktarı, su aktivitesi değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 38
4.5. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor, Spelt ve Siyez buğday unlarının ikamesi ile elde edilen unların L*, a*, b* renk değerleri analiz sonuçları 39
4.6. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor, Spelt ve Siyez buğday unlarının katılması ile elde edilen ikame unların L*, a*, b* renk değerleri varyans analiz sonuçları 41
4.7. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor, Spelt ve Siyez buğday unlarının ikame edilmesi ile elde edilen un örneklerine ait L*, a*, b* renk değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 42
4.8. Un örneklerinde ikame oranlarına ait L*, a*, b* renk değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 43
4.9. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor, Spelt ve Siyez buğday unlarının ikamesi ile elde edilen unların protein oranı, yaş gluten miktarı ve makro-SDS sedimantasyon değeri analiz sonuçları 44
4.10. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor, Spelt ve Siyez buğday unlarının ikamesi ile elde edilen unların protein oranı, yaş gluten ve makro-SDS sedimantasyon değerlerine ait varyans analiz sonuçları 46
4.11. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor, Spelt ve Siyez buğday unlarının ikame edilmesi ile elde edilen unlara ait protein oranı, yaş gluten miktarı ve makro-SDS sedimantasyon ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 48
4.12. Un örneklerinde ikame oranlarına ait protein oranı, yaş gluten miktarı ve makro SDS sedimantasyon değeri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 49
4.13. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor buğday, Spelt buğdayı ve Siyez buğdayı unu ikamesi ile elde edilen unların solvent tutma kapasitesi değerleri analiz sonuçları 51
4.14. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor buğday, Spelt buğdayı ve Siyez buğdayı ununun katılması ile elde edilen ikame unların STK laktik asit, su, sakkaroz, sodyum karbonat değerlerine ait varyans analiz sonuçları 52

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge **Sayfa**

4.15. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor buğday, Spelt buğdayı ve Siyez buğdayı ununun katılması ile elde edilen ikame unların GPI ve GSI değerlerine ait varyans analiz sonuçları 53
4.16. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor, Spelt ve Siyez buğday unu ikame edilmesi ile elde edilen un örneklerine ait solvent tutma kapasitesi değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları.....55
4.17. Un örneklerinde ikame oranlarına ait solvent tutma kapasitesi değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 56
4.18. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının katılması ile elde edilen ikame unların GlutoPeak analiz sonuçları 58
4.19. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor, Spelt ve Siyez buğday unu katılması ile elde edilen ikame unların GlutoPeak değerlerine ait varyans analiz sonuçları 60
4.20. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda oranlarda mor, Spelt ve Siyez buğday unu ikame edilmesi ile elde edilen un örneklerine ait GlutoPeak değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları.....61
4.21. Un örneklerinde ikame oranlarına ait Glutopeak değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 62
4.22. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor, Spelt ve Siyez buğday unu katılması ile elde edilen ikame unların alveograf değerleri analiz sonuçları 63
4.23. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor, Spelt ve Siyez buğday unu katılması ile elde edilen ikame unların alveograf direnç ve uzama kabiliyeti değerleri varyans analiz sonuçları 64
4.24. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor, Spelt ve Siyez buğday unu katılması ile elde edilen ikame unların alveograf elastikiyet indeksi ve enerji değerleri varyans analiz sonuçları 64
4.25. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor, Spelt ve Siyez buğday unu ikame edilmesi ile elde edilen un örneklerine ait alveograf değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 65
4.26. Un örneklerinde ikame oranlarına ait alveograf değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 66
4.27. Mor, Spelt ve Siyez buğday ununun kontrol una ikamesi ile elde edilen un örneklerinin farinograf değerleri analiz sonuçları 67
4.28. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor, Spelt ve Siyez buğday unu katılması ile elde edilen ikame unların farinograf değerlerine ait varyans analiz sonuçları 69

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge **Sayfa**

4.29. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor, Spelt ve Siyez buğday unu katılması ile elde edilen ikame unların farinograf değerlerine ait varyans analiz sonuçları 69
4.30. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor, Spelt ve Siyez buğday unu ikame edilmesi ile elde edilen un örneklerine ait farinograf değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 70
4.31. Un örneklerinde ikame oranlarına ait farinograf değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 71
4.32. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen un örneklerinin amiloz miktarı değerlerine ait analiz sonuçları 72
4.33. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ikame unların amiloz miktarı değerlerine ait varyans analiz sonuçları ...73
4.34. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen un örneklerine ait amiloz miktarı ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları.....74
4.35. Un örneklerinde ikame oranına ait amiloz miktarı ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları.....75
4.36. Mor buğday, Spelt buğdayı ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin kabuk ve iç L*, a*, b* renk değerleri analiz sonuçları 76
4.37. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin kabuk renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları 78
4.38. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin iç renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....78
4.39. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı 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.....80
4.40. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı 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 81
4.41. Mor, Spelt ve Siyez buğday unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin rutubet miktarı, kül miktarı ve su aktivitesi değerleri analiz sonuçları.....83
4.42. Mor, Spelt ve Siyez buğday unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin rutubet miktarı, kül miktarı ve su aktivitesi değerlerine ait varyans analiz sonuçları 85

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge **Sayfa**

4.43. Mor, Spelt ve Siyez buğday 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.....86
4.44. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı 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.....87
4.45. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite değerleri analiz sonuçları 88
4.46. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....90
4.47. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerine ait protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değeri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları ...92
4.48. Ekmek örneklerinde ikame oranlarına ait protein miktarı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değeri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 93
4.49. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin çözünür, çözünmez ve toplam diyet lifi miktarı analiz sonuçları.....94
4.50. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin çözünür, çözünmez ve toplam diyet lifi miktarına ait varyans analiz sonuçları 96
4.51. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin çözünür, çözünmez ve toplam diyet lifi miktarı ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları.....97
4.52. Ekmek örneklerinde ikame oranlarına ait çözünür, çözünmez ve toplam diyet lifi değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 98
4.53. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin histidin, arginin, treonin, metionin ve valin aminoasit analiz sonuçları 99
4.54. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin fenil alanin, izolösin, lösin ve lisin aminoasit analiz sonuçları 100
4.55. Mor, Spelt ve Siyez unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin aminoasit kompozisyonu değerlerine ait varyans analiz sonuçları 102

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge **Sayfa**

4.56. Mor, Spelt ve Siyez unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin un çeşitlerine ait histidin, arginin, treonin, metiyonin, valin aminoasit analiz miktarları ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları.....104
4.57. Mor, Spelt ve Siyez unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin un çeşitlerine ait fenilalanin, izolösin, lösin ve lisin aminoasit analiz değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 105
4.58. Mor, Spelt ve Siyez unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin ikame oranlarına ait aminoasit analiz değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları.....106
4.59. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin kalsiyum, bakır, demir ve potasyum mineral madde miktarı analiz sonuçları 107
4.60. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin kalsiyum, bakır, demir ve potasyum miktarlarına ait varyans analiz sonuçları 109
4.61. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı 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 111
4.62. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı 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 112
4.63. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmekler örneklerinin magnezyum, mangan, fosfor, kükürt, çinko miktarı analiz sonuçları 113
4.64. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin magnezyum ve mangan değerleri varyans analiz sonuçları 116
4.65. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin fosfor, kükür ve çinko değerleri varyans analiz sonuçları 116
4.66. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı 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.....117
4.67. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin ikame oranlarına ait magnezyum, mangan, fosfor, kükürt ve çinko miktarları ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları.....118
4.68. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin ekmek hacim değerleri analiz sonuçları 121

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge **Sayfa**

4.69. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin hamur ve ekmek ağırlığı, ekmek hacmi ve spesifik hacim varyans analiz sonuçları 122
4.70. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı 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 124
4.71. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin ikame oranlarına ait ekmek fiziksel özellikleri analiz ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 125
4.72. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin dokusal özelliklerine ait (sertlik, elastikiyet, esneklik, koheziflik) analiz sonuçları.....126
4.73. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin dokusal özelliklerine ait (yapışkanlık, sakızımsılık, çiğnenebilirlik) değerleri analiz sonuçları 128
4.74. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin dokusal özelliklerine (sertlik, elastikiyet, esneklik ve koheziflik) ait varyans analiz sonuçları.....130
4.75. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmekler örneklerinin dokusal özelliklerine (yapışkanlık, sakızımsılık ve çiğnenebilirlik) ait varyans analiz sonuçları.....131
4.76. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin un çeşitlerine ait dokusal özellikler (sertlik, elastikiyet, esneklik ve koheziflik) ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 133
4.77. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin ikame oranlarına ait dokusal özellikler (sertlik, elastikiyet, esneklik ve koheziflik) değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 134
4.78. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin un çeşitlerine ait dokusal özellikler (yapışkanlık, sakızımsılık ve çiğnenebilirlik) ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları.....135
4.79. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin ikame oranlarına ait dokusal özellikler (yapışkanlık, sakızımsılık ve çiğnenebilirlik) ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 135
4.80. Mor, Spelt ve Siyez unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin duyusal özelliklerine ait varyans analiz sonuçları.....144

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge **Sayfa**

4.81. Mor, Spelt ve Siyez unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin un çeşitlerine ait duyusal analiz değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 145
4.82. Mor, Spelt ve Siyez unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin ikame oranlarına ait duyusal analiz değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları.....146

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar	Açıklama
MB1	%100 mor buğday unu
MB2	%75 oranında mor buğday unu ikame edilmiş kontrol unu
MB3	%50 oranında mor buğday unu ikame edilmiş kontrol unu
MB4	%25 oranında mor buğday unu ikame edilmiş kontrol unu
SP1	%100 Spelt buğday unu
SP2	%75 oranında Spelt buğday unu ikame edilmiş kontrol unu
SP3	%50 oranında Spelt buğday unu ikame edilmiş kontrol unu
SP4	%25 oranında Spelt buğday unu ikame edilmiş kontrol unu
SY1	%100 Siyez unu
SY2	%75 oranında Siyez buğday unu ikame edilmiş kontrol unu
SY3	%50 oranında Siyez buğday unu ikame edilmiş kontrol unu
SY4	%25 oranında Siyez buğday unu ikame edilmiş kontrol unu
SD	Serbestlik derecesi
KT	Kareler toplamı
KO	Kareler ortalaması
MB	Mor buğday unu
SP	Spelt buğday unu
SY	Siyez buğday unu
PMT	GlutoPeak pik maksimum zaman
BEM	GlutoPeak maksimum tork
BM	GlutoPeak maksimum torktan 15 s önceki tork
PM	GlutoPeak maksimum torktan 15 s sonraki tork
GPI	Gluten performans indeks değeri
GSI	Glutenin şişme indeksi değeri
a_w	Su aktivitesi
dk	Dakika
s	Saniye
km	Kuru madde
FKN	Farinograf kalite sayısı
FU	Yumuşama derecesi
T	Alveograf elastikiyet
A	Alveograf uzama kabiliyeti
Ex	Alveograf elastikiyet indeksi
Fb	Alveograf enerji değeri
IKO	İkame oranı
TPA	Tekstür profil analizi

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar	Açıklama
VK	Varyasyon kaynakları
UÇ	Un çeşidi
SEM	Taramalı elektron mikroskobu
SDS	Sodyum dodesil sülfat
TGK	Türk Gıda Kodeksi
Troloks	6-Hyrdroksi-2,5,7,8-tetranetilkroman-2-karboksilik asit
GAE	Gallik asit eşdeğeri

1.GİRİŞ VE AMAÇ

Buğday dünya nüfusunun yaklaşık 1/3'ünün temel beslenme kaynağı olarak kullanılmaktadır (Dede, 2007). Tahıllar içerisinde, ekonomik, toplumsal, tarihi ve kültürel bakımdan oldukça stratejik öneme sahiptir. Başlıca enerji sağlama, protein, mineral maddeler, B grubu vitaminler, diyet lifi ve fenolik maddelerin kaynağı olma özellikleri ile buğday ve buğday ürünlerine talep giderek artmaktadır (Miller vd., 2011; Şanal, 2017). Ülkemizde yapılan arkeolojik araştırmalar Anadolu tarihinde binlerce yıllık bir tarihi olduğu anlaşılan buğday tarımının avcı-toplayıcı insan topluluklarından (Miller vd., 2011), yerleşik hayata geçme süreçlerine ve daha sonra günümüze kadar gelen tüm aşamalarda her zaman çok önemli bir rol oynadığı anlaşılmıştır (Anonim, 2016). Dolayısıyla başta ekmek olmak üzere, erişte, bulgur, tarhana, makarna, bisküvi gibi birçok ürününün eldesinde ve aynı zamanda tüketiciye sunulan birçok gıdanın eldesinde buğday ülke insanımızın başlıca gıda maddesidir ve her anımızın vazgeçilmez bir parçasıdır (Özberk vd., 2016). Özellikle ülkemiz yabani ve yerel buğday çeşitlerini içeren zengin genetik kaynaklara sahip olup buğdayın dünyaya yayıldığı coğrafya olması ile önemli bir farklı yere sahiptir. Yapılan araştırmalar, buğday ile tarımın ilk kez Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ni de içine alan ve 'Bereketli Hilal' adıyla bilinen bölgede başladığını göstermiştir. (Demirel, 2018; Anonim, 2016). Tahıllar içerisinde günlük diyetimizde yer alan besinlerin temel kaynağı olan modern buğday çeşitlerine ait unlardan elde edilen ürünler, günlük enerji ihtiyacının karşılanmasında önemli bir yere sahip olmakla birlikte bazı fonksiyonel olan besin ögelerince fakir olup kilo alımı ve buna bağlı olarak obezite, kalp-damar hastalıkları, diyabet gibi toplumumuzda sıklıkla görülen hastalıkların en önemli nedenlerinden biri olarak görülmektedir (Miller vd., 2011; Şanal, 2017). Diğer taraftan; buğdaya dayalı unlu mamullerden vazgeçilemeyeceğine göre özellikle son yıllarda ülkemizde ve dünyada yüksek diyet lifi, düşük glisemik indeks ve alerjik özellikleri, yüksek protein, mikroelement, bazı esansiyel aminoasitler, fenolik madde ve antioksidan madde (flavonoidler, fenolik asit, fitik asit, tokoferoller ve karotenoidler) içerikleri gibi nedenlerle atalık buğday gibi isimler ile anılan farklı buğday türlerine ve bu buğdaylardan elde edilen son ürünlere oldukça fazla ilgi duyulmaktadır (Kulathunga vd., 2020). Modern buğdayların oluşum sürecinde yer almış, kavuzlu yapıları ile değirmencilik özellikleri ve zayıf gluten özellikleri ile teknolojik kalite özellikleri düşük olsa da bahsedilen besin ögelerince zengin olan buğday türleri içerisinde son yıllarda

ülkemizde halen ekim alanı bulan ve bazı yörelerde ekimi yaygınlaşmaya başlayan Siyez (Einkorn, Triticum monococcum L. ssp. monococcum) ve Spelt (Triticum Spelta) buğdayları öne çıkmakta ve artan taleple birlikte bu türlere ait unlar birçok marketlerde doğrudan satışa çıkarılmaktadır. Yine pazarda çok farklı ürünler için önemli bir kaynak olma potansiyeline sahip renkli taneye sahip buğdaylar (mor, kırmızı, siyah ve mavi renkli) ve bunlar içerisinde de mor taneli buğdaylara ait unlar, dünya genelinde üretim alanları ve tüketim miktarı henüz çok yeni olmasına rağmen hızla artan bir trende sahiptir. Mor buğday ve unlarına; diğer buğday türleri gibi, modern buğdaylara göre daha yüksek fonksiyonel besin ögeleri taşıdığı ve aynı zamanda unlu mamuller sanayiinde yüksek protein kalitesi ve yüksek hamur stabilitesine sahip olması gibi nedenlerle, ekmek-yapım kalitesi için büyük bir ilgi duyulmaktadır. Ülkemizde, rafine beyaz undan elde edilen unlu mamullere kıyasla, sağlığımız açısından önemli bazı besin ögelerini daha fazla ihtiva eden farklı buğday türlerine ait unlardan elde edilen, başta ekmek olmak üzere diğer ürünlere ilgi ve yönelim artmaya başlamıştır (Sevim ve Erekul, 2020). Bu buğday unları, marketlerde yaygın olarak satışa sunulmakta ve evlerde tüketilmektedir. Bu unların doğrudan veya ikame edilerek ürün eldesinde, ürünlerin kalite ve beslenme özellikleri üzerine etkilerinin değerlendirilmesine ve bu konuda bazı besin ögelerince sağlık ve beslenme beyanı yapılıp yapılamayacağının belirlenmesine ihtiyaç vardır. Son tüketici için marketlerde birkaç kat yüksek fiyata satılan ve çoğunlukla ev-tipi ekmek yapma makineleri veya ekşi mayalı olarak ticari unlara karıştırılarak kullanılan mor, Spelt ve Siyez buğday unlarının ürün ve beslenme özellikleri üzerine etkisi konusunda sınırlı sayıda çalışma yapılmıştır. Bu nedenle; söz konusu buğday türlerine ait market unlarının, ekmek yapımında kullanımının ekmeğin proses ve besleyici özelliklerine etkileri konusunda kapsamlı çalışmalara ihtiyaç vardır. Bu amaçla; bu çalışma kapsamında, mor, Spelt ve Siyez buğday türlerine ait market unlarının, ekmek yapımında kullanımının ekmeğin bazı besin ögeleri ve ürün özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışmada bu amaçla temin edilen 3 adet buğday türlerine ait un numunesi (mor, Spelt, Siyez unları), güçlü gluten özelliklerine sahip Bezostaja1 rafine ununa %0-100 aralığında (%0, 25, 50, 75, 100) ikamesi sonucu laboratuvar tipi ekmek elde edilmiştir. Son yıllarda aranılan ürünler olarak görülen mor, Spelt, Siyez, unlarının ekmek özellikleri üzerine etkileri karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Mor Buğday

Mor buğday, antik abyssinian (*Triticum aethiopicum*) buğdayı ile kavılca (*Triticum dicoccum*) buğdayının melezi olup dünyadaki en düşük glisemik indeks değerine sahip buğday türlerinden birisidir. En sağlıklı, genetik yapısı korunmuş buğday çeşidi geliştirme amacıyla melezlenen Mor buğdayın dünyada genelinde üretim alanları ve tüketim miktarı, henüz çok yeni olmasına rağmen, hızla artan bir trende sahip olduğu bildirilmiştir (Anonim, 2022). Mor buğdayın Etiyopya ve Çin menşeili olduğu ve 19. yüzyılda var olduğu tahmin edilmektedir (Saini vd., 2020). Mor buğday unu, besleyici değerleri açısından oldukça zengindir. Bileşiminde yaklaşık olarak %3,0 yağ, %13,77 protein ve %8,4 diyet lifi bulunmaktadır. Mor buğdayın hektolitre ağırlığı 73,10 kg, gluten oranı %21 civarında bulunmuştur. Glisemik indeksi düşük olan mor buğday ununun (GI=46) kan şekerini yavaş ve dengeli bir şekilde yükselttiği ve beslenme açısından bunun çok önemli olduğu vurgulanmıştır. Mor buğday ununun yine antioksidan kapasitesi yüksek olduğu (100 gramda 339 TEAC) belirtilmiştir (Anonim, 2022). 100 gramda 169,61 ile 177,47 mg arasında değişen toplam fenolik içeriğine sahip olduğu belirtilmiştir (Yu ve Beta, 2015). Günümüzde mor buğday ve unlarına unlu mamuller sanayiinde yüksek protein kalitesi ve yüksek hamur stabilitesi nedeniyle büyük bir ilgi duyulmaktadır. Mor buğday kullanımı ekmek-yapım kalitesini yükseltmekle kalmamakta, aynı zamanda doğal mikro element içeriğini de önemli ölçüde artırmaktadır (Tian vd., 2018).

Mor buğday ile üretilmiş farklı gıda ürünleri de mevcuttur. Güneydoğu Asya'da bulunan gıda üreticileri, mor buğdayı erişte ve ekmek gibi tahıl ürünlerinin yapımında kullanmaktadır. Ayrıca mor buğday kullanılarak kraker ve granola (kahvaltılık gevrek) üretildiği belirtilmiştir (Gamel, 2019). Hosseinian vd. (2008), mor buğday gibi renkli tahılların kalitatif ve kantitatif antosiyanin bileşimlerinin, antosiyaninlerle zenginleştirilmiş gıdaların işlevselliğini ve sağlığa yararlarını belirlemede önemli faktörler olduğunu belirtmiştir. Yaptıkları çalışmada siyanidin 3-glukozidin, normal ve ısı stresi altındaki mor buğdayda baskın antosiyanin olduğu; ısı stresine maruz kalan mor buğdayın, normal mor buğdaya kıyasla daha yüksek antosiyanin içeriği gösterdiği belirtilmiştir.

Ivanišová vd. (2014), 2010 yılında yetiştirilen mor buğday ıslah hatlarının dört öğütme fraksiyonunun antioksidan aktivitesini değerlendirmeyi amaçlayan bir çalışmada elde edilen sonuçlara göre; un fraksiyonlarının (kırma ve irmik unu) kepek fraksiyonlarından (ince ve kaba kepek) daha düşük toplam antioksidan potansiyeline sahip olduğu görülmüştür. Antioksidan analizleri ile polifenol, flavonoid ve antosiyanin içeriği arasındaki yüksek korelasyon, tahıllardaki polifenollerin antioksidan aktiviteden sorumlu olduğunu göstermesi bakımından önemli olarak değerlendirilmiştir.

Tian vd. (2018) yaptığı çalışmada, buğdayın farklı kepek tabakalarını dahil ederek mor ve normal buğday öğütülmesi ile elde edilen fraksiyonların besin dağılımının değişimini belirlemiştir. Sonuç olarak, mor buğdaydaki toplam amino asit içeriğinin normal buğdaydan %8,2-12,9 daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Sonuçlar, farklı kepek tabakalarında mikroelement içeriklerinin (Se, Fe, Ca), farklı değerlerde olduğunu göstermiştir. Kepekteki mikro element içeriğinin endosperm ve aleuron tabakalarından daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Gamel vd. (2019), fonksiyonel gıda üretimi amacıyla iki mor buğday ürününü (kepekle zenginleştirilmiş hazır bar ve kepekle zenginleştirilmiş kraker) oluşturmuş ve bunların sağlıklı yetişkinler tarafından tüketilmesini takiben antosiyanin ve fenolik asit metabolitleri ile bunların emilimlerini belirlemişlerdir. Mor buğday ürünlerinden elde edilen antosiyaninlerin ve fenolik asitlerin sindirimi ve emilimine ilişkin ilk *in-vivo* raporu olduğu belirtilen çalışmanın sonucunda elde edilen mor buğday ürünlerinden, antosiyaninlerin ve fenolik asitlerin sindirime ve emilime olumlu etki ettiği belirtilerek, mor buğday bazlı ürünlerin uzun vadeli tüketiminin daha fazla araştırmayı gerektirdiğini bildirmişlerdir.

Yu ve Beta (2015), mor buğday çeşitlerinin fenolik profilleri ve antioksidan özellikleri üzerinde ekmek yapımının etkilerini belirlemek için yaptıkları çalışmada; karıştırma, 30 dakika mayalama, 65 dakika mayalama ve pişirme sonrası ekmek kabuğu ve ekmek içi incelenmiştir. Serbest fenolik içeriğinin (105,4'ten 113,2 mg ferulik asit eşdeğeri (FAE)/ 100 g'a); karıştırma, fermantasyon ve pişirme işlemleri boyunca önemli ölçüde ($p<0,05$) arttığı (%65-%68 arasında) bildirilmiştir. Karıştırma, fermantasyon ve pişirme işlemlerinin, serbest fenolik içeriği ve bağlı fenolik içeriğini önemli ölçüde artırdığı; ekmek

kabuğunun en yüksek serbest fenolik içerdiği, ekmek içinin ise en yüksek bağlı fenolik içerdiği belirtilmiştir. Toplam fenolik içeriğin, karıştırma ve pişirme işlemlerinde önemli ölçüde azaldığı, ancak fermantasyon işlemi ile yükseldiği belirtilmiştir. Yine aynı çalışmada mor buğday ununun normal ekmeklik buğdaylardan daha yüksek antosiyanin içerdiği ve bu nedenle gıda ürünlerinde fonksiyonel bileşen olarak kullanılabileceği belirtilmiştir.

Ficco vd. (2016), yaptıkları çalışmada; farklı öğütme proseslerinin ve makarna üretimindeki (taze ve kurutulmuş spagetti) pişirmenin, mor durum buğdayının antioksidan bileşenleri ve duyusal özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Mor buğday genotipinin hemen hemen hepsinde, aynı karotenoid (3,77-4,04 μg/g) dereceleri belirlenmiştir. Ayrıca pigmentlerin konumuna bağlı olarak, en dıştaki katmanlarda antosiyanin oranının (21,42-46,32 μg/g) çok olduğu gözlenmiştir. Öğütme işlemi yapılırken, mor buğday ile kıyaslanabilmesi için normal ticari kepekli bir buğday türüyle birlikte çalışmalar devam ettirilmiştir. Mor buğdaydan üretilen makarnanın duyusal özelliklerinin, normal kepek içeren makarnadan bir farkı olmadığı, glisemik indeksinin daha düşük olduğu (GI=57) saptanmıştır.

Mor buğday tanelerinden elde edilen bisküvi ürünleri; normal buğday tanelerinden elde edilen bisküvi ürünlerine karşı daha yüksek antioksidan aktivite göstermiştir. Buna bağlı olarak mor buğdaydan üretilen bisküviler, normal bisküvilere göre daha az derecelerde lipitten türemiş karboksilik asitler ve daha çok alkol ve aldehit düzeyleri göstermiştir. Bunun neticesinde lipitlerin daha az oksidatif bozulma olduğu belirtilmiştir (Pasqualone vd., 2015).

Mor perikarp içeren ve mavi aleuron içeren buğdaylardan elde edilen unların ve hamurun nitelikleri bir teste tabi tutulmuş, renkli buğdayların ekmekçilik alanında uygulanabilirliği değerlendirilmiştir. Farinograf hamur gelişme süresi ve stabilite değerlerinde bazı farklılıklar gözlense de renkli ve ticari unlardan hazırlanan hamurların davranışlarında belirgin farklılıklar bulunmamıştır. Sonuç olarak; test edilen tüm renkli buğday tanelerinin mayalı ekmek üretiminde uygulanabilir olduğu bildirilmiştir (Burešová vd., 2019).

Mor taneli buğdayın (Konini çeşidi) yüksek antioksidan kapasitesi olan yüksek düzeyde antosiyanin içeren kepek içerdiği için ekmeğin antioksidan kapasitesini arttıracağı düşünülerek, değirmencilik ürünlerinin (un, irmik ve kepek) fırın ürünlerinde kullanım olanaklarını araştırmayı amaçlayan bir çalışmada ekmeklik un ile karışımlar hazırlanmıştır. Karışımların %10-30'unu kepek oluşturmuştur. Kepek partiküllerinin eklenmesinin; ekmeğin yapısı, iç dokusu veya tadı gibi bazı duyusal özellikler üzerinde olumsuz bir etkiye neden olduğu belirtilmiş olup kepek oranının karışımda %10 ve üzerinde olmasının bazı olumsuzlukları beraberinde getirdiği için, dikkat edilmesi gerektiği vurgulanmıştır (Janeckova vd., 2014).

Kumari vd. (2020), Asya ülkelerinde buğdayın büyük bir kısmının Chapatti adı verilen ekmek şeklinde tüketildiğini ve çalışmalarında renkli buğday çeşitlerinin kullanıldığını belirtmişlerdir. Çalışmalarında renkli buğdayların Chapatti'nin bileşimi, biyoaktif bileşikleri (antosiyaninler ve fenoller) ve antioksidan aktiviteleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda Chapatti'nin kabul edilebilir duyusal özelliklere, iyi tatlı, yumuşak dokulu ve iyi bir lezzete sahip olduğunu belirtmişlerdir. Biofortifiye edilmiş renkli buğdayın Chapatti ve ununda daha yüksek diyet lifleri ve protein içeriği ile daha düşük karbonhidrat içerdiği bulunmuştur. Ayrıca renkli buğday unlarının ve Chapatti'nin antosiyanin içerikleri ve antioksidan aktiviteleri siyah> mavi> mor> beyaz olarak sıralanmıştır. Sonuçların, renkli buğdayın Chapatti hazırlamak için normal buğdaya göre daha iyi bir alternatif olabileceğini ve sağlığı destekleyici etkilere sahip olabileceğini belirtmişlerdir.

Kaya (2021) yüksek besin değerlerine sahip olan mor buğday unundan derin yağda kızartılmış alternatif cips üretim olanağını araştırmak için yaptığı çalışmada; mor buğday unu ve ekmeklik buğday unundan, yanıt yüzey metodunun Box- Behnken deneme tasarımı kullanılarak hazırlanmış 15 deneme noktalı çalışma ile cips üretim imkânlarını araştırmıştır. Cipslerin formülasyondaki mor buğday unu miktarı arttıkça son üründeki yağ içeriğinin önemli seviyede azaldığı (~%23), protein oranlarının da mor buğday unu ilavesiyle anlamlı bir artış gösterdiği belirlenmiştir. Cipslerin akrilamid içeriklerinde ise formülasyondaki mor buğday unu seviyesi arttıkça azalma görüldüğü bildirilmiştir. Duyusal analiz sonuçlarına göre üretimdeki mor buğday unu miktarı arttıkça panelistler tarafından kabul gören cips

ürünleri elde edildiği belirtilmiş ayrıca yapılan optimizasyon analizine göre arzu edilen (istenirlik: 0,73) üretim şartlarının; 92,72 g/100g mor buğday unu, 170 °C ve 40 s olduğu ve bu sonuçlara göre de mor buğday ununun yüksek oranda derin yağda kızartılmış cips ürünlerinde rahatlıkla kullanılabileceği bildirilmiştir.

2.2. Spelt Buğdayı

Kanada ve Orta Amerika'daki tüccarlar, buğday üreticileri ve buğday ticaretiyle uğraşanlar, *Triticum spelta*'ya büyük ilgi göstermektedir. *Triticum spelta* (Spelt) buğdayının organik tarımın yaygın olduğu bölgelerde yetiştirildiği ve organik ekmek üretiminde kullanıldığı belirtilmiştir. Tüketici bilincinin artmasıyla birlikte bu buğdaylara talep de artmaktadır (Bavec ve Bavec, 2007).

Ayrıca Spelt buğdayı ve ürünleri, önemli miktarda protein ve çözünür lif kaynağıdır (Bonifácia vd. 2000). Tüketicilerin sağlık ve beslenme konusunda ilgi ve bilgileri arttıkça, Spelt buğdayı ve ürünlerine talebin de arttığı ifade edilmiştir (Zielinski vd., 2008). Tüketimleri her geçen gün artan Spelt buğdayı ve ürünlerinin, normal buğday ürünleriyle karşılaştırılarak besinsel kalitelerinin değerlendirmesinin gerekli olduğu vurgulanmıştır (Abdel-Aal, 2008)

Ekmek yapımında Spelt buğdayının (*Triticum aestivum ssp. spelta*), normal ekmeklik buğdaya (*Triticum aestivum ssp. vulgare*) alternatif olabileceği belirtilmiştir. Yalnız Spelt buğdayı, kavuzlu olarak hasat edildiğinden ve öğütme öncesinde kabuk soyulma işlemine tabi tutulması gerekmektedir. Kabuk soyma işlemi Spelt buğdayının çözünmez diyet lifi miktarını etkilemektedir (Ledent, J. F., 1989; Ruibal-Mendieta, 2005).

Marconi vd. (2002), yüksek veya düşük protein içeriğine sahip üç farklı spelt genotipinin (Rouquin, Redoute ve HGQ Rouquin) makarna üretiminde kullanılabilirliğini araştırmıştır. Bu genotiplerden elde edilen makarnalar düşük (60°C) ve yüksek (90°C) sıcaklıkta kurutulmuş ve un özellikleri ile kurutma koşullarının spelt makarna kalitesi üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Yüksek protein içeriğine sahip ve yüksek sıcaklıkta

kurutulan tüm örnekler kabul edilebilir pişirme kalitesi özellikleri göstermiştir. Suya geçen toplam organik madde miktarı (TOM) kuru makarnalarda 1.1 g/100 g olarak bulunmuştur.

Coda vd. (2010) yaptıkları araştırmada, Spelt ve Emmer buğday unlarının yüksek kaliteli ekşi hamur fermantasyonu ile elde edilen ekmeklerin üretilmesinde kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Moudry ve Dvoracek (1999), Spelt tanesinde normal buğday tanelerine göre ortalama azot içeriğinin %0,5 ve diyet lifi içeriğinin ise %0,35 daha fazla olduğunu belirtmiştir. Farklı Spelt buğday çeşitleri arasında toplam diyet lifi miktarının %10,5 ile %14,9 (k.m.) arasında değiştiği görülmüştür.

Zielinski vd. (2008), 10 farklı Spelt buğday (*Triticum aestivum ssp. spelta*) çeşidinin öğütme ve ekmek yapma özelliklerinin incelendiği çalışmalarında Spelt buğday çeşitlerinin çoğunun iyi öğütme özellikleri ve yüksek ekmek yapım kalitesi gösterdiğini bildirilmişlerdir. Spelt ekmeği ile normal buğday ekmeği biyoaktif bileşik içerikleri bakımından karşılaştırılmış, her iki türün de benzer düzeyde bu bileşikleri taşıdığı bulunmuştur.

Organik Spelt ekmeği, bisküvi, kurabiye ve muffinlerin protein sindirilebilirliğini, normal buğday ürünleriyle karşılaştırmayı amaçlayan bir çalışmada üç farklı fermente ekmek ürünü (mayalı, ekşi ve maya/ekşi hamur) incelenmiştir. Çalışmada kullanılan organik Spelt buğdayının ortalama 15.4 g/100 g (k.m.) ile normal buğdayla karşılaştırılabilir düzeyde protein içeriğine sahip olduğu bulunmuştur. Genel olarak, pişirme sonrası protein sindirimi önemli ölçüde artmıştır. Spelt ve normal buğday ekmeği ürünlerinin, her tür ekmekte benzer protein sindirilebilirliğine; bisküvi, kurabiye ve muffin ürünlerinin, ekmeklere göre daha düşük protein sindirilebilirliğine sahip olduğu belirtilmiştir (Abdel-Aal, 2008).

Skrabanja vd. (2001), Spelt unları ve ekmeklerinin, normal buğday unu ve ekmeklerine göre daha fazla protein içerdiğini belirtilmişlerdir. Spelt buğday rafine unlarından elde edilen ekmeklerin diğer ekmek türlerine göre daha hızlı sindirilebilir nişasta

içerdiğini ve tam buğday Spelt ekmeğinin ise en düşük hidroliz indeksine sahip olduğunu bildirilmişlerdir.

Türk Aslan vd. (2024), ilkel buğday unlarının kraker üretiminde kullanılabilirliğini araştırmıştır. Araştırmada Siyez (*Triticum monococcum*), Spelt (*Triticum spelta*), kavılca (*Triticum dicoccum*) tam buğday unları, tam buğday unu (*Triticum aestivum*) ve rafine buğday unu (*Triticum aestivum*) kullanılarak krakerler üretilmiş ve fiziko-kimyasal özellikleri karşılaştırılmıştır. İlkel buğday unlu krakerler yüksek protein ve kül içeriğine sahipken, tam buğday unlarından üretilen krakerlerin daha yüksek çözünür, çözünmez ve toplam diyet lifi içerdiği belirtilmiştir. Aynı zamanda ilkel buğday unlu krakerler daha koyu renkli ve daha az sert yapıda bulunmuştur. İlkel buğday unlarıyla üretilen krakerlerin kırmızılık değerleri de daha yüksektir. Duyusal değerlendirmede ise tüm krakerlerin benzer sonuçlar gösterdiği bildirilmiştir.

Farklı konsantrasyonlarda (%0, 0,5 ve 1) hem agar hem de selüloz gam ile zenginleştirilmiş Spelt (*Tr. Spelta L.*) unundan yapılan hamurların reolojik özellikleri ile sonrasında elde edilen ekmeklerdeki tekstür profil analizlerinin incelendiği bir çalışmada; hamur örneklerinin viskozite değerleri bir miktar azalma gösterirken, elastikiyet oranlarında ise artma gözlemlenmiştir. Buna bağlı olarak ekmeklerdeki sertlik, yapışkanlık ve çiğnenebilirlikte de artışlar görülmüştür. Bu nedenle, Spelt unundan ekmek üretimi için kullanılacak hidrokolloidlerin tek başına yeterli olmadığı ve istenen tekstürde ekmek elde edebilmek için Spelt ununun ekmeklik buğday unları ile desteklenmesinin gerektiği belirtilmiştir (Yüksel, 2019).

Kling vd. (2006), Emmer ve Siyez buğdaylarını organik ve geleneksel şartlarda üreterek, ticari ekmeklik buğday ve atalık buğday türü ile (Spelt) tarımsal özellikler, verim ve kalite özellikleri açısından karşılaştırmışlardır. Siyez buğdayının, Spelt ile karşılaştırılabilir ölçüde yüksek protein içeriğine (ortalama %13,3) sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Emmer'in ise yaygın buğdaydan daha yüksek protein içerdiğini tespit etmişlerdir. Siyez buğdayın fonksiyonel gıda olarak kullanıma uygun olduğu çünkü yüksek miktarda iz elementler ve karotenoid içerdiği ve ayrıca yüksek oranda sarı pigment içeriğinin duyusal olarak kabul edilebilirliğini arttırdığını belirtmişlerdir.

Zhao vd. (2009) durum, Spelt, Siyez ve Emmer buğdaylarında mikro besin elementlerinin konsantrasyonlarını incelemişlerdir. Spelt, Siyez ve Emmer buğdaylarının selenyum (Se) miktarları ekmeklik ve durum buğdayından daha yüksek bulunmuştur. Tanedeki çinko (Zn) ve demir (Fe) konsantrasyonlarının protein içeriği ve fosfor içeriği ile pozitif; tane boyutu, tane ağırlığı ve kepek miktarı ile ters orantılı olduğu belirlenmiştir. Siyez'de Fe içeriği ortalama 45,9 mg/kg, Zn içeriği ortalama 22,4 mg/kg ve Se ortalama 278,9 µg/kg olarak tespit edilmiştir.

Suchowilska vd. (2012), aynı çevrede yetiştirilen emmer, Siyez, Spelt ve iki tadet ticari buğday çeşitlerinin 5 makro ve 15 mikro element konsantrasyonlarını inceleyerek karşılaştırmışlardır. Triticum çeşitlerinde P, Mg, Zn, Fe, Mn, Na, Cu, Rubidyum (Rb) ve Molibden (Mo) elementlerinin konsantrasyonları önemli derecede birbirinden farklılık göstermiştir. Kavuzlu tanelerde, ticari buğdaylarla karşılaştırıldığında, Zn (%34-54), Fe (%31-33) ve Cu (%3-28) daha yüksektir. *Triticum monococcum* ve *Triticum dicoccum* buğdaylarında Fe, Zn ve Mn düzeyleri arasında önemli derecede pozitif korelasyon bulunduğu belirlenmiştir. *Triticum monococum* buğdayının ortalama K, P ve Mg düzeylerini sırasıyla 4,29, 5,20 ve 1,63 g/kg olarak tespit etmişlerdir.

Kraska vd. (2020), dondurularak kurutulmuş yeşil Spelt buğdayı (*Triticum aestivum ssp. spelta*) ununun üç farklı oranda (%4, %8, %12) ekmeklik una ikame ederek ekmeğin besin değerini zenginleştirmeyi amaçlayamışlardır. Yeşil Spelt taneleri, süt olum aşamasında hasat edilmiştir. Bu yeşil taneler, olgun Spelt tanelerine göre önemli ölçüde daha yüksek mineral içeriğine (P, Mg, Ca ve Zn) sahip olup amino asitler (Aspartat, Treonin, Serin, Glisin, Alanin, Sistein, Valin, Metiyonin, İzolösin, Lösin, Fenilalanin, Lisin), lipitler, tekli doymamış yağ asitleri ve omega-3 ve omega-9 asitleri bakımından da daha zengin olarak bulunmuştur. Sonuçlar, yeşil Spelt buğday taneleri ile zenginleştirilen ekmeklerin besin değerinin arttığını göstermiştir. %12 oranında ikame edilmiş ekmeklerde, hemen hemen tüm amino asitler ile (prolin, sistin, metiyonin hariç), Mg, Zn, Mn, Cu ve Fe' in en yüksek düzeyde olduğu görülmüştür. Ayrıca, %12 oranında ikame edilmiş ekmekler duyusal değerlendirmede genel kabul edilebilirlik açısından yüksek puan almıştır (Kraska, 2020).

2.3. Siyez Buğdayı

Siyez buğdayı, tarımın başlangıcından beri yetiştirilen, kültürel açıdan zengin bir mirası temsil eden eski bir buğday çeşididir. Diyarbakır'ın Karacadağ bölgesinde ilk kez yetiştirilen kavuzlu Siyez buğdayı, günümüzdeki modern makarnalık ve ekmeklik buğday çeşitlerinin öncüsüdür. Modern makarnalık ve ekmeklik buğday çeşitleri, Siyez buğdayının kültüre alınmasından sonra geliştirilmiştir. Bu tür, Türkiye'nin Kastamonu, Bolu, Bilecik ve Sinop gibi illerinde geleneksel yöntemlerle üretilmeye devam etmektedir ve bu sayede hem biyolojik çeşitliliği korumakta hem de yerel ekonomiye katkı sağlamaktadır (Heun vd., 1997; Salamini vd., 2002; Karagoz ve Zencirci, 2005).

Siyez (*Triticum monococcum* L. *ssp. monococcum*) diploid (2n=2x =14) kabuklu bir buğdaydır ve durum (*Triticum turgidum ssp.* durum) ve ekmeklik (*Triticum aestivum ssp. aestivum*) buğdayların yakın akrabasıdır (Hidalgo ve Brandolini, 2014). Son 10,000 yılda önemli bir genetik değişikliğe uğramadığı varsayılmaktadır (Heun vd., 1997). Siyez buğdayının antik çağlardan günümüze kadar genetik formunu koruyarak ulaşması, kavuzlu yapısından kaynaklanmaktadır. Siyez buğdayının diploid olma özelliği araştırmacılar için ekmeklik ve makarnalık buğday ıslahında kullanımını gündeme getirmektedir. Son yıllarda dünyanın birçok bölgesindeki araştırmacılar, Siyez buğdayı ve ürünleri üzerine yoğun bir şekilde çalışmaktadır (Demirel, 2013).

Siyez buğdayı kavuzlu olması nedeniyle taş değirmenlerde öğütülme zorunluluğu getirmektedir. Ayrıca hasat ve harman zamanında kavuzun ayrılmaması, daha fazla teknoloji gerektiren sistemlere gerek duyulması, bunların ek maliyet getirmesi, verimin düşük olması, ürün işleme zorlukları gibi nedenlerle zaman içinde yerini modern buğdaylara bırakmıştır (Emeksizoğlu, 2016). Ancak Siyez buğdayının veriminin düşük olmasına rağmen, besleyici niteliklerinin yüksek olması, aynı zamanda uyum yeteneği sayesinde tarımının daha az masraflı olması ve hastalıklara, zararlılara karşı direnç göstermesi; bununla birlikte organik tarımın gelişmesi bu buğdaya olan ilginin artmasına neden olmuştur (Zaharieva ve Monneveux, 2014). Siyez buğdayının sıkı kavuzlu yapısı, avantaj olarak başakların genellikle de tek taneli olması nedeniyle Siyez buğdayını çevresel zorluklara karşı daha dayanıklı hale getirmektedir. Kuraklık, soğuk, verimsizlik, tuz yoğunluğunun fazla olduğu

topraklarda, diğer buğdaylara göre Siyez buğdayının dayanma gücü daha fazladır. Biyotik ve abiyotik stres koşullarına dayanıklı olması araştırmacıların, bilim adamlarının ıslah çalışmaları yapmalarına olanak sağlamaktadır. Ayrıca Siyez buğdayının kavuzlu yapısı sayesinde, gıda işleme esnasında oluşabilecek yüksek sıcaklıktan kaynaklı antioksidan kayıpları daha az olmaktadır. Yüksek protein içeriği, lipitler (çoğunlukla doymamış yağ asitleri), iz elementler (Zn ve Fe vb.), fruktanlar, bazı antioksidan bileşikler (karotenoidler, tokoller, konjüge 5 polifenoller) ve düşük β-amilaz ve lipoksigenaz aktivitesine sahip olması, Siyeze olan ilgiyi artırmaktadır (Hidalgo ve Brandolini, 2014; Hidalgo vd., 2016).

Erba vd. (2011), iki yıl boyunca dört farklı lokasyonda ekilen 5 Siyez ve 1 ekmeklik buğday çeşidinin tam tane unlarında mikro elementlerin (Zn, Fe, Cu ve Mn) ve makro elementlerin (Ca, Mg, P ve K) konsantrasyonlarını incelemişlerdir. Mineral düzeyini etkileyen en önemli faktörün; yıl ve genotip ile yıl x genotip interaksiyonu olduğunu belirtmişlerdir. Siyez örneklerinde Zn (7,18 mg/100g k.m.'de), Fe (5,23 mg/100g k.m.'de), Mn (4,65 mg/100g k.m.'de), Cu (0,90 mg/100g k.m.'de), Mg (151,2 mg/100g k.m.'de) ve P (541,1 mg/100g k.m.'de) miktarı ekmeklik buğday örneklerinden daha fazla tespit edilmiş ve iz elementlerin miktarının Siyez örneklerinde fazla olmasının besleyici açıdan önemli olduğunu vurgulayarak ifade etmişlerdir.

D'Egidio vd. (1993), 12 farklı *Triticum monococcum* türünün tane, un ve hamur özelliklerini araştırarak; *Triticum durum* ve *Triticum aestivum* ile karşılaştırmışlardır. Çalışmada; bin tane ağırlığı, un verimi, kül ve protein içeriği, un partikül iriliği, sedimentasyon hacmi, alveograf parametreleri ve unun protein, gluten, kül ve karoten içerikleri incelenmiştir. Sonuç olarak; *Triticum monococcum*'un un veriminin ekmeklik buğday ile benzerlik gösterdiği ve makarnalık buğdaydan çok farklı olduğu, elde edilen glutenin zayıf ve yapışkan olduğu, su tutma kapasitesinin durum ve ekmeklik buğdaydan daha düşük olduğunu saptamışlardır. Ayrıca *Triticum monococcum'*un küçük tane boyutlarına rağmen yüksek kül içerdiği, ununun küçük partikül iriliğine sahip olduğu ve yüksek karoten içerdiği tespit edilmiştir. Diploid buğdayın serbest harmanlanan ticari çeşitlerinin geliştirilmesi, gıda çeşitlendirmesi, çölyak hastalığının önlenmesi, hayvan yemi, protein açısından zengin gıdaların üretimi ve yeni tohum mutantlarının kullanılması açısından fırsatlar sunduğu belirtilmiştir.

Yapılan bir çalışmada Siyez buğdayının protein miktarının %15,8 ile 24,2 arasında, ekmeklik buğdayda ise %11,6 ile 15,1 arasında olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmaya göre Siyez buğdayı (g/100g k.m.'de) yağ oranı %2,8-4,2 iken, ekmeklik buğday yağ oranı %1,8-2,1, Siyez buğdayında kül miktarı %2,5-2,8 arasında iken, ekmeklik buğdayda kül miktarı %1,1-1,5 olarak bulunmuştur (Abdel-Aal vd., 2002).

Emeksizoğlu (2016), Kastamonu bölgesinde yetiştirilen 30 farklı köyden alınan Siyez buğdayının; fiziksel, kimyasal ve antioksidan özelliklerini araştırdığı tez çalışmasında kuru madde, kül, protein, yağ ve mineral madde içerikleri belirlenmiş, protein içeriğinin %11,19-17,70 arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Siyez buğdayının yüksek fenolik madde, karotenoid pigmentleri, B vitamini ve antioksidan aktivitesine sahip olmakla birlikte daha düşük glisemik indeks ve kolesterol yönüyle avantajlı olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, Siyez buğdayının ürünlere işlenebilirliğini belirlemek amacıyla, örnekler arasından 10 farklı buğday çeşidi seçilerek erişte ve bazlama üretilmiş ve kalite, tektür ve duyusal özelikleri belirlenmiştir. Duyusal analiz sonuçlarına göre; eriştelerin genel kabul edilebilirliği bazlamadan daha yüksek bulunmuştur. Erişte ve bazlama üretiminde Siyez buğdayı unu ile birlikte diğer buğday unları karşılaştırılarak ürün özelliklerinin iyileştirilebileceği, kalite ve besinsel özelliklerini belirleyen farklı çalışmaların yapılabileceği bildirilmiştir.

Borghi vd. (1996), İtalya ve Almanya'da yetiştirilen 25 farklı Siyez (*Triticum monococcum ssp. monococcum*) buğdayının ekmek yapım özelliklerini incelemişlerdir. Siyez buğdayında protein içeriği (%13,2 ile 22,8), ekmeklik buğdaydan (%10,8-13,3) daha yüksek bulunurken, sedimantasyon hacminin Siyez örneklerinde 11 ile 93 ml arasında değiştiğini saptamışlardır. Çalışmada 7 Siyez örneğinin kabul edilebilir gluten kuvvetine sahip olduğu, alveograf değerlerinin ve farinograf stabilitesi değerlerinin çoğunun ekmeklik buğday ile benzer sonuçlarda olduğunu tespit etmişlerdir. Çoğu Siyez buğday unundan elde edilen hamurun yapışkan olduğunu, elde edilen ekmeğin açık sarı renkte olduğunu ve ekmeklik buğdaydan elde edilen ekmekle benzer hacimde olduğunu belirlemişlerdir. Çalışma sonuçları Siyez buğdayının ekmek yapımında potansiyel olarak avantajlı olduğunu göstermektedir.

Suchowilska vd. (2009), 50 farklı *Triticum monococcum, Triticum dicoccum, Triticum Spelta* buğday çeşidinde protein, ham yağ ve yağ asitleri bileşimini incelemişlerdir. Araştırmacılar, *Triticum monococcum* tanelerinin ortalama protein içeriğini %20,8, *Triticum dicoccum*'un %19,7 ve *Triticum Spelta*'da %17,0 olarak bulmuşlardır. Ham yağ içeriği karşılaştırıldığında *T. monococcum* %2,7, *T. spelta* %2,4 ve *T. dicoccum* %2,3 düzeyinde ham yağ taşıdığı görülmüştür. Ham yağlarda C18:2, C18:1 ve C16:00 yağ asitleri baskın olmakla birlikte *Triticum Spelta* C18:2 ve C16:0'yı (%55,89 ve %18,77), *Triticum monococcum* ise C18:1'i (%26,35) daha yüksek oranda içeridiği belirlenmiştir.

Triticum monococcum ve *Triticum dicoccum* (Emmer-Gernik) buğdaylarının bazı kalitatif ve besinsel özellikleri bakımından karşılaştırıldığı bir çalışmada fiziksel, kimyasal ve reolojik test sonuçlarına göre, Emmer buğdaylarının daha düşük protein içermesine rağmen daha iyi protein kalitesi gösterdiği ve Siyez buğdayına göre daha iyi ekmekçilik kalitesi sağlayabileceği belirtilmiştir. Beslenme açısından ise Siyez buğdayının fitik asit bakımından daha zengin olduğu, antioksidan kapasite ve toplam fenolikler açısından aralarında önemli bir farklılığın bulunmadığı görülmüştür. Kül bileşeni bakımından zengin olan Siyez buğdayının demir elementi hariç, kalsiyum, fosfor, potasyum, magnezyum, mangan, çinko ve demir gibi önemli mineraller bakımından daha zengin olduğu tespit edilmiştir (Zengin, 2015).

Wieser (2000), hekzaploid yaygın (ekmeklik) buğdayın aksine, diğer kültür buğday türlerinden elde edilen gluten proteinlerinin nitel ve nicel bileşimleri hakkında çok az bilgi bulunduğunu belirtmiştir. Bu nedenle, hekzaploid Spelt, tetraploid durum buğdayı, emmer ve diploid Siyez buğdayından alınan örnekleri diğer ticari buğday türleri (kış buğdayı, bahar buğdayı, buğday çavdarı melezi) ile karşılaştırmıştır. Unda bulunan gluten proteini fraksiyonları (glutenin ve gliadin) ekstrakte edilmiştir. Ekstraktlar sodyum dodesil sülfat poliakrilamid gel elektroforezi ve HPLC ile analiz edilmiştir. Her iki metotta da gluten proteini grupları karakterize edilmiştir. Genel olarak, ticari buğday türleri ile Spelt, durum ve Emmer buğday türlerinden elde edilen gluten yapısını oluşturan gliadin ve glutenin ünitelerinin birbiri ile benzer olduğu, ancak Siyez buğdayının bunlardan oldukça farklı olduğu saptanmıştır.

Bir ksantofil olan lutein, buğdayın içindeki majör sarı pigmenttir. Yapılan epidemiyolojik ve klinik çalışmalara göre lutein alımı ile yaşlılarda katarakt ve görme bozukluklarının azaldığı; günlük olarak ortalama 6 mg alındığında, yaşlanmayı %57 oranında azalttığı belirtilmiştir. Ayrıca karotenoid açısından zengin diyet ile kanser başta olmak üzere çeşitli dejeneratif hastalık riski azalmaktadır. Abdel-Aal vd. (2002), lutein içeriğine dayalı yeni alternatif ve fonksiyonel buğdayların belirlenmesi amacıyla yaptığı çalışmada; üç genotip ve 12 ıslah hattı Siyez, dört kışlık ve yazlık Spelt *(T. aestivum ssp. Spelta*), 1 Emmer (*T. turgidumspp. dicoccum*), 1 Kamut (*T. turgidum spp. turanicum*) ve 1 Horasan (*T. turgidum spp. turanicum*) çeşidi dahil olmak üzere Kanada'da yetiştirilen seçilmiş alternatif buğdayların lutein içeriğini belirlemişlerdir. Bu çalışmada, *Triticum aestivum* buğdaylarda ortalama 5,4-6,1 mg/kg iken; Siyez buğdaylarının ortalama 8,1 mg/kg ile seçilen buğday türleri arasında en yüksek lutein içerdiğini belirlemişlerdir.

Grausgruber vd. (2004), Siyez buğdayının tam tahıl ürünü olarak günlük diyette alımının besinsel lif ve lutein alımını yükseltiğini, bu bileşenlerin de koroner kalp hastalıklarına ve hücre yaşlanmasını geciktirici etki gösterdiğini belirtmişlerdir. Emeksizoğlu (2016), çalışmasında Siyez buğdayının gluten kuvveti ve reolojik özelliklerinin düşük olduğu ve undaki kepek nedeniyle ekmek hacmi ve ekmek içi elastikiyetinin siyez buğday unu kullanımı ile azaldığını saptamışlardır.

Cankurtaran ve Bilgiçli (2021), geleneksel buğday (Siyez ve Emmer) ve tahıl dışı ürün (amaranth, karabuğday ve kinoa) unları ile kuskusun besin değerini artırmayı ve yeni, bir ürün geliştirmeyi amaçladığı çalışmasında kuskus üretiminde durum bulguru yerine Siyez bulguru kullanmıştır. Çalışmada, üstün besin özelliklerine sahip Siyez bulgurunun kuskus üretiminde potansiyel kullanımının fonksiyonel gıda endüstrisi için alternatif ürün sağlayabileceği vurgulanmıştır.

Geleneksel Türk eriştesi üretiminde Siyez ununun (*Triticum monococcum L.*) performansının araştırıldığı bir çalışmada; numunelerin fizikokimyasal, duyusal özellikleri ve pişirme kalitesi göz önüne alındığında, Siyez buğday ununun Türk erişte formülasyonunda %60 seviyesine kadar başarıyla kullanılabileceği bildirilmiştir (Levent, 2019).

Durum (*Triticum durum*) ve Siyez (*Triticum monococcum*) buğday türleri ile bulgur örneklerinin altı farklı prosesle; üç pişirme (geleneksel, mikrodalga, otoklav) ve iki kurutma (sıcak hava, mikrodalga) tekniğinin kombinasyonu ile üretildiği bir çalışmada analiz sonuçlarının çoğu, Siyezin makarnalıktan farklı yönlerden farklı özelliklere sahip olduğunu, ancak bu farklılıkların kabul edilebilir olduğunu ve hatta bazı bulgur kalite özellikleri açısından daha iyi olduğunu göstermiştir. "Otoklavda pişirme ve mikrodalga kurutma"nın çeşitli özellikler üzerindeki olumsuz etkilerinden dolayı "geleneksel pişirme ve sıcak havayla kurutma" ile "mikrodalga pişirme ve sıcak havayla kurutma" yöntemlerinin her iki buğday çeşidi için de önerilebileceği belirtilmiştir (Yılmaz ve Koca, 2020).

Hidalgo vd. (2009), Siyez ve ekmeklik buğdaylardan elde edilen tam tahıl unu ve beyaz unu farklı sıcaklıklarda muhafaza ederek (-20, 5, 20, 30 ve 38 ^{o}C), tokol ve karotenoidlerdeki değişimleri incelemişlerdir. Depolanan unların antioksidan kapasitelerinde sıcaklık ve süreye bağlı olarak azalma gözlemişlerdir. Karotenoidlerde azalma derecesi beyaz un ve tam tahıl ununda benzerlik göstermiş, fakat lutein ve toplam karotenoid miktarının kaybı beyaz unda tam tahıl ununa göre daha hızlı olmuştur. Tokollerin azalma derecesi sıcaklığa bağlı olarak beyaz unda tam tahıl ununa göre daha hızlı olmuştur. Sonuç olarak; 20 ^{o}C'yi geçmeyen sıcaklıklarda unların muhafaza edilmesi ile karotenoid ve tokol içeriğinin korunduğu belirtilmiştir.

Siyez unu (*Triticum monococcum L.*) ile üretilen bebe bisküvilerinin protein ve karbonhidrat sindirilebilirliğinin incelendiği bir çalışmada bisküvilerde Siyez un miktarı arttıkça triptofan miktarının arttığı, % protein sindirilebilirliği (PS) değerinin, glisemik indeks (GI) değerinin, hızlı sindirilebilirlik (RDS) değerinin, yavaş sindirilebilirlik (SDS) değerinin, toplam nişasta (TS) değerinin, hidroliz indeksi (HI) ve tahmini glisemik indeks (pGI) değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir (Kızılaslan, 2020). Siyez taneleriyle zenginleştirilmiş fonksiyonel bisküvilerin fiziksel özelliklerinin incelendiği bir çalışmada ise; Siyez ununa eklenen Siyez gevreği miktarının artmasının, pişme kayıplarının ve pişmiş bisküvi hacminin biraz daha düşük olmasına neden olduğu sonucuna varılmıştır (Dimov ve Stamatovska, 2018). Siyez unlu kurabiyelerin fiziko-kimyasal ve beslenme özelliklerinin araştırıldığı başka bir çalışmada; sonuçları Siyezin yüksek besin değeri olan kurabiyeler üretmek için çok uygun olduğunu göstermektedir (Hidalgo vd., 2019). Siyez (*Triticum*

monococcum L.) kepekli un ilavesinin geleneksel kurabiyelerin fiziko-kimyasal özellikleri, biyolojik aktif bileşikleri ve *in-vitro* nişasta sindirimi üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada, Siyez ile zenginleştirilmiş kurabiyelerin, sade ekmeklik buğday kurabiyelerinden daha iyi fiziko-kimyasal ve besinsel özelliklere sahip olduğu; Siyez ile zenginleştirilmiş kurabiyelerin yayılmasının, tüketicilere sağlığı teşvik edici özelliklere sahip yeni bir tahıl bazlı ürün sunabileceği belirtilmiştir (Nakov vd., 2018). Siyez buğday ununun (*Triticum monococcum L.*) kek kalite özellikleri üzerine etkisinin araştırıldığı diğer bir çalışmada; %30 Siyez unu içeren kek numuneleri, kontrol ve %10 Siyez unu içeren numunelerden daha yüksek genel kabul edilebilirlik puanlarına sahip bulunmuştur. Bu çalışma sonucunda kek formülasyonunda herhangi bir olumsuzluğa yol açmadan Siyez unu kullanılabileceği ve bundan sonraki çalışmalarda %30'dan fazla Siyez unu kullanımının araştırılabileceği belirtilmiştir (Levent ve Aktaş, 2019).

Serpen vd. (2008), Türkiye'nin farklı bölgelerinde yetiştirilmiş 12 emmer, 6 Siyez toplam 18 adet atalık buğday örneği ve 2 ekmeklik buğday örneğini toplamışlar ve toplam fenolik ve flavonoid içeriğini, fenolik asit, lutein, toplam sarı pigment içerikleri ve toplam radikal tutma kapasitelerini ABTS (2.2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid)) yöntemi ile saptamışlardır. Sonuç olarak Emmer ve Siyez buğdaylarının sağlığa yararlı fitokimyasalların ve toplam antioksidan kapasitesinin diğer buğday çeşitlerinden önemli derecede farklı olduğunu belirlemişlerdir. Emmer buğdayı, yüksek toplam antioksidan aktivite, fenolik asitler ve flavonoid içeriği ile öne çıkarken Siyez örneklerinde ise lutein miktarının (7,33 µg/g) yüksek seviyede olduğunu ve Siyez tüketimi ile günlük ihtiyaç duyulan karotenoid alımına önemli oranda katkı sağlanabileceği belirtilmiştir.

Grausgruber vd. (2004), Avusturya'nın doğusunda yetişen Siyez, Emmer ve Horasan genotiplerinin tarımsal ve niteliksel özelliklerini değerlendirmiştir. Buğday türlerinin farinograf, ekstensograf ve alveograf gibi teknolojik özelliklerini karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak; tüm çeşitlerin hamur reolojik özelliklerinin normal buğdaya kıyasla önemli ölçüde daha düşük olduğunu saptamışlardır. Bununla birlikte, Siyez buğdayı yüksek sarı pigment içeriğine sahip iken; buğday türleri önemli ölçüde yüksek protein miktarına sahip olduğunu belirtmişlerdir. Dolayısıyla, özel ve sağlıklı ürünlerin üretimi için bu geleneksel buğday

çeşitlerinin kullanımının uygun olacağını, bu konuda araştırmaların yapılması gerektiğini vurgulamışlardır.

Pizzuti vd. (2006), çölyak hastalığı ve tedavisi üzerine yaptıkları çalışmada, *T. monococcum*'un ince bağırsak mukozası üzerindeki toksisitesini *in-vitro* olarak değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Çölyak hastalarında *Triticum monococcum*'un, gluten tüketimine bağlı olarak ortaya çıkan toksititeyi azalttığını gözlemişlerdir. Bu nedenle Siyezin çölyak tedavisi için alternatif olabileceğini ve konu üzerinde yeni çalışmalar yapılabileceğini bildirmişlerdir.

Hidalgo ve Brandolini (2011), yüksek sıcaklıktan kaynaklanan zararı önlemek ve fırıncılık ürünlerinin besleyici özelliklerini geliştirmek için üç Siyez, üç ekmeklik ve bir durum buğdaylarından bisküvi yapımı sırasında furosin, glikozil-maltol, hidroksimetilfurfural, furfural, şekerler, α-amilaz, β-amilaz ve renk özelliklerindeki değişimleri incelemişlerdir. Aynı zamanda ekmeklik buğdaydan yapılan bisküvilerde, pişirme sürecinde (25 ile 75 dk) sıcaklığın zararının göstergesi olarak renk ve su aktivitesine bakılmıştır. Farklı buğdaylardan üretilen bisküvilerde furosin, durum buğdayında en yüksek (86,0 mg/100 g protein) olup, bunu sırasıyla ekmeklik (42,5mg/100 g) ve Siyez buğdayları (15,7 mg/100 g) izlemiştir. Siyez buğdayında sıcaklık zararının sınırlı olmasının, orta düzeydeki β-amilaz aktivitesi ve düşük maltoz içeriğinden kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Lachman vd. (2011), iki Siyez (*Triticum monococcum*), iki emmer (*Triticum dicoccum*) ve üç yazlık buğday (*Triticum aestivum*) çeşidini; selenyum içeriği (atomik absorpsiyon ile) ve Folin-Ciocalteau yöntemi ile toplam fenolik asit içeriği yönünden değerlendirmiştir. Emmer buğdayının selenyum içeriği 58,9-68,4 µg/kg (k.m.), Siyez buğdayında 50,0-54,8 µg/kg (k.m.) ve ekmeklik buğdayda 29,8-39,9 µg/kg (k.m.) olarak tespit edilmiştir. Toplam fenolik asit içerikleri sırasıyla Emmer, Siyez ve ekmeklik buğdayda 584-692 mg/kg (k.m.), 507-612 mg/kg (k.m.), 502-601 mg/kg (k.m.) olarak tespit etmişlerdir.

Lachman vd. (2012), 2 yıl sürede hasat edilen, 2 farklı Siyez ve Emmer çeşidi ile 3 farklı ekmeklik buğday çeşidinde antioksidan kapasiteyi DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil)

yöntemi ile incelemişlerdir. Antioksidan kapasite Emmer buğdayında 215,4-257,6 mg/kg trolox eşdeğer (T.E.) ve Siyez buğdayında 149,8-255,8 mg/kg (T.E.) arasında değişirken yazlık ekmeklik buğdayda ortalama 195,8-210,0 mg/kg (T.E.) olarak belirlenmiştir. Toplam polifenoller ile antioksidan kapasitesi arasında lineer bir korelasyon gözlenmiş, Emmer ve Siyez buğdayının yüksek antioksidan kapasiteleri nedeniyle besinsel yönden umut verici birer tahıl kaynağı olduğunu belirtmişlerdir.

Gianfrani vd. (2014) yaptığı çalışmada, *Triticum monococcum* buğdayının çölyak hastalarında bağışıklık sistemi üzerine etkisini araştırmak için; diploid buğday çeşitlerini tercih etmişler ve buğdaydaki toksik etkiyi incelemişlerdir. İmmunolojik özelliklerini belirlemek için Monlis ve ID331 olarak iki *Triticum monococcum* çeşidi ve ekmeklik buğday seçilmiştir. Sonuç olarak; seçilen her iki buğday çeşidinin de çölyak hastaları için toksik etki oluşturduğunu, ancak ID331 buğdayının daha az etkili olduğunu bildirmişlerdir. Diploid buğday türlerinin ince bağırsak üzerindeki etkisinin daha düşük olduğu bildirilmiştir. Diploid *Triticum monococcum* türünün, yapılan *in-vitro* denemelerinde, tetraploid ve hekzapolid buğday türleri ile karşılaştırıldığında, çölyak hastaları üzerinde belirgin bir azalma göstermiş olup, çölyak hastaları için potansiyel bir kaynak olduğunu bildirmişlerdir.

Hidalgo vd. (2013), *Triticum monococcum*, *Triticum turgidum* ve *Triticum aestivum* buğdaylarının ve alt türlerinin (59 genotipin) tam tane unlarında polifenol oksidaz, α-amilaz ve β-amilaz aktivitelerini incelemişlerdir. Gıda üretimi sırasında enzimatik aktivite, genellikle buğday ununun besinsel değerini, parçalanma ve/veya sıcaklık zararıyla meydana gelen ürünlere sebep olması nedeniyle azaltır. Düşük enzimatik aktiviteli buğday çeşitlerinin seçimi gıdanın besin kalitesini korumak için yardımcı olabileceğini ifade etmişlerdir. Araştırıcılar, Siyez buğdayının en yüksek polifenol oksidaz aktivitesine (362,1 CU/g) ve en düşük alfa- amilaz (0,2 CU/g) ve beta- amilaz (12,0 CU/g) aktivitesine sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Embriyonun en yüksek alfa-amilaz ve polifenol oksidaz değerlerini içerdiğini, beta-amilaz enziminin endosperm ve kepek kısmında eşit miktarlarda bulunduğunu; fakat embriyoda bulunmadığını belirtmişlerdir.

Fogarasi vd. (2015), Macaristan'da 2011 yılında hasat edilen iki Siyez buğdayı, arpa çeşidi ve 3 farklı kışlık buğday örneğinde ve bunların maltlarında FRAP, DPPH ve ABTS+

yöntemleri ile toplam fenolik asit ve antioksidan içeriklerini belirlemişlerdir. Bütün Siyez çeşitleri ve arpa örneklerinde DPPH ve ABTS+ yöntemleri ile belirlenen antioksidan içeriklerin oldukça yüksek olduğu ve Siyez örneklerinin diğer buğday çeşitlerinden daha yüksek polifenol içerdiği tespit edilmiştir. Arpa örneklerinin en yüksek polifenol içeriğine ve antioksidan kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Organik bira üretimi için yüksek antioksidan kapasiteli Siyez buğdayının yeni bir potansiyel kaynak olabileceği belirtilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışma kapsamında kullanılan ve piyasada satılan mor, Siyez ve Spelt unların eldesinde kullanılan buğdaylar doğrudan yerel bir firmanın üretim tesislerinde çalışmamız için öğütülerek tez çalışması için sağlanmıştır. Un numuneleri 1mm çaplı çelik elekte elenerek içerisindeki iri kepek parçaları ayrılmıştır. Kontrol ekmeklik un ise Eskişehir Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (GKTAEM)'nde Bezostaja1 ekmeklik buğday çeşidine ait tane örneklerinin laboratuvar tipi temizleme makinası (Brabender Labofix90, Almanya) ile temizlenmesi ve değirmen (Chopin Moulin CD1, Fransa) ile öğütülmesi ile elde edilmiştir.

Ekmeklik buğday ununa %25, 50, 75, 100 oranında mor, Spelt ve Siyez buğday unları ikame edilerek toplam 13 adet çalışma numuneleri oluşturulmuştur. Unların homojen bir şekilde karıştırılması amacıyla standart mikserde (Kitchen aid, Classic St. Joseph Michigan) 5 dk karıştırma işlemi yapılmıştır. Un numuneleri yaklaşık 10 ± 2°C depoda, doğrudan ışık almayan bir ortamda ağzı kapalı plastik kaplarda muhafaza edilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Un analizleri

3.2.1.1. Renk analizi

Un örneklerinin renk değerleri (L*-parlaklık), a*-+kırmızı/-yeşil, b*-+sarı/-mavi) kolorimetre ile (Hunterlab MiniScan, XE Plus, ABD) belirlenmiştir.

3.2.1.2. Rutubet miktarı

Un örneklerinin rutubet miktarı American Association of Cereal Chemist International method 44-15.02'ye göre (AACCI, 2010) etüvde sabit tartıma gelecek şekilde kurutularak belirlenmiştir. Rutubet miktarı yaklaşık 5 g örneğin etüvde (Daihan Wiseven, Güney Kore) 135°C' de yaklaşık 2 saat sabit ağırlığa gelinceye kadar desikatörde soğutularak kurutulması ile ölçülmüştür. Rutubet miktarının hesaplanması aşağıdaki formüle göre yapılmıştır:

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

3.2.1.3. Su aktivitesi değeri

Su aktivitesi değerleri su aktivitesi cihazında (WaterLab Steroglass S.r.l., Perugia, İtalya) 25°C ± 1' de ölçülmüştür.

3.2.1.4. Kül miktarı

Kül miktarı analizi AACCI Metot No:08.01'e (AACCI, 2010) göre belirlenmiştir. Yakma işleminde yaklaşık 2 saat 550 °C'de kurutulup sabit ağırlığa getirilmiş yakma krozelerine yaklaşık 5 g±0,1 mg) un örneği tartılmıştır. Yakma işlemi kül fırınında (Labcompanion, Türkiye) gerçekleştirilmiştir. Örneklere yakma işlemi öncesinde tartım sonrası krozelerde ön yakma işlemi uygulanmıştır (1-2 ml etil alkol ilave edilip çeker ocakta yakılarak). Yakma işlemi sonu örneklerin kül rengi açık gri olana kadar (yaklaşık olarak 16-20 saat) devam etmiştir. Kül miktarı aşağıdaki verilen formülle hesaplanmıştır.

$$\%\text{Kül} = 100\,x\,[(\text{kül} + \text{kroze ağırlığı, g}) - \text{kroze ağırlığı, g})]\,x$$
$$(100\,/\,\text{örnek miktarı})x\,(100\text{-örnek rutubeti, \%})$$

3.2.1.5. Protein oranı

Protein oranı ölçümünde Dumas yakma yöntemi kullanılmıştır AACC Metot 46-30 (AACCI, 2010). EDTA ile kalibre edilen cihazda (LECO FP628, USA) azot (N) analizatörü kullanılarak azot miktarları ölçülmüş ve cihazın programında örneklere ait N değerleri 5,7 faktörü kullanılarak hesaplanmıştır. Protein oranı sonuçları kuru madde üzerinden verilmiştir.

3.2.1.6. Glutenin şişme indeksi

Wang ve Kovacs (2002)'ye göre yapılmıştır. Çalışmada izopropanol-laktik asit çözeltisi kulllanılmıştır. Çözelti hazırlanmasında 250ml hacim için 45 ml %25'lik laktik asit solüsyonu, 50 ml izopropanol ve saf su kullanılmıştır. Öncelikle yaklaşık 40 mg un 2 ml santrifiüj tüpüne tartılmıştır ve 0,8 ml saf su ilave edilerek hızlıca vortekslenmiştir. Un örneklerinin hidrate olması için termomikserde (Eppendorf^{TM} Thermomixer^{TM} R, Almanya) 1400 rpm'de, 25°C'de, 10 dk bekletilmiştir. Thermomikserden alınan örneklere 0,4 ml izopropanol-laktik asit çözeltisi ilave edilerek vortekslenmiştir ve tekrar termomikserde 1400 rpm'de, 25 °C'de, 10 dk bekletilmiştir. 100 g devirde 5 dk santrifüjlenip daha sonra tartılmıştır. Sonuçlar aşağıdaki formülle %14 rutubete göre düzeltme yapılarak verilmiştir.

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

3.2.1.7. Makro-SDS sedimantasyon (MSDS) değeri

Williams vd. (1986)'da belirtilen metoda göre belirlenmiştir. Analiz için 3,0 g un 100 ml'lik ağzı kapaklı ölçü silindirine konulmuştur. Örneklerin üzerine 50 ml boya (bromfenol mavisi) çözeltisi ilave edilerek kapağı kapatılmış ve standart sedimantasyon sallama cihazında (5 s içinde 12 kere çalkalama yapar) yatay olarak un çözelti karışımı 5 dk çalkalanmıştır. Daha sonra 50 ml sodyum dodesil sülfat-laktik asit çözeltisinden ilave edilip tekrar 5 dk daha çalkalama devam ettirilmiştir. Sedimantasyon (çökme) değeri çalkalama sonrası tüplerin düz bir yüzeyde 5 dk bekletilmesi ile dibe çöken miktar ölçü silindirinden

okunarak belirlenmiştir. Analiz sırasında ortam sıcaklığı ve çözelti sıcaklığı 20±1 °C olacak şekilde ayarlanmaya çalışılmıştır.

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

Çalışmada sodyum karbonat (%5, w/v), laktik asit (%5, v/v), sakkaroz (%50, w/v) ve saf su kullanılarak solvent tutma kapasitesi değerleri hesaplanmıştır (Guzman vd., 2016; Karaduman, 2020). Test 0,3 g un ile 2 ml santrifüj tüplerinde yapılmıştır. Un örneklerinin üzerine çözeltiler ilave edildikten sonra iyice karışma için 45° açı ile vortekslenmiştir. Daha sonra un zerrecikleri tarafından çözeltilerin hidrasyonu için termomikserde 1400 rpm'de, 25°C'de, 5 dk karıştırılarak bekletilmiştir. Tüp içeriği 400 g de 2 dk santrifüj edilip solvent içeriği döküldükten sonra 45° açı ile oda sıcaklığında 10 dk bekletilmiş ve tüplerin üst kısmı kâğıt havlu ile silindikten sonra tüp ve kalıntı tartılmıştır. Sonuçlar aşağıdaki formülle %14 rutubete göre düzeltme yapılarak verilmiştir.

$$\%STK = \frac{(Tüp + kalıntı\ ağırlığı - Boş\ tüp\ ağırlığı)}{(Un\ Ağırlığı)}\ x\ (100 - \frac{14/}{100} - un\ rutubeti, \%) - 1\ x\ 100$$

3.2.1.9. GlutoPeak analizi

Gluten reolojik özelliklerii Brabender GlutoPeak Cihazı (Brabender® GmbH & Co. KG, Almanya) ile standart metod1 kullanılarak belirlenmiştir. Metotta 8,5 g un (%14 rutubete göre) ve 9,5 g 0.5 M $CaCl_2$ kullanılmıştır. Cihazın örnek haznesi sıcaklığı 34 °C'ye, pedal dönüş hızı 1900 rpm olarak ayarlanmış ve analiz 3 dk da tamamlanmıştır (Malegori vd., 2018).

3.2.1.10. Yaş gluten (öz) miktarı

Yaş gluten ve gluten indeks değeri American Association of Cereal Chemist International (AACCI) method 38-12.02 (AACCI, 2010)'e göre Glutomatik 2100 Gluten yıkama cihazı (Perten Instruments, Sweden) kullanılarak belirlenmiştir. Test, %2'lik tuzlu

su çözeltisi ile 20 s yoğurma, 4,5 dk yıkama süresi ve 50-54 ml/dk yıkama suyunun akış hızında tamamlanmıştır. Analizde 10 g un örneği kullanılmış, cihazın elek kısmına örnek konulmuş, 4,7-4,9 ml yıkama çözeltisi eklenerek ve cihazın yıkama kısmında önce yoğurma ve daha sonra özel elekte (gözenek aralığı 80 µm) tuzlu su ile karıştırılarak otomatik olarak yıkanmıştır. Yıkama tamamlandıktan sonra gluten alınıp tartılmış ve bulunan değer 10 ile çarpılarak % yaş gluten miktarı bulunmuştur. Sonuç aşağıdaki formüle göre hesaplanarak kuru madde üzerinden verilmiştir.

$$\text{Yaş gluten miktarı (\%)} = 100\ x\ \text{yaş gluten miktarı, \%}\ x(100 - \text{örnek rutubeti, \%})$$

3.2.1.11. Alveograf analizi

Hamur reolojik özellikleri modifiye AACCI method 54.30.02 (AACCI, 2010)'ye göre alveograf (Alveo-link, Chopin Technologies, France) kullanılarak belirlenmiştir. Analiz için 60 g un kullanılmıştır. Unlara verilecek su miktarı Karaduman vd. (2023) tarafından un rutubeti, protein oranı ve solvent tutma kapasitesi laktik asit, su, sakkaroz ve sodyum karbonat kullanılarak geliştirilen denklemle belirlenmiştir. Hamur eldesinde 60 g' lık una 25 °C su hesaplanan miktarda su verildikten sonra, 1. ve 2. dakikalarda mikser (KitchenAid, Classic St. Joseph Michigan) durdurularak kenara yapışan hamur karıştırılmıştır ve toplam 8 dk yoğurulmuştur. Hamur dikkatli bir şekilde içe doğru katlanıp alveografın standart kalıbına uygun kalınlıkta açılıp (merdane ile 6 kere üzerinden geçilerek) standart hamur kesme aparatı ile kesilmiştir. Cihazın kabininde 20 dk dinlendirilen hamurlara doğrudan Alveo-AH testi uygulanarak T (elastikiyet), A (uzama kabiliyeti), T/A değeri (gluten dengesi), Fb (enerji değeri), Ex (elastikiyet indeksi) değerleri belirlenmiştir.

3.2.1.12. Farinograf analizi

Farinograf özellikleri farinograf cihazında (Brabender OHG, Duisburg, Almanya) 50 g un (%14 rutubete göre ayarlanmıştır) mikseri kullanılarak AACCI method 54.21.01'e göre belirlenmiştir (AACCI, 2010). Analiz iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada cihazın büretine saf su (30°C) konularak yavaş una ilave edilmiş, 1. dakikada mikserin kenarlarına yapışan hamurlar spatula ile ana hamura dahil edilerek 5 dakika içinde kurve 500 BU

konsistens çizgisini ortalayıncaya kadar su verilmiştir. Verilen bu su miktarı unun su absorpsiyonunu göstermiştir. İkinci aşamada yine 50 g una (%14 rutubete göre ayarlanmıştır) belirlenen su absorpsiyonuna göre su miktarı (30°C) 25 s içinde verilerek, yoğurucunun kapağı kapatılmış ve yine 1. Dakikada plastik spatula ile yapışan hamur parçaları spatula ile kazınmıştır. Kurvenin çizilmesine kurvenin düşmeye başlamasından itibaren 12 dakika sonrasına kadar devam edilmiştir. Analiz iki tekrarlamalı olarak yapılmıştır. Farinografta hamur gelişme süresi, su absorpsiyonu, stabilite değeri, yumuşama değeri, farinograf kalite sayısı (FKN) değerleri elde edilmiştir.

3.2.1.13. Amiloz / amilopektin oranı

Amiloz/amilopektin oranı L. Galicia vd. (2008) de belirtilen metoda göre belirlenmiştir. Analiz dört tekrarlamalı olarak yapılmıştır. Analiz prosedürü; örnekleme ve öğütme, yağdan arındırma, ekstraksiyon, kolorimetrik reaksiyon, standart eğri ve hesaplama aşamalarından oluşmaktadır. Ekstraksiyon aşamasında; santrifüj tüpüne (amiloz standardına sahip iki tüp) 0,2 g tartılan örnek üzerine 0,2 ml %95'lik etanol eklenmiştir. 1,8 ml NaOH 1 M ilave edilmiş ve 20 °C oda sıcaklığında 24 saat bekletilmiştir (tüpler çalkalanmaz). Ertesi gün hacim saf su ile 20 ml'ye tamamlanmış ve tüp çalkalanmıştır. Kolorimetrik reaksiyon aşamasında ise; karıştırılan tüpten 1 ml yeni santrifüj tüpüne aktarılarak üzerine 0,2 ml asetik asit 1 M eklenip karıştırılmıştır. Daha sonra 0,4 ml Lugol çözeltisi ilave edilmiş ve saf su ile hacim 20 ml'ye tamamlanmıştır. Karışım karıştırılmış ve 20 dk karanlık ortamda renk gelişimi beklendikten sonra her bir örnekten ve standart eğri çözeltisinden 200 µL pipetle alınarak 620 nm mikroplaka okuyucuda (SPEKTROstar Nano BMG LABTECH, Almanya) yapılmıştır. Standart çözeltilerdeki amiloz miktarını okunan absorbans değerine bağlayan aşağıdaki regresyon denklemi kullanılarak hesaplanmıştır.

$$Yg = a(x) + b$$

3.2.1.14. Laboratuvar tipi ekmeklerin eldesi

Ekmeklerin eldesinde AACC Metot No:10-10A (AACCI, 2010) modifiye edilerek uygulanmıştır. 5 ikame oranında (0, 25, 50, 75, 100) 100 g una (%14 km), tuz-şeker çözeltisi (%3 tuz, %2 şeker, w/w), yaş maya çözeltisi (%3) ilave edilmiştir. Una verilecek su miktarının belirlenmesinde GlutoPeak'te belirlenen miktarda su absorpsiyonu göz önüne

alınmıştır. 100 g un için 25 ml tuz-şeker çözeltisi ve 25 ml yaş maya çözeltisi ilave edilmiştir. Her iki çözeltiden gelen 47 ml su miktarının üzeri GlutoPeak'te belirlenen su miktarı olacak şekilde su ile tamamlanmıştır. İşlemler öncesinde saf su, yaş maya çözeltisi ve tuz-şeker çözeltisi 30 °C sabit sıcaklıkta tutulmuştur. Yoğurma işlemi mutfak tipi hamur yoğurma makinesinde (KitchenAid, Classic St. Joseph Michigan) 4 dakika 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 30 °C'de, %85 rutubet, 30 dakika (taslarda) ilk fermentasyon uygulanmıştır. Şekil verme cihazının 3/8 aralığında gaz alma işlemi sonrasında 1. fermantasyon koşullarında ikinci fermentasyon gerçekleştirilmiştir. Yine gaz alma işlemi yapılmış ve bu işlemde açılan hamur rulo gibi katlanıp, uç kısımlar içe birleştirildikten sonra tavalara alınmıştır. Tavalarda son fermentasyon (proofing) 30 ^{0}C'de, %85 rutubette 45 dakikada tamamlanarak hamurlar 230 °C, 25 dakika fırında (Şimşek Laborteknik, Türkiye) pişirilmiştir. Ekmekler 2 saat oda sıcaklığında bekletilerek soğutulmuş ve ekmek analizlerine geçilmiştir.

3.2.2. Ekmek Analizleri

3.2.2.1. Renk analizi

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.

3.2.2.2. Rutubet miktarı

Bölüm 3.2.1.2.' de belirtilen yönteme göre tayin edilmiştir.

3.2.2.3. Su aktivitesi değeri

Bölüm 3.2.1.3.' te belirtilen yönteme göre tayin edilmiştir.

3.2.2.4. Kül miktarı

Bölüm 3.2.1.4.' te belirtilen yönteme göre nem tayini yapılmış kurutulmuş örneklerde tayin edilmiştir.

3.2.2.5. Protein oranı

Bölüm 3.2.1.5.' te belirtilen yönteme göre nem tayini yapılmış kurutulmuş örneklerde tayin edilmiştir.

3.2.2.6. Ekmek hacmi değerleri

Elde edilen ekmekler oda sıcaklığında iki saat soğutularak ekmek hacimleri ölçülmüştür. Ekmek hacimleri, hacim ölçme aleti ile kolza tohumu kullanılarak yer değiştirme Standart Metot No 10-05A (AACCI,2010)' ya göre belirlenmiştir.

3.2.2.7. Tekstür özellikleri

Ekmeklerin tekstürel özellikleri tekstür profil analizi (TPA) ile tekstür analiz cihazı (Stable Microsystems, TA, XT plus, Goldaming, Surrey, İngiltere) ile belirlenmiştir. Ekmek içinde sertlik, yapışkanlık, esneklik, çiğnenebilirlik, sakızımsılık, koheziflik, elastikiyet değerleri ölçülmüştür. Analizde 25 mm kalınlığında özel laboratuvar bıçağı ile kesilen ekmek diliminde 35 mm' lik prob (P/35) ile ölçüm yapılmıştır. Cihazda 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.

3.2.2.8. Toplam antioksidan aktivite tayini

Toplam anitoksidan aktivite tayini 2,2-diphenyl-1- picrylhydrazyl (DPPH) kullanılarak belirlenmiştir (Brand-Williams vd., 1995). Okuma sonrası ölçümlerin değerlendirilmesinde troloks kalibrasyon grafiği kullanılmıştır. Antioksidan bileşenlerin ekstraksiyonu %50'lik metanol ile yapılmıştır. 0,25 g un örneğine 5 mL etanol çözeltisi ilave

edilerek 1.5 saat çalkalayıcıda çalkalanmıştır. 500 g de 7 dk santrifüj edilerek süzüntü alınmıştır. Aynı işlem bir kez daha tekrar edilip iki süzüntü birleştirilmiştir. Süzüntüler analiz öncesinde buzdolabında -20 ^{0}C muhafaza edilmiştir. Ölçüm için 100 µl ekstrakt alınmış 2 mL DPPH ilave edilerek 30 dakika karanlıkta reaksiyon için bekletilmiştir. Okumalar 515 nm de mikroplaka okuyucuda (SPEKTROstar Nano BMG LABTECH, Almanya) yapılmıştır.

3.2.2.9. Toplam fenolik madde miktarı

Toplam fenolik madde miktarları analizi toplam antioksidan tayini için kullanılan ekstrakta yapılmıştır (Xu vd., 2009). Sonuçlar mg GAE/100 g gallik asit cinsinden hazırlanan gallik assit kalibrasyon grafiği kullanılarak belirlenmiştir. 10 ml lik santrifüj tüpüne sırası ile 500 µL ekstrakt alınmış, 2,5 mL saf su ilave edilmiş ve 500 µL Folin-Ciocalteu reaktifi eklenerek 30 dk karanlıkta bekletilmiştir. Daha sonra bekletilmiş olan çözeltiye 1,5 mL sodyum karbonat (%7,5'lik, w/w) ilave edilmiş ve saf su ile hacim 10 mL ye tamamlanmıştır. İkinci defa karanlıkta 30 dk bekletilip çözelti 7000 rpm de 10 dk santrifüj edilip 760 nm de mikroplaka okuyucuda (SPEKTROstar Nano BMG LABTECH, Almanya) okunmuştur. Çalışmada kör olarak %50'lik metanol kullanılmıştır.

3.2.2.10. Alan emisyonlu taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleme

Ekmeklerin SEM görüntüleri JSM-7001F Jeol (Japonya) cihazı kullanılarak ekmek içinde belirlenmiştir. Ekmeklerden 1,25 cm kalınlığında parça kesilmiş ve ekmek içi merkezinden görüntüleme için alınan parça liyofilize edilmiştir. Örneklerin ölçüm öncesi yüzeyi palladyum-altın ile (Quorum SC7620, İngiltere) kaplanmıştır. Ekmek içinde 500, 1.000, 2000× büyütme yapılarak görüntüler elde edilmiştir.

3.2.2.11. Mineral madde içeriği

Kurutulmuş ekmek örneklerinin mineral madde içerikleri ICP-OES (indüktif eşleşmiş plazma-optik emisyon spektrometresi, PerkinElmer 8000 USA) ile belirlenmiştir. Yakma işlemi mikrodalga fırında (CEM Mars6 40 örnek hazneli bir rotora sahip ve

polietilenteflon kapları olan) gerçekleştirilmiştir. Analizde argon (99.9995% saflıkta, Linde, Türkiye) taşıyıcı gaz olmuştur. Standart stok çözeltiler (1000 mg/L) her element için kalibrasyon standartlarını (Merck, Darmstadt, Almanya) hazırlamak için kullanılmıştır. Standartlar çözeltiler, %0,3'lük HNO_3 (Merck Darmstadt, Almanya) kullanılarak günlük hazırlanmıştır. Metod validasyonu için botanik sertifika referans materyalleri olarak SRM 1515 elma kullanılmıştır. Polietilen teflon kaplar %10 HNO_3 (%67 v/v) banyoda dezenfekte edilmiş, ultra saf suda temizlenmiş ve fırında (40 °C'de) kurutularak kullanılmıştır. Ekmek örneklerinden 0,5 g polietilen teflon tüplere konulmuş, üzerine 10 ml derişik HNO_3 eklenmiş ve mikrodalga fırın yakma programına bağlı olarak 30 dakika 200 °C'de yakılmıştır. Örnekler oda sıcaklığına soğutularak utrasaf su ile 50 ml'ye tamamlanmış ve analiz edilmiştir. Cihaz çalışma koşulları RF gücü 1300 W, plazma 15 L/dk, aux. 1 L/dk, sisleştirici 0.5 L/dk, entegrasyon modu pik alanı, örnek akış hızı 0.8 ml /dk, kullanılan gazlar yüksek saflıkta (%99,99) argon ve azot olmuştur. Analiz dört tekrarlamalı olarak yapılmıştır.

3.2.2.12. Aminoasit bileşimi

Henderson vd. (2000) tarafından önerilen metoda göre Agilent 1200 HPLC cihazında, DAD dedektörü kullanılarak Zorbax Eclipse-AAA 4.6 X 150 mm, 3.5 µm kolonunda aminoasitler belirlenmiştir. 0,2-0,5 g örnek tartılmış, 5ml 6 N Hidroklorik asit (HCl) eklenmiş, ardından 250 µl fenol çözeltisi ve 0,1 g sodyum sülfit (Na_2SO_3) ilave edilmiştir. Kapakları kapatılıp 110 °C'de Etüvde 24 sa bekletilmiştir. Böylece aminoasitler serbest hale getirilmiştir. Hidroliz sonrası örnek, uygun bir çözücü ile seyreltilmiş ve enjekte edilmeye hazır hale getirilmiştir. Bu yöntemde amino asitlerin türevlendirme reaktörü olarak OPA (ortho-phthalaldehyde) ve FMOC (9- fluorenylmethyl chloroformate), tampon olarak ise 0,4 N borat çözeltisi kullanılmıştır. Bu çalışma, hızlı, hassas ve tekrarlanabilir bir amino asit analizi sağlamıştır. OPA ve FMOC kimyasallarının kullanımı, amino asitlerin kromatografik analiz için hızlı ön kolon türevlendirmesini mümkün kılmıştır. 3-mercaptopropionic acid (3-MPA) ile birlikte OPA kullanılarak birincil amino asitler türevlendirilmiş, ardından ikincil amino asitler FMOC ile türevlendirilmiştir. Çalışmada 4,6 mm iç çapında, 150 mm uzunluğunda, parçacık boyutu 3,5 µm olan C18 kolon kullanılmıştır. Mobil faz olarak 0.1% trifloroasetik asit (TFA) içeren su/metanol karışımı kullanılmıştır. Akış hızı 1,5 mL/dakika arasında olmuştur. Kolon fırın sıcaklığı 40 °C ile 60 °C arasında ayarlanmıştır. Elde edilen kromatogramlar, amino asitlerin retansiyon

zamanlarına göre değerlendirilmiştir. Kalibrasyon eğrileri kullanılarak örnek amino asit konsantrasyonları hesaplanmıştır. Analiz iki tekrarlamalı olarak yapılmıştır.

3.2.2.13. Toplam, çözünen ve çözünmeyen besinsel (diyet) lif analizi

Toplam, çözünen ve çözünmeyen besinsel lif analizi, test kiti kullanılarak AOAC Metod No:991.43 enzimatik ve gravimetrik yöntemine göre belirlenmiştir (AOAC, 2000). Analiz üç tekrarlamalı olarak yapılmıştır. Analizde 0,25 g santrifüj tüpüne örnek tartılmış ve üzerine 10 ml Mes-Tris çözeltisi ilave edilmiştir. Sırasıyla ısıya dayanıklı α-amilaz ilavesi, ısıtma (su banyosunda 95-100 °C, 30 dk), soğutma (60 °C), proteaz ilavesi, pH ayarlama, amiloglukozidaz ilavesi, ısıtma (60 °C, 30 dk), 56 ml etil alkol ilavesi (%95'lik, 60 °C), inkübasyon (oda sıcaklığında ve alüminyum folyo kapatarak), sabit tartıma getirilmiş selitli goach krozelerde %78'lik etil alkol, %95'lik etil alkol ardından aseton ilavesi ile vakum altında süzme (Henderson vd., 2007), krozeleri kurutma (105 °C'de, 1 gece), desikatöre alıp tartma, yakma (500 °C'de), desikatöre alıp tartma işlemleri uygulanmıştır.

$$\%\ Diyet\ lif\ = [\frac{((a-c)\ -(b-c))}{örnek\ ağırlığı}]\ x\ 100$$

a=kroze dara + örnek ağırlığı (etüv sonrası)
b=kroze dara + örnek ağırlığı (kül sonrası)
c=kroze dara

Çözünmeyen diyet lif tayini için 56 ml etil alkol ilave edilmez. Direkt olarak süzülür. Filtrasyon yatağı saf su ile oluşturulur ve vakum altında süzülürken selitli goach krozelerde ilk önce kullanılan %78'lik etil alkol yerine saf su ile süzmeye başlanıp %95'lik etil alkol ve aseton ile vakum altında süzmeye devam edilir. Çalışmada toplam diyet lifi değerinden çözünmeyen diyet lifi çıkarılarak çözünen diyet lifi hesaplanmıştır.

3.2.2.14. Duyusal analiz

Duyusal analiz, gıda bilimi ve teknolojisi alanında uzman olan 15 gönüllü panelistten (20-55 yaş grubunda 8 erkek ve 7 kadın) oluşan bir grup tarafından gerçekleştirilmiştir. Panelistlere çalışmanın amacı bilgilendirilmiştir. Her duyusal oturum için rastgele sayılarla

kodlanan ekmek örnekleri, ağzı çalkalamak için bir bardak saf su ile birlikte plastik bir tabak üzerinde 20 °C'de değerlendirme için panelistlere verilmiştir (Onoğur Altuğ ve Elmacı, 2011; Karaduman vd., 2023). Kabuk rengi, iç rengi, görünüş, gözenek yapısı, ekmek içi yapı, lezzet, çiğnenebilirlik ve genel beğeni gibi duyusal öğeler, 1 ila 9 arasında bir aralık sağlayan hedonik bir ölçekte puanlanmıştır (1 = hiç beğenmedim, 5 = orta derecede beğendim, 9 = çok beğendim.)

3.2.2.15. İstatistiki analizler

Analizler tam şansa bağlı deneme deseninde iki, üç veya dört tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Analiz sonucu elde edilen veriler istatistiksel analiz programı JMP 13.0.0 (SAS Institute Inc. Cary, NC, USA) kullanılarak varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır. Ortalamalar arasındaki önemli fark %95 ($p<0.05$) anlamlılık düzeyindeki Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi kullanılarak analiz edilmiştir (SAS, 1998).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Un Analizleri

4.1.1. Fizikokimyasal özellikler

Mor, Spelt ve Siyez buğday 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 4.1'de verilmiştir. Unların rutubet miktarı; 9,06-11,03, kül miktarı; 0,697-1,871 ve su aktivitesi değerleri; 0,298-0,405 arasında değişim göstermiştir. Rutubet miktarı, kül miktarı ve su aktivitesi değerleri sırasıyla ortalama %10,33, %1,209 ve 0,359 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.1. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor, Spelt ve Siyez buğday unlarının 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
Mor buğday unu	MB1	100	1	9,95	1,520	0,374
			2	10,41	1,531	0,365
			3	9,96	1,528	0,362
	MB2	75	1	10,76	1,367	0,385
			2	10,33	1,371	0,379
			3	10,70	1,366	0,375
	MB3	50	1	10,61	1,135	0,397
			2	11,03	1,130	0,385
			3	10,85	1,133	0,383
	MB4	25	1	11,00	0,899	0,401
			2	10,77	0,890	0,398
			3	10,47	0,896	0,405
	Kontrol	0	1	10,03	0,700	0,389
			2	10,14	0,700	0,384
			3	10,37	0,697	0,385
Spelt buğday unu	SP1	100	1	9,06	1,869	0,305
			2	10,07	1,871	0,298
			3	9,59	1,869	0,307
	SP2	75	1	10,11	1,573	0,345
			2	9,40	1,580	0,334
			3	10,25	1,571	0,314

	SP3	50	1	10,60	1,286	0,356
			2	10,07	1,285	0,336
			3	10,57	1,289	0,326
	SP4	25	1	10,47	0,961	0,367
			2	10,65	0,962	0,354
			3	10,41	0,960	0,344
	Kontrol	0	1	10,03	0,700	0,389
			2	10,14	0,700	0,384
			3	10,37	0,697	0,385
Siyez buğday unu	SY1	100	1	10,36	1,778	0,352
			2	10,35	1,775	0,336
			3	9,97	1,781	0,317
	SY2	75	1	10,19	1,483	0,352
			2	10,45	1,502	0,341
			3	10,53	1,486	0,323
	SY3	50	1	10,44	1,211	0,356
			2	10,31	1,209	0,345
			3	10,69	1,222	0,341
	SY4	25	1	10,27	0,947	0,359
			2	10,65	0,937	0,340
			3	10,73	0,948	0,340
	Kontrol	0	1	10,03	0,700	0,389
			2	10,14	0,700	0,384
			3	10,37	0,697	0,385
Minimum-maksimum				9,06-11,03	0,697-1,871	0,298-0,405
Ortalama				10,33	1,209	0,359

[1] Sonuçlar kurumadde üzerinden düzeltilmiştir. Kontrol: ekmeklik un; MB1: mor buğday unu; MB2: %75 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB3: %50 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB4: %25 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP1: Spelt buğday unu; SP2: %75 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP3: %50 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP4: %25 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY1: Siyez buğday unu; SY2: %75 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY3: %50 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY4: %25 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu

İkame un örneklerine ait rutubet, kül miktarı ve su aktivitesi değerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.2'de verilmiştir. ''*İkame oranı'', ''un çeşidi''* ve ''*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu''* kül miktarı ve su aktivitesi üzerinde çok önemli düzeyde (*p<0,01*), rutubet miktarı üzerinde ise *''un çeşidi''* önemli düzeyde (*p<0,05*), *''ikame oranı''* ise çok önemli düzeyde etkili olurken; ''*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*'' istatistiki olarak önemli bulunmamıştır.

Çizelge 4.2. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor, Spelt ve Siyez buğday unlarının katılması ile elde edilen ikame unların rutubet kül miktarı ve su aktivitesi varyans analiz sonuçları

VK	Rutubet miktarı				Kül miktarı				Su aktivitesi değeri			
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
Un çeşidi (UÇ)	2	1,077	0,539	7,5189*	2	0,184	0,092	4466,414**	2	0,015	0,007	74,032**
İkame oranı (İKO)	4	2,587	0,647	9,0282**	4	6,070	1,517	73856,54**	4	0,013	0,003	33,2665**
UÇ x IKO	8	0,767	0,096	1,338	8	0,114	0,014	690,8004**	8	0,005	0,001	6,2601**
Hata	30	2,149	0,072		30	0,001	0,000		30	0,003	0,000	
Toplam	44	6,580			44	6,367			44	0,036		

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

Çizelge 4.2'de *p<0,01* ve *p<0,05* düzeyinde önemli çıkan "*un çeşidi"* ve "*ikame oranı"* değişkenlerine ait rutubet miktarı, kül miktarı ve su aktivitesi değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma sonuçları sırasıyla Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4' te verilmiştir. Çalışmada Spelt ununun ortalama kül miktarı diğer buğday unlarından yüksektir (%1,278, k.m.). Siyez ununda kül miktarı iyi düzeyde iken (%1,225, k.m.), mor buğday ununun en düşüktür (%1,124, k.m.). Loje vd. (2003), 10 farklı Siyez (*Triticum monococcum)* buğday çeşidinde kül içeriğinin %2,3-2,8 (k.m.) arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Buğdayın kül miktarı, buğdayın mineral içeriğinin bir göstergesidir ve genellikle buğdayın kepek kısmında yoğunlaşmıştır. Yumuşak buğdaylar genellikle daha düşük protein içeriği ve daha yüksek nişasta içeriği ile karakterize edilirken, sert buğdaylar daha yüksek protein içeriği ve gluten kalitesi ile bilinir. Yumuşak buğday çeşitlerinde kül miktarı %1,22 ile %1,90 arasında değişirken, sert buğdaylarda %1,17 ile %2,13 arasında değişmektedir. Bu farklılık, buğday çeşitlerinin genetik özellikleri ve yetiştirildiği toprak koşulları gibi faktörlere bağlı olabilmektedir (Elgün ve Ertugay, 2000; Elgün vd. 2012b; Bilgiçli ve Soylu, 2016).

Çalışmada mor buğday ununun nem miktarı ve su aktivitesi değerleri ortalaması diğer buğday unlarından yüksektir (%10,49 ve 0,385). Türk Gıda Kodeksi (2013/9)' ne göre buğday unlarının nem oranı maksimum %14,5 olmalıdır. Ekmeklik buğday unları için belirlenen kül miktarı da kurumadde de en çok 0,8 olmalıdır. Çalışmada elde edilen sonuçlar TGK standartlarına uygun bulunmuştur.

Çizelge 4.3'te görüldüğü gibi Spelt buğday ununun kül miktarı değerleri, mor buğday ununun da rutubet miktarı ve su aktivitesi değerleri daha yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4.3. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor, Spelt ve Siyez buğday unlarının ikame edilmesi ile elde edilen un örneklerine ait rutubet miktarı, kül miktarı ve su aktivitesi değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları[1]

Un çeşidi	n	Rutubet miktarı %	Kül miktarı[1] %	Su aktivitesi değeri a_w
MB1	3	$10,11 \pm 0,26^{a\text{-}c}$	$1,5326 \pm 0,006^{d}$	$0,367 \pm 0,006^{b\text{-}d}$
MB2	3	$10,60 \pm 0,23^{ab}$	$1,368 \pm 0,003^{f}$	$0,379 \pm 0,005^{a\text{-}c}$
MB3	3	$10,83 \pm 0,21^{a}$	$1,133 \pm 0,003^{i}$	$0,389 \pm 0,007^{ab}$
MB4	3	$10,75 \pm 0,27^{a}$	$0,895 \pm 0,005^{l}$	$0,401 \pm 0,004^{a}$
Kontrol	3	$10,18 \pm 0,17^{a\text{-}c}$	$0,699 \pm 0,002^{m}$	$0,386 \pm 0,003^{ab}$
MB ortalama	15	$10,49 \pm 0,36^{A}$	$1,124 \pm 0,312^{C}$	$0,385 \pm 0,012^{A}$
SP1	3	$9,57 \pm 0,51^{c}$	$1,870 \pm 0,001^{a}$	$0,303 \pm 0,004^{f}$
SP2	3	$9,92 \pm 0,46^{bc}$	$1,575 \pm 0,005^{c}$	$0,331 \pm 0,015^{ef}$
SP3	3	$10,41 \pm 0,30^{ab}$	$1,287 \pm 0,002^{g}$	$0,340 \pm 0,015^{de}$
SP4	3	$10,51 \pm 0,12^{ab}$	$0,961 \pm 0,001^{j}$	$0,355 \pm 0,012^{c\text{-}e}$
Kontrol	3	$10,18 \pm 0,17^{a\text{-}c}$	$0,699 \pm 0,002^{m}$	$0,386 \pm 0,003^{ab}$
SP ortalama	15	$10,12 \pm 0,46^{B}$	$1,278 \pm 0,433^{A}$	$0,343 \pm 0,030^{B}$
SY1	3	$10,23 \pm 0,22^{a\text{-}c}$	$1,778 \pm 0,003^{b}$	$0,335 \pm 0,017^{e}$
SY2	3	$10,39 \pm 0,18^{ab}$	$1,490 \pm 0,010^{e}$	$0,339 \pm 0,015^{de}$
SY3	3	$10,48 \pm 0,19^{ab}$	$1,214 \pm 0,007^{h}$	$0,347 \pm 0,008^{de}$
SY4	3	$10,55 \pm 0,25^{ab}$	$0,944 \pm 0,006^{k}$	$0,346 \pm 0,011^{de}$
Kontrol	3	$10,18 \pm 0,17^{a\text{-}c}$	$0,699 \pm 0,002^{m}$	$0,3986 \pm 0,003^{ab}$
SY ort	15	$10,37 \pm 0,23^{A}$	$1,225 \pm 0,396^{B}$	$0,351 \pm 0,021^{B}$

[1] Sonuçlar kurumadde üzerinden düzeltilmiştir. Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen *un çeşidi* (UÇ), küçük harflerle italik gösterilen *un çeşidi* (UÇ) *x ikame oranı* (İKO) interaksiyonu ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır *($p<0,05$)*. Kontrol: ekmeklik un; MB1: mor buğday unu; MB2: %75 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB3: %50 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB4: %25 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP1: Spelt buğday unu; SP2: %75 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP3: %50 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP4: %25 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY1: Siyez buğday unu; SY2: %75 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY3: %50 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY4: %25 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu.

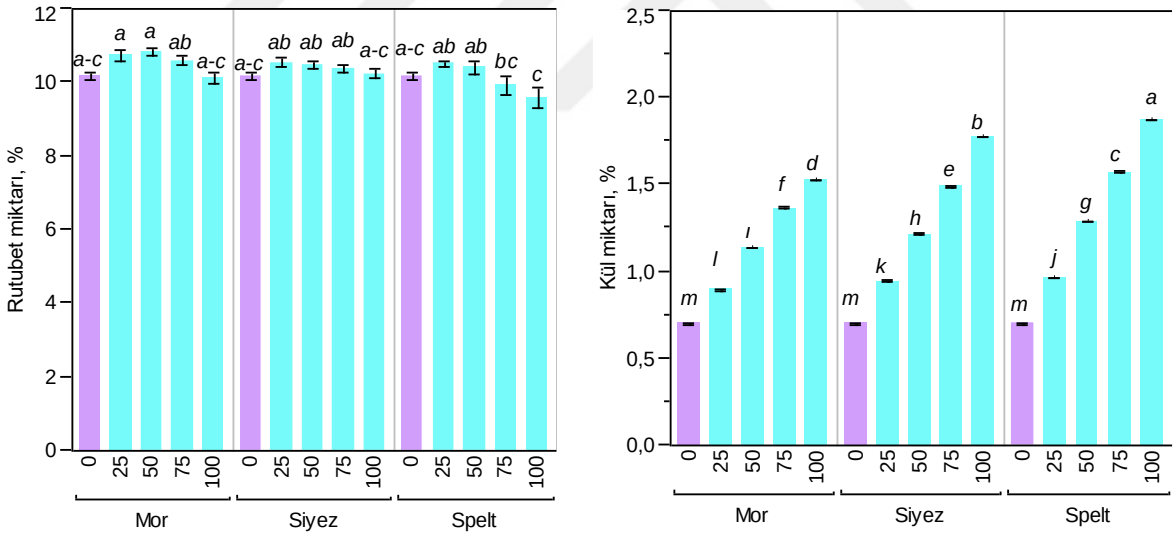
Örneklerin kül içerikleri mor buğday, Spelt buğdayı ve Siyez buğdayı unlarının ikame oranı arttıkça artmıştır. İkame oranı arttıkça rutubet miktarı ve su aktivitesi değerlerinde istatistiksel bir düşüş gözlemlenmiştir. Bu durum, mor, Spelt ve Siyez buğday unlarının, kontrol grubu olan standart undan daha büyük partikül boyutlarına sahip olmasıyla (yaklaşık 0.5 mm) açıklanabilir. Partikül boyutunun büyümesi, yüzey alanının küçülmesine ve malzemenin yapısında daha geniş boşlukların oluşmasına yol açar, bu da nem oranı ve dolayısıyla su aktivitesinin azalmasına sebep olur şeklinde değerlendirilmiştir. Çalışmada, unların ikame oranlarının artırılmasının rutubet miktarını ve su aktivitesi değerlerini azalttığı gözlemlenmiştir. Düşük rutubet miktarı ve su aktivitesi, ürünün mikrobiyal büyüme için

uygun ortamlar sunmasını engeller ve böylece mikrobiyal stabiliteyi artırır (Özay vd., 1993). Aynı zamanda, kimyasal reaksiyonların hızını yavaşlatarak ürünün kimyasal stabilitesini de iyileştirir. Bu durum, gıda güvenliği ve raf ömrünün uzatılması açısından önemlidir ve buğday unu bazlı ürünlerin kalite kontrolünde kritik bir parametre olarak kabul edilir (Elgün vd., 2012b).

Çizelge 4.4. Un örneklerinde ikame oranlarına ait rutubet miktarı, kül miktarı, su aktivitesi değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

İkame oranı %	n	Rutubet miktarı %	Kül miktarı[1] %	Su aktivitesi değeri a_w
0	9	10,18 ± 0,15^{b}	0,699 ± 0,002^{e}	0,386 ± 0,002^{a}
25	9	10,60 ± 0,22^{a}	0,933 ± 0,03^{0d}	0,368 ± 0,027^{b}
50	9	10,57 ± 0,28^{a}	1,211 ± 0,067^{c}	0,358 ± 0,025^{bc}
75	9	10,30 ± 0,40^{ab}	1,477 ± 0,090^{b}	0,350 ± 0,025^{c}
100	9	9,97 ± 0,43^{b}	1,725 ± 0,154^{a}	0,335 ± 0,029^{d}

Farklı harflerle işaretlenmiş aynı sütundaki ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$). [1] Sonuçlar kurumadde üzerinden düzeltilmiştir.



Şekil 4.1. Rutubet ve kül miktarı üzerinde etkili olan "*un çeşidi x ikame oranı*" interaksiyonları

Rutubet ve kül miktarları üzerinde etkili olan "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonları''* Çizelge 4.3 ve Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Spelt buğday unu en düşük (%9,57) rutubet miktarını içermiştir. Diğer unlarda ikame oranı artışı ile rutubet miktarı

önemli oranda değişmez iken %50 Spelt unu ikame oranının üzerinde azalma daha bariz olmuştur. En yüksek kül miktarı Spelt buğday ununda elde edilmiştir (%1,870). Çalışmada, aynı ikame oranlarında Spelt buğday ununun, mor ve Siyez buğday ununa göre kül miktarı değerleri istatistiki olarak daha yüksek bulunmuştur. Zielinski vd. (2008) Spelt buğday unlarında (%65-70 ekstraksiyon oranıyla) %0,43 ila %0,61 arasında kül içeriği tespit etmiştir. Bojnanská ve Francáková (2002) ise beş farklı Spelt buğday çeşidinde %1,79-2,36 arasında kül içeriği bulmuştur. Kohajdová ve Karovičová (2007) çalışmasında Spelt buğday ununun kül içeriği %2,21 olarak; Siyez tam buğday unu için %1,23-2,18 tespit etmiştir. Bu yüksek kül içeriği, bu buğday türlerinin makro ve mikro elementlerin zenginliğinden kaynaklanmaktadır (Zielinski vd., 2008; Kohajdová ve Karovičová, 2008).

4.1.2. Renk analizi

Mor, Spelt ve Siyez buğday unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ikame un örneklerinin L*, a* ve b* renk değerlerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.5' te verilmiştir. Unların L* değerleri 83,32-92,18; a* değerleri 0,7-2,83 ve b* değerleri 8,62-12,88 arasında değişim göstermiştir. L*, a* ve b* değerleri sırasıyla ortalama 87,37, 1,62 ve 10,82 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.5. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor, Spelt ve Siyez buğday unlarının ikamesi ile elde edilen unların L*, a*, b* renk değerleri analiz sonuçları

Un çeşidi	Örnek no	İkame oranı %	Tek	L*	a*	b*
Mor buğday unu	MB1	100	1	83,78	1,92	8,81
			2	83,80	1,88	8,62
			3	83,71	1,96	8,91
	MB2	75	1	84,12	1,87	9,03
			2	84,92	1,73	8,84
			3	84,83	1,69	8,85
	MB3	50	1	86,91	1,36	8,88
			2	86,71	1,45	9,14
			3	86,71	1,44	9,04
	MB4	25	1	89,12	1,05	9,55
			2	88,94	1,05	9,53
			3	89,24	1,06	9,41
	Kontrol	0	1	91,46	0,76	11,03
			2	92,08	0,70	11,08
			3	92,18	0,73	11,04

Spelt buğday unu	SP1	100	1	83,32	2,42	12,19
			2	83,67	2,22	11,84
			3	83,39	2,31	12,09
	SP2	75	1	85,24	1,97	11,22
			2	85,55	1,80	11,18
			3	85,41	1,97	11,30
	SP3	50	1	86,58	1,71	11,29
			2	86,62	1,74	11,30
			3	86,59	1,74	11,18
	SP4	25	1	88,44	1,38	11,23
			2	88,99	1,29	10,75
			3	89,24	1,28	10,71
	Kontrol	0	1	91,46	0,76	11,03
			2	92,08	0,70	11,08
			3	92,18	0,73	11,04
Siyez buğday unu	SY1	100	1	84,05	2,83	12,88
			2	84,51	2,68	12,53
			3	84,67	2,61	12,12
	SY2	75	1	85,50	2,47	12,05
			2	84,48	2,52	12,41
			3	85,69	2,39	12,06
	SY3	50	1	87,41	1,98	11,47
			2	87,37	2,02	11,51
			3	87,01	2,03	11,83
	SY4	25	1	89,59	1,44	11,01
			2	89,41	1,43	11,14
			3	88,96	1,55	11,34
	Kontrol	0	1	91,46	0,76	11,03
			2	92,08	0,70	11,08
			3	92,18	0,73	11,04
Minimum-maksimum				83,32-92,18	0,70-2,83	8,62-12,88
Ortalama				87,37	1,62	10,82

Tek: tekerrür; L*: parlaklık; a*: +kırmızı/-yeşil; b*: +sarı/-mavi; Kontrol: ekmeklik un; MB1: mor buğday unu; MB2: %75 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB3: %50 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB4: %25 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP1: Spelt buğday unu; SP2: %75 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP3: %50 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP4: %25 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY1: Siyez buğday unu; SY2: %75 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY3: %50 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY4: %25 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu

İkame un örneklerinin L*, a*, b* renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.6' da verilmiştir. L*, a*, b* renk değerleri üzerinde "*ikame oranı (İKO)",* çok önemli düzeyde etkili olurken (*p<0,01*), *"un çeşidi (UÇ)" ve "ikame oranı x un çeşidi interaksiyonu"* L* *değeri* üzerinde önemli (*p<0,05*), a* ve b* değerleri üzerinde ise çok önemli düzeyde (*p<0,01*) etkili olmuştur.

Çizelge 4.6. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor, Spelt ve Siyez buğday unlarının 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
Un çeşidi (UÇ)	2	1,464	0,732	6,888*	2	1,876	0,938	231,573**	2	43,130	21,565	742,147**
İkame oranı (İKO)	4	371,309	92,827	873,531**	4	14,220	3,555	877,568**	4	2,406	0,601	20,700**
UÇ *x* IKO	8	1,934	0,242	2,275*	8	0,658	0,082	20,292**	8	15,205	1,901	65,407**
Hata	30	3,188	0,106		30	0,122	0,004		30	0,872	0,029	
Toplam	44	377,895			44	16,876			44	61,613		

*: *p<0,05* düzeyinde önemli; ** *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 4.6'da verilen "*un çeşidi"* ve "*ikame oranı"* değişkenlerine ait L*, a*, b* renk değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma sonuçları sırasıyla Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8' de verilmiştir. Çalışmada Siyez ununun L* değeri diğer unlardan yüksek bulunmuştur (87,62). Siyez ununun kırmızı (a*) ve sarı (b*) renk değerleri de yüksektir (sırasıyla 1,88 ve 11,70). Mor buğday ununun a* ve b* değeri ise diğer unlara göre düşüktür (sırasıyla 1,38 ve 9,45). Siyez unundaki karotenoid miktarı, ekmeklik buğdaya kıyasla önemli ölçüde daha yüksektir. *Triticum* türlerinde sarı pigmentin büyük ölçüde luteinden (%90'dan fazla) kaynaklandığı bilinmektedir (Abdel-Aal vd., 2002; Hidalgo ve Brandolini, 2014). Siyez buğdayında lutein konsantrasyonu, ruşeymde (32,1 mg/kg), endospermde (6,3 mg/kg) ve kepekte (4,3 mg/kg) sırasıyla en yüksekten en düşüğe doğru değişmektedir (Gebruers vd, 2008). Siyez unda ortalama lutein içeriği 8,4-8,5 mg/kg arasında değişmektedir ve maksimum değer 13,64 mg/kg'a kadar çıkabilmektedir (Hidalgo vd, 2006).

Çizelge 4.7'de görüldüğü gibi mor buğday ununun ve Spelt buğdayı ununun L* değeri Siyez buğdayı ununa göre daha düşük iken; a* ve b* değerleri bakımından Siyez buğdayı unu daha yüksek değerlere sahip olmuştur.

Çizelge 4.7. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor, Spelt ve Siyez buğday unlarının 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*
MB1	3	83,76 ± 0,05^{fg}	1,92 ± 0,04^{cd}	8,78 ± 0,15^{f}
MB2	3	84,62 ± 0,44^{d-f}	1,76 ± 0,09^{d}	8,91 ± 0,11^{f}
MB3	3	86,78 ± 0,12^{c}	1,42 ± 0,05^{e}	9,02 ± 0,13^{ef}
MB4	3	89,10 ± 0,15^{b}	1,05 ± 0,01^{f}	9,50 ± 0,08^{e}
Kontrol	3	91,91 ± 0,39^{a}	0,73 ± 0,03^{g}	11,05 ± 0,03^{d}
MB ort	15	87,23 ± 3,09^{B}	1,38 ± 0,46^{C}	9,45 ± 0,87^{C}
SP1	3	83,46 ± 0,19^{g}	2,32 ± 0,10^{b}	12,04 ± 0,18^{ab}
SP2	3	85,40 ± 0,16^{d}	1,91 ± 0,10^{cd}	11,23 ± 0,06^{cd}
SP3	3	86,60 ±0,02^{c}	1,73 ± 0,02^{d}	11,26 ± 0,07^{cd}
SP4	3	88,89 ± 0,41^{b}	1,32 ± 0,06^{e}	10,90 ± 0,29^{d}
Kontrol	3	91,91 ± 0,39^{a}	0,73 ± 0,03^{g}	11,05 ± 0,03^{d}
SP ort	15	87,25 ± 3,03^{B}	1,60 ± 0,56^{B}	11,30 ± 0,43^{B}
SY1	3	84,41 ± 0,32^{e-g}	2,71 ± 0,11^{a}	12,51 ± 0,38^{a}
SY2	3	85,22 ± 0,65^{de}	2,46 ± 0,07^{b}	12,17 ± 0,21^{a}
SY3	3	87,26 ± 0,22^{c}	2,01 ± 0,03^{c}	11,60 ± 0,20^{bc}
SY4	3	89,32 ± 0,32^{b}	1,47 ± 0,07^{e}	11,16 ± 0,17^{cd}
Kontrol	3	91,91 ± 0,39^{a}	0,73 ± 0,03^{g}	11,05 ± 0,03^{d}
SY ort	15	87,62 ± 2,85^{A}	1,88 ± 0,74^{A}	11,70 ± 0,62 ^{A}

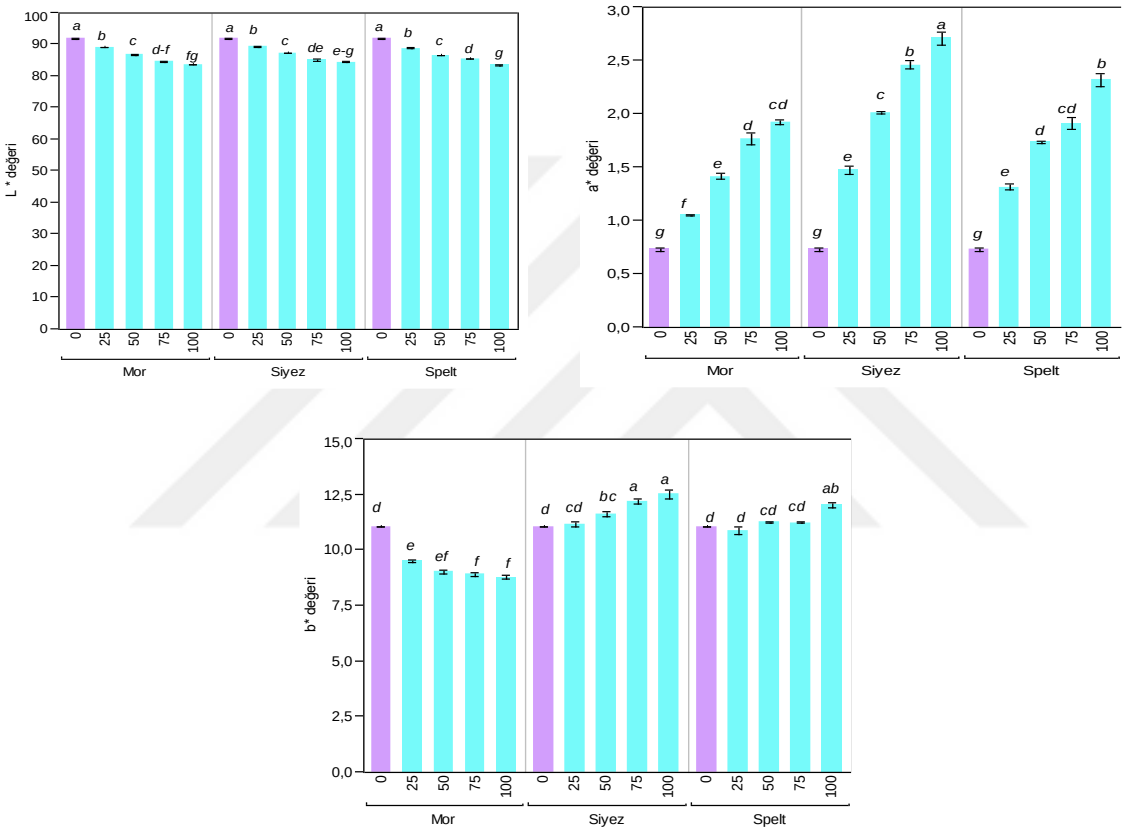
[1]Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen *un çeşidi* (UÇ), küçük italik harflerle gösterilen *un çeşidi* (UÇ) *x ikame oranı* (İKO) interaksiyonu ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır *(p<0,05*). ; Kontrol: ekmeklik un; MB1: mor buğday unu; MB2: %75 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB3: %50 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB4: %25 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP1: Spelt buğday unu; SP2: %75 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP3: %50 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP4: %25 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY1: Siyez buğday unu; SY2: %75 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY3: %50 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY4: %25 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu.

Çalışmada ikame oranı arttıkça un örneklerine ait L* değeri azalırken, a* ve b* değerleri artış göstermiştir. L* değerlerindeki bu azalmanın ikame oranının artmasıyla artan kepek tabakasındaki renk bileşenlerinin unun rengini koyulaştırması nedeniyledir. En yüksek L* değeri kontrol undan elde edilmiş olup en düşük %100 ikame oranından elde edilmiştir. a* ve b* değerleri için ise tam tersi olmuştur. L*, a* ve b* değerleri her bir ikame oranında istatistiki olarak birbirinden farklı bulunmuştur (*p<0,05*).

Çizelge 4.8. Un örneklerinde ikame oranlarına ait L*, a*, b* renk değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları[1]

İkame oranı	n	L*	a*	b*
0	9	91,91 ± 0,34^{a}	0,73 ± 0,03^{e}	11,05 ± 0,02^{a}
25	9	89,10 ± 0,33^{b}	1,28 ± 0,19^{d}	10,52 ± 0,79^{c}
50	9	86,88 ± 0,32^{c}	1,72 ± 0,26^{c}	10,63 ± 1,22^{bc}
75	9	85,08 ± 0,53^{d}	2,05 ± 0,33^{b}	10,77 ± 1,46^{b}
100	9	83,88 ± 0,46^{e}	2,31 ± 0,35^{a}	11,11 ± 1,77^{a}

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



Şekil 4.2. L*, a*, b* renk değerleri üzerinde etkili olan "*un çeşidi x ikame oranı*" interaksiyonları

L*, a*, b* renk değerleri üzerinde etkili olan "*un çeşidi x ikame oranı*" interaksiyonları Çizelge 4.7. ve Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Çalışmada %25 ikame Siyez buğday, mor buğday ve Spelt buğday unlarından (SY4, MB4 ve SP4) en yüksek ve kontrol una yakın L* değeri elde edilmiştir (sırasıyla 89,32; 89,10 ve 88,89). %100 ikame Spelt, mor ve Siyez buğday unlarının (SP1, MB1 ve SY1) sırasıyla 83,46; 83,76 ve 84,41 değerleri ile L* değerleri ise en düşüktür. Spelt ve Siyez buğday ikame oranı arttıkça a* ve b*değeri her ikame oranında istatistiki olarak farklı oranda artmıştır. Mor buğday ilavesi ile a* değeri

artarken b* değerlerinin azaldığı görülmüştür. Bu durum mor buğday ununun içerdiği renk bileşikleri nedeniyledir. Mor buğday unu, yüksek yoğunluklu tannin (25,6 mg CE /100 g), toplam fenolik bileşikler (25,3 mg kateşin eşdeğeri/100 g) ve antosiyanin (197,4 mg/100 g) içerdiği tespit edilmiştir (Kasseng, 2018). Verilen çalışmada, örneklerin renk içerikleri, içerdikleri biyoaktif bileşiklerin yansıması olarak değerlendirilmiştir.

4.1.3. Protein oranı, yaş gluten miktarı ve makro-SDS sedimantasyon (MSDS) değeri

Mor, Spelt ve Siyez buğday unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ikame un örneklerine ait protein oranı, yaş gluten miktarı ve makro-SDS sedimantasyon değeri analiz sonuçları Çizelge 4.9'da verilmiştir. Mor, Spelt ve Siyez buğday unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ikame un örneklerine ait protein oranı; %11,03-13,95, yaş gluten miktarı; %22,37-31,37 makro-SDS sedimantasyon değerleri; 16,0-58,0 ml arasında değişim göstermiş, protein oranı ortalama %12,25, yaş gluten miktarı ortalama %25,54, makro-SDS sedimantasyon değeri ortalama 31,8 ml olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.9. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor, Spelt ve Siyez buğday unlarının ikamesi ile elde edilen unların protein oranı, yaş gluten miktarı ve makro-SDS sedimantasyon değeri analiz sonuçları

Un çeşidi	Örnek no	İkame oranı %	Tek	Protein oranı[1] %	Yaş gluten miktarı[1] %	Makro-SDS sedimantasyon değeri[2] ml
Mor buğday unu	MB1	100	1	12,75	23,77	16,0
			2	12,83	25,01	17,0
			3	12,58	22,66	18,0
	MB2	75	1	12,16	24,97	21,0
			2	12,25	24,10	23,0
			3	11,98	23,65	24,0
	MB3	50	1	11,44	23,25	34,0
			2	11,83	24,99	33,0
			3	12,18	24,60	33,0
	MB4	25	1	11,16	22,97	42,0
			2	11,66	24,64	40,0
			3	11,15	22,37	41,0
	Kontrol	0	1	11,40	23,96	58,0
			2	11,27	23,40	57,0

			3	11,03	23,04	54,0
Spelt buğday unu	SP1	100	1	13,81	31,37	20,0
			2	13,95	28,52	18,0
			3	13,61	30,97	20,0
	SP2	75	1	13,40	28,98	20,0
			2	13,29	26,78	27,0
			3	12,98	28,43	21,0
	SP3	50	1	12,06	27,11	30,0
			2	12,26	26,92	29,0
			3	12,48	26,86	29,0
	SP4	25	1	12,02	24,77	44,0
			2	11,66	25,39	42,0
			3	11,58	23,87	44,0
	Kontrol	0	1	11,40	23,96	58,0
			2	11,27	23,40	57,0
			3	11,03	23,04	54,0
Siyez buğday unu	SY1	100	1	13,14	27,90	22,0
			2	12,92	28,82	23,0
			3	12,93	27,84	22,0
	SY2	75	1	12,71	26,97	29,0
			2	12,47	26,48	29,0
			3	12,49	26,86	30,0
	SY3	50	1	11,86	24,45	33,0
			2	11,88	24,61	36,0
			3	12,28	25,73	36,0
	SY4	25	1	11,56	22,90	43,0
			2	11,64	22,93	42,0
			3	11,24	23,06	42,0
	Kontrol	0	1	11,40	23,96	58,0
			2	11,27	23,40	57,0
			3	11,03	23,04	54,0
Minimum-maksimum				11,03-13,95	22,37-31,37	16,0-58,0
Ortalama				12,25	25,54	31,8

[1] Sonuçlar kurumadde üzerinden düzeltilmiştir. [2] %14 rutubete göre düzeltilmiştir. Kontrol: ekmeklik un; MB1: mor buğday unu; MB2: %75 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB3: %50 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB4: %25 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP1: Spelt buğday unu; SP2: %75 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP3: %50 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP4: %25 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY1: Siyez buğday unu; SY2: %75 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY3: %50 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY4: %25 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu.

İkame un örneklerine ait protein oranı, yaş gluten miktarı ve makro-SDS sedimantasyon değeri varyans analiz sonuçları Çizelge 4.10' da verilmiştir. "*İkame oranı"*, "*un çeşidi",* "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu''* protein oranı, yaş gluten miktarı ve sedimantasyon hacmi değerleri üzerinde çok önemli düzeyde etkili bulunmuştur ($p<0,01$).

Çizelge 4.10. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor, Spelt ve Siyez buğday unlarının ikamesi ile elde edilen unların protein oranı, yaş gluten ve makro-SDS sedimantasyon değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	Protein Oranı, %				Yaş gluten miktarı, %			
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
Un çeşidi (UÇ)	2	2,87	1,43	31,97	2	61,60492	30,802	46,91**
İkame oranı	4	22,70	5,68	126,5	4	105,4500	26,363	40,15**
UÇ *x* IKO	8	1,40	0,17	3,89**	8	43,1739	5,397	8,22**
Hata	30	1,35	0,04		30	19,69753	0,657	
Toplam	44	28,31			44	229,9264		

VK	Makro-SDS sedimantasyon değeri, ml			
	SD	KT	KO	F
Un çeşidi (UÇ)	2	86,1778	43,089	16,5726**
İkame oranı (İKO)	4	7685,5556	1921,389	738,9957**
UÇ *x* IKO	8	104,7111	13,089	5,0342**
Hata	30	78,000	2,600	
Toplam	44	7954,444		

*: *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 *p<0,01* düzeyinde önemli çıkan "*un çeşidi"* ve "*ikame oranı"* değişkenlerine ait protein oranı, yaş gluten ve makro-SDS sedimantasyon değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları sırasıyla Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12'de verilmiştir. Çalışmada Spelt ununun protein oranı en yüksek (%12,45, k.m.), mor buğday unu en düşük (%11,84, k.m.) protein oranına sahiptir. Siyez ununun ortalama protein oranı Spelt ununun hemen altındadır (%12,05, k.m.). Abdel-Aal 2008, Spelt buğdayının ortalama 15.4 g/100 g (k.m.) olduğunu belirtmişlerdir. Borghi vd. (1996), İtalya ve Almanya'da yetiştirilen 25 farklı Siyez (*Triticum monococcum ssp. monococcum*) buğdayında protein içeriğini %13,2 - 22,8 arasında bulmuşlar ve ekmeklik buğdaydan daha yüksek miktarda olduğunu ifade etmişlerdir (%10,8-13,3). Kumari vd. (2020), mor buğday unu ile beyaz buğday ununun protein içeriklerini karşılaştırmıştır. Bulgulara göre, beyaz buğday ununun protein oranı %9,93 iken, mor buğday ununun protein oranı %11,01 olarak belirlenmiştir. Araştırmacılar, yüksek protein içeriğinin buğdayın piyasa değerini artırdığını ve bu nedenle tercih edilen bir özellik olduğunu vurgulamışlardır. Modern buğday türleri (*Triticum aestivum*), ilkel buğday çeşitlerine kıyasla daha düşük protein içeriğine sahiptir. Bunun sebebi, modern buğdayların tanesinin daha iri ve nişasta bakımından zengin bir endosperme sahip olmasıdır. Ayrıca, modern buğday tanesinin, protein açısından zengin olan kepeği

içermemesi de protein oranının düşük olmasına neden olur. Bu durum, tahılın yapısındaki temel farklılıklarla açıklanabilir (Arzani ve Ashraf, 2017; Akar vd, 2019). Ficco vd. (2016) yaptıkları çalışmada mor makarnalık buğdayın protein oranını %13,82 olarak ölçmüşlerdir. Kasseng (2018), Etiyopya'daki mor buğdayın ham protein içeriğini %8,53 olarak saptamıştır. Sramkova vd. (2009), bu oranın buğday ununda %10 ile %18 arasında değişebileceğini belirtmiştir. Protein içeriğindeki bu değişkenliğin, coğrafi konumun yanı sıra, düşük nitrojen içerikli toprakların da protein seviyesini etkileyebileceğini, bunun da toprak verimliliğinin önemini ortaya koyduğunu belirtmiştir. Diğer bazı araştırmalarda, mor buğday ununun protein içeriği şöyle bulunmuştur: Gamel vd. 2019'da %10,3, Saini vd. 2020'de yine %10,3, ve Abdel-Aal vd. (2018) ise %11,5 olarak tespit etmişlerdir.

Yaş Öz (Gluten), buğdayın protein bileşenlerinden gliadin ve glutenin su alarak şişmesiyle oluşan elastik bir maddedir. Yaş Öz (Gluten), buğday ununun önemli bir bileşenidir ve hamurun temel yapı taşını oluşturur. Maya tarafından üretilen gazın etkisiyle şişer ve hamurun kabarmasını sağlar. Protein miktarı un içinde bulunan toplam azotla ilişkilidir, ancak protein kalitesi glutenin karakteriyle ilgilidir. Unların protein kalitesini belirlemek için en pratik ve kolay yöntemlerden biri yaş gluten tayinidir (Elgün vd., 2005). Çalışmada yaş gluten miktarında da protein oranına benzer sonuçlar elde edilmiş, yine en yüksek yaş gluten miktarı Spelt ununda (%26,69, k.m.) ve en düşük mor buğday ununda (%23,83, k.m.) olarak bulunmuştur.

Buğday kalitesini belirlemede önemli bir veri, belirli un verimi ve irilikteki un partiküllerinin sulu zayıf asitlerde su alıp şişmesi ve belirli sürede çökmeleri sonucu oluşan hacim değerlerinin ölçülmesi esasına dayanan sedimantasyon testidir (Elgün vd., 2005). Seçkin (1995) çalışmasında sedimentasyon değerinin, glutenin kalitesi ve miktarıyla doğrudan ilişkili olduğunu belirtmiştir. Buna göre tahılın kepeğinde ve özellikle alöron tabakasında bulunan proteinlerin düşük kalitede olması, unun bu tabakalarla karıştırılması sonucu un veriminin, protein ve kül içeriğinin artmasına neden olmaktadır. Ancak, bu durum aynı zamanda unun protein kalitesini de olumsuz etkilemektedir (Karaduman vd., 2024). Çalışmada genel olarak tüm unların sedimantasyon değeri yüksek değildir. Sedimantasyon değerlerine göre unların gluten kalitesi orta olarak değerlendirilebilir (Karaduman, 2020; Guzman vd., 2016). Çalışmada Siyez ununun makro-SDS sedimantasyon değeri ortalaması

diğer unların üzerinde (*p<0,01*) bulunmuştur (37,1 ml). Brandolini vd. (2008), Türkiye'den topladıkları Siyez buğdaylarının sedimantasyon değerlerinin 15 ml ile 33 ml arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Ayrıca, İtalya ve Almanya'dan toplanan 25 farklı *Triticum monococcum* Siyez örneklerinin protein içeriği (%13,2 ile 22,8), ekmeklik buğdaydan (%10,8-13,3) daha yüksek bulunurken, sedimantasyon değerinin 11 ml ile 93 ml arasında değiştiği ve ortalama olarak 50 ml olduğu belirtilmiştir (Borghi vd., 1996).

Çizelge 4.11. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor, Spelt ve Siyez buğday unlarının ikame edilmesi ile elde edilen unlara ait protein oranı, yaş gluten miktarı ve makro-SDS sedimantasyon ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

Un çeşidi	n	Protein oranı[1] %	Yaş gluten miktarı[1] %	Makro-SDS sedimantasyon değeri[2], ml
MB1	3	12,72 ± 0,13^{b-d}	23,81 ± 1,18^{d}	17,0 ± 1,0^{f}
MB2	3	12,13 ± 0,14^{d-f}	24,24 ± 0,67^{d}	22,7 ± 1,5^{e}
MB3	3	11,82 ± 0,37^{f-h}	24,28 ± 0,91^{d}	33,3 ± 0,6^{cd}
MB4	3	11,32 ± 0,29 ^{h}	23,33 ±1,18^{d}	41,0±1,0^{b}
Kontrol	3	11,23 ± 0,19 ^{h}	23,47 ± 0,46^{d}	56,3±2,1^{a}
MB ort	15	11,84 ± 0,60^{C}	23,83± 0,88^{C}	34,1 ± 14,4^{B}
SP1	3	13,79 ± 0,17^{a}	30,29 ±1,54^{a}	19,33 ± 1,2^{ef}
SP2	3	13,22 ± 0,22^{ab}	28,06 ± 1,14^{ab}	22,7 ± 3,8^{e}
SP3	3	12,27 ± 0,21^{d-f}	26,96 ± 0,13^{bc}	29,3 ± 0,6^{d}
SP4	3	11,75 ± 0,23^{f-h}	24,68 ±0,76^{cd}	43,3 ± 1,2^{b}
Kontrol	3	11,23 ± 0,19^{h}	23,47 ± 0,46^{d}	56,3 ± 2,1^{a}
SP ort	15	12,45 ± 0,99^{A}	26,69 ± 2,63^{A}	34,2 ± 14,4^{B}
SY1	3	13,00 ± 0,12^{bc}	28,19 ± 0,55^{ab}	22,3 ± 0,6^{e}
SY2	3	12,56 ± 0,13^{c-e}	26,77 ± 0,26^{bc}	29,3 ± 0,6^{d}
SY3	3	12,01 ± 0,24^{e-g}	24,93 ± 0,70^{cd}	35,0 ± 1,7^{c}
SY4	3	11,48 ± 0,21^{gh}	22,96 ± 0,09^{d}	42,3 ± 0,6^{b}
Kontrol	3	11,23 ± 0,19^{h}	23,47 ± 0,46^{d}	56,3 ± 2,1^{a}
SY ort	15	12,05 ± 0,70^{B}	25,26 ± 2,08^{B}	37,1 ± 12,1^{A}

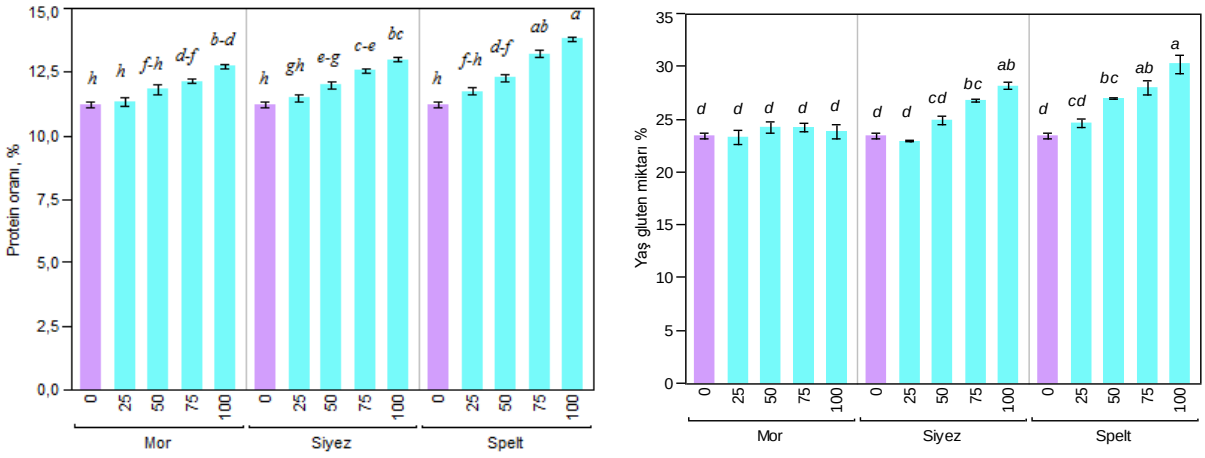
[1] Sonuçlar kurumadde üzerinden düzeltilmiştir. [2] %14 rutubete göre düzeltilmiştir. Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen "*un çeşidi"*, küçük harflerle gösterilen "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu"* ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır *(p<0,05*). Kontrol: ekmeklik un; MB1: mor buğday unu; MB2: %75 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB3: %50 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB4: %25 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP1: Spelt buğday unu; SP2: %75 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP3: %50 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP4: %25 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY1: Siyez buğday unu; SY2: %75 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY3: %50 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY4: %25 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu.

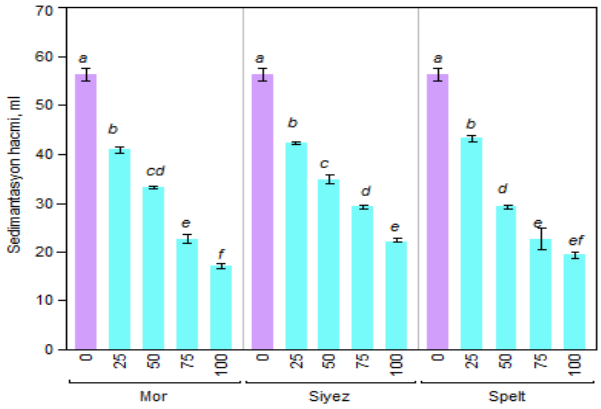
Çalışmada elde edilen verilere göre unun ikame edilme oranı arttıkça protein değerleri de artmaktadır (11,23-13,17). Mor, Spelt ve Siyez buğday unları, daha yüksek miktarlarda protein içerdikleri için, ikame oranı arttıkça bu değerlerde istatistiksel olarak anlamlı bir artış gözlemlenmiştir. İkame oranı %100 olduğunda bu değerler en yüksek seviyeye ulaşırken, kontrol grubu olan standart unda ise en düşük seviyeler tespit edilmiştir. Çalışmada yine ikame unu arttıkça makro-sedimantasyon değeri her ikame oranında istatistiki olarak birbirinden farklı olacak şekilde ($p<0,01$) azalmış; 55,0 ml'den %100 ikame oranında 20,0 ml'nin altına düşmüştür. İkame oranı artışı ile ortama ilave olan kepek tabakasının gluten ile oluşturdukları interaksiyon ile gluten kalitesi zayıflamıştır (Gomez vd., 2020).

Çizelge 4.12. Un örneklerinde ikame oranlarına ait protein oranı, yaş gluten miktarı ve makro SDS sedimantasyon değeri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

İkame oranı %	n	Protein oranı %	Yaş gluten miktarı %	Makro-SDS sedimantasyon değeri ml
0	9	11,23 ± 0,16^{d}	23,47 ± 0,40^{c}	56,33 ± 1,80^{a}
25	9	11,52 ± 0,29^{d}	23,66 ± 1,05^{c}	42,22 ± 1,30^{b}
50	9	12,03 ± 0,31^{c}	25,39 ± 1,34^{b}	32,56 ± 2,70^{c}
75	9	12,64 ± 0,50^{b}	26,36 ± 1,81^{ab}	24,89 ± 3,92^{d}
100	9	13,17 ± 0,50^{a}	27,43 ± 3,03^{a}	19,56 ± 2,46^{e}

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





Şekil 4.3. Protein oranı, yaş gluten miktarı, makro-SDS sedimantasyon değerleri üzerinde etkili olan "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonları*"

Protein oranı, yaş gluten ve makro-SDS sedimantasyon değerleri üzerinde etkili olan "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonları''* Çizelge 4.11 ve Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Sedimantasyon değerlerine bakıldığında üç unun da %25 ikame oranında sedimantasyon değerleri 40,0 ml'nin üzerinde iken; %50 ikame oranında Siyez ve mor buğday unlarının 35,0 ml ve 33,3 ml olur iken, Spelt ununun 29,3 ml'ye düşmüştür. %75 ikame oranları için yine Siyez ununun sedimantasyon değeri 30 ml'ye yakın iken diğer iki unda 22,7 ml gibi düşük değerde kalmıştır. Siyez ve Spelt unlarının ikame oranları arttıkça yaş gluten miktarı artmış ancak, mor buğday ununun ikame oranı artışı yaş gluten üzerinde etkili olmamıştır. Kasseng'in (2018) çalışmasına göre, mor buğday unu ekmeklik buğday ununa göre düşük gluten içeriğine sahiptir. Bu nedenle mor buğday unu ile üretilecek ekmeklerde farklı katkı maddeleri ve fermantasyon süreleri denemeleri yapılması gerektiği belirtilmiştir. Sramkova vd, (2009) da yaptığı çalışmada mor buğday ununun yaş gluten içeriğini %25 olarak bulmuştur.

4.1.4. Solvent tutma kapasitesi analizi

Mor buğday, Spelt buğdayı ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ikame un örneklerine ait solvent tutma kapasitesi (STK) analiz sonuçları Çizelge 4.13'te verilmiştir. Unların STK laktik asit değerleri %78,05-102,35; STK su değerleri %66,57-95,32; STK sakkaroz değerleri %80,54-120,95; STK sodyum karbonat değerleri %78,68-108,53; gluten performans indeks (GPI) değeri 0,43-

0,57; glutenin şişme indeksi (GSI) 3,04-3,41 arasında değişim göstermiştir. STK laktik asit, su, sakkaroz, sodyum, GPI ve GSI değerleri sırasıyla ortalama %89,09, %76,85, %98,18, %87,40, 0,48 ve 3,23 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.13. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor buğday, Spelt buğdayı ve Siyez buğdayı unu ikamesi ile elde edilen unların solvent tutma kapasitesi değerleri analiz sonuçları[1]

Un	Örnek	IKO	Tek	STK	STK su	STK	STK	GPI	GSI
Mor buğday unu	MB1	100	1	79,05	75,44	96,58	86,91	0,431	3,12
			2	79,08	73,89	96,74	86,58	0,431	3,08
			3	78,90	75,02	94,49	87,73	0,433	3,13
	MB2	75	1	78,05	70,75	92,47	83,13	0,444	3,07
			2	78,67	73,55	91,63	82,80	0,451	3,07
			3	78,12	73,01	93,11	83,65	0,442	3,05
	MB3	50	1	80,38	69,44	80,54	80,57	0,499	3,21
			2	79,24	72,28	90,49	81,61	0,460	3,21
			3	80,13	72,61	91,39	81,00	0,465	3,16
	MB4	25	1	87,74	71,67	89,35	79,00	0,521	3,34
			2	87,36	71,58	90,19	78,85	0,517	3,32
			3	85,37	72,24	90,02	78,68	0,506	3,35
	Kontrol	0	1	91,71	66,57	88,89	80,40	0,542	3,33
			2	95,62	66,84	88,38	79,16	0,571	3,29
			3	96,67	67,45	89,71	79,91	0,570	3,39
Spelt buğday unu	SP1	100	1	98,93	94,65	119,54	108,41	0,434	3,28
			2	102,35	93,20	120,03	108,53	0,448	3,41
			3	101,31	95,32	120,95	108,02	0,442	3,29
	SP2	75	1	94,67	88,49	111,45	101,20	0,445	3,17
			2	94,10	86,97	111,40	101,11	0,443	3,14
			3	97,04	86,55	111,97	100,47	0,457	3,16
	SP3	50	1	87,53	81,26	104,37	93,12	0,443	3,21
			2	87,24	82,50	104,71	92,49	0,442	3,14
			3	87,29	82,29	111,50	92,42	0,428	3,24
	SP4	25	1	83,19	72,88	95,63	82,15	0,468	3,32
			2	81,74	73,01	95,01	82,84	0,460	3,41
			3	83,99	73,02	95,71	83,85	0,468	3,25
	Kontrol	0	1	91,71	66,57	88,89	80,40	0,542	3,33
			2	95,62	66,84	88,38	79,16	0,571	3,29
			3	96,67	67,45	89,71	79,91	0,570	3,39
Siyez buğday unu	SY1	100	1	94,38	87,02	106,54	93,96	0,471	3,18
			2	94,72	88,14	107,15	95,97	0,466	3,20
			3	95,07	86,64	107,94	96,15	0,466	3,20
	SY2	75	1	91,88	82,52	102,91	90,40	0,475	3,04
			2	91,58	82,30	103,49	90,99	0,471	3,08
			3	91,02	82,08	103,13	90,88	0,469	3,10
	SY3	50	1	85,26	78,40	100,03	85,90	0,459	3,14
			2	85,61	78,21	99,05	86,60	0,461	3,17

			3	90,24	79,06	96,76	86,71	0,492	3,08
	SY4	25	1	87,23	75,35	97,75	82,57	0,484	3,38
			2	91,18	77,06	97,22	85,85	0,498	3,31
			3	87,17	77,14	95,95	83,41	0,486	3,38
	Kontrol	0	1	91,71	66,57	88,89	80,40	0,542	3,33
			2	95,62	66,84	88,38	79,16	0,571	3,29
			3	96,67	67,45	89,71	79,91	0,570	3,39
Minimum-				78,05-	66,57-	80,54-	78,68-	0,43-	3,04-
Ortalama				89,09	76,85	98,18	87,40	0,48	3,23

[1]%14 rutubet esasına göre düzeltilerek verilmiştir. Kontrol: ekmeklik un; MB1: mor buğday unu; MB2: %75 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB3: %50 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB4: %25 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP1: Spelt buğday unu; SP2: %75 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP3: %50 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP4: %25 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY1: Siyez buğday unu; SY2: %75 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY3: %50 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY4: %25 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu.; STK: solvent tutma kapasitesi; GPI: gluten performans indeks $LASRC/((SacSRC + SodSRC))$; GSI: Glutenin şişme indeksi

Mor, Spelt ve Siyez buğday ununun kontrol ununa ikamesi ile elde edilen un örneklerine ait STK değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.14 ve Çizelge 4.15' te verilmiştir. Tüm özelllikler üzerinde "*un çeşidi (UÇ)"*, "*ikame oranı (İKO*)" ve "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*" çok önemli düzeyde etkili olmuştur (*p<0,01)*.

Çizelge 4.14. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor buğday, Spelt buğdayı ve Siyez buğdayı ununun katılması ile elde edilen ikame unların STK laktik asit, su, sakkaroz, sodyum karbonat değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	STK laktik asit				STK su			
	S	KT	KO	F	S	KT	KO	F
İkame oranı	2	649,454	324,727	113,948	2	704,896	352,448	278,640
Un çeşidi (UÇ)	4	586,621	146,655	51,462*	4	1811,273	452,818	357,991
UÇ *x* IKO	8	744,900	93,113	32,674*	8	461,754	57,719	45,632*
Hata	30	85,493	2,85		30	37,947	1,265	
Toplam	44	2066,46			44	3015,869		
VK	STK sakkaroz				STK sodyum karbonat			
	S	KT	KO	F	S	KT	KO	F
İkame oranı	2	1419,38	709,693	174,183	2	898,074	449,037	865,218
Un çeşidi (UÇ)	4	1900,70	475,177	116,625	4	1768,038	442,010	851,678
UÇ *x* IKO	8	671,352	83,919	20,597*	8	511,775	63,972	123,263
Hata	30	122,232	4,074		30	15,570	0,519	
Toplam	44	4113,67			44	3193,457		

*: *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 mor buğday, Spelt buğdayı ve Siyez buğdayı ununun 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
Un çeşidi (UÇ)	2	0,004	0,002	12,682**	2	0,032	0,016	8,256**
İkame oranı (İKO)	4	0,077	0,019	131,879**	4	0,401	0,100	52,158**
UÇ x IKO	8	0,007	0,001	5,617**	8	0,066	0,008	4,263**
Hata	30	0,004	0,000		30	0,058	0,002	
Toplam	44	0,092			44	0,556		

*: *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. STK testleri, az miktarda numune ve daha az malzemeyle hızlı sonuçlar veren ekonomik bir yöntemdir (Karaduman, 2020). STK testi, buğday ununun içindeki hasar görmüş nişasta, gluten proteini (glutenin ve gliadin) ve arabinoksilan (pentosan) gibi temel polimerik bileşenlerin su tutma kapasitelerini ölçen bir yöntemdir. Bu bileşenlerin suyla etkileşimini ve buğday ununun fonksiyonel özelliklerini anlamamıza yardımcı olur (Kweon vd., 2011). Solvent tutma kapasitesi (STK) testleri ve STK laktik asit değerinin STK sakkaroz ve sodyum karbonat toplamına bölünmesi ile elde edilen gluten performans indeksi (GPI) unların gluten kalitesinin belirlenmesinde etkili bir yöntemdir (Kweon vd., 2011). Çalışmamızda, STK değerleri üzerinden GPI değerleri hesaplanmış ve ayrıca hamurların viskoelastik yapısını ortaya çıkaran gluten elastikiyeti ile ilişkili olan glutenin proteinlerinin şişme gücü (GSI değeri) de belirlenmiştir. Çizelge 4.16' da görüldüğü üzere çalışmada Spelt ununun solvent tutma kapasitesi (STK) değerleri mor ve Siyez buğday ununa göre daha yüksek bulunmuştur. Siyez ununda STK değerleri Spelt ununun hemen altındadır. Spelt ve Siyez ununun STK değerlerinin mor buğday ununa göre istatistiki olarak daha yüksek bulunmasının nedeni daha yüksek lif içeriği ve protein oranına sahip olmaları ile suyun bu bileşenler tarafından tutulmasına bağlanmıştır (Zhou vd., 2021). Gluten performans indeksi değeri bakımından ise daha düşük değerlere sahip olmuştur. STK laktik asit değeri gluten gücü ile ilişkilidir. Spelt ve Siyez unlarının STK laktik asit değerleri daha yüksektir (%91,29 ve %92,23). Siyez ununun yine gluten gücü ile ilgili sedimantasyon değerleri de daha yüksek elde edilmiştir. Spelt ununun GPI değeri en düşük, GSI değeri en yüksektir. Bu değişkenlik solvent tutma kapasitesi testlerinin daha çok rafine beyaz unlar

için uygun olduğunu göstermiştir. Kepek tabakası ortama karıştığında lifli bileşenler un bileşenleri ile interaksiyon oluşturmakta aynı zamanda solventleri tutma özellikleri ile değerlerde değişkenliklere neden olabilmektedir.

Çalışmada ikame oranı arttıkça STK su, sakkaroz ve sodyum karbonat artmıştır. Ancak kontrol ununa ikame oranı arttıkça gluten seyrelmesine bağlı olarak gluten gücü ile ilişkili STK laktik asit, GPI ve GSI değerleri azalmıştır. Özellikle %25 ikame oranından sonra GPI ve GSI değerlerindeki azalma daha barizdir. Bu durum, ikame unlardan elde edilecek ekmeklerin gluten özelliklerindeki bozulmaya bağlı olarak ürün özelliklerinin olumsuz etkilenebileceğini göstermektedir.

Çizelge 4.16. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor, Spelt ve Siyez buğday 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
MB1	3	79,01 ± 0,10^{e}	74,78 ± 0,80^{fg}	95,94 ± 1,26^{ef}	87,07 ± 0,59^{e}	0,430 ± 0,000^{f}	3,11 ± 0,03^{cd}
MB2	3	78,28 ± 0,34^{e}	72,44 ± 1,49^{g}	92,40 ± 0,74^{fgh}	83,19 ± 0,43^{fg}	0,443 ± 0,006^{d-f}	3,06 ± 0,01^{d}
MB3	3	79,92 ± 0,60^{e}	71,44 ± 1,74^{g}	87,47 ± 6,02^{h}	81,06 ± 0,52^{gh}	0,473 ± 0,023^{cd}	3,19 ± 0,03^{cd}
MB4	3	86,82 ± 1,27^{cd}	71,83 ± 0,3^{g}	89,85 ± 0,44^{gh}	78,84 ± 0,16^{ı}	0,517 ± 0,006^{b}	3,34 ± 0,02^{a}
Kontrol	3	94,67 ± 2,61^{b}	66,95 ± 0,45^{h}	88,99 ± 0,67^{h}	79,82 ± 0,62^{hı}	0,560 ± 0,017^{a}	3,34 ± 0,05^{a}
MB ort	15	83,74 ± 6,57^{B}	71,49 ± 2,80^{C}	90,93 ± 3,88^{C}	82,00 ± 3,06^{C}	0,485 ± 0,051^{A}	3,21 ± 0,12^{B}
SP1	3	100,86 ± 1,75^{a}	94,39 ± 1,08^{a}	120,17 ± 0,72^{a}	108,32 ± 0,27^{a}	0,440 ± 0,010^{d-f}	3,33 ± 0,07^{ab}
SP2	3	95,27 ± 1,56^{b}	87,34 ± 1,02^{b}	111,61 ± 0,32^{b}	100,93 ± 0,40^{b}	0,450 ± 0,010^{d-f}	3,16 ± 0,02^{cd}
SP3	3	87,35 ± 0,16^{cd}	82,02 ± 0,66^{d}	106,86 ± 4,02^{bc}	92,68 ± 0,39^{d}	0,437 ± 0,006^{e-f}	3,20 ± 0,05^{bc}
SP4	3	82,97 ± 1,14^{de}	72,97 ± 0,08^{g}	95,45 ± 0,38^{efg}	82,95 ± 0,86^{fg}	0,467 ± 0,006^{c-e}	3,33 ± 0,08^{ab}
Kontrol	3	94,67 ± 2,61^{b}	66,95 ± 0,45^{h}	88,99 ± 0,67^{h}	79,8 ± 0,62^{hı}	0,560 ± 0,017^{a}	3,34 ± 0,05^{a}
SP ort	15	92,23 ± 6,68^{A}	80,73 ± 10,18^{A}	104,62 ± 11,67^{A}	92,94 ± 11,08^{A}	0,471 ± 0,048^{B}	3,27 ± 0,09^{A}
SY1	3	94,72 ± 0,35^{b}	87,27 ± 0,78^{bc}	107,21± 0,70^{bc}	95,36 ± 1,22^{c}	0,470 ± 0,000^{c-e}	3,19 ± 0,01^{cd}
SY2	3	91,49 ± 0,44^{bc}	83,91 ± 2,80^{cd}	103,18 ± 0,29^{cd}	90,76 ±0,31^{d}	0,473 ± 0,006^{cd}	3,07 ± 0,03^{cd}
SY3	3	87,04 ± 2,78^{cd}	78,56 ± 0,45^{e}	98,61 ± 1,68^{de}	86,40 ± 0,44^{e}	0,470 ± 0,017^{c-e}	3,13 ± 0,05^{cd}
SY4	3	88,53 ± 2,30^{c}	76,52 ± 1,01^{ef}	96,97 ± 0,93^{ef}	83,94 ± 1,70^{f}	0,490 ± 0,010^{bc}	3,36 ± 0,04^{a}
Kontrol	3	94,67 ± 2,61^{b}	66,95 ± 0,45^{h}	88,99 ± 0,67^{h}	79,82 ± 0,62^{hı}	0,560 ± 0,017^{a}	3,34 ± 0,05^{a}
SY ort	15	91,29 ± 3,66^{A}	78,64 ± 7,32^{B}	98,99 ± 6,42^{B}	87,26 ± 5,64^{B}	0,493 ± 0,037^{A}	3,22 ± 0,12^{B}

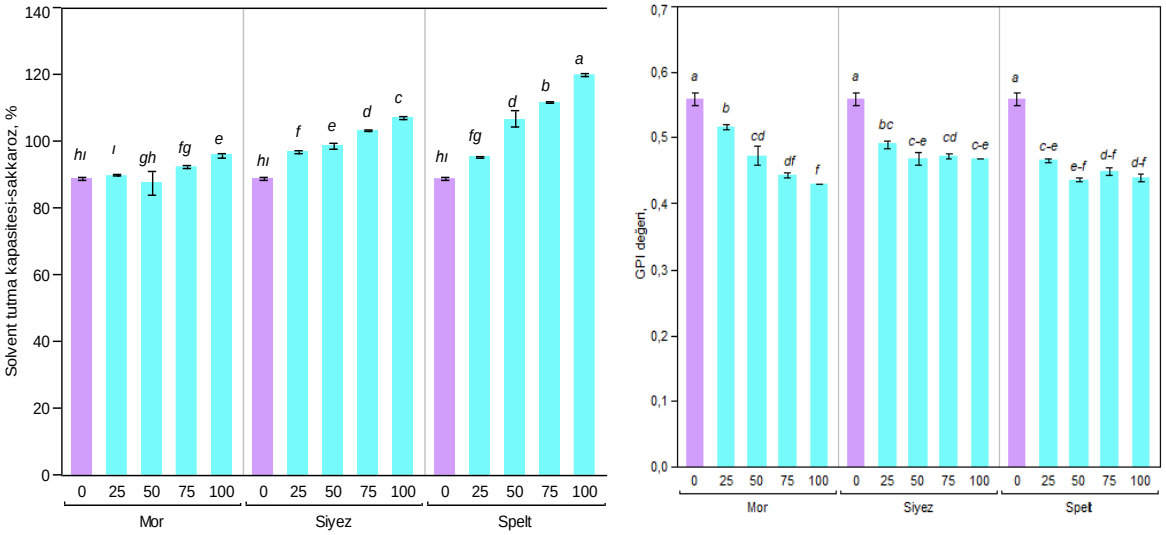
[1]%14 rutubet esasına göre düzeltilerek verilmiştir. Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen *un çeşidi* (UÇ), küçük italik harflerle gösterilen *un çeşidi* (UÇ) *x ikame oranı* (İKO) interaksiyonu ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır *(p<0,05)*. Kontrol: ekmeklik un; MB1: mor buğday unu; MB2: %75 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB3: %50 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB4: %25 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP1: Spelt buğday unu; SP2: %75 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP3: %50 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP4: %25 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY1: Siyez buğday unu; SY2: %75 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY3: %50 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY4: %25 oranında Siyez

buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu.; STK: solvent tutma kapasitesi; GPI: gluten performans indeks $LASRC/((SacSRC + SodSRC))$; GSI: Glutenin şişme indeksi; MB ort: Mor buğday unu ortalama; SP ort: Spelt buğday unu ortalama; SY ort: Siyez buğday unu ortalama

Çizelge 4.17. Un örneklerinde ikame oranlarına ait solvent tutma kapasitesi değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları[1]

İkame oranı %	n	STK laktik asit %	STK su %	STK sakkaroz %	STK sodyum karbonat %	GPI değeri	GSI değeri
0	9	94,67 ± 2,26^{a}	66,95 ± 0,39^{e}	88,99 ± 0,58^{e}	79,82 ± 0,54^{e}	0,560 ± 0,015^{a}	3,34 ± 0,04^{a}
25	9	86,11 ± 2,85^{cd}	73,77 ± 2,18^{d}	94,09 ± 3,29^{d}	81,91 ± 2,53^{d}	0,491 ± 0,023^{b}	3,34 ± 0,05^{a}
50	9	84,77 ± 3,91^{d}	77,34 ± 4,77^{c}	97,65 ± 9,21^{c}	86,71 ± 5,05^{c}	0,460 ± 0,023^{c}	3,17 ± 0,05^{b}
75	9	88,35 ± 7,77^{c}	81,23 ± 6,96^{b}	102,40 ± 8,35^{b}	91,63 ± 7,71^{b}	0,456 ± 0,015^{c}	3,10 ± 0,05^{c}
100	9	91,53 ± 9,80^{b}	85,48 ± 8,63^{a}	107,77 ± 10,53^{a}	96,92 ± 9,30^{a}	0,447 ± 0,019^{c}	3,21 ± 0,10^{b}

[1]Farklı harflerle işaretlenmiş aynı sütundaki ekmek unlarına 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*'' interaksiyonları

Solvent tutma kapasitesi sakkaroz ve gluten performans indeksi değeri üzerinde etkili olan *''un çeşidi x ikame oranı interaksiyonları''* Çizelge 4.16 ve Şekil 4.4'te gösterilmiştir. Spelt buğday ununun tüm ikame oranları istatistiki olarak mor ve Siyez buğday unlarının ikame oranlarından daha yüksek STK sakkaroz değerine sahip olmuştur. Spelt buğday unu ikame unlarında her ikame oranında istatistiki olarak birbirinden farklı olacak şekilde STK sakkaroz değerleri %95,45-120,17 arasında değişmiştir. Mor buğday ununda; %89,85-95,94 arasında, Siyez buğday ununda ise %96,97-107,21 arasında değişim vardır. Spelt buğday unu (%100 ikame un) en yüksek STK sakkaroz değeri verirken (%120,17), tüm ikame oranlarından Spelt buğday ununun STK sakkaroz değerleri mor ve Siyez buğday unlarına göre yüksektir. GPI değerlerinde tüm ikame oranlarında kontrol una göre düşüş gözlenmiştir.

4.1.5. Gluten agregasyon özellikleri-GlutoPeak

Mor, Spelt ve Siyez buğday unlarının kontrol una ikamesi ile elde edilen un örneklerinin GlutoPeak analiz sonuçları Çizelge 4.18'de verilmiştir. Unların maksimum tork (BEM) değeri 27,0-51,0; BEM değerinden 15 s önceki tork (BM) değeri 19-36 GPU; maksimum pik zaman (PMT) değeri 40-149 s; BEM değerinden 15 s sonraki tork (PM) değeri 25,0-42,0 GPU arasında değişim göstermiş; sırasıyla ortalama 42,73 GPU, 27,1 s, 72,67 GPU ve 35,6 GPU olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.18. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının katılması ile elde edilen ikame unların GlutoPeak analiz sonuçları

Un çeşidi	Örnek no	İkame oranı %	Tek	BM değeri GPU	BEM değeri GPU	PMT değeri s	PM değeri GPU
Mor buğday unu	MB1	100	1	19	33	125	26
			2	26	27	149	25
	MB2	75	1	23	44	99	30
			2	26	42	94	30
	MB3	50	1	21	45	80	34
			2	27	44	86	33
	MB4	25	1	32	46	83	35
			2	25	45	79	35
	Kontrol	0	1	26	47	72	42
			2	28	48	73	40
Spelt buğday unu	SP1	100	1	27	36	48	32
			2	26	38	40	35
	SP2	75	1	36	37	64	35
			2	36	37	68	35
	SP3	50	1	34	36	76	35
			2	34	35	85	34
	SP4	25	1	25	49	60	38
			2	31	51	51	38
	Kontrol	0	1	26	47	72	42
			2	28	48	73	40
Siyez buğday unu	SY1	100	1	33	35	76	33
			2	21	38	57	34
	SY2	75	1	23	45	48	37
			2	21	45	51	37
	SY3	50	1	29	43	52	38
			2	25	48	52	38
	SY4	25	1	23	49	58	38
			2	28	49	64	37
	Kontrol	0	1	26	47	72	42
			2	28	48	73	40
Minimum-maksimum				19-36	27-51	40-149	25-42
Ortalama				27,1	42,73	72,67	35,6

Kontrol: ekmeklik un; MB1: mor buğday unu; MB2: %75 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB3: %50 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB4: %25 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP1: Spelt buğday unu; SP2: %75 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP3: %50 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP4: %25 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY1: Siyez buğday unu; SY2: %75 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY3: %50 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY4: %25 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu. BEM: maksimum tork; BM: BEM değerinden 15 s önceki tork; PMT: maksimum pik zamanı; PM: BEM değerinden 15 s sonraki tork

Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol una ikamesi ile elde edilen un örneklerinin gluten agregasyon (GlutoPeak) özelliklerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.19'da verilmiştir. BEM, PMT ve PM özelllikleri üzerinde "*un çeşidi (UÇ)"*, "*ikame oranı (İKO*)" ve "U*n çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*" çok önemli düzeyde etkili olmuştur (*p<0,01)*. BM değerleri üzerinde; "*un çeşidi (UÇ)"* istatistiki olarak önemli etkili iken (*p<0,05*), "*ikame oranı (İKO*)" ve "u*n çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*" etkisiz olmuştur.

Çizelge 4.19. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor, Spelt ve Siyez buğday unu katılması ile elde edilen ikame unların GlutoPeak değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	BM değeri, GPU				BEM değeri, GPU			
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
Un çeşidi (UÇ)	2	154,400	77,200	6,0787*	2	60,467	30,233	10,3068**
İkame oranı (İKO)	4	29,200	7,300	0,575	4	731,867	182,967	62,375**
UÇ *x* IKO	8	208,600	26,075	2,053	8	213,533	26,692	9,0994**
Hata	15	190,500	12,700		15	44,000	2,933	
Toplam	29	582,700			29	1049,867		
VK	PMT değeri, s				PM değeri, GPU			
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
Un çeşidi (UÇ)	2	6884,467	3442,233	79,1925**	2	106,400	53,200	61,3846**
İkame oranı (İKO)	4	888,667	222,167	5,1112**	4	336,200	84,050	96,9808**
UÇ *x* IKO	8	6713,533	839,192	19,3066**	8	63,600	7,950	9,1731**
Hata	15	652,000	43,470		15	13,000	0,867	
Toplam	29	15138,667			29	519,200		

* *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 4.19'da önemli çıkan "*un çeşidi"* ve "*ikame oranı"* na ait gluten agregasyon (GlutoPeak) değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.20 ve Çizelge 4.21' de verilmiştir. GlutoPeak son yıllarda geliştirilen gluten agregasyon özelliklerinin değerlendirilmesinde kullanılan, hızlı, kontrollü şartlar sağlayan, rafine un veya kırmada ölçüm yapma imkânı veren bir un test cihazıdır. Cihazda gluten oluşumunun tamamlandığı anda ölçülen gluten gücünü gösteren tork değeri maksimum tork (BEM), BEM değerinden 15 s önceki tork değeri BM, 15 s sonraki tork değeri PM olarak ifade edilirken; maksimum torka ulaşmak için geçen zaman PMT değeridir (Karaduman vd., 2015; Türksoy ve Onar, 2022). Özellikle gluten kalitesi yüksek unların BM değerleri yüksek olarak elde edilmektedir (Güçbilmez vd., 2019). BEM değeri ve sonrasında PM değeri yine güçlü gluten gücü artmakla birlikte ortama kepek ilavesi olduğunda veya zayıf gluten yapısı ile sıkı bir yapı oluşunca bu değerler yükselebilmektedir (Karaduman vd., 2019). PMT değeri değişkenlik gösterebilmekte gluten kalitesi güçlü unlar genelde hızlı gluten oluşumu ile kısa süreli PMT değerlerine sahip iken; bazı durumlarda artan gluten kalitesi ile PMT değeri uzayabilmektedir (Wang vd., 2017). Çalışmada Siyez ununun BM değeri diğer unların üzerindedir (30,3 GPU). Siyez ununun sedimantasyon değeri de yüksek bulunmuştur. Spelt ununun BEM değeri (44,7 GPU), mor buğday ununun PMT değeri daha fazladır (94,0 s). Mor buğday ununun uzun PMT değeri zayıf gluten gücüne atfedilmiştir.

Çizelge 4.20. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda oranlarda mor, Spelt ve Siyez buğday unu ikame edilmesi ile elde edilen un örneklerine ait GlutoPeak değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

Un Çeşidi	n	BM değeri GPU	BEM değeri GPU	PMT değeri s	PM değeri GPU
MB1	2	27,0 ± 1,41	$47,5 \pm 0,71^{ab}$	$72,5 \pm 0,71^{b\text{-}e}$	$41,0 \pm 1,41^{a}$
MB2	2	28,5 ± 4,95	$45,5 \pm 0,71^{ab}$	$81,0 \pm 2,83^{b\text{-}d}$	$35,0 \pm 0,00^{bc}$
MB3	2	24,0 ± 4,24	$44,5 \pm 0,71^{ab}$	$83,0 \pm 4,24^{bc}$	$33,5 \pm 0,70^{cd}$
MB4	2	24,5 ± 2,12	$43,0 \pm 1,41^{bc}$	$96,5 \pm 3,54^{b}$	$30,0 \pm 0,00^{d}$
Kontrol	2	22,5 ± 4,95	$30,0 \pm 4,24^{e}$	$137,0 \pm 16,97^{a}$	$25,5 \pm 0,71^{e}$
MB ort	10	$25,3 \pm 3,65^{B}$	$42,1 \pm 6,74^{B}$	$94,0 \pm 24,81^{A}$	$33,0 \pm 5,48^{B}$
SP1	2	27,0 ± 1,41	$47,5 \pm 0,71^{ab}$	$72,5 \pm 0,71^{b\text{-}e}$	$41,0 \pm 1,41^{a}$
SP2	2	25,5 ± 3,54	$49,0 \pm 0,00^{ab}$	$61,0 \pm 4,24^{c\text{-}f}$	$37,5 \pm 0,71^{ab}$
SP3	2	27,0 ± 2,83	$45,5 \pm 3,54^{ab}$	$52,0 \pm 0,00^{ef}$	$38,0 \pm 0,00^{ab}$
SP4	2	22,0 ± 1,41	$45,0 \pm 0,00^{ab}$	$49,5 \pm 2,12^{ef}$	$37,0 \pm 0,00^{bc}$

Kontrol	2	27,0 ± 8,49	36,5 ± 2,12^{c-e}	66,5 ± 13,44^{c-f}	33,5 ± 0,71^{cd}
SP ort	10	25,70 ± 3,86^{B}	44,7 ± 4,79^{A}	60,3 ± 10,27^{B}	37,4 ± 2,59^{A}
SY1	2	27,0 ± 1,41	47,5 ± 0,71^{ab}	72,5 ± 0,71^{b-e}	41,0 ± 1,41^{a}
SY2	2	28,0 ± 4,24	50,0 ± 1,41^{a}	55,5 ± 6,36^{d-f}	38,0 ± 0,00^{ab}
SY3	2	34,0 ± 0,00	35,5 ± 0,71^{de}	80,5 ± 6,36^{b-d}	34,5 ± 0,71^{bc}
SY4	2	36,0 ± 0,00	37,0 ± 0,00^{cd}	66,0 ± 2,83^{c-f}	35,0 ± 0,00^{bc}
Kontrol	2	26,5 ± 0,71	37,0 ± 1,41^{cd}	44,0 ± 5,66^{f}	33,5 ± 2,12^{cd}
SY ort	10	30,3 ± 4,40^{A}	41,4 ± 6,45^{B}	63,7 ± 13,99^{B}	36,4 ± 3,03^{A}

Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen "*un çeşidi"*, küçük italik harflerle gösterilen *un çeşidi x ikame oranı* interaksiyonu ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır *(p<0,05*). .Kontrol: ekmeklik un; MB1: mor buğday unu; MB2: %75 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB3: %50 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB4: %25 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP1: Spelt buğday unu; SP2: %75 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP3: %50 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP4: %25 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY1: Siyez buğday unu; SY2: %75 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY3: %50 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY4: %25 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu. MB ort: Mor buğday unu ortalama; SP ort: Spelt unu ortalama; SY ort: Siyez unu ortalama

Çalışmada artan ikame oranına bağlı olarak BM değeri istatistiki olarak değişmez iken özellikle %50 ikame oranından sonra BEM değeri fazla miktarda azalmıştır (40,0 GPU civarında) ve %100 ikame oranında 34,5 GPU olmuştur. PM değeri 41,0 GPU'dan 30,8 GPU'ya kadar azalmıştır.

Çizelge 4.21. Un örneklerinde ikame oranlarına ait Glutopeak değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

İkame oranı %	n	BM değeri GPU	BEM değeri GPU	PMT değeri s	PM değeri GPU
0	6	27,0 ± 1,10	47,5 ± 0,55^{a}	72,5 ± 0,55^{ab}	41,0 ± 1,10^{a}
25	6	27,3 ± 3,61	48,2 ± 2,23^{a}	65,8 ± 12,54^{b}	36,8 ± 1,47^{b}
50	6	28,3 ± 5,13	41,8 ± 5,19^{b}	71,8 ± 15,78^{ab}	35,3 ± 2,16^{bc}
75	6	26,8 ± 7,47	41,7 ± 3,78^{b}	70,7 ± 21,44^{b}	34,0 ± 3,22^{c}
100	6	25,3 ± 4,93	34,5 ± 4,14^{c}	82,5 ± 44,54^{a}	30,8 ± 4,26^{d}

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

4.1.6. Alveograf özellikleri

Mor, Spelt ve Siyez buğday ununun kontrol una ikamesi ile elde edilen un örneklerine ait alveograf analiz sonuçları Çizelge 4.22'de verilmiştir. Unların direnç (T) değeri 147,0-325,0 mm; uzama kabiliyeti (A) 14,0-40,0 mm; elastikiyet indeksi (Ex) 8,3-14,1 ve enerji

(Fb) değeri 84,0-356,0 10^{-4} x J arasında değişim göstermiş ve sırasıyla ortalama 197,4 mm, 23,1 mm, 10,6 ve 184,2 10^{-4} x J olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.22. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor, Spelt ve Siyez buğday 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 (Fb) 10^{-4} x J
Mor buğday unu	MB1	100	1	163,0	15,0	8,6	95,0
			2	165,0	15,0	8,6	98,0
			3	164,0	15,0	8,6	96,5
	MB2	75	1	178,0	17,0	9,2	115,0
			2	181,0	16,0	8,9	114,0
			3	171,0	15,0	8,6	106,0
	MB3	50	1	178,0	21,0	10,2	148,0
			2	163,0	19,0	9,7	126,0
			3	169,0	20,0	10,0	139,0
	MB4	25	1	325,0	29,0	12,0	356,0
			2	310,0	24,0	10,9	261,0
			3	295,0	22,0	10,4	238,0
	Kontrol	0	1	194,0	40,0	14,1	340,0
			2	187,0	28,0	11,8	224,0
			3	200,0	29,0	12,0	247,0
Spelt buğday unu	SP1	100	1	174,0	18,0	9,4	117,0
			2	147,0	14,0	8,3	84,0
			3	165,0	16,0	8,9	107,0
	SP2	75	1	187,0	20,0	10,0	142,0
			2	178,0	20,0	10,0	141,0
			3	172,0	18,0	9,4	120,0
	SP3	50	1	195,0	24,0	10,9	185,0
			2	199,0	20,0	10,0	143,0
			3	188,0	20,0	10,0	145,0
	SP4	25	1	222,0	29,0	12,0	264,0
			2	220,0	25,0	11,1	215,0
			3	198,0	27,0	11,6	216,0
	Kontrol	0	1	194,0	40,0	14,1	340,0
			2	187,0	28,0	11,8	224,0
			3	200,0	29,0	12,0	247,0
Siyez buğday unu	SY1	100	1	190,0	19,0	9,7	135,0
			2	173,0	18,0	9,4	133,0
			3	157,0	14,0	8,3	88,0
	SY2	75	1	238,0	24,0	10,9	201,0
			2	196,0	18,0	9,4	125,0
			3	213,0	20,0	10,0	143,0
	SY3	50	1	213,0	25,0	11,1	206,0
			2	227,0	25,0	11,1	205,0
			3	218,0	24,0	10,9	196,0

	SY4	25	1	208,0	29,0	12,0	237,0
			2	205,0	26,0	11,4	212,0
			3	194,0	26,0	11,4	202,0
	Kontrol	0	1	194,0	40,0	14,1	340,0
			2	187,0	28,0	11,8	224,0
			3	200,0	29,0	12,0	247,0
Minimum-maksimum				147,0-325,0	14,0-40,0	8,3-14,1	84,0-356,0
Ortalama				197,4	23,1	10,6	184,2

Kontrol: ekmeklik un; MB1: mor buğday unu; MB2: %75 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB3: %50 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB4: %25 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP1: Spelt buğday unu; SP2: %75 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP3: %50 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP4: %25 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY1: Siyez buğday unu; SY2: %75 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY3: %50 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY4: %25 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu. T: direnç A: uzama kabiliyeti Ex: elastikiyet indeksi Fb: enerji değeri T/A: direnç/uzama kabiliyeti

Mor, Spelt ve Siyez buğday ununun kontrol una ikamesi ile hazırlanan örneklerin alveograf özelliklerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.23 ve Çizelge 4.24'te verilmiştir. "*İkame oranı"* tüm değişkenlerin üzerinde çok önemli düzeyde (*p<0,01*) etkili olurken; "*un çeşidi"* yalnız direnç değeri üzerinde önemli düzeyde etkili olmuştur. *"Un çeşidi ve ikame oranı interaksiyonu*" ise sadece direnç üzerinde çok önemli düzeyde (*p<0,01*) etkili olmuştur.

Çizelge 4.23. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor, Spelt ve Siyez buğday 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
Un çeşidi (UÇ)	2	1843,511	921,756	8,067*	2	53,7333	26,867	2,210
İkame oranı	4	27077,022	6769,256	59,241**	4	1502,8	375,7	30,908**
UÇ *x* IKO	8	25956,044	3244,506	28,394**	8	29,6	3,7	0,304
Hata	30	3428	114,27		30	364,6667	12,156	
Toplam	44	58304,578			44	1950,8		

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

Çizelge 4.24. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor, Spelt ve Siyez buğday 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
Un çeşidi (UÇ)	2	3,330	1,665	3,206	2	1735,3	867,65	0,657
İkame oranı (İKO)	4	79,08	19,771	38,062**	4	180268,78	45067,19	34,135**
UÇ *x* IKO	8	1,739	0,217	0,419	8	16303,42	2037,93	1,544
Hata	30	15,58	0,519		30	39608,5	1320,3	
Toplam	44	99,73			44	237916		

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

Çizelge 4.23. ve 4.24'te önemlilik düzeyleri yer alan "*un çeşidi"* ve *"ikame oranı"*na ait alveograf değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.25 ve Çizelge 4.26'da verilmiştir. Alveografta hesaplanan su absorpsiyonuna göre hamur oluşturularak 28 dakika dinlendirilmekte ve Alveo-AH kısmında hamur standart basınçta bir hava ile şişirilerek patlatılmaktadır (Jødal ve Larsen, 2021). Hamurun direnci (T), uzama kabiliyeti (A), gluten dengesi (T/A) oranı ve enerji değeri (Fb) ölçülmektedir. Ekmek-yapım özellikleri yüksek, viskoelastik özellikleri güçlü hamurların Fb ve A değeri yüksek iken T/A değerinin <1,3 olması istenmektedir (Guzman vd., 2016). Çizelge 4.25'te görüldüğü gibi Siyez ve mor buğday ununun hamur direnç (*p<0,01)* değerleri Spelt buğday ununa göre daha yüksektir (200,0 mm civarı). Uzama kabiliyeti, elastikiyet indeksi ve enerji değeri bakımından un çeşitleri arasında istatistiki olarak önemli bir farklılık bulunmamıştır.

Çizelge 4.25. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor, Spelt ve Siyez buğday unu ikame edilmesi ile elde edilen un örneklerine ait alveograf değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

Un Çeşidi	n	Direnç (T) mm	Uzama kabiliyeti (A)	Elastikiyet İndeksi (Ex)	Enerji değeri (Fb) 10^{-4} x J
MB1	3	164,00 ±1,00^{d}	15,00 ± 0,00	8,62 ± 0,00	96,50 ± 1,50
MB2	3	176,67 ± 5,13^{cd}	16,00 ± 1,00	8,90 ± 0,28	111,67 ± 4,93
MB3	3	170,00 ± 7,55^{d}	20,00 ± 1,00	9,95 ± 0,25	137,67 ± 11,06
MB4	3	310,00 ± 15,00^{a}	25,00 ± 3,61	11,10 ± 0,82	285,00 ± 62,55
Kontrol	3	193,67 ± 6,51^{b-d}	32,33 ± 6,66	12,63 ± 1,27	270,33 ± 61,42
MB ort	15	202,87 ± 56,83^{A}	21,67 ± 7,23	10,24 ± 1,64	180,23 ± 90,05
SP1	3	162,00 ± 13,75^{d}	16,00 ± 2,00	8,89 ± 0,56	102,67 ± 16,92
SP2	3	179,00 ± 7,55^{cd}	19,33 ± 1,15	9,78 ± 0,29	134,33 ± 12,42
SP3	3	194,00 ± 5,57^{b-d}	21,33 ± 2,31	10,27 ± 0,55	157,67 ± 23,69
SP4	3	213,33 ± 13,32^{b}	27,00 ± 2,00	11,57 ± 0,45	231,67 ± 28,01
Kontrol	3	193,67 ± 6,51^{b-d}	32,33 ± 6,66	12,63 ± 1,27	270,33 ± 61,42
SP ort	15	188,40 ± 19,62^{B}	23,20 ± 6,67	10,63 ± 1,50	179,33 ± 70,35
SY1	3	173,33 ± 16,50^{cd}	17,00 ± 2,65	9,16 ± 0,73	118,67 ± 26,58
SY2	3	215,67 ± 21,13^{b}	20,67 ± 3,06	10,10 ± 0,74	156,33 ± 39,72
SY3	3	219,33 ± 7,09^{b}	24,67 ± 0,58	11,03 ± 0,12	202,33 ± 5,51
SY4	3	202,33 ± 7,37^{bc}	27,00 ± 1,73	11,60 ± 0,35	217,00 ± 18,03
Kontrol	3	193,67 ± 6,51^{b-d}	32,33 ± 6,66	12,63 ± 1,27	270,33 ± 61,42
SY ort	15	200,87 ± 20,44^{A}	24,33 ± 6,23	10,90 ± 1,40	192,93 ± 61,74

Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen "*un çeşidi"*, küçük italik harflerle gösterilen "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*" ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır *(p<0,05*). Kontrol: ekmeklik un; MB1: mor buğday unu; MB2: %75 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB3: %50 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB4: %25 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP1: Spelt buğday unu; SP2: %75 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP3: %50 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP4: %25 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY1: Siyez buğday unu; SY2: %75 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY3: %50 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY4: %25 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu. MB ort: Mor buğday unu ortalama; SP ort: Spelt unu ortalama; SY ort: Siyez unu ortalama

Çalışmada ikame oranı arttıkça unların tüm alveograf parametreleri azalmıştır (*p<0,01*). Özellikle enerji değeri ve uzama kabiliyetinde azalma dikkat çekmiştir. %25 ikame oranında bu iki değerdeki azalma daha bariz olmuştur (165,89 J ve 22,00 mm). Yine elastikiyet indeksi ikame oranı arttıkça azalmıştır. Çalışmada %25 mor buğday ikame oranında enerji değerinin kontrolün üzerinde olması (285,00 10^{-4} x J), ortama kepek dahil olduğunda alveograf testinde kullanılan mevcut metodun etkinliğinin zayıfladığını göstermiştir (Cappelli vd., 2018). Çünkü alveograf testi rafine beyaz unların hamur reoloji özelliklerinin tahminlenmesi için geliştirilmiş bir analiz olup tam tane unlarının veya tam tane unları ikame edilmiş rafine beyaz unların alveograf özelliklerinin belirlenmesi için mevcut metod üzerinde optimizasyon çalışmalarının yürütülmesi gereklidir. Uzama kabiliyeti %50 ikame oranlarından sonra 20,0 mm' nin altına inmiş olup, bu durum ekmek özelliklerinin olumsuz etkileneceğini göstermektedir.

Çizelge 4.26. Un örneklerinde ikame oranlarına ait alveograf değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları[1]

İkame oranı %	n	Direnç mm	Uzama kabiliyeti mm	Elastikiyet indeksi	Enerji değeri 10^{-4} x J
0	9	193,67 ± 5,63^{b}	32,33 ± 5,77^{a}	12,63 ± 1,10^{a}	270,33 ± 53,19^{a}
25	9	241,89 ± 52,41^{a}	26,33 ± 2,45^{b}	11,42 ± 0,55^{b}	244,56 ± 47,07^{a}
50	9	194,44 ± 22,16^{b}	22,00 ± 2,45^{bc}	10,42 ± 0,57^{c}	165,89 ± 31,63^{b}
75	9	190,44 ± 22,16^{b}	18,67 ± 2,69^{cd}	9,59 ± 0,68^{cd}	134,11 ± 28,52^{bc}
100	9	166,44 ± 11,96^{c}	16,00 ± 1,87^{d}	8,89 ± 0,51^{d}	105,94 ± 18,63^{c}

[1]Farklı harflerle işaretlenmiş aynı sütundaki ekmek unlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (*p<0,05*).

4.1.7. Farinograf özellikleri

Mor, Spelt ve Siyez buğday ununun kontrol una ikamesi ile elde edilen un örneklerinin farinograf analiz sonuçları Çizelge 4.27'de verilmiştir. Mor, Spelt ve Siyez buğday unlarının su absorpsiyon değerleri %59,1-64,2; gelişme süresi 1,2-8,9 dk; stabilite değeri 7,2-15,1 dk; yumuşama derecesi 20,0-143,0 FU ve farinograf kalite sayısı (FKN) 34-101 arasında değişim göstermiş olup; sırasıyla ortalama %61,0; 6,3 dk; 10,1 dk; 64,0 FU; 81,4 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.27. Mor, Spelt ve Siyez buğday ununun kontrol una ikamesi ile elde edilen un örneklerinin farinograf değerleri analiz sonuçları

Un tipi	Örnek no	İkame oranı %	Tek	Su absorpsiyonu %	Gelişme süresi dk	Stabilite dk	Yumuşama derecesi FU	Farinograf kalite sayısı FKN
Mor buğday unu	MB1	100	1	62,2	8,9	8,4	20,0	101
			2	62,7	7,9	7,8	39,0	97
	MB2	75	1	64,2	7,5	7,2	80,0	91
			2	62,6	7,5	7,9	54,0	93
	MB3	50	1	61,7	7,7	15,1	54,0	83
			2	61,3	7	8,6	76,0	83
	MB4	25	1	61,4	3,9	8,5	103,0	59
			2	62,7	6,5	7,9	143,0	79
	Kontrol	0	1	59,8	8,7	11,1	47,0	96
			2	59,7	8,8	12,5	44,0	94
Spelt buğday unu	SP1	100	1	59,7	7,4	12,4	79,0	87
			2	61,2	7,7	9,9	39,0	92
	SP2	75	1	61,4	7,9	11,1	41,0	98
			2	59,1	5,7	12,8	44,0	84
	SP3	50	1	60,2	1,7	8,1	83,0	36
			2	60,6	2,5	8	96,0	69
	SP4	25	1	60,2	1,9	15	47,0	34
			2	60,7	1,2	9,2	81,0	37
	Kontrol	0	1	59,8	8,7	11,1	47,0	96
			2	59,7	8,8	12,5	44,0	94
Siyez buğday unu	SY1	100	1	61,7	6,5	8,4	74,0	80
			2	60,3	6,5	9,8	64,0	84
	SY2	75	1	61,3	3	7,2	97,0	59
			2	61,2	6,3	8,5	49,0	87
	SY3	50	1	61,5	5,7	9,2	74,0	82
			2	61,1	6,2	10,4	73,0	84
	SY4	25	1	60,7	1,8	10,4	74,0	81
			2	61	7,7	10,9	62,0	91
	Kontrol	0	1	59,8	8,7	11,1	47,0	96
			2	59,7	8,8	12,5	44,0	94
Minimum-Maksimum				59,1-64,2	1,2-8,9	7,2-15,1	20,0-143,0	34-101
Ortalama				61,0	6,3	10,1	64,0	81,4

Kontrol: ekmeklik un; MB1: mor buğday unu; MB2: %75 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB3: %50 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB4: %25 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP1: Spelt buğday unu; SP2: %75 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP3: %50 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP4: %25 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY1: Siyez buğday unu; SY2: %75 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY3: %50 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY4: %25 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu.

Mor, Spelt ve Siyez buğday unu katılması ile elde edilen ikame unların su absorpsiyonu, gelişme süresi, stabilite değerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.28'de; yumuşama derecesi ve farinograf kalite sayısı değerine ait varyans analiz sonuçları da 4.29'da verilmiştir. Su absorpsiyonu, gelişme süresi, yumuşama derecesi ve farinograf kalite sayısı üzerinde "*ikame oranı*" çok önemli düzeyde etkili olmuştur *(p<0,01). "Un çeşidi"* su absorpsiyonu ve farinograf kalite sayısı üzerinde çok önemli *(p<0,01)*, gelişme süresi üzerinde önemli düzeyde (*p<0,05*) etkilidir. "*Un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*" ise FKN üzerinde çok önemli, yumuşama derecesi üzerinde önemli etkili olmuştur.

Farinograf cihazı, unun su absorpsiyonunu ölçer ve bu undan hazırlanan belirli kıvamdaki hamurun yoğrulma özelliklerini kaydeder. Un hamur haline gelirken su ile karıştırılması sırasında yoğurma işlemine ve paletlere karşı önceleri artan, bir süre değişmeden sabit kalan ve daha sonra azalan şekilde direnç gösterir. Farinograf cihazı bu süreci bir grafik halinde çizer, bu grafiğe farinogram adı verilir. Farinogram, unun ekmekçilik değeri hakkında önemli bilgiler sağlar ve unun % su absorbsiyonu, gelişme (yoğurma) süresi, stabilitesi, yumuşama derecesi ve kalite sayısı (FKN) değerleri belirlenir (Lètang vd. 1999, Stojceska ve Butler, 2008, Erdoğan, 2010).

Ekmek yapımında unun su absorbe etme yeteneğini belirilemek optimum hamur oluşumu için önemlidir. Bu yetenek, unun içerdiği nişasta miktarı, zedelenmiş nişasta miktarı, pentozan içeriği ve protein miktarına bağlı olarak değişir. Genel olarak, yüksek protein içeriğine ve iyi gluten kalitesine sahip unlar daha fazla su absorbe eder ve iyi bir pişme performansı gösterir. Bu nedenle, ekmek yapımında kullanılacak unların su absorbsiyonunun yüksek olması istenir. Unun su absorbsiyonu, ekmek kalitesini etkileyen önemli bir faktördür (Erdoğan, 2010). Unun yüksek su absorpsiyonu, uzun gelişme süresi ve 500 konsistens çizgisinde uzun süre stabil kalması, unun gluten içeriğinin güçlü olduğunu ve ekmek yapımında yüksek kalite sağladığını gösterir (Cui vd., 2023).

Çizelge 4.28. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor, Spelt ve Siyez buğday unu katılması ile elde edilen ikame unların farinograf değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	Su absorpsiyonu			Gelişme süresi			Stabilite		
		KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F
Un çeşidi (UÇ)	2	12,63267	6,316333	12,7517**	22,34467	11,17233	5,5593*	12,54867	6,274333	1,9312
İkame oranı (İKO)	4	12,40867	3,102167	6,2628**	89,09133	22,27283	11,0828**	26,19	6,5475	2,0152
UÇ *x* IKO	8	6,147333	0,768417	1,5513	35,50867	4,43858	2,2086	51,308	6,4135	1,974
Hata	15	7,43	0,49533		30,145	2,0097		48,735	3,249	
Toplam	29	38,61867			177,0897			138,7817		

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

Çizelge 4.29. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor, Spelt ve Siyez buğday unu katılması ile elde edilen ikame unların farinograf değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	Yumuşama derecesi			Farinograf kalite sayısı		
		KT	KO	F	KT	KO	F
Un çeşidi (UÇ)	2	224,4667	112,233	0,3901	1198,867	599,433	6,7733**
İkame oranı (İKO)	4	6417,133	1604,283	5,5762**	4026,467	1006,617	11,3742**
UÇ *x* IKO	8	7473,867	934,233	3,2472*	3430,133	428,767	4,8448**
Hata	15	4315,5	287,7				
Toplam	29	18430,97					

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

Çizelge 4.28. ve 4.29'da önemlilik düzeyleri yer alan "*un çeşidi"* ve *"ikame oranı"*na ait farinograf değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.30 ve Çizelge 4.31'de verilmiştir. Çalışmada mor buğday ununun su absorpsiyonu diğer unların üzerindedir (%61,8). Yine mor buğday unu ve Siyez ununun farinografta gelişme süresi ve FKN değeri Spelt unlarının üzerinde bulunmuştur. Siyez ununun sedimantasyon değerleri de diğer unların bir miktar üzerindedir. Mor buğday ununun Spelt ununa göre STK laktik asit değerleri düşük; sedimantasyon değeri ve GlutoPeak BM değeri benzer olsa da hamur gelişme süresi ve FKN değeri Siyez unu ile benzerdir (7,4 dk ve 88).

Çizelge 4.30. Ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda mor, Spelt ve Siyez buğday unu ikame edilmesi ile elde edilen un örneklerine ait farinograf değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

Un Çeşidi	n	Su absorpsiyonu %	Gelişme süresi dk	Stabilite dk	Yumuşama derecesi FU	Farinograf kalite sayısı FKN
MB1	2	62,5 ± 0,4	8,4 ± 0,7	8,1 ± 0,4	29,5 ± 13,4^{b}	99 ± 3^{a}
MB2	2	63,4 ± 1,1	7,5 ± 0,0	7,6 ± 0,5	67,0 ± 18,4^{ab}	69 ± 14^{a-c}
MB3	2	61,5 ± 0,3	7,4 ± 0,5	11,9 ± 4,6	65,0 ± 15,6^{ab}	83 ± 0^{ab}
MB4	2	62,1 ± 0,9	5,2 ± 1,8	8,2 ± 0,4	123,0 ± 28,3^{a}	92 ± 1^{a}
Kontrol	2	59,8 ± 0,1	8,8 ± 0,1	11,8 ± 1,0	45,5 ± 2,1^{b}	95 ± 1^{a}
MB ort	10	61,8 ± 1,4^{A}	7,4 ± 1,5^{A}	9,5 ± 2,6	66,0 ± 35,9	88 ± 12^{A}
SP1	2	60,5 ± 1,1	7,6 ± 0,2	11,2 ± 1,8	59,0 ± 28,3^{ab}	90 ± 4^{ab}
SP2	2	60,3 ± 1,6	6,8 ± 1,6	12,0 ± 1,2	42,5 ± 2,1^{b}	9 ± 10^{a}
SP3	2	60,4 ± 0,3	2,1 ± 0,6	8,1 ± 0,1	89,5 ± 9,2^{ab}	53 ± 23^{bc}
SP4	2	60,5 ± 0,4	1,6 ± 0,5	12,1 ± 4,1	64,0 ± 24,0^{ab}	36 ± 2^{c}
Kontrol	2	59,8 ± 0,1	8,8 ± 0,1	11,8 ± 1,0	45,5 ± 2,1^{b}	95 ± 1^{a}
SP ort	10	60,3 ± 0,7^{B}	5,4 ± 3,2^{B}	11,0 ± 2,2	60,1 ± 21,8	73 ± 27^{B}
SY1	2	61,0 ± 1,0	6,5 ± 0,0	9,1 ± 1,0	69,0 ± 7,1^{ab}	82 ± 3^{ab}
SY2	2	61,3 ± 0,1	4,7 ± 2,3	7,9 ± 0,9	73,0 ± 33,9^{ab}	73 ± 20^{a-c}
SY3	2	61,3 ± 0,3	6,0 ± 0,4	9,8 ± 0,8	73,5 ± 0,7^{ab}	83 ± 1^{ab}
SY4	2	60,9 ± 0,2	4,8 ± 4,2	10,7 ± 0,4	68,0 ± 8,5^{ab}	86 ± 7^{ab}
Kontrol	2	59,8 ± 0,1	8,8 ± 0,1	11,8 ± 1,0	45,5 ± 2,1^{b}	95 ± 1^{a}
SY ort	10	60,8 ± 0,7^{B}	6,1 ± 2,2^{AB}	9,8 ± 1,6	65,8 ± 16,2	84 ± 10^{A}

Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen "*un çeşidi"*, küçük italik harflerle gösterilen "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*" ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır *(p<0,05*). Kontrol: ekmeklik un; MB1: mor buğday unu; MB2: %75 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB3: %50 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB4: %25 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP1: Spelt buğday unu; SP2: %75 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP3: %50 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP4: %25 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY1: Siyez buğday unu; SY2: %75 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY3: %50 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY4: %25 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu. MB ort: Mor buğday unu ortalama; SP ort: Spelt unu ortalama; SY ort: Siyez unu ortalama

Çalışmada ikame oranı arttıkça gelişme süresi ve FKN artarken; stabilite ve yumuşama derecesi azalmıştır. Su absorpsiyonu ise değişmemiştir. Spelt unu aslında daha fazla gluten içermektedir, ancak bu glutenin yumuşatıcı özellikleri güçlüdür. Bu tür glutenin hamurda bulunması, hamurun reolojik özellikleri üzerinde olumsuz bir etkiye neden olarak fermantasyon esnasında gaz tutma kabiliyetini azaltır (Sobczyk vd., 2017).

Çizelge 4.31. Un örneklerinde ikame oranlarına ait farinograf değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları[1]

İkame oranı %	n	Su absorpsiyonu %	Gelişme süresi dk	Stabilite dk	Yumuşama derecesi FU	Farinograf kalite sayısı FKN
0	6	59,8 ± 0,1^{b}	8,8 ± 0,1^{a}	11,8 ± 0,8	45,5 ± 1,6^{c}	95 ± 1^{a}
25	6	61,1 ± 0,9^{a}	3,8 ± 2,7^{c}	10,3 ± 2,6	85,0 ± 34,1^{a}	64 ± 24^{c}
50	6	61,1 ± 0,6^{a}	5,1 ± 2,5^{bc}	9,9 ± 2,7	76,0 ± 13,8^{ab}	73 ± 19^{bc}
75	6	61,6 ± 1,7^{a}	6,3 ± 1,8^{abc}	9,1 ± 2,3	60,8 ± 22,5^{a-c}	85 ± 14^{ab}
100	6	61,3 ± 1,1^{a}	7,5 ± 0,9^{ab}	9,5 ± 1,7	52,5 ± 23,3^{bc}	90 ± 8^{a}

[1]Farklı harflerle işaretlenmiş aynı sütundaki ekmek unlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$).

4.1.8. Amiloz miktarı

Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen un örneklerinin amiloz değerlerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.32' de verilmiştir. Unların amiloz miktarı değerleri %20,08-31,48 arasında değişim göstermiş olup ortalama %25,41 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.32. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen un örneklerinin amiloz miktarı değerlerine ait analiz sonuçları[1]

Un çeşidi	Örnek no	İkame oranı %	Tek	Amiloz miktarı %
Mor buğday unu	MB1	100	1	24,53
			2	23,74
			3	23,93
			4	24,20
	MB2	75	1	26,10
			2	26,39
			3	26,05
			4	25,66
	MB3	50	1	25,27
			2	25,84
			3	26,00
			4	27,14
	MB4	25	1	24,53
			2	23,74
			3	23,93
			4	24,20
	Kontrol	0	1	27,15
			2	28,43
			3	26,75
			4	26,75
Spelt buğday unu	SP1	100	1	23,36
			2	23,03
			3	20,31
			4	20,08
	SP2	75	1	27,90
			2	26,38
			3	23,85
			4	23,27
	SP3	50	1	20,24
			2	20,24
			3	24,41
			4	26,47
	SP4	25	1	26,14
			2	24,49
			3	29,30
			4	29,38
	Kontrol	0	1	27,15
			2	28,43
			3	26,75
			4	26,75
	SY1	100	1	24,07
			2	23,66
			3	25,60

Siyez buğday unu			4	27,34
	SY2	75	1	25,89
			2	24,03
			3	20,55
			4	21,28
	SY3	50	1	25,30
			2	24,19
			3	23,99
			4	23,54
	SY4	25	1	27,49
			2	28,43
			3	30,19
			4	31,48
	Kontrol	0	1	27,15
			2	28,43
			3	26,75
			4	26,75
Minimum- maksimum				20,08-31,48
Ortalama				25,41

[1]Sonuçlar kurumadde üzerinden düzeltilmiştir. Tek: tekerrür; Kontrol: ekmeklik un; MB1: mor buğday unu; MB2: %75 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB3: %50 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB4: %25 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP1: Spelt buğday unu; SP2: %75 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP3: %50 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP4: %25 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY1: Siyez buğday unu; SY2: %75 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY3: %50 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY4: %25 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu. İKO: ikame oranı.

Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen un örneklerine ait amiloz miktarı ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları kontrol ununa ikamesi ile elde edilen un örneklerinin amiloz miktarı değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.33'te verilmiştir. Amiloz değerleri üzerinde "*ikame oranı" ve "ikame oranı x un çeşidi interaksiyonu"* çok önemli düzeyde (*p<0,01*) etkili olmuştur. *"Un çeşidi"* değişkenlerinin ise amiloz değerleri üzerinde etkisi önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.33. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ikame unların amiloz miktarı değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	Amiloz miktarı			
	SD	KT	KO	F
Un çeşidi (UÇ)	2	8,60253	4,30126	1,662
İkame oranı (İKO)	4	124,02904	31,00726	11,9808**
UÇ *x* İKO	8	115,88802	14,486	5,5972**
Hata	45	116,46323	2,5881	
Toplam	59	364,98282		

* *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'te önemlilik düzeyleri yer alan "*un çeşidi"* ve "*ikame oranlarına*" ait amiloz miktarı değerlerinin ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları sırasıyla Çizelge 4.34 ve Çizelge 4.35'te verilmiştir. Amiloz ve amilopektin, buğday ununun nişasta içeriğini oluşturan iki temel bileşendir (Shewry, 2012). Yüksek amiloz içeren unların sindirimi daha zor olan ve bu nedenle daha sağlıklı kabul edilen dirençli nişasta bakımından daha zengin olduğu bulunmuştur (Rakszegi vd., 2015; García-Pérez vd., 2023). Çalışmada un çeşitleri arasında amiloz miktarı bakımından farklılık bulunmamıştır.

Çizelge 4.34. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen un örneklerine ait amiloz miktarı ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları[1]

Un Çeşidi	n	Amiloz miktarı[1]
MB1	4	$24,10 \pm 0,34^{b-d}$
MB2	4	$26,05 \pm 0,30^{a-c}$
MB3	4	$26,06 \pm 0,79^{a-c}$
MB4	4	$24,10 \pm 0,34^{b-d}$
Kontrol	4	$27,27 \pm 0,79^{ab}$
MB ort	20	25,52 ± 1,36
SP1	4	$21,69 \pm 1,74^{d}$
SP2	4	$25,35 \pm 2,17^{a-d}$
SP3	4	$22,84 \pm 3,12^{cd}$
SP4	4	$27,33 \pm 2,42^{ab}$
Kontrol	4	$27,27 \pm 0,79^{ab}$
SP ort	20	24,90 ± 3,05
SY1	4	$25,16 \pm 1,67^{b-d}$
SY2	4	$22,94 \pm 2,47^{cd}$
SY3	4	$24,25 \pm 0,75^{b-d}$
SY4	4	$29,40 \pm 1,78^{a}$
Kontrol	4	$27,27 \pm 0,79^{ab}$
SY ort	20	25,80 ± 2,75

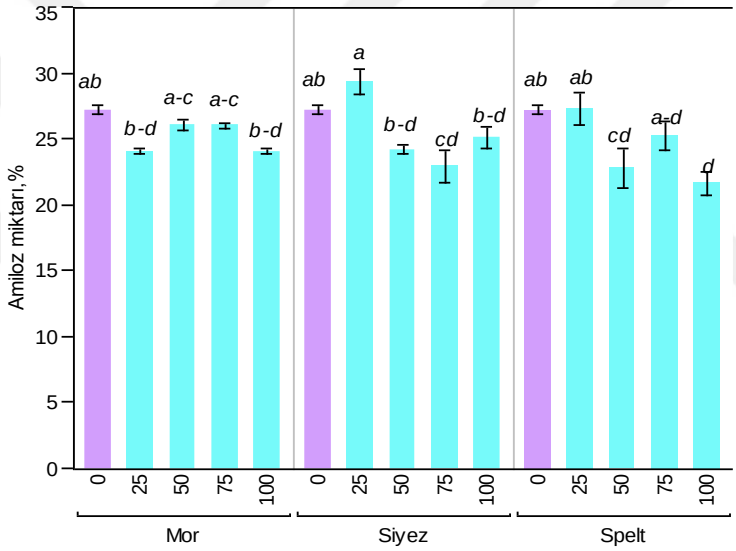
[1]%14 rutubete göre düzeltilmiştir. Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen "un çeşidi", küçük italik harflerle gösterilen "un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu" ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$). Kontrol: ekmeklik un; MB1: mor buğday unu; MB2: %75 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB3: %50 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB4: %25 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP1: Spelt buğday unu; SP2: %75 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP3: %50 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP4: %25 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY1: Siyez buğday unu; SY2: %75 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY3: %50 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY4: %25 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu. MB ort: Mor buğday unu ortalama; SP ort: Spelt unu ortalama; SY ort: Siyez unu ortalama

Çalışmada ikame oranı arttıkça amiloz miktarı değeri düşüş göstermiştir. %25 ikame oranından sonraki ikame oranlarında düşük amiloz miktarı değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 4.35. Un örneklerinde ikame oranına ait amiloz miktarı ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

İkame oranı %	n	Amiloz miktarı %
0	12	27,27 ± 0,72[a]
25	12	26,94 ± 2,77[a]
50	12	24,39 ± 2,21[b]
75	12	24,78 ± 2,22[b]
100	12	23,65 ± 1,98[b]

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



Şekil 4.5. Amiloz miktarı üzerinde etkili olan ‘’*un çeşidi x ikame oranı*’’ interaksiyonu

Amiloz miktarı değeri üzerinde etkili olan ‘’*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu’’* ise Çizelge 4.34 ve Şekil 4.5’ te gösterilmiştir. Siyez buğday unu amiloz miktarı değeri bakımından mor ve spelt buğday ununa göre daha yüksek değerlere sahip olmuştur. En yüksek amiloz miktarı, Siyez buğday ununun %25 ikame oranında (%29,40) ve en düşük amiloz miktarı ise spelt ununda (%21,69) elde edilmiştir.

4.2.Ekmek Analizleri

4.2.1. Renk analizleri

Mor, Spelt ve Siyez buğday unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmeklerin kabuk ve iç L*, a*, b* renk değerlerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.36'da verilmiştir. Ekmeklerin kabuk L* değeri 45,66-58,41, a* değeri 6,36-16,27, b* değeri 14,17-29,87; iç L* değeri 43,93-75,40; a* değeri -0,95-8,67 ve b* değeri 15,90-23,20 arasında değişim göstermiştir ve sırasıyla ortalama 52,49, 11,50, 24,70, 59,21, 4,03 ve 19,12 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.36. Mor buğday, Spelt buğdayı ve Siyez buğdayı 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*
Mor buğday unu	MB1	100	1	52,65	6,36	14,17	43,93	8,67	17,84
			2	45,99	9,90	19,41	45,65	8,08	17,75
			3	54,95	7,39	15,75	45,67	8,38	17,77
	MB2	75	1	54,41	9,09	19,87	47,54	7,11	17,22
			2	51,41	8,78	20,02	47,17	7,21	17,17
			3	54,40	8,66	20,06	49,10	7,04	16,95
	MB3	50	1	52,98	9,95	22,06	54,63	5,58	17,05
			2	52,19	11,00	24,94	54,35	5,61	16,76
			3	54,78	9,28	22,05	56,99	5,47	17,28
	MB4	25	1	56,51	10,82	24,97	62,01	2,79	15,90
			2	56,91	9,89	22,57	57,45	3,56	16,96
			3	58,13	9,10	21,42	60,51	3,14	17,37
	Kontrol	0	1	57,06	12,00	26,48	75,40	-0,95	17,58
			2	57,65	11,67	26,76	66,47	-0,40	16,92
			3	58,41	11,39	25,92	72,22	-0,54	18,01
Spelt buğday unu	SP1	100	1	52,73	8,84	21,19	49,68	7,10	20,58
			2	51,50	9,27	22,82	49,56	6,83	20,24
			3	52,39	8,96	22,57	50,56	7,16	20,53
	SP2	75	1	51,33	10,66	26,87	54,43	5,39	20,47
			2	49,62	11,55	24,82	53,39	5,79	20,92
			3	51,17	10,42	26,96	53,39	6,13	20,59
	SP3	50	1	46,67	15,04	29,31	57,81	4,19	19,80
			2	45,88	15,12	27,88	56,68	4,28	19,39
			3	46,06	14,27	28,57	57,93	4,67	20,73
	SP4	25	1	45,80	16,27	29,87	65,57	2,20	18,17
			2	45,66	16,14	29,70	63,98	2,83	19,37

			3	47,13	15,56	29,73	65,04	2,64	19,29
	Kontrol	0	1	57,06	12,00	26,48	75,40	-0,95	17,58
			2	57,65	11,67	26,76	66,47	-0,40	16,92
			3	58,41	11,39	25,92	72,22	-0,54	18,01
Siyez buğday unu	SY1	100	1	51,57	11,98	26,01	54,24	6,89	22,87
			2	50,04	12,87	26,35	53,72	6,35	22,16
			3	49,43	13,46	28,16	54,45	7,02	23,20
	SY2	75	1	50,34	11,55	22,92	57,75	5,53	22,67
			2	52,89	11,92	23,67	58,57	5,59	22,56
			3	49,94	13,74	29,43	56,84	5,26	21,71
	SY3	50	1	52,57	11,77	24,68	62,20	3,39	20,67
			2	52,72	11,34	23,08	63,80	3,88	21,89
			3	53,52	11,47	23,63	60,65	4,24	21,13
	SY4	25	1	47,62	13,66	25,07	67,22	2,12	18,86
			2	51,30	13,30	27,23	64,55	2,31	19,23
			3	49,52	13,09	26,32	65,38	2,49	19,95
	Kontrol	0	1	57,06	12,00	26,48	75,40	-0,95	17,58
			2	57,65	11,67	26,76	66,47	-0,40	16,92
			3	58,41	11,39	25,92	72,22	-0,54	18,01
Minimum-maksimum				45,66-58,41	6,36-16,27	4,17-29,87	43,93-75,4	-0,95-8,67	15,9-23,2
Ortalama				52,49	11,50	24,70	59,21	4,03	19,12

Tek: tekerrür; Kontrol: ekmeklik un; MB1: mor buğday unu; MB2: %75 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB3: %50 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB4: %25 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP1: Spelt buğday unu; SP2: %75 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP3: %50 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP4: %25 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY1: Siyez buğday unu; SY2: %75 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY3: %50 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY4: %25 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu. İKO: ikame oranı; L*: parlaklık; a*: +kırmızı/-yeşil; b*: +sarı/-mavi

Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmeklerin kabuk ve iç L*, a*, b* renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.37 ve Çizelge 4.38'de verilmiştir.

Çizelge 4.37. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin kabuk renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları

	L*				a*				b*			
VK	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
Un çeşidi (UÇ)	2	118,264	59,132	23,3159**	2	74,492	37,246	70,1417**	2	200,656	100,328	46,3715**
İkame oranı (İKO)	4	310,437	77,609	30,6015**	4	55,704	13,926	26,2252**	4	131,828	32,957	15,2327**
UÇ x İKO	8	186,783	23,348	9,2061**	8	74,414	9,302	17,517**	8	153,993	19,249	8,8969**
Hata	30	76,084	2,536		30	15,930	0,531		30	64,907	2,164	
Toplam	44	691,568			44	220,540			44	551,385		

*: *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 4.38. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin iç renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları

	L*				a*				b*			
VK	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
Un çeşidi (UÇ)	2	298,370	149,185	28,6751**	2	11,249	5,625	70,0423**	2	89,595	44,797	175,6594**
İkame oranı (İKO)	4	2647,118	661,779	127,2018**	4	355,366	88,841	1106,338**	4	50,237	12,559	49,2476**
UÇ x İKO	8	101,916	12,740	2,4487*	8	3,734	0,467	5,8119**	8	29,341	3,668	14,3815**
Hata	30	156,078	5,203		30	2,409	0,080		30	2,409	0,080	
Toplam	44	3203,482			44	372,758			44	372,758		

*: *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 4.37 ve Çizelge 4.38' de 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 4.39 ve Çizelge 4.40' ta verilmiştir. Çalışmada ekmek kabuğunda mor buğday ekmekleri daha açık renkli olmuştur (L* değeri 54,56). Tersine Siyez ve Spelt ekmeklerinde kırmızı renk (a*) ve sarı renk (b*) değerleri bariz şekilde mor buğday ununun üzerindedir. Siyez ve Spelt buğday unları daha fazla içermiş olduğu renk bileşikleri nedeniyle elde edilen ekmeklerin kabuğunda a* ve b* değerleri daha yüksek olup ekmekler daha koyu bir renge sahip olmuştur. Siyez buğdayı diğer buğday türlerine göre daha yüksek protein ve antioksidan (karotenoidler ve tokoller) içeriğine sahiptir. Ayrıca, Siyezin lipid fraksiyonu tekli doymamış yağ asitleri açısından zengindir. Bazı genotipler çok iyi ekmek yapma özellikleri gösterir ve istenen koyu sarı bir kabuğa sahip olağanüstü ekmekler üretir (Brandolini ve Hidalgo, 2019). Kabuk rengi tüketici tercihleri için önemli olup, bazı tüketiciler daha açık renkli ekmekleri tercih ederken daha besleyici ve doğal algısı ile daha koyu renkli ekmeklerde tercih sebebi olabilmektedir. Rengin oluşmasında renk bileşenlerinin ve kepek tabakasının ortama katılması yanında Maillard reaksiyonları ve karamelizasyon da önemli oranda etkilidir (Onishi vd., 2011). Maillard reaksiyonları aminoasitler ve indirgen şekerler arasında gerçekleşen bir reaksiyon olup, Siyez ve Spelt unlarının daha fazla protein miktarı reaksiyona katkıda bulunmuştur. Siyez ekmeklerinin içi en açık renkli olmuştur (L* = 62,23). Mor buğday unu ekmeklerinin içinde kırmızı renk (a*); Siyez ekmeklerinde ise sarı renk (b*) değeri daha yüksektir. Ekmek içinde kabuğa göre yüksek sıcaklıklara ulaşılmadığından renk üzerinde belirleyici olan undan gelen renk bileşenleri olmuştur. Mor buğdaylar ve dolayısıyla unları yüksek miktarda kırmızı renkli antosiyanin (21,42-46,32 μg/g) taşıdıklarından (Ficco vd., 2016; Gamel vd., 2020) ekmek içi renkleri daha kırmızı olmuştur. Siyanidin-3-glikozit mor buğdaylarda en fazla bulunan antosiyaninlerdir (Abdel-Aal ve Hucl, 2003). Hosseinian vd., (2008) mor buğdaylarda 13 adet 3-O-gliokozit olarak antosiyanin belirlemiş ve Siyanidin-3-glikozitten sonra Siyanidin-3-galatozit, malvinidin-3-glikozit en fazla bulunan antosiyaninler olarak belirtmişlerdir. Siyez ise karotenoidler ve diğer antioksidanlar bakımından zengindir (Abdel-Aal vd., 2002; Hidalgo vd., 2006). Siyez ekmeği kabuk şekli ve rengi normal ekmeğe benzer iken; yüksek karotenoid pigment içeriği ile (Hidalgo vd., 2006); ekmek içi oldukça dikkat çekici bir sarı renk değerine sahip olarak bulunmuştur (Hidalgo vd., 2014).

Çizelge 4.39. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı 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*
MB1	3	51,20 ± 4,65^{b}	7,88 ± 1,82^{g}	16,44 ± 2,69^{f}	45,08 ± 1,00^{g}	8,38 ± 0,30^{a}	17,79 ± 0,05^{ef}
MB2	3	53,41 ± 1,73^{ab}	8,84 ± 0,22^{fg}	19,98 ± 0,10^{ef}	47,94 ± 1,02^{fg}	7,12 ± 0,09^{b}	17,11 ±0,14^{f}
MB3	3	53,32 ± 1,33^{ab}	10,08 ± 0,87^{ef}	23,02 ± 1,67^{c-e}	55,32 ± 1,45^{de}	5,55 ± 0,07^{c}	17, 03 ± 0,26^{f}
MB4	3	57,18 ± 0,84^{a}	9,94 ± 0,86^{e-g}	22,99 ± 1,81^{c-e}	59,99 ± 2,32^{b-d}	3,16 ± 0,39^{ef}	16,74 ± 0,76^{f}
Kontrol	3	57,71 ± 0,68^{a}	11,69 ± 0,31^{c-e}	26,39 ± 0,43^{a-d}	71,36 ± 4,53^{a}	-0,63 ± 0,29^{h}	17,50 ± 0,55^{ef}
MB ort	15	54,56 ± 3,25^{A}	9,69 ± 1,57^{B}	21,76 ± 3,73^{B}	55,94 ± 9,89^{C}	4,72 ± 3,31^{A}	17,24 ± 0,53^{C}
SP1	3	52,21 ± 0,64^{b}	9,02 ± 0,22^{fg}	22,19 ± 0,88^{de}	49,93 ± 0,55^{e-g}	7,03 ± 0,18^{b}	20,45 ± 0,18^{b-d}
SP2	3	50,71 ± 0,94^{b}	10,88 ± 0,60^{d-f}	26,22 ± 1,21^{a-d}	53,74 ± 0,60^{df}	5,77 ± 0,37^{c}	20,66 ± 0,23^{bc}
SP3	3	46,20 ± 0,41^{c}	14,81 ± 0,47^{ab}	28,59 ± 0,72^{ab}	57,47 ± 0,69^{cd}	4,38 ± 0,26^{d}	19,97 ± 0,69^{b-d}
SP4	3	46,20 ± 0,81^{c}	15,99 ± 0,38^{a}	29,77 ± 0,09^{a}	64,86 ± 0,81^{ab}	2,56 ± 0,32^{fg}	18,94 ± 0,67^{de}
Kontrol	3	57,71 ± 0,68^{a}	11,69 ± 0,31^{c-e}	26,39 ± 0,43^{a-d}	71,36 ± 4,53^{a}	-0,63 ± 0,29^{h}	17,50 ± 0,55^{ef}
SP ort	15	50,60 ± 4,48^{C}	12,48 ± 2,68^{A}	26,63 ± 2,76^{A}	59,47 ± 8,19^{B}	3,82 ± 2,78^{B}	19,51 ± 1,28^{B}
SY1	3	50,35 ± 1,10^{bc}	12,77 ± 0,75^{b-d}	26,84 ± 1,16^{a-c}	54,14 ± 0,38^{d-f}	6,75 ± 0,36^{b}	22,74 ± 0,53^{a}
SY2	3	51,06 ± 1,60^{bc}	12,40 ± 1,17^{cd}	25,34 ± 3,56^{b-d}	57,72 ± 0,87^{cd}	5,46 ± 0,18^{c}	22,31 ± 0,53^{a}
SY3	3	52,94 ± 0,51^{ab}	11,53 ± 0,22^{c-e}	23,80 ± 0,81^{c-e}	62,22 ± 1,58^{bc}	3,84 ± 0,43^{de}	21,23 ± 0,62^{ab}
SY4	3	49,48 ± 1,84^{bc}	13,35 ± 0,29^{bc}	26,21 ± 1,08^{a-d}	65,72 ± 1,37^{ab}	2,31 ± 0,19^{g}	19,35 ± 0,55^{cd}
Kontrol	3	57,71 ± 0,68^{a}	11,69 ± 0,31^{c-e}	26,39 ± 0,43^{a-d}	71,36 ± 4,53^{a}	-0,63 ± 0,29^{h}	17,50 ± 0,55^{ef}
SY ort	15	52,31 ± 3,21^{B}	12,35 ± 0,89^{A}	25,71 ± 1,88^{A}	62,23 ± 6,52^{A}	3,55 ± 2,67^{C}	20,63 ± 2,08^{A}

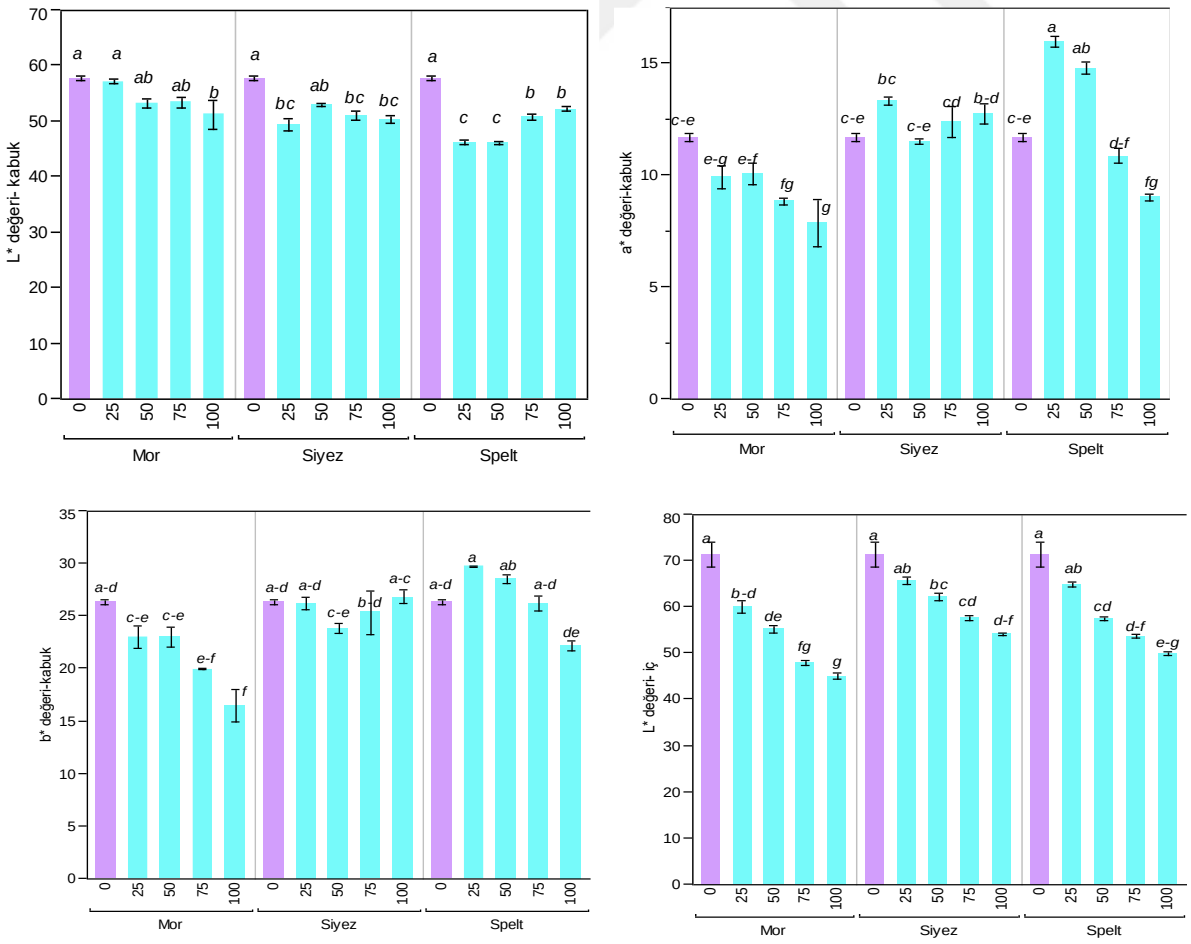
Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen "*un çeşidi"*, küçük italik harflerle gösterilen *un çeşidi x ikame oranı* interaksiyonu ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır *(p<0,05*). Kontrol: ekmeklik un; MB1: mor buğday unu; MB2: %75 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB3: %50 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB4: %25 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP1: Spelt buğday unu; SP2: %75 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP3: %50 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP4: %25 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY1: Siyez buğday unu; SY2: %75 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY3: %50 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY4: %25 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu. MB ort: Mor buğday unu ortalama; SP ort: Spelt unu ortalama; SY ort: Siyez unu ortalama

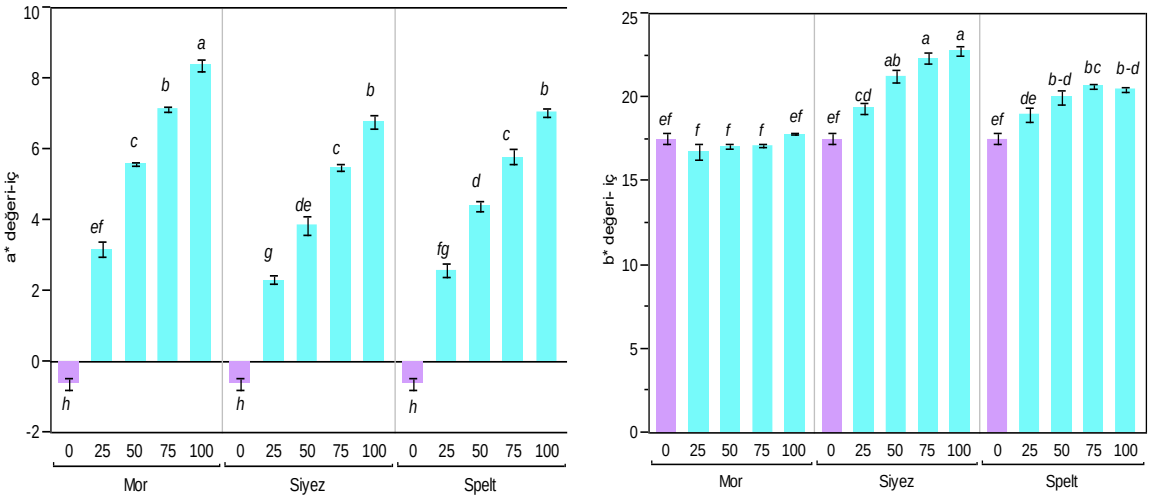
Çalışmada ikame oranı arttıkça, ekmek kabuğunda L* değeri artmış, a* ve b* değerleri ise azalmıştır. Ekmek içinde ise ikame oranı arttıkça, a* ve b* yükselmiş, ekmek iç rengi daha koyulaşmıştır (L* değeri düşmüştür) (Çizelge 4.39). Özellikle tanenin dış kısmında renk bileşenlerinin ortama dahil olması ile kontrol ekmeklerine göre rengin koyulaştığı değerlendirilmiştir. %100 ikame oranında kabukta a* değeri 9,89'a ve ekmek içinde 7,39'a kadar çıkarken; L* değeri ekmek içinde 50,0'nin altına düşmüştür.

Çizelge 4.40. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı 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	9	57,71 ± 0,59^{a}	11,69 ± 0,26^{bc}	26,39 ± 0,37^{a}	71,36 ± 3,92^{a}	-0,63 ± 0,25^{e}	17,50 ± 0,48^{d}
25	9	50,95 ± 5,00^{b}	13,09 ± 2,67^{a}	26,32 ± 3,12^{a}	63,52 ± 3,02^{b}	2,68 ± 0,47^{d}	18,34 ± 1,34^{c}
50	9	50,82 ± 3,54^{b}	12,14 ± 2,16^{ab}	25,13 ± 2,79^{ab}	58,34 ± 3,25^{c}	4,59 ± 0,80^{c}	19,41 ± 1,93^{b}
75	9	51,72 ± 1,80^{b}	10,71 ± 1,68^{cd}	23,85 ± 3,48^{b}	53,13 ± 4,32^{d}	6,12 ± 0,79^{b}	20,03 ± 2,32^{ab}
100	9	51,25 ± 2,54^{b}	9,89 ± 2,43^{d}	21,83 ± 4,76^{c}	49,72 ± 3,97^{e}	7,39 ± 0,79^{a}	20,33 ± 2,17^{a}

Farklı 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 4.39 ve Şekil 4.6.’da verilmiştir. Mor ve Spelt unu ilave edilen ekmeklerin %50 ikame oranından sonraki ikame oranlarına ait kabuk a* ve b* değerleri önemli ölçüde azalmıştır. Spelt unu ekmeğinin %25 ikame oranınında bu iki değer en yüksektir (15,99 ve 29,77). Mor buğday unu ekmeği (%100 ikame) en düşük b* değerine sahip olmuştur (16,44). Yine Spelt ununun b* değeri düşüktür (22,19). Ekmek içinde Siyez ununun %50 ve %25 oranında ve Spelt ununun %25 ikame oranında L* değeri 62,0-66,0 arasında yüksektir. Ekmek içinde mor buğday ununun %75 ve %100 ikame edilmiş ekmeklerinde en düşük L* değeri (<48,0) ve en yüksek a* değeri (>7,0) elde edilmiştir. Spelt ekmeği içinde a* değeri 7,03 ve Siyez ekmeği içinde 6,75 olmuştur. Siyez ekmeklerinin %25 ikame oranında ve Spelt ekmeklerinin %50 ikame oranından sonra b* değeri 20,0’nin üzerine çıkmıştır. Mor buğday ekmeklerinde ise tüm ikame oranlarında b* değerleri değişmemiş, 17,0 civarı benzer olmuştur.

4.2.2. Fizikokimyasal özellikler

Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmeklerinin rutubet miktarı, kül miktarı ve su aktivitesi değerlerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.41’ de verilmiştir. Ekmeklerin rutubet miktarı %33,3-41,71; kül miktarı %1,803-3,430 ve su aktivitesi değerleri 0,81-0,95 arasında değişim göstermiştir ve sırasıyla ortalama %36,12, %2,517 ve %0,900 olarak bulunmuştur

Çizelge 4.41. Mor, Spelt ve Siyez buğday 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 değeri
Mor buğday unu	MB1	100	1	34,89	3,085	0,936
			2	35,06	2,595	0,894
			3	34,73	-	0,935
	MB2	75	1	34,88	2,668	0,931
			2	35,37	3,063	0,918
			3	35,05	-	0,888
	MB3	50	1	35,5	2,106	0,952
			2	35,65	2,215	0,895
			3	35,7	-	0,943
	MB4	25	1	33,88	2,505	0,939
			2	37,16	2,242	0,912
			3	35,22	-	0,931
	Kontrol	0	1	35,15	1,840	0,939
			2	35,95	1,803	0,884
			3	34,66	-	0,898
Spelt buğday unu	SP1	100	1	41,71	3,057	0,921
			2	40,76	2,882	0,923
			3	41,03	-	0,932
	SP2	75	1	38,38	2,792	0,908
			2	37,88	2,303	0,898
			3	37,66	-	0,861
	SP3	50	1	38,26	2,844	0,886
			2	38,39	2,563	0,898
			3	38,54	-	0,873
	SP4	25	1	33,3	2,370	0,882
			2	34,69	2,461	0,876
			3	34,87	-	0,881
	Kontrol	0	1	35,15	1,840	0,939
			2	35,95	1,803	0,884
			3	34,66	-	0,898
Siyez buğday unu	SY1	100	1	37,57	3,430	0,926
			2	37,14	3,360	0,932
			3	37,42	-	0,910
	SY2	75	1	37,7	3,070	0,897
			2	35,4	3,130	0,903
			3	36,65	-	0,888
	SY3	50	1	33,97	2,505	0,843
			2	35,35	-	0,865
			3	34,54	-	0,852
	SY4	25	1	33,58	2,313	0,854
			2	35,79	-	0,836

			3	34,34	-	0,811
	Kontrol	0	1	35,15	1,840	0,939
			2	35,95	1,803	0,884
			3	34,66	-	0,898
Minimum-maksimum				33,3-41,71	1,803-3,430	0,811-0,952
Ortalama				36,12	2,517	0,900

[1]Sonuçlar kurumadde üzerinden düzeltilmiştir. Tek: tekerrür; Kontrol: ekmeklik un; MB1: mor buğday unu; MB2: %75 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB3: %50 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB4: %25 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP1: Spelt buğday unu; SP2: %75 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP3: %50 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP4: %25 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY1: Siyez buğday unu; SY2: %75 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY3: %50 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY4: %25 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu. İKO: ikame oranı.

Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmeklerinin rutubet miktarı, kül miktarı ve su aktivitesi değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.42'de verilmiştir. Rutubet miktarı üzerinde *"ikame 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. Kül miktarı üzerinde *"ikame oranı"* istatistiki olarak çok önemli ve *"un çeşidi"* önemli düzeyde etkili iken, *"un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu"* etkili olmamıştır.

Çizelge 4.42. Mor, Spelt ve Siyez buğday 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
Un çeşidi (UÇ)	2	39,243	19,622	35,2893**	2	0,193	0,096	2,960	2	0,011	0,005	12,6782**
İkame oranı (İKO)	4	50,962	12,740	22,9135**	4	5,463	1,366	41,9334**	4	0,010	0,002	5,8601**
UÇ *x* İKO	8	58,103	7,263	13,0621**	8	0,675	0,084	2,590	8	0,013	0,002	3,7726**
Hata	30	16,681	0,556		13	0,423	0,033		30	0,012	0,000	
Toplam	44	164,989			27	6,842			44	0,045		

*: *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 4.42'de önemlilik düzeyleri verilen "*un çeşidi*", "ikame oranı" ve "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu"*na ait rutubet miktarı, kül miktarı ve su aktivitesi değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları sırasıyla Çizelge 4.43 ve Çizelge 4.44'te verilmiştir. Kül miktarı, üründeki organik maddelerin yakılması ile elde edilen toplam mineral madde içeriğinin bir göstergesidir (Bilge vd., 2016). Tanenin kepek tabakasınında fazla miktarda bulunan mineral maddeler ortama dahil olduğunda kül miktarı artmaktadır (Peterson vd., 1986).

Çizelge 4.43. Mor, Spelt ve Siyez buğday 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[1] %	Su aktivitesi değeri a_w
MB1	3	34,89 ± 0,17^{de}	2,840 ± 0,35	0,921 ± 0,02^{a}
MB2	3	35,10 ± 0,25^{de}	2,866 ± 0,28	0,912 ± 0,02^{ab}
MB3	3	35,62 ± 0,10^{c-e}	2,160 ± 0,08	0,930 ± 0,03^{a}
MB4	3	35,42 ± 1,65^{c-e}	2,373 ± 0,19	0,927 ± 0,01^{a}
Kontrol	3	35,25 ± 0,65^{c-e}	1,821 ± 0,03	0,907 ± 0,03^{ab}
MB ort	15	35,26 ± 0,73^{B}	2,412 ± 0,45	0,920 ± 0,02^{A}
SP1	3	41,17 ± 0,49^{a}	2,970 ± 0,12	0,925 ± 0,01^{a}
SP2	3	37,97 ± 0,37^{b}	2,547 ± 0,35	0,889 ± 0,02^{a-c}
SP3	3	38,40 ± 0,14^{b}	2,703 ± 0,20	0,886 ± 0,01^{a-c}
SP4	3	34,29 ± 0,86^{e}	2,416 ± 0,06	0,880 ± 0,00^{a-c}
Kontrol	3	35,25 ± 0,65^{c-e}	1,821 ± 0,03	0,907 ± 0,03^{ab}
SP ort	15	37,42 ± 2,57^{A}	2,491 ± 0,43	0,897 ± 0,02^{B}
SY1	3	37,38 ± 0,22^{bc}	3,395 ± 0,05	0,923 ± 0,01^{a}
SY2	3	36,58 ± 1,15^{b-d}	3,100 ± 0,04	0,896 ± 0,01^{ab}
SY3	3	34,62 ± 0,69^{de}	2,505	0,853 ± 0,01^{bc}
SY4	3	34,57 ± 1,12^{de}	2,313	0,833 ± 0,02^{c}
Kontrol	3	35,25 ± 0,65^{c-e}	1,821 ± 0,03	0,907 ± 0,03^{ab}
SY ort	15	35,68 ± 1,36^{B}	2,681 ± 0,66	0,882 ± 0,04^{B}

[1] Sonuçlar kurumadde üzerinden düzeltilmiştir. Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen "*un çeşidi"*, küçük italik harflerle gösterilen "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*" ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır *(p<0,05*). Kontrol: ekmeklik un; MB1: mor buğday unu; MB2: %75 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB3: %50 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB4: %25 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP1: Spelt buğday unu; SP2: %75 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP3: %50 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP4: %25 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY1: Siyez buğday unu; SY2: %75 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY3: %50 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY4: %25 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu. MB ort: Mor buğday unu ortalama; SP ort: Spelt unu ortalama; SY ort: Siyez unu ortalama

Çalışmada unlarda olduğu gibi ekmeklerde de artan ikame oranıyla kül miktarı artmıştır. Çalışmada mor buğday ununun rutubet miktarı en düşük iken (%35,26); su aktivitesi değeri 0,920 ile yüksek olarak bulunmuştur. Siyez ve Spelt ekmeklerinin daha düşük su aktivitesi ekmeklerin mikrobiyal stabilitesi bakımından önemli görülmüştür.

Çizelge 4.44. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı 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[1] %	Su aktivitesi değeri a_w
0	9	$35,25 \pm 0,56^{cd}$	$1,821 \pm 0,02^{c}$	$0,907 \pm 0,02^{ab}$
25	9	$34,76 \pm 1,20^{d}$	$2,378 \pm 0,11^{b}$	$0,880 \pm 0,04^{b}$
50	9	$36,21 \pm 1,73^{bc}$	$2,447 \pm 0,29^{b}$	$0,890 \pm 0,04^{b}$
75	9	$36,55 \pm 1,39^{b}$	$2,838 \pm 0,32^{a}$	$0,899 \pm 0,02^{ab}$
100	9	$37,81 \pm 2,75^{a}$	$3,068 \pm 0,31^{a}$	$0,923 \pm 0,01^{a}$

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

4.2.3. Protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite değeri

Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerine ait protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değeri analiz sonuçları Çizelge 4.45'te verilmiştir. Unların protein oranı %10,31-13,78; toplam fenolik madde miktarı 120-292 mg GAE/100g; toplam antioksidan aktivite değeri 300,4-621,6 µmol TE/g arasında değişim göstermiştir. Protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değerleri sırasıyla ortalama %12,09, 192,2 mg GAE/100g, 363,7 µmol TE/g olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.45. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite değerleri analiz sonuçları[1]

Un çeşidi	Örnek no	İkame oranı %	Tek	Protein oranı %	Toplam fenolik madde miktarı mg GAE/100g	Toplam antioksidan aktivite değeri µmol TE/g
Mor buğday unu	MB1	100	1	12,74	176,00	323,8
			2	12,79	220,57	322,0
			3	-	204,57	312,3
	MB2	75	1	12,25	191,43	308,1
			2	12,18	215,43	308,2
			3	-	201,14	305,6
	MB3	50	1	11,69	166,86	336,6
			2	11,59	171,43	308,7
			3	-	160,00	336,8
	MB4	25	1	10,98	149,14	308,6
			2	11,03	154,29	303,7
			3	-	152,00	307,1
	Kontrol	0	1	10,55	136,00	312,5
			2	10,31	134,86	300,4
			3	-	120,00	305,9
Spelt buğday unu	SP1	100	1	13,51	252,00	349,1
			2	13,51	278,86	346,4
			3	-	262,29	347,9
	SP2	75	1	13,05	233,71	340,3
			2	12,89	275,43	336,7
			3	-	292,00	337,8
	SP3	50	1	12,43	262,86	329,8
			2	12,22	243,43	329,7
			3	-	262,29	328,3
	SP4	25	1	11,90	178,29	328,2
			2	11,79	197,14	320,7
			3	-	183,43	328,6
	Kontrol	0	1	10,55	136,00	312,5
			2	10,31	134,86	300,4
			3	-	120,00	305,9
Siyez buğday unu	SY1	100	1	13,78	220,57	338,3
			2	13,74	234,86	335,1
			3	-	234,86	335,8
	SY2	75	1	13,22	206,29	391,8
			2	13,14	217,71	392,9
			3	-	212,57	-
	SY3	50	1	12,78	189,14	611,9
			2	12,75	164,00	609,3
			3	-	169,71	621,6
			1	12,14	171,43	600,1

	SY4	25	2	12,01	174,86	601,4
			3	-	197,71	601,1
	Kontrol	0	1	10,55	136,00	312,5
			2	10,31	134,86	300,4
			3	-	120,00	305,9
Minimum-maksimum				10,31-13,78	120,00-292,00	300,4-621,6
Ortalama				12,09	192,2	363,7

[1] Sonuçlar kurumadde üzerinden düzeltilmiştir. Tek: tekerrür; Kontrol: ekmeklik un; MB1: mor buğday unu; MB2: %75 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB3: %50 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB4: %25 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP1: Spelt buğday unu; SP2: %75 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP3: %50 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP4: %25 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY1: Siyez buğday unu; SY2: %75 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY3: %50 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY4: %25 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu. İKO: ikame oranı.

Ekmek örneklerine ait protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değeri varyans analiz sonuçları Çizelge 4.46'da verilmiştir. Tüm değerler üzerinde, "*un çeşidi",* "*ikame oranı"* ve "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu"* istatistiki olarak çok önemli düzeyde etkili olmuştur.

Çizelge 4.46. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	Protein oranı				Toplam fenolik madde miktarı				Toplam antioksidan aktivite değeri			
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
Un çeşidi (UÇ)	2	3,671	1,835	179,915**	2	20177,345	10088,67	55,7198**	2	157019,62	78509,81	2325,389**
İkame oranı (İKO)	4	30,300	7,575	742,4983**	4	63240,832	15810,21	87,3198**	4	92229,06	23057,26	682,9351**
UÇ *x* İKO	8	0,959	0,120	11,7453**	8	10200,952	1275,12	7,0425**	8	169383,72	21172,97	627,1239**
Hata	15	0,153	0,010		30	5431,827	181,06		29	979,10	33,8	
Toplam	29	35,082			44	99050,955			43	431422,97		

*: *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 4.46'da önemlilik düzeyleri verilen "*un çeşidi*", "ikame oranı" ve "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu"*na ait ekmeklerin protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları sırasıyla Çizelge 4.47 ve Çizelge 4.48'de verilmiştir. Çalışmada Siyez ekmeklerinin ortalama protein oranı en yüksek bulunmuş (%12,44, k.m.), Spelt ekmeklerinin ise ortalama %12,21 (k.m.) olmuştur. Mor buğday unu ekmeklerinin ise en düşüktür (%11,61, k.m.). Çalışmada Spelt ve Siyez unlarının protein oranları da mor buğday ununun üzerinde bulunmuştur. Bu iki buğday ununun daha yüksek protein oranı ekmeklerin de protein oranlarını yükseltmiştir. Bu durum beslenmede protein ihtiyacının karşılanmasında özellikle Siyez ekmeklerinin öne çıktığını göstermiştir. Çalışmada Siyez ekmeği toplam antioksidan aktivite (454,2 μmol TE/g) ve Spelt ekmekleri ise toplam fenolik madde miktarı (220,84 GAE/100g) bakımından daha yüksek değerlere sahip olmuşlardır. Her iki parametre açısından mor buğday ekmekleri diğer iki unun altında ($p<0,01$) toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite değerine sahip olmuştur. Siyez antioksidan özelliğe sahip bioaktif bileşenlerce zengindir (Hidalgo ve Brandolini, 2014). Fitositeroller (sitosterol, stanol, campasterol) (Nurmi vd., 2008), karotenoidler (α-karoten and β-karoten), A vitaminiin biosentezi için gereklidir, (Brandolini vd., 2008), lutein (Lachman vd., 2013; Hidalgo ve Brandolini, 2014), polifenoller (fenolik asitler, flavonoidler ve lignanlar) (Serpen vd., 2008, Lavelli vd., 2009), alkilresorsinoller (Anderson vd., 2008) Siyez ununda bulunan başlıca antioksidan aktiviteye sahip biyoaktif bileşenlerdir. Spelt ununda ise alkilresorsinoller (Grela, 1996), β-sitosterol glycoside (Ruibal-Mendieta, 2004), fenolik asitlerden özellikle ferulik asit ve p-kumarik asit (Andersson vd., 2014), tokokromanoller (Hussain vd., 2012) başlıca biyoaktif bileşenler olarak tanımlanmaktadır. Spelt tanelerinde de modern buğdaylar ile karşılaştırıldığında antioksidan özellik yüksektir (Escarnot vd., 2010; Polonskiy vd., 2020; Tóth vd., 2022).

Çizelge 4.47. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerine ait protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değeri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları[1]

Un çeşidi	n	Protein oranı %	Toplam fenolik madde miktarı mg GAE/100g	Toplam antioksidan aktivite µmol TE/g
MB1	3	12,77 ± 0,03^{d}	200 ± 22,58^{b-d}	319,4 ± 6,2^{ef}
MB2	3	12,22 ± 0,05^{ef}	202,67 ± 12,07^{b-d}	307,3 ± 1,5^{f}
MB3	3	11,64 ± 0,08^{g}	166,10 ± 5,75^{d-f}	327,4 ± 16,2^{de}
MB4	3	11,01 ± 0,03^{h}	151,81 ± 2,58^{ef}	306,5 ± 2,5^{f}
Kontrol	3	10,43 ± 0,17^{ı}	130,29 ± 8,93^{f}	306,3 ± 6,1^{f}
MB ort	15	11,61 ± 0,88^{C}	170,25 ± 30,81^{C}	313,4 ± 11,3^{C}
SP1	3	13,51 ± 0,00^{ab}	264,38 ± 13,55^{a}	347,8 ± 1,4^{c}
SP2	3	12,97 ± 0,11^{cd}	267,05 ± 30,04^{a}	338,3 ± 1,8^{cd}
SP3	3	12,33 ± 0,15^{e}	256,19 ± 11,06^{a}	329,3 ± 0,8^{de}
SP4	3	11,84 ± 0,08^{fg}	186,29 ± 9,74^{c-e}	325,8 ± 4,5^{de}
Kontrol	3	10,43 ± 0,17^{ı}	130,29 ± 8,93^{f}	306,3 ± 6,1^{f}
SP ort	15	12,21 ± 1,12^{B}	220,84 ± 57,81^{A}	329,5 ± 14,7^{B}
SY1	3	13,76 ± 0,03^{a}	230,10 ± 8,25^{ab}	336,4 ± 1,7^{c-e}
SY2	3	13,18 ± 0,06^{bc}	212,19 ± 5,72^{bc}	392,4 ± 0,8^{b}
SY3	3	12,76 ± 0,02^{d}	174,28 ± 13,18^{c-e}	614,3 ± 6,5^{a}
SY4	3	12,08 ± 0,09^{ef}	181,33 ± 14,29^{c-e}	600,9 ± 0,7^{a}
Kontrol	3	10,43 ± 0,17^{ı}	130,29 ± 8,93^{f}	306,3 ± 6,1^{f}
SY ort	15	12,44 ± 1,21^{A}	185,64 ± 36,64^{B}	454,2 ± 140,5^{A}

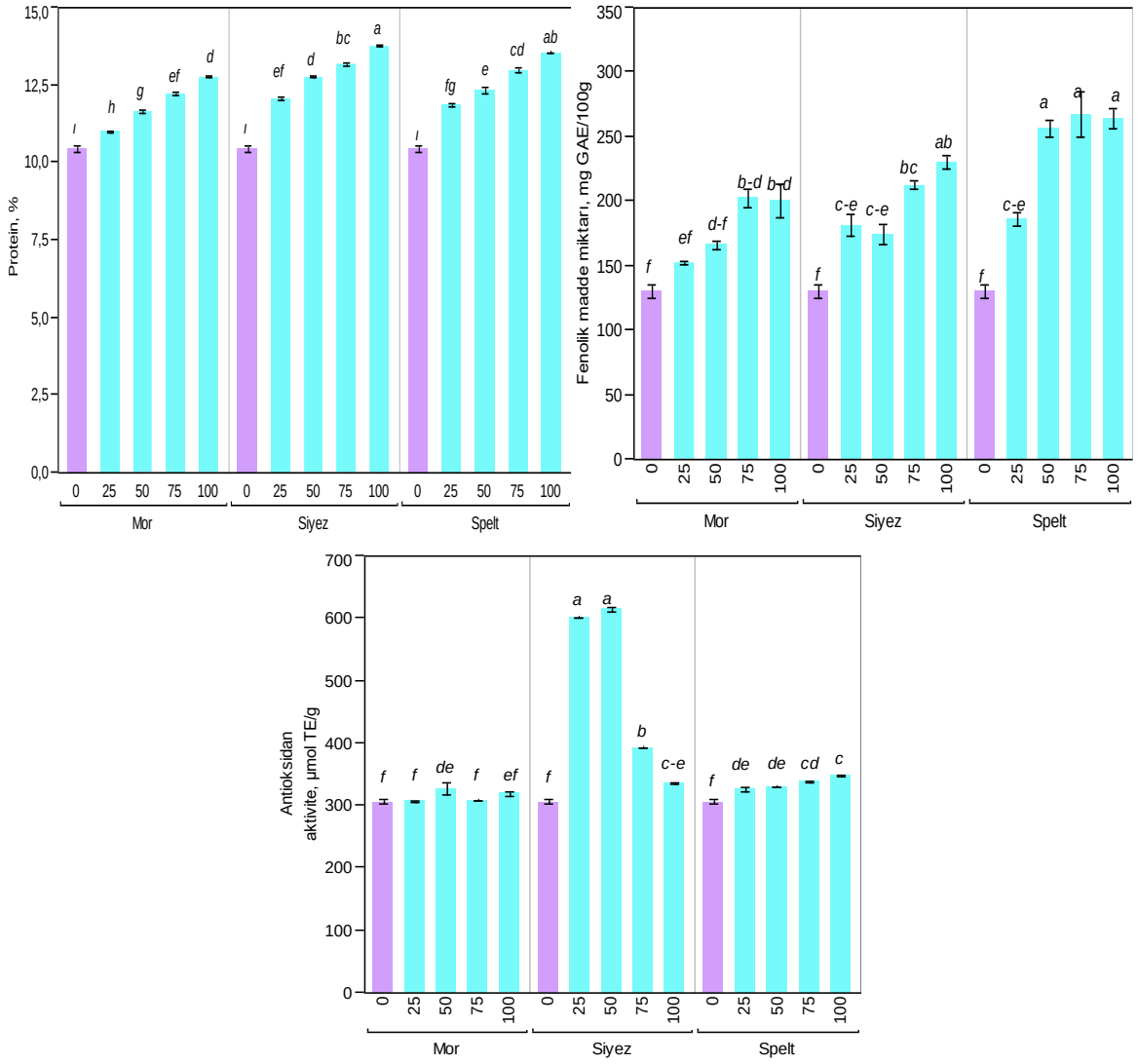
[1] Sonuçlar kurumadde üzerinden düzeltilmiştir. Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen "*un çeşidi"*, küçük italik harflerle gösterilen "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu"* ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır *(p<0,05*). Kontrol: ekmeklik un; MB1: mor buğday unu; MB2: %75 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB3: %50 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB4: %25 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP1: Spelt buğday unu; SP2: %75 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP3: %50 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP4: %25 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY1: Siyez buğday unu; SY2: %75 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY3: %50 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY4: %25 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu. MB ort: Mor buğday unu ortalama; SP ort: Spelt unu ortalama; SY ort: Siyez unu ortalama

Çalışmada ikame oranı arttıkça kontrol unun protein oranı %10,43'ten %13,34'e, toplam fenolik madde içeriği 130,29 mg GAE/100g'den 231,62 mg GAE/100g'e ve toplam antioksidan aktivite 306,3 µmol TE/g'dan 423,6 µmol TE/g'a artmıştır. Protein oranı her ikame oranında istatistiki olarak farklı olacak şekilde ($p<0,01$) artmıştır. Toplam fenolik madde miktarı istatistiki olarak %50 ikame oranından sonra değişmemiştir. Toplam antioksidan aktivite ise %50 ve %25 ikame oranlarında daha yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4.48. Ekmek örneklerinde ikame oranlarına ait protein miktarı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değeri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

İkame oranı %	n	Protein oranı %	Toplam fenolik madde miktarı mg GAE/100g	Toplam antioksidan aktivite değeri µmol TE/g
0	9	10,43 ± 0,13^{e}	130,29 ± 7,73^{d}	306,3 ± 5,2^{e}
25	9	11,64 ± 0,51^{d}	173,14 ± 18,36^{c}	411,1 ± 142,6^{b}
50	9	12,24 ± 0,51^{c}	198,86 ± 44,09^{b}	423,6 ± 143,2^{a}
75	9	12,79 ± 0,46^{b}	227,30 ± 34,29^{a}	340,2 ± 35,3^{c}
100	9	13,34 ± 0,46^{a}	231,62 ± 30,98^{a}	334,5 ± 12,8^{d}

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



Şekil 4.7. Protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değeri üzerinde etkili olan "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*''

Çalışmada protein oranı, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değeri üzerinde etkili olan "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*'' Çizelge 4.47 ve Şekil 4.7.'de verilmiştir. Siyez ve Spelt ekmeklerinin %100 ve Siyez ekmeğinin %75 ikame oranında protein oranları; Siyez ekmeklerinin %25 ve %50 ikame oranlarında toplam antioksidan aktivite; Siyez ve Spelt ekmeklerinin %100 ve Spelt ekmeğinin %50 ve %75 ikame oranlarında toplam fenolik madde en yüksek bulunmuştur.

4.2.4. Diyet lifi miktarı

Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerine ait çözünür diyet lifi, çözünmez diyet lifi ve toplam diyet lif analiz sonuçları Çizelge 4.49'da verilmiştir. Ekmeklerin çözünür diyet lifi miktarı %1,74- 6,53; çözünmez diyet lifi miktarı %0,02-11,5; toplam diyet lifi miktarı %3,12-13,40 arasında değişim göstermiştir. Çözünür diyet lifi miktarı, çözünmez diyet lifi miktarı, toplam diyet lifi miktarı değerleri sırasıyla ortalama %3,42, %5,28 ve %8,71 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.49 Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin çözünür, çözünmez ve toplam diyet lifi miktarı analiz sonuçları

Un çeşidi	Örnek no	İkame oranı %	Tek	Çözünür diyet lifi miktarı %	Çözünmez diyet lifi miktarı %	Toplam diyet lifi miktarı %
Mor buğday unu	MB1	100	1	3,36	9,06	12,42
			2	2,52	9,94	12,47
	MB2	75	1	3,39	7,94	11,33
			2	3,27	7,55	10,82
	MB3	50	1	3,74	4,49	8,23
			2	4,30	4,06	8,36
	MB4	25	1	2,27	4,57	6,84
			2	3,02	4,72	7,73
	Kontrol	0	1	2,86	0,25	3,12
			2	3,75	0,02	3,77
Spelt buğday unu	SP1	100	1	1,90	11,50	13,40
			2	1,74	10,68	12,42
	SP2	75	1	3,05	8,43	11,47
			2	2,00	9,08	11,08
	SP3	50	1	3,01	5,76	8,78
			2	2,89	5,90	8,79
			1	3,92	3,76	7,68

	SP4	25	2	4,28	3,48	7,77
	Kontrol	0	1	2,86	0,25	3,12
			2	3,75	0,02	3,77
Siyez buğday unu	SY1	100	1	5,13	6,90	12,02
			2	6,53	6,13	12,66
	SY2	75	1	3,95	6,14	10,09
			2	5,48	5,27	10,74
	SY3	50	1	4,39	3,64	8,03
			2	4,99	3,52	8,50
	SY4	25	1	2,05	7,30	9,35
			2	1,75	7,84	9,59
	Kontrol	0	1	2,86	0,25	3,12
			2	3,75	0,02	3,77
Minimum-maksimum				1,74- 6,53	0,02-11,5	3,12-13,40
Ortalama				3,42	5,28	8,71

Tek: tekerrür; Kontrol: ekmeklik un; MB1: mor buğday unu; MB2: %75 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB3: %50 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB4: %25 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP1: Spelt buğday unu; SP2: %75 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP3: %50 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP4: %25 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY1: Siyez buğday unu; SY2: %75 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY3: %50 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY4: %25 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu. İKO: ikame oranı.

Dhanavath ve Rao, 2017; Siyez tam buğday ununun çözünür, çözünmez ve toplam diyet lif içeriklerinin sırasıyla %1,70-2,85; %4,10-9,32; %6,95-10,80 aralıklarında olduğunu belirlemiştir. Literatürdeki bulgularda; Siyez tam buğday ununun çözünür, çözünmez ve toplam diyet lif içeriklerinin sırasıyla %1,70-2,85; %4,10-9,32; %6,95-10,80 aralıklarında; Spelt tam buğday ununun çözünür, çözünmez ve toplam diyet lif içeriklerinin sırasıyla %1,20-2,50; %8,70-12,90; %10,50-14,90 aralıklarında olduğu belirlenmiştir (Marconi vd., 1999; Shewry ve Hey, 2015; Izambaeva vd., 2016; Dhanavath ve Rao, 2017; Ertop, 2018; Işık vd., 2022). Bu çalışma sonucunda elde edilen değerler ile literatürdeki değerlerin uyumlu oldukları söylenebilir.

Ekmek örneklerine ait çözünür, çözünmez ve toplam diyet lif içerikleri değeri varyans analiz sonuçları Çizelge 4.50' de verilmiştir. Çözünür diyet lifi üzerinde "*un çeşidi"* önemli düzeyde, "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu"* çok önemli düzeyde etkili iken, "*ikame oranı"* istatistiki olarak etkili olmamıştır. Çözünmez diyet lifi üzerinde tüm parametreler çok önemli düzeyde etkili olmuştur. Toplam diyet lifi miktarı üzerinde "*ikame oranı"* istatistiki olarak çok önemli ve "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu"* önemli düzeyde etkili iken, "*un çeşidi"* etkili olmamıştır.

Çizelge 4.50. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin çözünür, çözünmez ve toplam diyet lifi miktarına ait varyans analiz sonuçları

VK	Çözünür diyet lif				Çözünmez diyet lif			
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
Un çeşidi (UÇ)	2	7,061227	3,530613	10,5967*	2	7,02861	3,5143	25,458**
İkame oranı (İKO)	4	3,260647	0,815162	2,4466	4	273,53099	68,38275	495,3716**
UÇ x İKO	8	23,060373	2,882547	8,6516**	8	46,32169	5,79021	41,9449**
Hata	30	4,9977	0,33318		30	2,07065	0,138	
Toplam	44	38,379947			44	328,95194		
VK	Toplam diyet lif							
	SD	KT	KO	F				
Un çeşidi (UÇ)	2	0,60242	0,30121	1,9771				
İkame oranı (İKO)	4	287,06201	71,7655	471,0671**				
UÇ x İKO	8	6,25865	0,78233	5,1352*				
Hata	30	2,2852	0,1523					
Toplam	44	296,20828						

*: $p<0,05$ 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'de önemlilik düzeyleri verilen "*un çeşidi*" ve "ikame oranı" ve "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu"*na ait ekmeklerin çözünür diyet lifi, çözünmez diyet lifi ve toplam diyet lifi değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları sırasıyla Çizelge 4.51 ve Çizelge 4.52'de verilmiştir. Çalışmada Siyez ekmeklerinin çözünür diyet lifi en yüksektir (%4,09), bunu mor buğday ekmekleri (%3,25) ve Spelt ekmekleri (%2,94) takip etmiştir. Spelt ekmeğinin ise çözünmez diyet lifi içeriği en yüksektir (%5,89). Mor buğday ekmeklerinin de çözünmez diyet lifi içeriği iyi düzeydedir (%5,26). Siyez ekmeklerinin diğer ekmeklerin altındadır (%4,70). Toplam diyet lifi bakımından ekmekler arasında istatistiki olarak önemli bir farklılık bulunmamıştır ($p<0,01$).

Diyet lifi ince bağırsakta sindirilemeyen ve dolayısıyla sindirim enzimlerine dirençli olan ve kalın bağırsakta tamamen veya kısmen fermente olabilen polisakkkaritlerdir (Anderson vd., 2009). Çözünür ve çözünmez lifler olmak üzere ikiye ayrılır. Çözünür liflerin kolestrolü düşürme, kan basıncını düşürme, glikozun kana geçişini yavaşlatarak diyabeti önleme, viskoz karakteri nedeni ile midenin boşalmasını geciktirerek tokluk hissi verme özellikleri ile öne çıkarken; çözünmez liflerin kalın bağırsakta dışkı hacmini arttırma ve geçiş süresini azaltma ve kolon kanseri gibi bağırsak hastalıklarını önleme gibi özelikleri ile öne çıkmaktadır. (Liu vd., 1999; Whelton vd., 2005; Lairon vd., 2005; Brown vd., 1999; Park vd., 2005; Jones vd., 2006; Threaplaton vd., 2013; Kim ve Je, 2014). Toplam diyet lifinin Siyez buğdayında yüksek olmadığı (Hidalgo ve Brandolini, 2014); 93-128 g/kg arasında değiştiği bildirilmiştir (Gebruers vd., 2008; Abdel-Aal vd., 1997; Loje vd., 2003).

Emmer buğdayında 98 g/kg, Spelt de ise 120 g/kg olarak bulunduğu belirtilmiştir (Hidalgo ve Brandolini, 2014). Arabinoksilan ve β-glukanlarda siyezde sınırlı miktarlarda bulunur (Hidalgo ve Brandolini, 2014). Gebruers vd. (2008) 5 siyez ve 151 ekmeklik buğday numunesi çalışmış, toplam arabinoksilan içeriğinin siyez buğdaylarında 14,5–23,5 g/kg ve ekmeklik buğdaylarda 13,5–27,5 g/kg (k.m.); β-glukan içeriğinin ise 2,5–3,5 g/kg'a karşı 5,0–9,5 g kg (k.m.) arasında olduğunu gözlemlemiştir. Spelt tanesi diyette önemli bir yeri olan diyet lifi bakımından zengindir (Tremmel-Bede vd., 2020). Spelt tanesinde arobinoksilan içeriği ortalama %5,74 olarak bulunmuş, bunun %0,59'u suda çözünebilir olarak belirtilmiştir. Spelt ununda bu miktar %1,75 ve %0,35 (Escarnot vd., 2015), ticari buğdayda ise %1,9 ve %0,50'dir (Escarnot vd., 2012). β-glukan içeriği ise Spelt ve ekmeklik buğdayda ortalama %0,54 ve %0,51 olarak bulunmuştur (Escarnot vd., 2015).

Çizelge 4.51. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin çözünür, çözünmez ve toplam diyet lifi miktarı ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları[1]

Un çeşidi	n	Çözünür diyet lif,%	Çözünmez diyet lif,%	Toplam diyet lif,%
MB1	3	2,94 ± 0,59	9,50 ± 0,62^{b}	12,45 ± 0,04^{ab}
MB2	3	3,33 ± 0,08	7,74 ± 0,28^{cd}	11,08 ± 0,36^{bc}
MB3	3	4,02 ± 0,40	4,28 ± 0,30^{g}	8,30 ± 0,09^{ef}
MB4	3	2,65 ± 0,53	4,64 ± 0,11^{fg}	7,29 ± 0,63^{f}
Kontrol	3	3,31 ± 0,63	0,14 ± 0,16^{ı}	3,44 ± 0,46^{g}
MB ort	15	3,25 ± 0,61^{B}	5,26 ± 3,40^{B}	8,51 ± 3,32
SP1	3	1,82 ± 0,11	11,09 ± 0,58^{a}	12,91 ± 0,69^{a}
SP2	3	2,53 ± 0,74	8,76 ± 0,46^{bc}	11,28 ± 0,28^{bc}
SP3	3	2,95 ± 0,08	5,83 ± 0,10^{ef}	8,79 ± 0,01^{ef}
SP4	3	4,1 ± 0,25	3,62 ± 0,20^{h}	7,73 ± 0,06^{f}
Kontrol	3	3,31 ± 0,63	0,14 ± 0,16^{ı}	3,45 ± 0,46^{g}
SP ort	15	2,94 ± 0,87^{B}	5,89 ± 4,05^{A}	8,83 ± 3,44
SY1	3	5,83 ± 0,99	6,52 ± 0,54^{de}	12,34 ± 0,45^{ab}
SY2	3	4,72 ± 1,08	5,71 ± 0,62^{e-g}	10,42 ± 0,46^{cd}
SY3	3	4,69 ± 0,42	3,58 ± 0,08^{h}	8,27 ± 0,33^{ef}
SY4	3	1,9 ± 0,21	7,57 ± 0,38^{cd}	9,47 ± 0,17^{de}
Kontrol	3	3,31 ± 0,63	0,14 ± 0,16^{ı}	3,45 ± 0,46^{g}
SY ort	15	4,09 ± 1,53^{A}	4,70 ± 2,79^{C}	8,79 ± 3,16

[1] Sonuçlar kurumadde üzerinden düzeltilmiştir. Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen "*un çeşidi"*, küçük italik harflerle gösterilen "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu"* ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır *(p<0,05*). Kontrol: ekmeklik un; MB1: mor buğday unu; MB2: %75 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB3: %50 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB4: %25 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP1: Spelt buğday unu; SP2: %75 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP3: %50 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP4: %25 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY1: Siyez buğday unu; SY2: %75 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY3: %50 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY4: %25 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu. MB ort: Mor buğday unu ortalama; SP ort: Spelt unu ortalama; SY ort: Siyez unu ortalama

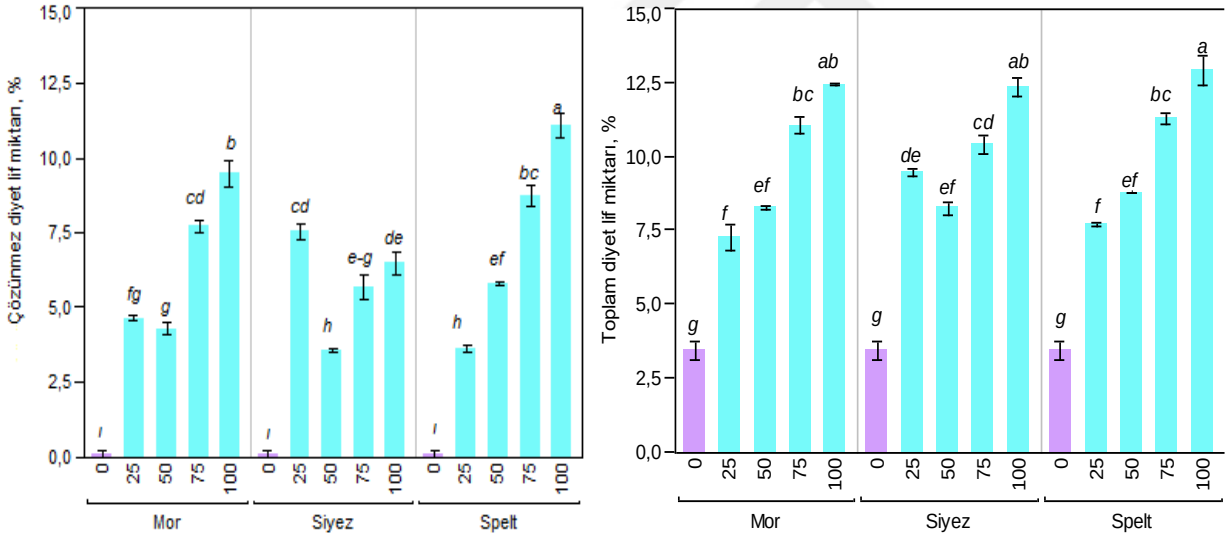
Çalışmada artan ikame oranı ile birlikte ekmeklerde çözünmez ve toplam diyet lifi önemli miktarda artarken, çözünür diyet lifi değişmemiştir. Çözünmez diyet lifi içeriği ikame ekmeklerde %5,28-9,04 ve toplam diyet lifi içeriği %8,16-12,57 arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 4.52. Ekmek örneklerinde ikame oranlarına ait çözünür, çözünmez ve toplam diyet lifi değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

İkame oranı %	n	Çözünür diyet lif %	Çözünmez diyet lif %	Toplam diyet lif %
0	9	3,31 ± 0,49	0,14 ± 0,13^{e}	3,45 ± 0,36^{d}
25	9	2,88 ± 1,04	5,28 ± 1,84^{c}	8,16 ± 1,07^{c}
50	9	3,89 ± 0,83	4,56 ± 1,04^{d}	8,45 ± 0,30^{c}
75	9	3,52 ± 1,15	7,40 ± 1,44^{b}	10,92 ± 0,50^{b}
100	9	3,53 ± 1,92	9,04 ± 2,13^{a}	12,57 ± 0,46^{a}

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

.



Şekil 4.8. Çözünmez ve toplam diyet lif miktarı üzerinde etkili olan "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*''

Çalışmada çözünmez ve toplam diyet lif miktarları üzerinde etkili olan "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*'' Çizelge 4.51 ve Şekil 4.8.'de verilmiştir. En yüksek çözünmez diyet lifi miktarı Spelt ekmeklerinde (%100 ikame oranı) elde edilirken (%11,09); yine Spelt ekmeklerinin %75, mor buğday ekmeklerinin %100 ve %75 ve Siyez ekmeğinin %25 ikame oranında %7,5-10,0 arasında bulunmuştur. Toplam diyet lifi üç buğday ununun %100

ikamesi ile elde edilen ekmeklerde istatistiki olarak benzer ve en yüksektir (yaklaşık %12,5-13,0 arasında). Yine %75 ikame ekmeklerde %10,5-11,5 arasında değişmiştir.

4.2.5. Aminoasit kompozisyonu

Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmeklerin histidin, arginin, treonin, metiyonin ve valin aminoasit değerlerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.53'te ve fenilalanin, izolösin, lösin ve lisin aminoasit değerlerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.54' te verilmiştir. Ekmeklerin histidin miktarı 0,091-0,400; arginin değeri 0,212-0,566; treonin değeri 0,225-0,582, metionin değeri 0,137-0,498, valin değeri 0,229-0,653, fenil alanin değeri 0,219-0,726, izolösin değeri 0,303-0,619, lösin değeri 0,382-1,021, lisin değeri 0,200-0,622 arasında değişim göstermiş olup sırasıyla ortalama 0,250, 0,383, 0,405, 0,301, 0,435, 0,475, 0,442, 0,693 ve 0,419 g/100 g olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.53. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin histidin, arginin, treonin, metionin ve valin aminoasit analiz sonuçları

Un çeşidi	Örnek no	İkame oranı %	Tek	Histidin g/100 g	Arginin g/100 g	Treonin g/100 g	Metionin g/100 g	Valin g/100 g
Mor buğday unu	MB1	100	1	0,375	0,566	0,534	0,315	0,557
			2	0,272	0,459	0,468	0,215	0,412
	MB2	75	1	0,266	0,392	0,386	0,207	0,399
			2	0,323	0,419	0,446	0,278	0,392
	MB3	50	1	0,270	0,403	0,401	0,224	0,401
			2	0,165	0,222	0,242	0,137	0,229
	MB4	25	1	0,311	0,456	0,456	0,257	0,465
			2	0,400	0,528	0,582	0,384	0,653
	Kontrol	0	1	0,287	0,363	0,411	0,242	0,424
			2	0,345	0,434	0,484	0,285	0,531
Spelt buğday unu	SP1	100	1	0,317	0,482	0,490	0,302	0,548
			2	0,222	0,373	0,398	0,175	0,356
	SP2	75	1	0,328	0,459	0,480	0,255	0,505
			2	0,263	0,396	0,431	0,260	0,406
	SP3	50	1	0,282	0,447	0,495	0,262	0,446
			2	0,331	0,437	0,469	0,259	0,472
	SP4	25	1	0,272	0,476	0,501	0,262	0,459
			2	0,271	0,354	0,455	0,261	0,421
	Kontrol	0	1	0,287	0,363	0,411	0,242	0,424
			2	0,345	0,434	0,484	0,285	0,531
	SY1	100	1	0,315	0,461	0,454	0,262	0,484

Siyez buğday unu			2	0,295	0,449	0,449	0,292	0,524
	SY2	75	1	0,102	0,228	0,255	0,426	0,382
			2	0,093	0,244	0,258	0,442	0,388
	SY3	50	1	0,103	0,212	0,269	0,402	0,370
			2	0,094	0,238	0,225	0,498	0,370
	SY4	25	1	0,106	0,233	0,235	0,431	0,374
			2	0,091	0,239	0,261	0,486	0,356
	Kontrol	0	1	0,287	0,363	0,411	0,242	0,424
			2	0,345	0,434	0,484	0,285	0,531
Minimum-maksimum				0,091-0,400	0,212-0,566	0,225-0,582	0,137-0,498	0,229-0,653
Ortalama				0,250	0,383	0,405	0,301	0,435

Kontrol: ekmeklik un; MB1: mor buğday unu; MB2: %75 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB3: %50 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB4: %25 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP1: Spelt buğday unu; SP2: %75 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP3: %50 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP4: %25 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY1: Siyez buğday unu; SY2: %75 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY3: %50 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY4: %25 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu.

Çizelge 4.54. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin fenil alanin, izolösin, lösin ve lisin aminoasit analiz sonuçları

Un çeşidi	Örnek no	İkame oranı %	Tek	Fenil alanin, g/100 g	İzolösin, g/100 g	Lösin, g/100 g	Lisin, g/100 g
Mor buğday unu	MB1	100	1	0,453	0,490	0,865	0,515
			2	0,321	0,362	0,649	0,554
	MB2	75	1	0,341	0,389	0,653	0,409
			2	0,396	0,503	0,733	0,434
	MB3	50	1	0,358	0,402	0,672	0,377
			2	0,219	0,303	0,382	0,200
	MB4	25	1	0,414	0,456	0,757	0,470
			2	0,554	0,619	1,021	0,543
	Kontrol	0	1	0,413	0,430	0,749	0,356
			2	0,493	0,543	0,908	0,468
Spelt buğday unu	SP1	100	1	0,454	0,503	0,824	0,463
			2	0,334	0,428	0,569	0,359
	SP2	75	1	0,459	0,501	0,823	0,505
			2	0,382	0,419	0,704	0,434
	SP3	50	1	0,389	0,423	0,700	0,502
			2	0,465	0,581	0,793	0,469
	SP4	25	1	0,530	0,530	0,721	0,375
			2	0,372	0,394	0,691	0,374
	Kontrol	0	1	0,413	0,430	0,749	0,356
			2	0,493	0,543	0,908	0,468
	SY1	100	1	0,424	0,478	0,804	0,622
			2	0,446	0,487	0,806	0,430

Siyez buğday unu	SY2	75	1	0,686	0,370	0,594	0,311
			2	0,726	0,380	0,534	0,375
	SY3	50	1	0,694	0,370	0,517	0,323
			2	0,679	0,375	0,535	0,347
	SY4	25	1	0,674	0,386	0,507	0,322
			2	0,662	0,374	0,505	0,360
	Kontrol	0	1	0,413	0,430	0,749	0,356
			2	0,493	0,543	0,908	0,468
Minimum-maksimum				0,219-0,726	0,303-0,619	0,382-1,021	0,200-0,622
Ortalama				0,475	0,442	0,693	0,419

Kontrol: ekmeklik un; MB1: mor buğday unu; MB2: %75 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB3: %50 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB4: %25 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP1: Spelt buğday unu; SP2: %75 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP3: %50 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP4: %25 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY1: Siyez buğday unu; SY2: %75 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY3: %50 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY4: %25 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu.

Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmeklerin aminoasit kompozisyonu değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.55'te verilmiştir. Tüm değişkenler histidin, arginin ve treonin üzerinde çok önemli düzeyde *(p<0,01*) etkili olmuştur. Valin, izolösin, lösin ve lisin üzerinde "*un çeşidi*" değişkeninin etkisi önemsiz bulunmuştur. "*Un çeşidi x ikame oranı"* izolösin, lösin ve valin dışında diğer aminoasitler üzerinde etkilidir.

Çizelge 4.55. Mor, Spelt ve Siyez unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin aminoasit kompozisyonu değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	Histidin				Arginin				Treonin			
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
Un çeşidi (UÇ)	2	0,0865	0,0432	21,6987**	2	0,0855	0,0428	13,1733**	2	0,1000	0,0500	18,3778**
İkame oranı (İKO)	4	0,0524	0,0131	6,572**	4	0,0650	0,0162	5,0059**	4	0,0557	0,0139	5,1197**
UÇ x İKO	8	0,0809	0,0101	5,0787**	8	0,0829	0,0104	3,1943*	8	0,0915	0,0114	4,2028**
Hata	15	0,0299	0,0020		15	0,0487	0,0032		15	0,0408	0,0027	
Toplam	29	0,2497			29	0,2822			29	0,2879		
VK	Metionin				Valin				Fenilalanin			
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
Un çeşidi (UÇ)	2	0,0980	0,0490	19,823**	2	0,0071	0,0035	0,6201	2	0,2141	0,1070	24,3353**
İkame oranı (İKO)	4	0,0309	0,0077	3,1201	4	0,0448	0,0112	1,9646	4	0,0565	0,0141	3,2095*
UÇ x KO	8	0,0666	0,0083	3,3675*	8	0,0607	0,0076	1,3306	8	0,1385	0,0173	3,9356*
Hata	15	0,0371	0,0025		15	0,0856	0,0057		15	0,0660	0,0044	
Toplam	29	0,2326			29	0,1982			29	0,4751		
VK	İzolösin				Lösin				Lisin			
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
Un çeşidi (UÇ)	2	0,0156	0,0078	1,4568	2	0,0641	0,0320	2,5616	2	0,0108	0,0054	1,1876
İkame oranı (İKO)	4	0,0222	0,0055	1,0344	4	0,1765	0,0441	3,5284*	4	0,0468	0,0117	2,5761
UÇ x İKO	8	0,0471	0,0059	1,0980	8	0,1999	0,0250	1,9981	8	0,0976	0,0122	2,6855
Hata	15	0,0804	0,0054		15	0,1876	0,0125		15	0,0681	0,0045	
Toplam	29	0,1652			29	0,6281			29	0,2233		

*$p<0,05$ 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 4.55'te önemlilik düzeyleri verilen "*un çeşidi*" ve "ikame oranı" ve "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu"*na ait ekmeklerin aminoasit miktarı ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları sırasıyla Çizelge 4.56 ve Çizelge 4.57'de verilmiştir. Gıdanın besin değeri ile, amino asit içeriği, esansiyel amino asit oranı, amino asitlerin sindirimi, emilimi ve kullanımında hidrolize duyarlılığı ve emilim sonrasında fizyolojik kullanım oranına bağlı olan protein kalitesi arasında güçlü bir ilişki bulunmaktadır (Matuz vd., 2000; Hidalgo ve Brandolini, 2014). Buğday proteinleri, insan beslenmesi için önemli olan bazı amino asitler açısından eksiktir (Lea vd., 2016; Shewry, 2022). Özellikle lisin (en eksik amino asit) ve treonin (ikinci sınırlayıcı amino asit) düzeyleri düşüktür. Ancak buğday proteinleri, hamur oluşumunda işlevsel amino asitler olan glutamin ve prolin açısından zengindir (Kohajdová ve Karovičová, 2008). Spelt ve mor buğday unu ekmeklerinin Histidin, Arginin, Treonin, İzolösin, Lösin ve Lisin; Siyez ekmeklerinin metionin ve fenil alanin içeriği yüksektir. Siyez buğdayı da lisince fakir, prolince zengindir (Gabrovska vd., 2002). Bazı Siyez buğdaylarının normal ekmeklik buğdaydan daha yüksek lisin içeriğine sahip olduğu (Loje vd., 2003; Matuz vd., 2000); protein sindirilebilirliğinin durum ve ekmeklik buğdaylar ile aynı olduğu belirtilmiştir (Abdel-Aal ve Hucl, 2002). Spelt buğdaylarının aminoasit içeriğinin normal buğdaydan az farklı olduğu (Abdel-Aal vd., 2002), izolösin, lösin ve glisin hariç speltin normal buğdaydan daha yüksek aminoasit içeriğine sahip olduğu (Dvoracek vd., 2002; Matuz vd., 2000) belirtilmiştir. Lisin içeriğinin Spelt buğdayında ticari ekmeklik buğdaya göre daha yüksek olduğunu belirten çalışmalar olsa da (3,19 g/16 g. N ve 2,72 g/16 g N) (Grela, 1996) bir çok çalışmada daha düşük bulunmuştur (%28 daha düşük) (Ranhotra vd., 1996). Speltin metionin içeriğinin ticari ekmeklik buğdaydan daha yüksek olduğunu belirten çalışmalar olduğu gibi (Bonifácia vd., 2000; Ranhotra vd., 1996), bazı çalışmalarda daha düşük veya aynı bulunmuştur (Matuz vd., 2000; Jorgensen vd., 1997). Spelt buğdayının ticari buğdaya göre yine daha fazla prolin ve tirozin daha az alanin ve arginin içerdiği belirtilmiştir (Jorgensen vd., 1997).

Histidin, Treonin ve Lösin bakımından kontrol örneğine göre %50 ikame oranında en düşük değerler elde edildiği, diğer ikame oranlarının ise istatistiki olarak benzer olduğu görülmüştür. Arginin bakımından %50 ve %75 ikame oranları en düşük değere sahip olmuştur. Fenil alanin miktarı en düşük %100 ikame oranında elde edilmiştir.

Çizelge 4.56. Mor, Spelt ve Siyez unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin un çeşitlerine ait histidin, arginin, treonin, metiyonin, valin aminoasit analiz miktarları ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

Un çeşidi	n	Histidin g/100 g	Arginin g/100 g	Treonin g/100 g	Metionin g/100 g	Valin g/100 g
MB1	2	0,324 ± 0,073^{a}	0,512 ± 0,076^{a}	0,501 ± 0,047^{a}	0,265 ± 0,071^{a-d}	0,484 ± 0,102
MB2	2	0,294 ± 0,041^{a}	0,406 ± 0,019^{a-c}	0,416 ± 0,042^{a-c}	0,242 ± 0,051^{cd}	0,396 ± 0,005
MB3	2	0,218 ± 0,074^{ab}	0,313 ± 0,128^{a-c}	0,321 ± 0,113^{a-c}	0,180 ± 0,062^{d}	0,315 ± 0,121
MB4	2	0,355 ± 0,063^{a}	0,492 ± 0,051^{a}	0,519 ± 0,089^{a}	0,320 ± 0,090^{a-d}	0,559 ± 0,134
Kontrol	2	0,316 ± 0,041^{a}	0,398 ± 0,050^{a-c}	0,448 ± 0,052^{a-c}	0,264 ± 0,031^{a-d}	0,478 ± 0,076
MB ort	10	0,301 ± 0,066^{A}	0,424 ± 0,094^{A}	0,441 ± 0,092^{A}	0,254 ± 0,067^{B}	0,446 ± 0,115
SP1	2	0,270 ± 0,067^{ab}	0,428 ± 0,077^{a-c}	0,444 ± 0,065^{a-c}	0,238 ± 0,090^{cd}	0,452 ± 0,135
SP2	2	0,296 ± 0,046^{a}	0,427 ± 0,044^{a-c}	0,455 ± 0,035^{ab}	0,257 ± 0,004^{b-d}	0,455 ± 0,070
SP3	2	0,307 ± 0,035^{a}	0,442 ± 0,007^{a-c}	0,482 ± 0,019^{a}	0,261 ± 0,002^{a-d}	0,459 ± 0,018
SP4	2	0,271 ± 0,001^{ab}	0,415 ± 0,086^{a-c}	0,478 ± 0,032^{a}	0,261 ± 0,001^{a-d}	0,440 ± 0,027
Kontrol	2	0,316 ± 0,041^{a}	0,398 ± 0,050^{a-c}	0,448 ± 0,052^{a-c}	0,264 ± 0,031^{a-d}	0,478 ± 0,076
SP ort	10	0,292 ± 0,038^{A}	0,422 ± 0,047^{A}	0,461 ± 0,037^{A}	0,256 ± 0,033^{B}	0,457 ± 0,059
SY1	2	0,305 ± 0,014^{a}	0,455 ± 0,009^{ab}	0,451 ± 0,004^{a-c}	0,277 ± 0,021^{a-d}	0,504 ± 0,028
SY2	2	0,097 ± 0,007^{b}	0,236 ± 0,011^{bc}	0,257 ± 0,002^{bc}	0,434 ± 0,011^{a-c}	0,385 ± 0,005
SY3	2	0,098 ± 0,006^{b}	0,225 ± 0,018^{c}	0,247 ± 0,031^{c}	0,450 ± 0,069^{ab}	0,370 ± 0,000
SY4	2	0,099 ± 0,010^{b}	0,236 ± 0,004^{bc}	0,248 ± 0,019^{bc}	0,458 ± 0,039^{a}	0,365 ± 0,013
Kontrol	2	0,316 ± 0,041^{a}	0,398 ± 0,050^{a-c}	0,448 ± 0,052^{a-c}	0,264 ± 0,031^{a-d}	0,478 ± 0,076
SY ort	10	0,183 ± 0,111^{B}	0,310 ± 0,104^{B}	0,330 ± 0,105^{B}	0,377 ± 0,097^{A}	0,420 ± 0,067

Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen "*un çeşidi"*, küçük italik harflerle gösterilen *un çeşidi x ikame oranı* interaksiyonu ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$). Kontrol: ekmeklik un; MB1: mor buğday unu; MB2: %75 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB3: %50 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB4: %25 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP1: Spelt buğday unu; SP2: %75 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP3: %50 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP4: %25 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY1: Siyez buğday unu; SY2: %75 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY3: %50 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY4: %25 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu. MB ort: Mor buğday unu ortalama; SP ort: Spelt unu ortalama; SY ort: Siyez unu ortalama

Çizelge 4.57. Mor, Spelt ve Siyez unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin un çeşitlerine ait fenilalanin, izolösin, lösin ve lisin aminoasit analiz değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

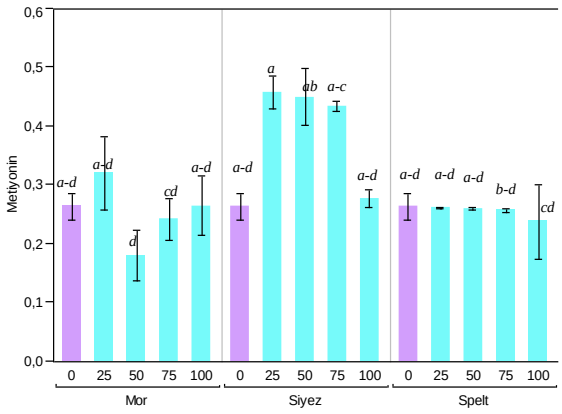
Un çeşidi	n	Fenilalanin g/100 g	İzolösin g/100 g	Lösin g/100 g	Lisin g/100 g
MB1	2	0,387 ± 0,093^{d}	0,426 ± 0,090	0,757 ± 0,153	0,535 ± 0,027
MB2	2	0,369 ± 0,038^{d}	0,446 ± 0,081	0,693 ± 0,056	0,422 ± 0,017
MB3	2	0,289 ± 0,098^{d}	0,353 ± 0,070	0,527 ± 0,205	0,289 ± 0,125
MB4	2	0,484 ± 0,099^{a-d}	0,537 ± 0,116	0,889 ± 0,187	0,507 ± 0,052
Kontrol	2	0,453 ± 0,057^{a-d}	0,487 ± 0,080	0,828 ± 0,112	0,412 ± 0,079
MB ort	10	0,396 ± 0,094^{B}	0,450 ± 0,093	0,739 ± 0,174	0,433 ± 0,105
SP1	2	0,394 ± 0,085^{d}	0,465 ± 0,053	0,697 ± 0,181	0,411 ± 0,074
SP2	2	0,421 ± 0,054^{c-d}	0,460 ± 0,058	0,763 ± 0,084	0,469 ± 0,050
SP3	2	0,427 ± 0,054^{b-d}	0,502 ± 0,112	0,747 ± 0,065	0,486 ± 0,023
SP4	2	0,451 ± 0,112^{a-d}	0,462 ± 0,097	0,706 ± 0,021	0,375 ± 0,001
Kontrol	2	0,453 ± 0,057^{a-d}	0,487 ± 0,080	0,828 ± 0,112	0,412 ± 0,079
SP ort	10	0,429 ± 0,061^{B}	0,475 ± 0,064	0,748 ± 0,094	0,431 ± 0,059
SY1	2	0,435 ± 0,015^{b-d}	0,482 ± 0,006	0,805 ± 0,002	0,526 ± 0,136
SY2	2	0,706 ± 0,028^{a}	0,375 ± 0,007	0,564 ± 0,043	0,343 ± 0,045
SY3	2	0,686 ± 0,011^{ab}	0,372 ± 0,004	0,526 ± 0,013	0,335 ± 0,017
SY4	2	0,668 ± 0,009^{a-d}	0,380 ± 0,008	0,506 ± 0,001	0,341 ± 0,027
Kontrol	2	0,453 ± 0,057^{a-d}	0,487 ± 0,080	0,828 ± 0,112	0,412 ± 0,079
SY ort	10	0,590 ± 0,128^{A}	0,419 ± 0,062	0,646 ± 0,154	0,391 ± 0,095

Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen "*un çeşidi"*, küçük italik harflerle gösterilen *un çeşidi x ikame oranı* interaksiyonu ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır *(p<0,05*). Kontrol: ekmeklik un; MB1: mor buğday unu; MB2: %75 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB3: %50 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB4: %25 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP1: Spelt buğday unu; SP2: %75 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP3: %50 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP4: %25 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY1: Siyez buğday unu; SY2: %75 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY3: %50 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY4: %25 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu. MB ort: Mor buğday unu ortalama; SP ort: Spelt unu ortalama; SY ort: Siyez unu ortalama

Çizelge 4.58. Mor, Spelt ve Siyez unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin ikame oranlarına ait aminoasit analiz değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

İkame oranı %	n	Histidin g/100 g	Arginin g/100 g	Treonin g/100 g
0	6	0,316 ± 0,032^{a}	0,398 ± 0,039^{ab}	0,448 ± 0,040^{a}
25	6	0,242 ± 0,121^{a-c}	0,381 ± 0,126^{ab}	0,415 ± 0,138^{ab}
50	6	0,207 ± 0,100^{c}	0,326 ± 0,114^{b}	0,350 ± 0,120^{b}
75	6	0,229 ± 0,106^{bc}	0,356 ± 0,096^{b}	0,376 ± 0,097^{ab}
100	6	0,299 ± 0,051^{ab}	0,465 ± 0,062^{a}	0,465 ± 0,045^{a}
İkame oranı %	n	Metionin g/100 g	Valin g/100 g	Fenilalanin g/100 g
0	6	0,264 ± 0,024	0,478 ± 0,059	0,453 ± 0,044^{ab}
25	6	0,347 ± 0,100	0,455 ± 0,107	0,535 ± 0,124^{a}
50	6	0,297 ± 0,130	0,381 ± 0,085	0,467 ± 0,187^{ab}
75	6	0,311 ± 0,098	0,412 ± 0,046	0,498 ± 0,166^{ab}
100	6	0,260 ± 0,055	0,480 ± 0,080	0,405 ± 0,061^{b}
İkame oranı	n	İzolösin	Lösin	Lisin
0	6	0,487 ± 0,062	0,828 ± 0,087^{a}	0,412 ± 0,061
25	6	0,460 ± 0,098	0,700 ± 0,191^{ab}	0,408 ± 0,083
50	6	0,409 ± 0,094	0,600 ± 0,149^{b}	0,370 ± 0,109
75	6	0,427 ± 0,060	0,673 ± 0,103^{ab}	0,411 ± 0,065
100	6	0,458 ± 0,054	0,753 ± 0,116^{ab}	0,491 ± 0,093

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



Şekil 4.9. Metionin üzerinde etkili olan "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*''

Çalışmada metionin miktarları üzerinde etkili olan "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*'' Çizelge 4.58 ve Şekil 4.9.'da verilmiştir. Siyez ekmeklerinin tüm ikame ekmeklerin (%25, 50 ve 75) metionin oranı 0,450 g/100 g civarında yüksek bulunmuştur.

4.2.6. Kalsiyum, bakır, demir ve potasyum miktarı

Mor, Spelt ve Siyez unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmeklerin kalsiyum, bakır, demir ve potasyum mineral madde miktarı analiz sonuçları Çizelge 4.59'da verilmiştir. Ekmeklerin kalsiyum miktarı 313,9- 645,0 mg/kg; bakır miktarı 2,01- 5,36 mg/kg; demir miktarı 22,6- 82,17 mg/kg ve potasyum miktarı 1789- 5307 mg/kg arasında değişim göstermiştir. Kalsiyum, bakır, demir ve potasyum miktarları sırasıyla ortalama 432,3 mg/kg, 3,50 mg/kg, 45,37 mg/kg ve 3449 mg/kg olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.59. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı 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
Mor buğday unu	MB1	100	1	395,5	4,52	41,09	3876
			2	409,0	4,42	39,39	4096
			3	406,9	4,35	43,32	4085
			4	403,9	4,52	61,94	4001
	MB2	75	1	372,9	3,92	37,43	3415
			2	368,0	3,85	35,69	3396
			3	396,2	4,10	39,63	3807
			4	415,4	4,11	39,9	3874
	MB3	50	1	372,1	3,36	31,46	3144
			2	367,9	3,17	31,76	3120
			3	372,4	3,19	32,4	3150
			4	378,7	3,27	33,41	3168
	MB4	25	1	344,7	2,55	26,69	2428
			2	358,1	2,63	33,87	2528
			3	351,1	2,68	26,32	2531
			4	366,6	2,79	35,45	2570
	Kontrol	0	1	441,6	2,08	29,03	2076
			2	313,9	2,01	27,21	1789
			3	363,9	2,10	24,61	1851
			4	326,2	2,20	22,6	1812
	SP1	100	1	632,5	5,36	72,32	5291
			2	562,4	5,23	71,43	5218
			3	552,9	5,14	74,41	5163
			4	572,6	5,05	70,26	4999
	SP2	75	1	501,9	4,42	57,86	4223
			2	546,6	4,62	61,28	4431
			3	531,0	4,68	57,95	4500
			4	530,3	4,72	61,36	4497

Spelt buğday unu	SP3	50	1	461,0	3,88	47,68	3665
			2	470,6	3,76	52,99	3818
			3	470,6	4,17	48,3	3904
			4	519,0	4,05	50,32	3947
	SP4	25	1	427,0	2,98	40,24	3136
			2	407,9	3,11	39,09	3084
			3	405,0	3,00	.	3039
			4	391,6	2,88	34	2927
	Kontrol	0	1	441,6	2,08	29,03	2076
			2	313,9	2,01	27,21	1789
			3	363,9	2,10	24,61	1851
			4	326,2	2,20	22,6	1812
Siyez buğday unu	SY1	100	1	499,2	4,81	77,57	5157
			2	531,0	5,07	80,41	5122
			3	511,9	5,22	77,33	5307
			4	497,0	4,77	74,08	5201
	SY2	75	1	645,0	4,18	82,17	4332
			2	523,4	3,92	64,23	4405
			3	473,0	4,03	66,82	4437
			4	470,4	4,12	67,74	4377
	SY3	50	1	504,8	3,30	50,62	3711
			2	428,1	3,42	51,41	3719
			3	432,5	3,32	47,56	3700
			4	419,2	3,37	49,06	3793
	SY4	25	1	392,6	2,74	.	3013
			2	385,9	2,69	34,94	2958
			3	380,7	2,59	32,8	3013
			4	443,5	2,80	35,19	3071
	Kontrol	0	1	441,6	2,08	29,03	2076
			2	313,9	2,01	27,21	1789
			3	363,9	2,10	24,61	1851
			4	326,2	2,20	22,6	1812
Minimum- maksimum				313,9-645,0	2,01-5,36	22,6-82,17	1789-5307
Ortalama				432,3	3,50	45,37	3449

[1]Sonuçlar kurumadde üzerinden düzeltilmiştir. Tek: tekerrür; Kontrol: ekmeklik un; MB1: mor buğday unu; MB2: %75 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB3: %50 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB4: %25 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP1: Spelt buğday unu; SP2: %75 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP3: %50 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP4: %25 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY1: Siyez buğday unu; SY2: %75 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY3: %50 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY4: %25 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu. İKO: ikame oranı.

Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmeklerin kalsiyum, bakır, demir ve potasyum miktarı varyans analiz sonuçları Çizelge 4.60'ta verilmiştir. Tüm değişkenler bu mineral maddeler üzerinde çok önemli düzeyde ($p<0,01$) etkili olmuştur.

Çizelge 4.60. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı 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
Un çeşidi (UÇ)	2	99150,450	49575,220	33,1743**	2	2,445	1,222	89,742**
İkame oranı (İKO)	4	164302,290	41075,570	27,4866**	4	58,474	14,619	1073,254**
UÇ x İKO	8	46485,100	5810,640	3,8883**	8	1,094	0,137	10,0382**
Hata	45	67247,460	1494,400		45	0,613	0,014	
Toplam	59	377185,310			59	62,625		
VK	Demir				Potasyum			
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
Un çeşidi (UÇ)	2	3797,735	1898,868	46,9838**	2	61255493,000	61255493,000	61255493**
İkame oranı (İKO)	4	11294,957	2823,739	69,868**	4	61255493,000	61255493,000	61255493**
UÇ x İKO	8	1840,879	230,110	5,6936**	8	61255493,000	61255493,000	61255493**
Hata	45	1818,690	40,420		45	595785,000	13240,000	
Toplam	59	18752,261			59	68915274,000		

*$p<0,05$ 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'ta önemlilik düzeyleri verilen "*un çeşidi*" ve "*ikame oranı*"na ait kalsiyum, bakır, demir ve potasyum miktarları ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları sırasıyla Çizelge 4.61 ve Çizelge 4.62'de verilmiştir. Çizelge 4.61'de görüldüğü gibi Spelt ve Siyez ununda elde edilen ekmeklerin demir, potasyum, kalsiyum miktarı mor buğday ekmeklerine göre daha yüksektir. Siyez ekmeğinin kalsiyum miktarı istatistiki olarak Spelt ekmeği ile aynı gruptadır. Spelt ekmeğinin bakır miktarı ekmekler içerisinde en yüksektir. Mineral maddeler, mineral (inorganik bileşenler) külü oluştururlar (Czaja vd., 2020). Tahıllar ve tahıl ürünleri kalori sağlama yanında mineral madde ihtiyacının karşılanmasında da oldukça önemli bir yer tutarlar (Welch ve Graham, 1999). Lakin tahıl ürünleri genellikle rafine edilerek elde edilen undan üretildiklerinden ve mineral maddeleri yoğun bir şekilde bulunduran kepek ayrıldığından (Heshe vd., 2016) yaklaşık dünya nüfusunun yarıya yakını özellikle demir, çinko gibi mikroelement noksanlığı çekmektedir (Çakmak, 2002). Vücutta kalsiyumun kemik ve dişlere sertlik verdiği sinir sisteminin faaliyetleri ve B12 vitamin absorpsiyonu için gerekli olduğu bilinmektedir. Bakır ise hemoglobin sentezi, enerji üretimi, oksidatif bozulmalara karşı koruma, kolajen ve elastin sentezi gibi hayati fonksiyonlarda yer alır (Robinson vd., 1986). Potasyum vücudun sıvı dengesi ve kan basıncının ayarlanması ve kalp sağlığı için gereklidir (Budiyanto vd., 2021).

Kandaki hemoglobinin yapısında yer alan demir (Fe), eksikliği oldukça fazla görülen önemli bir mineraldir. Demir anemisi bazı toplumlarda çok yagın ollarak ortaya çıkar. Çocuklar, hamile kadınlar ve böbrek hastaları en riskli grup olarak tanımlanmaktadır (Lopez. vd., 2016). Siyezin mikro besin ögeleri için iyi bir kaynak olduğu bildirilmektedir (Özkan. vd., 2007). Siyez buğdaylarının Zn, Fe, Cu, Mn, Ca, Mg, K ve P bakımından ticari ekmeklik buğdaya göre daha yüksek değerlere sahip olmuştur (Erba vd., 2011). Suchowilska vd. (2012) P, Mg, Zn, Fe, Mn içeriğini Siyezde ekmeklik buğdaya göre daha yüksek bulmuştur. Spelt tanelerinin de modern buğdaylara göre yüksek protein, lipid ve Mg, P, Fe, Cu ve Zn içerdikleri ve antioksidan içeriklerinin yüksek olduğu birçok araştırmacı tarafından belirtilmiştir (Escarnot vd., 2010; Polonskiy vd., 2020; Tóth vd., 2022; Sinkovic vd., 2023).

Çizelge 4.61. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı 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
MB1	4	403,83 ± 5,93^{cd}	4,45 ± 0,08^{b}	46,44 ± 10,46^{c-e}	4014,5 ± 101,6^{c}
MB2	4	388,13 ± 21,95^{cd}	3,99 ± 0,13^{c}	38,16 ± 1,99^{d-f}	3623,0 ± 252,8^{d}
MB3	4	372,78 ± 4,45^{d}	3,25 ± 0,08^{de}	32,26 ± 0,86^{ef}	3145,5 ± 19,8^{e}
MB4	4	355,13 ± 9,41^{d}	2,66 ±0,10^{g}	30,58 ± 4,75^{ef}	2514,3 ± 60,6^{f}
Kontrol	4	361,40 ± 57,54^{d}	2,10 ± 0,08^{h}	25,86 ± 2,83^{f}	1882,0 ± 131,8^{g}
MB ort	20	376,25 ± 30,89^{B}	3,29 ± 0,88^{C}	34,66 ± 8,70^{B}	3035,9 ± 793,4^{B}
SP1	4	580,10 ± 35,85^{a}	5,20 ± 0,13^{a}	72,11 ± 1,75^{ab}	5167,8 ± 124,1^{a}
SP2	4	527,45 ± 18,62^{ab}	4,61 ± 0,14^{b}	59,61 ± 1,97^{bc}	4412,8 ± 130,4^{b}
SP3	4	480,30 ± 26,19^{bc}	3,97 ±0,18^{c}	49,82 ± 2,39^{cd}	3833,5 ± 124,5^{cd}
SP4	4	675,15 ± 534,77^{cd}	2,99 ± 0,10^{ef}	46,35 ± 17,36^{c-e}	3046,5 ± 89,0^{e}
Kontrol	4	361,40 ± 57,54^{d}	2,10 ± 0,08^{h}	25,86 ± 2,83^{f}	1882,0 ± 131,8^{g}
SP ort	20	524,88 ± 239,76^{A}	3,77 ± 1,15^{A}	50,75 ± 17,26^{A}	3668,5 ± 1166,4^{A}
SY1	4	509,78 ± 15,60^{ab}	4,97 ± 0,21^{a}	77,35 ± 2,59^{a}	5196,8 ± 80,3^{a}
SY2	4	527,95 ± 81,76^{ab}	4,06 ± 0,11^{c}	70,24 ± 8,09^{ab}	4387,8 ± 44,5^{b}
SY3	4	446,15 ± 39,49^{b-d}	3,35 ± 0,05^{d}	49,66 ± 1,71^{cd}	3730,8 ± 42,2^{cd}
SY4	4	400,68 ± 28,96^{cd}	2,70 ± 0,09^{fg}	38,02 ± 7,49^{d-f}	3013,8 ± 46,1^{e}
Kontrol	4	361,40 ± 57,54^{d}	2,10 ± 0,08^{h}	25,86 ± 2,83^{f}	1882,0 ± 131,8^{g}
SY ort	20	449,19 ± 78,70^{AB}	3,44 ± 1,04^{B}	52,23 ± 20,33^{A}	3642,2 ± 1169,4^{A}

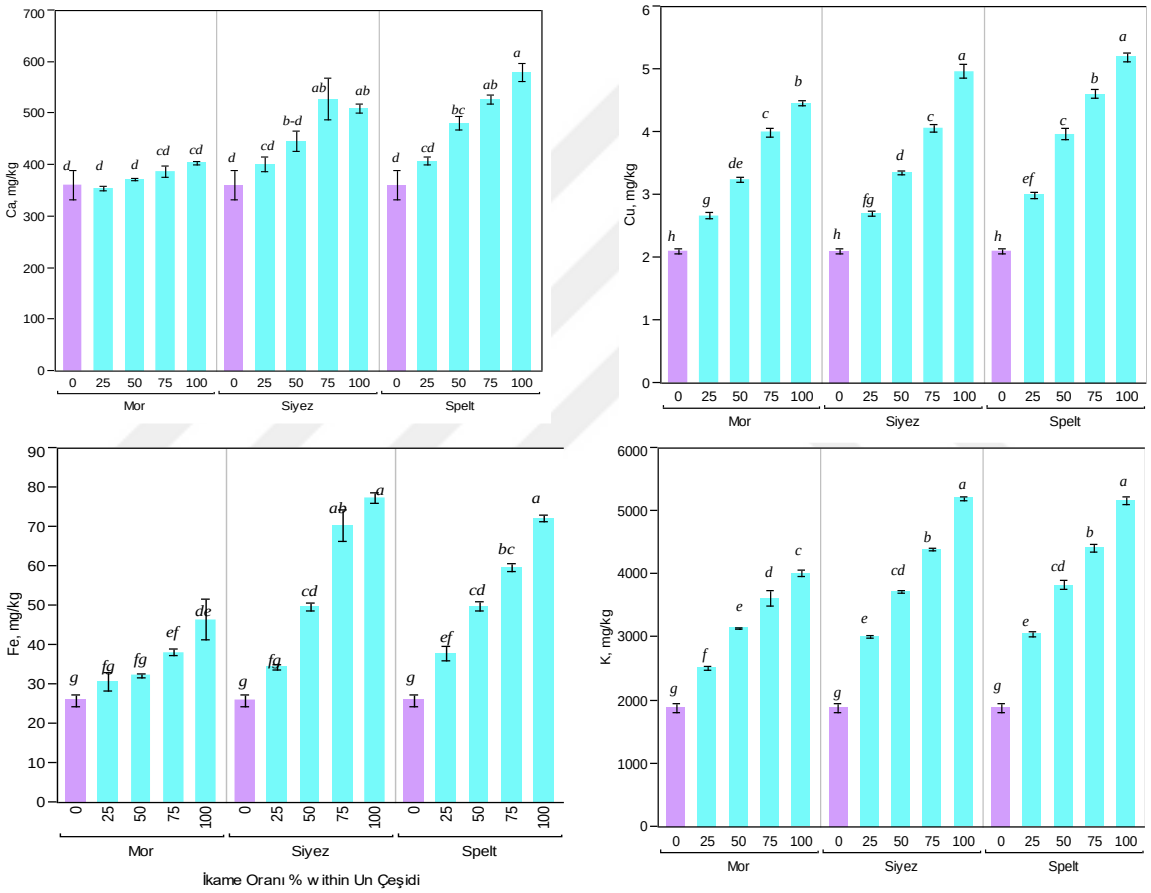
[1]Sonuçlar kurumadde üzerinden düzeltilmiştir. Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen "*un çeşidi"*, küçük harflerle gösterilen "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu"* ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır *(p<0,05*). Kontrol: ekmeklik un; MB1: mor buğday unu; MB2: %75 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB3: %50 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB4: %25 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP1: Spelt buğday unu; SP2: %75 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP3: %50 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP4: %25 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY1: Siyez buğday unu; SY2: %75 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY3: %50 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY4: %25 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu. MB ort: Mor buğday unu ortalama; SP ort: Spelt unu ortalama; SY ort: Siyez unu ortalama

Çalışmada *"ikame oranı"* arttıkça kalsiyum, bakır, demir ve potasyum miktarında artış görülmüştür (Çizelge 4.62). %100 ikame oranlarından en yüksek mineral madde miktarları elde edilmiştir. Bu durum mor, Spelt ve Siyez unlarının yüksek oranda mineral madde taşıyan aleuron, embriyo ve perikarp tabakalarını içermesiyle açıklanmaktadır (Shewry, 2009; Heshe vd., 2016).

Çizelge 4.62. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı 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	12	361,40 ±52,05^{c}	2,10 ± 0,07^{e}	25,86 ± 2,56^{d}	1882,0 ± 119,3^{e}
25	12	387,89 ±30,10^{c}	2,79 ± 0,18^{d}	38,32 ± 12,21^{c}	2858,2 ± 261,6^{d}
50	12	433,08 ±53,04^{b}	3,52 ± 0,35^{c}	43,91 ± 8,76^{c}	3569,9 ± 324,0^{c}
75	12	481,18 ± 82,29^{a}	4,22 ± 0,31^{b}	56,01 ± 14,63^{b}	4141,2 ± 411,3^{b}
100	12	497,90 ± 78,44^{a}	4,87 ± 0,35^{a}	65,30 ± 15,22^{a}	4793,0 ± 582,7^{a}

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



Şekil 4.10. Kalsiyum, bakır, demir ve potasyum miktarı üzerinde etkili olan ‘*’un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*’’

Çalışmada kalsiyum, bakır, demir ve potasyum miktarları üzerinde etkili olan “*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*’’ Çizelge 4.61 ve Şekil 4.10.’da verilmiştir. Kalsiyum miktarı Siyez ve Spelt ekmeklerinin %75 ve %100 ikame oranlarında 500,0 mg/kg’ın üzerine çıkmış; mor buğday ekmeklerinde bu oranlarda 400,0 mg/kg civarında elde edilmiştir. Bakır miktarı Spelt ve Siyez ekmeklerinin %100 ikame oranlarında 5,0 mg/kg’a yakın ve

üzerindedir. Mor buğday ekmeklerinin %100 ikame oranı ile Siyez ve Spelt ekmeklerinin %75 ikame oranlarında ise 4,0-4,5 mg/kg arasında olmuştur. Demir içeriği bakımından Siyez ekmeklerinin %75 ve %100 ikame oranlarında ve Spelt ekmeklerinin %100 ikame oranında 70,0 mg/kg'ın üzerine çıkmıştır. Spelt ekmeklerinin tüm ikame oranlarında ve Siyez ekmeğinin %50 ikame oranında 45-60 mg/kg'ın arasında demir miktarı yine iyi düzeydedir. Mor buğday ekmeklerinde ikame oranlarında yaklaşık 30-45 mg/kg arasında daha düşük düzeydedir.

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

Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmeklerin magnezyum, mangan, fosfor, kükürt, çinko miktarı analiz sonuçları Çizelge 4.63' te verilmiştir. Ekmeklerin magnezyum miktarı 443,9- 1698,0 mg/kg; mangan miktarı 10,59- 41,37 mg/kg; fosfor miktarı 1515-4693 mg/kg; kükürt miktarı 868,4-3815 mg/kg ve çinko miktarı 11,65-42,65 mg/kg arasında değişim göstermiştir. Magnezyum, mangan, fosfor, kükürt ve çinko miktarı sırasıyla ortalama 1008,3 mg/kg, 25,79 mg/kg, 2883 mg/kg, 2585,0 mg/kg ve 26,01 mg/kg olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.63. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı 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
Mor buğday unu	MB1	100	1	1199,0	37,07	3217	1993	32,79
			2	1218,0	40,6	3264	2088	34,18
			3	1202,0	37,83	3186	2159	32,92
			4	1199,0	38,32	3318	2692	34,25
	MB2	75	1	1077,0	31,16	2916	2595	27,87
			2	1025,0	31,40	2926	2523	29,11
			3	1141,0	35,05	3160	2920	30,11
			4	1132,0	34,06	3154	3028	31,37
	MB3	50	1	914,2	26,08	2586	2907	23,30
			2	878,1	26,26	2524	2901	24,07
			3	879,7	25,01	2637	2828	23,23
			4	910,7	26,28	2570	2972	24,97
			1	668,0	18,46	2128	3091	18,75
			2	694,3	19,74	2141	3003	18,99

	MB4	25	3	681,6	18,94	2136	3059	18,62
			4	717,4	19,49	2093	3184	18,74
	Kontrol	0	1	475,3	11,44	1544	1586	12,14
			2	443,9	10,59	1515	1682	11,65
			3	490,4	11,29	1542	1850	13,24
			4	484,1	11,08	1553	1885	13,24
Spelt buğday unu	SP1	100	1	1590,0	41,37	4496	3650	41,86
			2	1594,0	39,41	4399	3472	42,00
			3	1558,0	40,57	4383	3539	40,69
			4	1521,0	38,62	4271	3645	42,65
	SP2	75	1	1255,0	31,96	3797	3405	34,89
			2	1333,0	34,68	3756	3483	36,19
			3	1344,0	35,13	3752	3553	35,98
			4	1362,0	32,51	3893	3719	36,80
	SP3	50	1	1082,0	25,76	3210	3629	28,81
			2	1098,0	27,30	3299	3678	29,50
			3	1090,0	27,50	3238	3604	29,07
			4	1091,0	26,81	3218	3815	29,26
	SP4	25	1	827,5	21,02	2564	3562	22,04
			2	857,1	20,25	2574	3598	22,21
			3	822,2	20,10	2533	3549	21,85
			4	781,2	18,68	2433	3399	20,94
	Kontrol	0	1	475,3	11,44	1544	1586	12,14
			2	443,9	10,59	1515	1682	11,65
			3	490,4	11,29	1542	1850	13,24
			4	484,1	11,08	1553	1885	13,24
Siyez buğday unu	SY1	100	1	1698,0	39,91	4644	3616	40,47
			2	1690,0	41,26	4607	3355	41,33
			3	1698,0	41,21	4693	3432	42,39
			4	1658,0	40,63	4540	3176	41,15
	SY2	75	1	1382,0	32,29	3943	2463	29,10
			2	1361,0	32,12	3758	2281	31,73
			3	1357,0	32,44	3599	2070	31,85
			4	1398,0	31,33	3695	1957	32,35
	SY3	50	1	1160,0	24,05	3017	1834	24,88
			2	1116,0	25,26	3101	1681	26,54
			3	1094,0	26,21	3011	1499	25,50
			4	1121,0	24,55	2917	1335	25,76
	SY4	25	1	848,1	18,82	2324	1276	20,61
			2	830,4	19,19	2297	1124	20,17
			3	808,4	18,76	2273	868,4	17,89
			4	856,7	18,82	2325	881	20,13
	Kontrol	0	1	475,3	11,44	1544	1586	12,14
			2	443,9	10,59	1515	1682	11,65
			3	490,4	11,29	1542	1850	13,24
			4	484,1	11,08	1553	1885	13,24
Minimum- maksimum				443,9- 1698,0	10,59- 41,37	1515-4693	868,4-3815	11,65-42,65

Ortalama	1008,3	25,79	2883	2585,0	26,01

[1]Sonuçlar kurumadde üzerinden düzeltilmiştir. Tek: tekerrür; Kontrol: ekmeklik un; MB1: mor buğday unu; MB2: %75 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB3: %50 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB4: %25 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP1: Spelt buğday unu; SP2: %75 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP3: %50 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP4: %25 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY1: Siyez buğday unu; SY2: %75 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY3: %50 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY4: %25 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu. İKO: ikame oranı

Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmeklerin magnezyum, mangan, fosfor, kükürt ve çinko miktarı varyans analiz sonuçları Çizelge 4.64 ve 4.65'de verilmiştir. Tüm değişkenler bu mineral maddeler üzerinde çok önemli düzeyde ($p<0,01$) etkili olmuştur.

Çizelge 4.64 ve 4.65'te önemlilik düzeyleri verilen "*un çeşidi*", "*ikame oranı*" ve "*un çeşidi x ikame oranı"* interaksiyonuna ait magnezyum, mangan, fosfor, kükürt ve çinko miktarı ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları sırasıyla Çizelge 4.66 ve Çizelge 4.67'de verilmiştir. Çalışmada Siyez ve Spelt ekmeklerinin mangan ve fosfor içerikleri mor buğday ekmeklerinin üzerindedir. Magnezyum bakmından Siyez ekmeği; kükürt ve çinko bakımından Spelt ekmeklerinin ortalama değerleri diğer ekmeklerin üzerinde bulunmuştur. Mor buğday ekmeğinin magnezyum ve çinko içerikleri en düşük bulunmuştur. Mangan, fosfor ve kükürt mor buğday ekmeğinde nisbeten iyi düzeydedir. Çalışmada magnezyum, mangan ve fosfor tüm ikame oranlarında artmış, istatistki olarak her ikame oranı birbirinden farklı olmuştur ($p<0,01$). Kükürt ve çinko miktarında da kontrole göre istatistiki olarak önemli artış olsa da özellikle %100 ikame oranı bu mineral maddeler bakımından daha bariz olarak ayrılmıştır.

Çizelge 4.64. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı 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
Un çeşidi (UÇ)	2	580457,900	290229,000	381,3744**	2	7,905	3,952	4,168*
İkame oranı (İKO)	4	7568733,800	1892183,000	2486,417**	4	6016,680	1504,170	1586,221**
UÇ x İKO	8	273159,200	34145,000	2486,417**	8	17,124	2,140	2,2572*
Hata	45	34245,400	761,000		45	42,672	0,948	
Toplam	59	8456596,300			59	6084,380		

*$p<0,05$ 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 4.65. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı 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
Un çeşidi (UÇ)	2	4303162,000	2151581,000	428,0703**	2	14989672,000	7494836,000	255,9099**	2	209,439	104,719	132,0249**
İkame oranı (İKO)	4	47903791,000	11975948,000	2382,688**	4	12136214,000	3034053,000	103,5972**	4	5053,627	1263,407	1592,839**
UÇ x İKO	8	2699040,000	337380,000	67,1238**	8	15992351,000	1999044,000	68,257**	8	126,085	15,761	19,8702**
Hata	45	226181,000	5026,000		45	1317916,000	29287,000		45	35,693	0,793	
Toplam	59	55132174,000			59	44436153,000			59	5424,844		

*$p<0,05$ 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 4.66. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı 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]

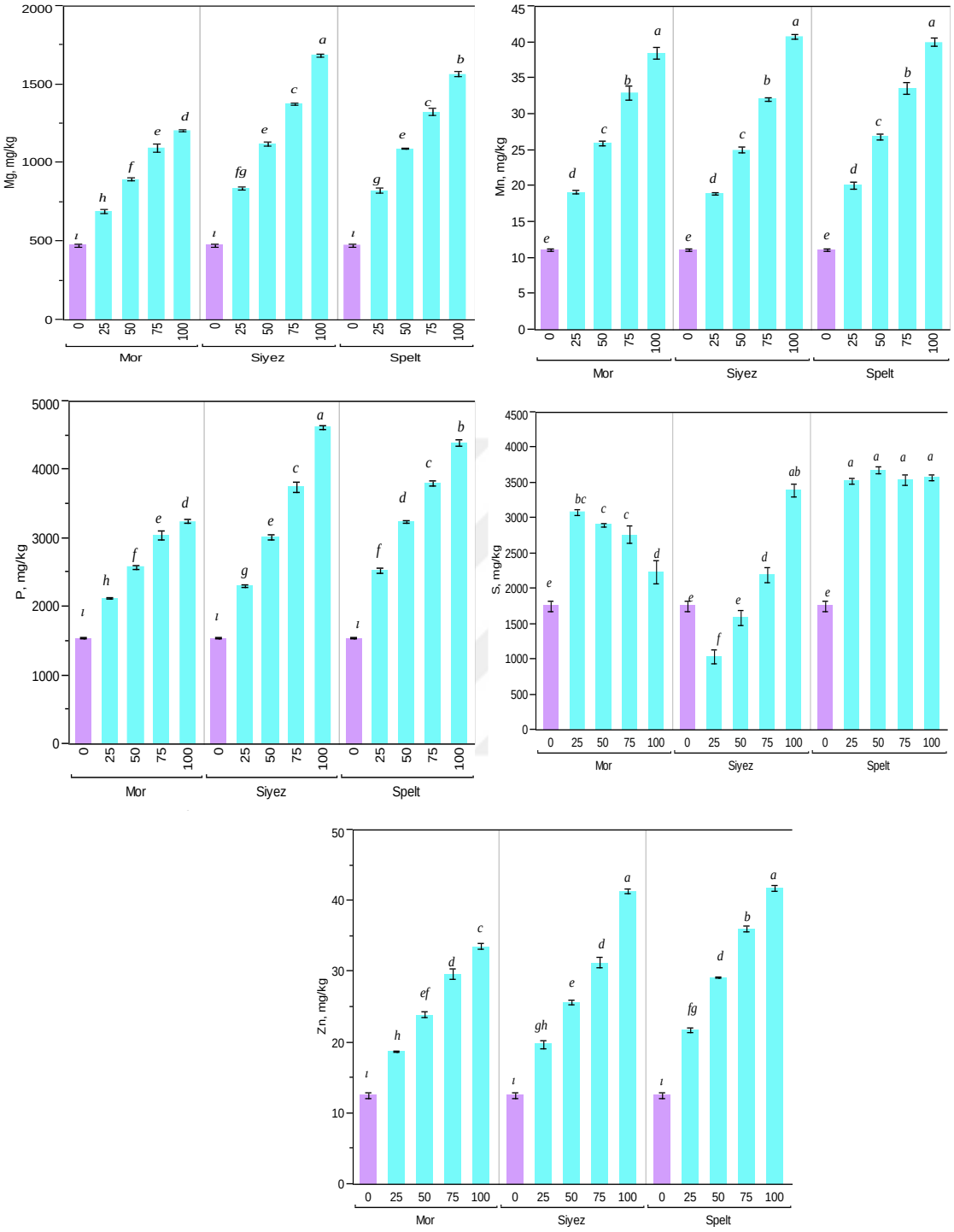
Un çeşidi	n	Magnezyum mg/kg	Mangan mg/kg	Fosfor mg/kg	Kükürt mg/kg	Çinko mg/kg
MB1	4	1204,5 ± 9,11^{d}	38,46 ± 1,52^{a}	3246,3 ± 57,59^{d}	2233,0 ± 313,47^{d}	33,54 ± 0,79^{c}
MB2	4	1093,8 ± 53,86^{e}	32,92 ± 1,94^{b}	3039,0 ± 136,3^{e}	2766,5 ± 245,39^{c}	29,62 ± 1,49^{d}
MB3	4	895,68 ± 19,43^{f}	25,91 ± 0,61^{c}	2579,3 ± 46,61^{f}	2902,0 ± 58,88^{c}	23,89 ± 0,81^{ef}
MB4	4	690,33 ± 21,00^{h}	19,16 ± 0,57^{d}	2124,5 ± 21,67^{h}	3084,25 ± 75,80^{bc}	18,78 ± 0,16^{h}
Kontrol	4	473,43 ± 20,63^{i}	11,10 ± 0,37^{e}	1538,5 ± 16,38^{i}	1750,75 ± 141,12^{e}	12,57 ± 0,80^{i}
MB ort	20	871,54 ± 273,51^{C}	25,51 ± 10,01^{B}	2505,50 ± 638,69^{B}	2547,30 ± 530,37^{B}	23,68 ± 7,72^{C}
SP1	4	1565,8 ± 33,91^{b}	39,99 ± 1,22^{a}	4387,3 ± 92,19^{b}	3576,5 ± 86,45^{a}	41,80 ± 0,82^{a}
SP2	4	1323,5 ± 47,21^{c}	33,57 ± 1,57^{b}	3799,5 ± 65,57^{c}	3540,0 ± 133,77^{a}	35,97 ± 0,80^{b}
SP3	4	1090,3 ± 6,55^{e}	26,84 ± 0,78^{c}	3241,3 ± 40,26^{d}	3681,5 ± 94,16^{a}	29,16 ± 0,29^{d}
SP4	4	822,0 ± 31,24^{g}	20,01 ± 0,98^{d}	2526,0 ± 64,41^{f}	3527,0 ± 87,81^{a}	21,76 ± 0,57^{fg}
Kontrol	4	473,4 ± 20,63^{i}	11,10 ± 0,37^{e}	1538,5 ± 16,38^{i}	1750,75 ± 141,12^{e}	12,57 ± 0,80^{i}
SP ort	20	1054,99 ± 392,12^{B}	26,30 ± 10,42^{A}	3098,5 ± 1020,64^{A}	3215,15 ± 759,74^{A}	28,25 ± 10,60^{A}
SY1	4	1686,0 ± 19,04^{a}	40,75 ± 0,63^{a}	4621,0 ± 64,47^{a}	3394,8 ± 182,36^{ab}	41,34 ± 0,79^{a}
SY2	4	1374,5 ± 19,12^{c}	32,05 ± 0,49^{b}	3748,8 ± 145,07^{c}	2192,75 ± 224,70^{d}	31,26 ± 1,46^{d}
SY3	4	1122,8 ± 27,46^{e}	25,02 ± 0,94^{c}	3011,5 ± 75,21^{e}	1587,25 ± 216,87^{e}	25,67 ± 0,69^{e}
SY4	4	835,9 ± 21,35^{fg}	18,90 ± 0,20^{d}	2304,75 ± 24,82^{g}	1037,35 ± 197,86^{f}	19,70 ± 1,23^{gh}
Kontrol	4	473,43 ± 20,63^{i}	11,10 ± 0,37^{e}	1538,5 ± 16,38^{i}	1750,75 ± 141,12^{e}	12,57 ± 0,80^{i}
SY ort	20	1098,52 ± 431,25^{A}	25,56 ± 10,54^{AB}	3044,90 ± 1107,06^{A}	1992,57 ± 831,46^{C}	26,11 ± 10,13^{B}

[1]Sonuçlar kurumadde üzerinden düzeltilmiştir. Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen "*un çeşidi"*, küçük italik harflerle gösterilen "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu"* ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır *(p<0,05*). Kontrol: ekmeklik un; MB1: mor buğday unu; MB2: %75 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB3: %50 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB4: %25 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP1: Spelt buğday unu; SP2: %75 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP3: %50 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP4: %25 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY1: Siyez buğday unu; SY2: %75 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY3: %50 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY4: %25 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu. MB ort: Mor buğday unu ortalama; SP ort: Spelt unu ortalama; SY ort: Siyez unu ortalama

Çizelge 4.67. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin ikame oranlarına ait magnezyum, mangan, fosfor, kükürt ve çinko 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	12	473,43 ± 18,66^{e}	11,10 ± 0,34^{e}	1538,50 ± 14,82^{e}	1750,75 ± 127,65^{d}	12,57 ± 0,73^{d}
25	12	782,74 ± 72,14^{d}	19,36 ± 0,78^{d}	2318,42 ± 175,61^{d}	2549,53 ± 1138,98^{c}	20,08 ± 1,48^{c}
50	12	1036,23 ± 106,24^{c}	25,92 ± 1,05^{c}	2944,00 ± 291,11^{c}	2723,58 ± 911,58^{bc}	26,24 ± 2,36^{bc}
75	12	1263,92 ± 133,29^{b}	32,84 ± 1,48^{b}	3529,08 ± 378,76^{b}	2833,08 ± 606,22^{b}	32,28 ± 3,04^{b}
100	12	1485,42 ± 214,73^{a}	39,73 ± 1,46^{a}	4084,83 ± 630,77^{a}	3068,08 ± 651,38^{a}	38,89 ± 4,03^{a}

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



Şekil 4.11. Magnezyum, mangan, fosfor, kükürt ve çinko miktarı üzerinde etkili olan "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*''

Çalışmada mangan, magnezyum, fosfor, kükürt ve çinko miktarı üzerinde etkili olan "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*'' Çizelge 4.67 ve Şekil 4.11'de verilmiştir. Siyez ekmeklerinin %100 ikame oranlarında magnezyum miktarı en yüksektir (1686,0 mg/kg). Bunu Spelt ekmeklerinin %100 ikame oranı takip etmiştir (1565,8 mg7kg). Siyez ve Spelt ekmeklerinin %75 ikame oranlarında 1300,0 mg/kg'ın üzerinde ve mor buğday ekmeklerinin %100 ikame oranından daha yüksek magnezyum miktarı elde edilmiştir. Üç un çeşidinde de aynı ikame oranında mangan miktarı istatistiki olarak benzerdir. %100 ikame oranında mangan miktarı 40,0 mg/kg civarında çıkmıştır. Fosfor bakımından Siyez ekmeklerinin %100 ikame oranında en yüksek değer elde edilirken (4621 mg/kg); bunu Spelt ekmeklerinin %100 ikame oranı takip etmiştir (4387,3 mg/kg). Yine Siyez ve Spelt ekmeklerinin %75 ikame oranlarında 3700,0 mg/kg'ın üzerinde ve mor buğday ekmeklerinin %100 ikame oranından daha yüksek fosfor miktarı elde edilmiştir. Spelt ekmeklerinin tüm ikame oranları 3500 mg/kg civarı diğer ekmeklerin üzerinde kükürt miktarına sahiptir. Yine Siyezin %100 ikame ekmeğinde kükür miktarı yüksektir (3394,8 mg/kg). Spelt ve Siyezin %100 ikame oranlarındaki ekmeklerinde çinko miktarı 40,0 mg/kg civarıdır. Spelt ekmeğinin %75 ikame oranında çinko miktarı 35,97 mg/kg ve Siyez ekmeğinin %75 ikame oranında çinko miktarı 31,26 mg/kg ile iyi düzeydedir. Mor buğday ekmeğinin %100 ikame oranında en yüksek 33,54 mg/kg olmuştur.

4.2.8. Ekmek fiziksel özellikleri

Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmeklerin fiziksel özelliklerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.68'de verilmiştir. Ekmeklerin hamur ağırlığı 164,2-173,8 g; ekmek ağırlığı 144,6-157,3 g; ekmek hacmi 345,0-620,0 ml ve spesifik hacim değerleri 2,21-4,17 ml/g arasında değişim göstermiştir. Hamur ağırlığı, ekmek ağırlığı, ekmek hacmi ve spesifik hacim değerleri sırasıyla ortalama 168,1, 149,8, 494,7 ve 3,31 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.68. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı 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
Mor buğday unu	MB1	100	1	165,0	150,0	380,0	2,53
			2	168,5	152,0	461,0	3,03
	MB2	75	1	166,6	150,0	425,0	2,83
			2	167,8	151,7	476,0	3,14
	MB3	50	1	166,9	150,2	470,0	3,13
			2	167,5	149,2	580,0	3,89
	MB4	25	1	167,9	149,2	540,0	3,62
			2	167,3	146,9	610,0	4,15
	Kontrol	0	1	164,2	144,6	547,0	3,78
			2	166,2	148,9	620,0	4,17
Spelt buğday unu	SP1	100	1	172,7	156,4	345,0	2,21
			2	173,8	157,3	410,0	2,61
	SP2	75	1	171,6	154,4	395,0	2,56
			2	172,3	153,8	440,0	2,86
	SP3	50	1	171,3	152,1	462,0	3,04
			2	169,9	150,7	490,0	3,25
	SP4	25	1	165,6	147,0	515,0	3,50
			2	166,2	147,3	570,0	3,87
	Kontrol	0	1	164,2	144,6	547,0	3,78
			2	166,2	148,9	620,0	4,17
Siyez buğday unu	SY1	100	1	170,9	149,8	365,0	2,44
			2	170,7	152,9	410,0	2,68
	SY2	75	1	169,1	149,6	405,0	2,71
			2	169,6	150,9	440,0	2,92
	SY3	50	1	167,4	149,6	465,0	3,11
			2	168,5	149,0	550,0	3,69
	SY4	25	1	167,6	147,0	535,0	3,64
			2	168,7	147,6	600,0	4,07
			1	164,2	144,6	547,0	3,78

	Kontrol	0	2	166,2	148,9	620,0	4,17
Minimum- maksimum				164,2-173,8	144,6-157,3	345,0-620,0	2,21-4,17
Ortalama				168,1	149,8	494,7	3,31

Tek: tekerrür; Kontrol: ekmeklik un; MB1: mor buğday unu; MB2: %75 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB3: %50 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB4: %25 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP1: Spelt buğday unu; SP2: %75 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP3: %50 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP4: %25 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY1: Siyez buğday unu; SY2: %75 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY3: %50 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY4: %25 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu. İKO: ikame oranı.

Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmeklerin fiziksel özelliklerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.69' da verilmiştir. Ekmeklerin fiziksel özellikleri üzerinde "*ikame oranı*" çok önemli düzeyde etkili olmuştur ($p<0,01$). *"Un çeşidi"* hamur ağırlığı üzerinde çok önemli($p<0,01$), ekmek ağırlığı üzerinde önemli($p<0,05$) düzeyde etkili olurken; ekmek hacmi ve spesifik hacim değerleri üzerinde etkili olmamıştır. *"İnteraksiyon",* hamur ağırlığı üzerinde çok önemli düzeyde etkili olurken; ekmek ağırlığı, ekmek hacmi ve spesifik hacim değerleri üzerinde etkili olmamıştır.

Çizelge 4.69. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin hamur ve ekmek ağırlığı, ekmek hacmi ve spesifik hacim varyans analiz sonuçları

	Hamur ağırlığı				Ekmek ağırlığı			
VK	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
Un çeşidi (UÇ)	2	33,665	16,833	14,936**	2	30,667	15,334	5,617*
İkame oranı (İKO)	4	96,064	24,016	21,309**	4	175,240	43,810	16,049**
UÇ *x* İKO	8	50,469	6,309	5,598**	8	35,908	4,488	1,644
Hata	15	16,905	1,127		15	40,947	2,730	
Toplam	29	197,104			29	282,763		
	Ekmek hacmi				Spesifik hacim			
VK	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
Un çeşidi (UÇ)	2	4975,270	2487,630	1,115	2	0,294	0,147	1,626
İkame oranı (İKO)	4	159045,330	39761,330	17,828**	4	8,666	2,167	23,941**
UÇ *x* İKO	8	1940,070	242,510	0,109	8	0,108	0,014	0,149
Hata	15	33454,000	2230,300		15	1,357	0,090	
Toplam	29	199414,670			29	10,426		

*$p<0,05$ 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 4.69'da önemlilik düzeyleri yer alan "*un çeşidi*" ve "*ikame oranı*"na ait ekmeklerin fiziksel özellikleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları sırasıyla Çizelge 4.70 ve Çizelge 4.71'de verilmiştir. Çizelge 4.70' te görüldüğü gibi çalışmada ekmek hacim ve spesifik hacim değerleri bakımından unlar arasında istatistiki olarak bir farklılık görülmemiştir. Spelt buğday unundan elde edilen ekmeklerin ekmek ağırlığı, mor ve Siyez buğday unlarından elde edilenlere göre daha yüksektir. Hamur ağırlığı bakımından ise Spelt ve Siyez ekmeklerinin hamur ağırlığı daha yüksektir. Unlar arasındaki hamur ve ekmek ağırlığındaki farklılıklar, diyet lifi, protein içeriği, gluten kalitesi ve nişasta özelliklerindeki farklılıklardan kaynaklanmıştır.

Çalışmamızda Spelt buğday ununun özellikle yüksek çözünmez diyet lifi miktarının ve bunun yanında daha yüksek protein miktarının yapı içinde suyu daha etkili bir şekilde tutarak mor ve Siyez buğday ekmeklerine kıyasla ekmek ağırlıklarının artmasına katkıda bulunmuştur. Ayrıca, STK su, sakkaroz ve sodyum karbonat değerleri Spelt buğday ununda istatistiki olarak diğer unlardan daha yüksek bulunması çözünmez lifli bileşenler tarafından ortamdaki suyun tutulduğunu göstermektedir. Siyez buğday ununda çöüznür lif içeriği ve protein oranı ve aynı zamanda STK değerleri mor buğday ununun üzerindedir. Bu yüzden Siyez ekmeklerinin de hamur ağırlığı yüksektir. Sonuçta her iki unun özellikle lif içeriğinin yüksekliği hamur ve ekmek ağırlığı artışına katkıda bulunmuştur.

Protein miktarı yanında gluten kalite özellikleri ekmek-yapım kalitesini (hacim ve tekstürel özellikler) belirler (Takac vd., 2021). Ekmek hacminin yüksek olması ekmeğin en önemli kalite özelliğidir (Karaduman vd., 2023, 2024). Siyez ununun sedimantasyon değeri, STK laktik asit değeri, GlutoPeak maksimum torktan 15 s önceki tork (BM), farinograf kalite sayısı (FKN) gibi gluten kalitesi ile ilişkili ve iyi protein oranı olmasına rağmen ekmek hacimleri arasında fark oluşmamıştır. Unların gluten kalite değerleri çok fazla farklılık olmaması yanında; unların yüksek diyet lifi içeriği ekmek hacimlerinde farklılık görülmesine neden olmamıştır. Kepek ile birlikte diyet lifi içeriğinin artması nedeniyle ekmek yapısının sertleşmesi (Liu vd., 2017; Gomez vd., 2020); lifli bileşenlerin gluten ile oluşturdukları interaksiyonlar ve gluten miktarında meydana gelen seyrelme ekmeğin kabarmasını olumsuz etkilemekte ve gaz tutma kapasitesi azalarak ekmek hacimleri düşmektedir (Coda vd., 2017; Liu vd., 2017).

Çizelge 4.70. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı 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
MB1	2	166,7 ± 2,5^{cd}	151,0 ± 1,4	420,5 ± 57,3	2,78 ± 0,35
MB2	2	167,2 ± 0,8^{cd}	150,8 ± 1,2	450,5 ± 36,1	2,99 ± 0,22
MB3	2	167,2 ± 0,4^{cd}	149,7 ± 0,7	525,0 ± 77,8	3,51 ± 0,54
MB4	2	167,6 ± 0,5^{cd}	148,1 ± 1,6	575,0 ± 49,5	3,89 ± 0,37
Kontrol	2	165,2 ± 1,4^{d}	146,7 ± 3,0	583,5 ± 51,6	3,98 ± 0,28
MB ort	10	166,8 ± 1,3^{B}	149,3 ± 2,2^{B}	510,9 ± 80,7	3,43 ± 0,57
SP1	2	173,2 ± 0,8^{a}	156,9 ± 0,6	377,5 ± 46,0	2,41 ± 0,28
SP2	2	172,0 ± 0,5^{ab}	154,1 ± 0,4	417,5 ± 31,8	2,71 ± 0,21
SP3	2	170,6 ± 1,0^{a-c}	151,4 ± 1,0	476,0 ± 19,8	3,15 ± 0,15
SP4	2	165,9 ± 0,4^{d}	147,2 ± 0,2	542,5 ± 38,9	3,69 ± 0,26
Kontrol	2	165,2 ± 1,4^{d}	146,7 ± 3,0	583,5 ± 51,6	3,98 ± 0,28
SP ort	10	169,4 ± 3,5^{A}	151,3 ± 4,3^{A}	479,4 ± 85,5	3,19 ± 0,64
SY1	2	170,8 ± 0,1^{a-c}	151,4 ± 2,2	387,5 ± 31,8	2,56 ± 0,17
SY2	2	169,3 ± 0,3^{a-d}	150,2 ± 0,9	422,5 ± 24,7	2,82 ± 0,15
SY3	2	168,0 ± 0,8^{b-d}	149,3 ± 0,4	507,5 ± 60,1	3,40 ± 0,41
SY4	2	168,2 ± 0,7^{b-d}	147,3 ± 0,4	567,5 ± 46,0	3,86 ± 0,30
Kontrol	2	165,2 ± 1,4^{d}	146,7 ± 3,0	583,5 ± 51,6	3,98 ± 0,28
SY ort	10	168,3 ± 2,0^{A}	149,0 ± 2,3^{B}	493,7 ± 88,3	3,32 ± 0,62

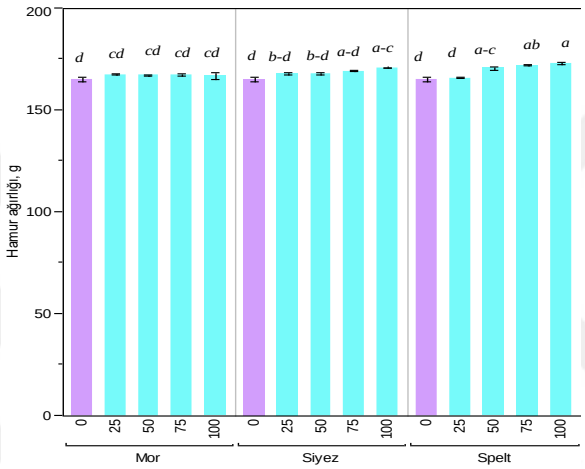
[1]Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen "*un çeşidi"*, küçük italik harflerle gösterilen "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu"* ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır *(p<0,05*). Kontrol: ekmeklik un; MB1: mor buğday unu; MB2: %75 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB3: %50 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB4: %25 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP1: Spelt buğday unu; SP2: %75 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP3: %50 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP4: %25 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY1: Siyez buğday unu; SY2: %75 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY3: %50 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY4: %25 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu. MB ort: Mor buğday unu ortalama; SP ort: Spelt unu ortalama; SY ort: Siyez unu ortalama

Çalışmada *"ikame oranı"* arttıkça hamur ağırlığı ve ekmek ağırlığı artmıştır, ekmek hacmi ve spesifik hacim değerleri ise azalmıştır (Çizelge 4.71). Ekmek hacmi ve spesifik hacim değerlerinde azalma %75 ve %100 ikame oranlarında daha bariz olmuştur (ekmek hacim değerleri 400 ml civarına düşmüştür). Ortama yine lifli bileşenlerin dahil olması ile %25 ikame oranından sonra hamur ve ekmek ağırlıklarında artış bariz olmuştur.

Çizelge 4.71. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı 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	6	165,2 ± 1,1^{c}	146,7 ± 2,3^{d}	583,5 ± 40,0^{a}	3,98 ± 0,21^{a}
25	6	167,2 ± 1,2^{b}	147,5 ± 0,9^{cd}	561,7 ± 38,0^{a}	3,81 ± 0,26^{ab}
50	6	168,6 ± 1,7^{ab}	150,1 ± 1,1^{bc}	502,8 ± 50,0^{ab}	3,35 ± 0,35^{bc}
75	6	169,5 ± 2,2^{a}	151,7 ± 2,0^{ab}	430,2 ± 29,0^{bc}	2,84 ± 0,20^{cd}
100	6	170,2 ± 3,2^{a}	153,1 ± 3,2^{a}	395,2 ± 41,1^{c}	2,58 ± 0,27^{d}

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



Şekil 4.12. Hamur ağırlığı üzerinde etkili olan "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*''

Çalışmada hamur üzerinde etkili olan "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*'' Çizelge 4.70 ve Şekil 4.12'de verilmiştir. Spelt ekmeğinin %100, %75 ve %50 ikame oranları ile Siyez ekmeğinin %100 ikame oranlarında hamur ağırlğı 170,0 g'ın üzerine çıkmıştır.

4.2.9. Ekmeklerin dokusal özellikleri

Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmeklerin dokusal özelliklerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.72 ve 4.73'de verilmiştir. Ekmeklerin sertlik değeri 447,2 g – 5354,8 g; elastikiyet değeri 0,058-0,459; esneklik değeri 0,291-0,529, koheziflik değeri 0,614-0,864, yapışkanlık değeri (-3,354) – (-0,042) g *x* s, sakızımsılık değeri 386,3-3342,3 g , çiğnenebilirlik değeri 42,4-476,8 g arasında değişim göstermiş olup sırasıyla ortalama 2169,3 g, %0,146, %0,421, %0,760, -

0,888 g $\bar{x}$ s, 1379,31 g, 161,15 g olarak bulunmuştur. Tekstür profil analizinde (TPA) %100 Spelt buğday unu ikamesi ile elde edilen ekmeklerde elastikiyet, koheziflik, yapışkanlık, sakızımsılık ve çiğnenebilirlik değerleri elde edilememiştir.

Çizelge 4.72. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin dokusal özelliklerine ait (sertlik, elastikiyet, esneklik, koheziflik) analiz sonuçları

Un çeşidi	Örnek no	İkame oranı %	Tek	Sertlik g	Elastikiyet %	Esneklik %	Koheziflik %
Mor buğday unu	MB1	100	1	4740,8	0,058	0,291	0,614
			2	4793,8	0,061	0,299	0,617
			3	4534,1	0,141	0,335	0,651
			4	4119,5	0,138	0,366	0,688
	MB2	75	1	2505,4	0,065	0,352	0,688
			2	2120,5	0,059	0,362	0,683
			3	2645,7	0,128	0,338	0,668
			4	2469,2	0,150	0,347	0,696
	MB3	50	1	1504,0	0,062	0,429	0,770
			2	1367,0	0,087	0,405	0,737
			3	786,5	0,280	0,482	0,826
			4	874,0	0,156	0,510	0,833
	MB4	25	1	927,6	0,066	0,453	0,785
			2	725,7	0,180	0,507	0,816
			3	447,2	0,459	0,515	0,864
			4	618,3	0,124	0,480	0,820
	Kontrol	0	1	638,8	0,091	0,529	0,841
			2	747,5	0,069	0,491	0,820
			3	549,2	0,443	0,515	0,858
			4	690,5	0,292	0,505	0,834
Spelt buğday unu	SP1	100	1	5348,7	-	0,341	-
			2	5345,7	-	0,357	-
			3	5345,3	-	0,379	-
			4	5354,8	-	0,359	-
	SP2	75	1	3717,2	0,063	0,331	0,672
			2	3695,8	0,066	0,333	0,674
			3	3373,7	0,150	0,325	0,669
			4	4021,6	0,108	0,330	0,666
	SP3	50	1	2153,8	0,071	0,364	0,709
			2	1681,3	0,073	0,405	0,738
			3	1803,6	0,12	0,383	0,730
			4	1724,3	0,124	0,391	0,780
	SP4	25	1	1001,6	0,072	0,424	0,777

			2	1128,0	0,088	0,445	0,790
			3	1054,8	0,152	0,421	0,777
			4	1020,9	0,210	0,496	0,830
	Kontrol	0	1	638,8	0,091	0,529	0,841
			2	747,5	0,069	0,491	0,820
			3	549,2	0,443	0,515	0,858
			4	690,5	0,292	0,505	0,834
Siyez buğday unu	SY1	100	1	5211,2	0,062	0,325	0,641
			2	5058,3	0,059	0,333	0,653
			3	4231,2	0,166	0,363	0,680
			4	4867,0	0,106	0,343	0,674
	SY2	75	1	2783,7	0,071	0,392	0,721
			2	2994,7	0,066	0,368	0,715
			3	2571,4	0,155	0,422	0,744
			4	2416,0	0,160	0,432	0,760
	SY3	50	1	1983,0	0,067	0,406	0,745
			2	1737,3	0,075	0,428	0,753
			3	1397,2	0,157	0,430	0,779
			4	1108,7	0,139	0,423	0,791
	SY4	25	1	778,7	0,199	0,476	0,815
			2	801,7	0,077	0,496	0,827
			3	690,1	0,193	0,495	0,825
			4	699,2	0,238	0,484	0,813
	Kontrol	0	1	638,8	0,091	0,529	0,841
			2	747,5	0,069	0,491	0,820
			3	549,2	0,443	0,515	0,858
			4	690,5	0,292	0,505	0,834
Minimum- maksimum				447,2-5354,8	0,058-0,459	0,291-0,529	0,614-0,864
Ortalama				2169,3	0,146	0,421	0,760

Tek: tekerrür; Kontrol: ekmeklik un; MB1: mor buğday unu; MB2: %75 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB3: %50 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB4: %25 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP1: Spelt buğday unu; SP2: %75 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP3: %50 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP4: %25 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY1: Siyez buğday unu; SY2: %75 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY3: %50 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY4: %25 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu. İKO: ikame oranı.

Çizelge 4.73. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin dokusal özelliklerine ait (yapışkanlık, sakızımsılık, çiğnenebilirlik) değerleri analiz sonuçları

Un çeşidi	Örnek no	İkame oranı %	Tek	Yapışkanlık g x s	Sakızımsılık g	Çiğnenebilirlik g
Mor buğday unu	MB1	100	1	-3,131	2910,0	170,0
			2	-3,354	2959,4	182,0
			3	-1,815	2950,1	417,3
			4	-1,784	2832,7	389,8
	MB2	75	1	-1,106	1724,3	112,9
			2	-0,304	1448,6	85,4
			3	-1,385	1768,3	226,8
			4	-0,769	1719,3	258,2
	MB3	50	1	-0,756	1158,1	72,2
			2	-0,115	1007,8	87,7
			3	-	650,0	181,8
			4	-	728,4	113,3
	MB4	25	1	-0,136	728,3	47,8
			2	-0,144	592,2	106,4
			3	-0,442	386,3	177,3
			4	-0,440	507,3	62,9
	Kontrol	0	1	-0,267	537,0	49,0
			2	-0,264	613,0	42,4
			3	-	471,0	208,4
			4	-	575,7	168,1
Spelt buğday unu	SP1	100	1	-	-	-
			2	-	-	-
			3	-	-	-
			4	-	-	-
	SP2	75	1	-2,055	2499,2	156,3
			2	-1,182	2492,3	164,6
			3	-2,859	2256,4	338,6
			4	-3,006	2677,8	289,3
	SP3	50	1	-0,686	1526,9	108,8
			2	-0,394	1241,6	91,0
			3	-0,826	1317,0	157,4
			4	-0,836	1345,3	167,1
	SP4	25	1	-0,546	778,3	55,9
			2	-0,540	891,0	78,2
			3	-	819,3	124,8
			4	-	847,4	177,8
	Kontrol	0	1	-0,267	537,0	49,0
			2	-0,264	613,0	42,4

			3	-	471,0	208,4
			4	-	575,7	168,1
Siyez buğday unu	SY1	100	1	-1,270	3342,3	208,3
			2	-0,587	3303,7	196,5
			3	-1,593	2878,5	476,8
			4	-2,380	3280,3	349,0
	SY2	75	1	-0,088	2006,6	143,4
			2	-0,378	2140,7	141,8
			3	-1,147	1912,8	296,9
			4	-0,645	1837,3	294,0
	SY3	50	1	-0,299	1476,8	99,6
			2	-0,042	1308,1	98,3
			3	-0,916	1088,2	170,5
			4	-0,172	876,8	122,1
	SY4	25	1	-0,062	635,0	126,4
			2	-0,064	662,8	51,2
			3	-0,667	569,6	109,7
			4	-0,352	568,5	135,2
	Kontrol	0	1	-0,267	537,0	49,0
			2	-0,264	613,0	42,4
			3	-	471,0	208,4
			4	-	575,7	168,1
Minimum- maksimum				-3,354 - -0,042	386,3-3342,3	42,4-476,8
Ortalama				-0,888	1379,3	161,1

Tek: tekerrür; Kontrol: ekmeklik un; MB1: mor buğday unu; MB2: %75 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB3: %50 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB4: %25 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP1: Spelt buğday unu; SP2: %75 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP3: %50 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP4: %25 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY1: Siyez buğday unu; SY2: %75 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY3: %50 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY4: %25 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu. İKO: ikame oranı.

Mor, Spelt ve Siyez buğday unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmeklerin dokusal özelliklerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.74 ve Çizelge 4.75'te verilmiştir. Değişkenlerin elastikiyet değeri üzerinde etkisi istatistiki olarak önemli olmamıştır. "*İkame oranı*"nın diğer tüm dokusal özellikler üzerinde istatistiki olarak önemli etkisi vardır. *"Un çeşidi"* sertlik, esneklik, sakızımsılık; "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu*" sertlik, esneklik, koheziflik, yapışkanlık ve sakızımsılık değerleri üzerinde istatistiki olarak önemli etki etmiştir.

Çizelge 4.74. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin dokusal özelliklerine (sertlik, elastikiyet, esneklik ve koheziflik) ait varyans analiz sonuçları

	Sertlik				Elastikiyet			
VK	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
Un çeşidi (UÇ)	2	4117211	2058606	36,314**	2	0,001	0,001	0,112
İkame oranı (İKO)	4	151865747	37966437	669,729**	4	0,109	0,036	3,232
UÇ x İKO	8	2118708	264839	4,672**	8	0,010	0,001	0,122
Hata	45	2551018	56689,28		42	0,471	0,011	
Toplam	59	160652684			55	0,618		
	Esneklik				Koheziflik			
VK	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
Un çeşidi (UÇ)	2	0,008	0,004	6,878*	2	0,001	0,001	1,405
İkame oranı (İKO)	4	0,249	0,062	113,368**	4	0,139	0,046	80,303**
UÇ x İKO	8	0,021	0,003	4,857**	8	0,009	0,001	2,278*
Hata	45	0,025	0,001		42	0,024	0,001	
Toplam	59	0,303			55	0,289		

*$p<0,05$ 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 4.75. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmekler örneklerinin dokusal 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
Un çeşidi (UÇ)	2	0,667	0,667	2,582	2	2134158	1067079	54,419**	2	2686,977	2686,980	0,409
İkame oranı (İKO)	4	6,005	2,002	7,748**	4	24993427	6248357	318,653**	4	82204,990	27401,660	4,175*
UÇ *x* İKO	8	4,833	0,690	2,673*	8	24946007	3118251	159,024**	8	5609,351	801,340	0,122
Hata	32	8,267	0,258		45	882390	19609		42	275629,920	6562,600	
Toplam	45	35,491			59	52955982			55	545284,240		

**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 4.74 ve 4.75'te önemlilik düzeyleri yer alan "*un çeşidi*" ve "*ikame oranlarına*" ait sertlik, elastikiyet, esneklik ve koheziflik değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları sırasıyla Çizelge 4.76, 4.77, 4.78 ve 4.79' da verilmiştir. Sertlik, ilk sıkıştırma çevrimi sırasındaki pik gücü ifade eder ve birinci eğrinin yüksekliğini temsil eder. Elastikiyet, deforme eden gücün ortadan kalkmasıyla birlikte gıdanın eski haline haline dönme hızıdır. Yapışkanlık, ikinci sıkıştırma anındaki pozitif güç alanının birinci sıkıştırmadaki alana oranı olup iç bağların dayanma gücü şeklinde tanımlanmaktadır. Esneklik, birinci sıkıştırmanın sonu ile ikinci sıkıştırmanın başı arasındaki yükseklik farkını gösterir ve geri gelme miktarını ifade eder. Çiğnenebilirlik, katı yiyeceği parçalara ayırıp yutma durumuna getirmek için gerekli olan enerji olup sertlik, yapışkanlık ve esneklik değerlerinin çarpımı sonucu elde edilir. Sakızımsılık, sertlik ve yapışkanlık değerlerinin çarpımıyla hesaplanır. Koheziflik, katı bir gıdanın ısırıldığında kopmadan önceki deformasyon miktarı olarak belirtilmektedir (Gerçekaslan vd., 2007). Çizelge 4.76 ve 4.78'de görüldüğü gibi Spelt ekmeğinin sertlik değeri mor ve Siyez ekmeğine göre daha yüksek değerlere sahip olmuştur (2519,9 g). Siyez ekmeğinin sertlik değeri de mor buğday ekmeğinin üzerindedir (2097,8 g). Spelt ekmeklerinin çözünmez; Siyez ekmelerinin çözünür lif içeriği yüksektir ve aynı zamanda bu ekmeklerin unlarının protein oranı yüksektir. Bu durum bu ekmeklerin özellikle çözünmez diyet lifi içeriği yüksek olan Spelt ekmeklerinin sertlik değerlerini yükseltmiştir. Mor buğday ekmeklerinin sertlik değeri daha az olurken esneklik değerinin yüksek olması ise dikkat çekmiştir (1890,3 g ve % 0,43). Mor buğday ekmeğinin lif içeriği genel olarak daha düşük, ununun protein oranı daha az, solvent tutma kapasitesi değerleri daha düşük ve gluten kalitesi daha zayıftır. Sertlik değeri mor buğday ekmeğinin üzerinde olsa da esneklik değerinin mor buğday ekmeğine benzemesi Spelt ununun gluten kalitesinin daha iyi olması ve gaz tutma kapasitesinin sınırlı da olsa iyileşmesine bağlanmıştır. Sakızımsılık bakımından Siyez buğday unu ekmekleri daha yüksek değere sahiptir (1504,2 g). Spelt ekmeklerinin sakızımsılık değerleri düşüktür (1044,5 g).

Çizelge 4.76. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin un çeşitlerine ait dokusal özellikler (sertlik, elastikiyet, esneklik ve koheziflik) ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

Un Çeşidi	n	Sertlik g	Elastikiyet %	Esneklik %	Koheziflik %
MB1	4	4547,1 ± 306,3^{b}	0,10 ± 0,05	0,32 ± 0,03^{g}	0,64 ± 0,03^{e}
MB2	4	2435,2 ± 223,2^{de}	0,10 ± 0,05	0,35 ± 0,01^{e-g}	0,68 ± 0,01^{de}
MB3	4	1132,9 ± 355,7^{gh}	0,15 ± 0,10	0,46 ± 0,05^{a-c}	0,79 ± 0,05^{a-c}
MB4	4	679,7 ± 201,2^{h}	0,21 ± 0,18	0,49 ± 0,03^{ab}	0,82 ± 0,03^{ab}
Kontrol	4	656,5 ± 84,2^{h}	0,22 ± 0,18	0,51 ± 0,02^{a}	0,84 ± 0,02^{a}
MB ort	20	1890,3 ± 1532,5^{C}	0,16 ± 0,12	0,43 ± 0,08^{A}	0,76 ± 0,08
SP1	4	5348,6 ± 4,4^{a}	-	0,36 ± 0,02^{e-g}	-
SP2	4	3702,1 ± 264,7^{c}	0,10 ± 0,04	0,33 ± 0,00^{fg}	0,67 ± 0,00^{e}
SP3	4	1840,8 ± 214,8^{ef}	0,10± 0,03	0,39 ± 0,02^{d-f}	0,74 ± 0,03^{cd}
SP4	4	1051,3 ± 55,6^{gh}	0,13 ± 0,06	0,45 ± 0,03^{bc}	0,79 ± 0,03^{a-c}
Kontrol	4	656,5 ± 84,2^{h}	0,22 ± 0,18	0,51 ± 0,02^{a}	0,84 ± 0,02^{a}
SP ort	20	2519,9 ± 1811,3^{A}	0,14 ± 0,10	0,41 ± 0,07^{B}	0,76 ± 0,07
SY1	4	4841,9 ± 430,8^{ab}	0,10 ± 0,05	0,34 ± 0,02^{fg}	0,66 ± 0,02^{e}
SY2	4	2691,5 ± 252,2^{d}	0,11 ± 0,05	0,40 ± 0,03^{c-e}	0,74 ± 0,02^{cd}
SY3	4	1556,6 ± 383,2^{fg}	0,11 ± 0,05	0,42 ± 0,01^{cd}	0,77 ± 0,02^{bc}
SY4	4	742,4 ± 56,1^{h}	0,18 ± 0,07	0,49 ± 0,01^{ab}	0,82 ± 0,01^{ab}
Kontrol	4	656,5 ± 84,2^{h}	0,22 ± 0,18	0,51 ± 0,02^{a}	0,84 ± 0,02^{a}
SY ort	20	2097,8 ± 1615,4^{B}	0,14 ± 0,10	0,43 ± 0,06^{A}	0,76 ± 0,07

Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen "*un çeşidi"*, küçük italik harflerle gösterilen "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu"* ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır *(p<0,05*). Kontrol: ekmeklik un; MB1: mor buğday unu; MB2: %75 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB3: %50 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB4: %25 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP1: Spelt buğday unu; SP2: %75 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP3: %50 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP4: %25 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY1: Siyez buğday unu; SY2: %75 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY3: %50 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY4: %25 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu. MB ort: Mor buğday unu ortalama; SP ort: Spelt unu ortalama; SY ort: Siyez unu ortalama

Çalışmada genel olarak ikame oranı arttıkça sertlik, sakızımsılık, yapışkanlık ve çiğnenebilirlik artarken; esneklik ve koheziflik azalmıştır. Ekmeklerin yapısal özelliklerini belirleyen önemli bir değişken olan sertlik değeri istatistiki olarak %25 ikame oranından sonra artış göstermiştir. Kepek ve diyet lifi vb. içeriğinin artması nedeniyle ekmek yapısı sertleşmektedir (Gomez vd., 2020). Bu yapı nişasta ve protein arasındaki etkileşimleri bozduğu için ekmeğin daha sert ve daha az esnek olmasına neden olmaktadır (Liu vd., 2017). Kepek ve diyet lifi içeren ekmeklerin gluten miktarında meydana gelen seyrelmeden dolayı gaz tutma kapasitesinin azalmasına neden olması, gözenek yapısı gelişimini olumsuz etkilemektedir. Bu durum da sakızımsılık, yapışkanlık ve çiğnenebilirlik değerlerinin artışını

etkilemektedir (Coda vd., 2017; Liu vd., 2017; Karaduman vd., 2023,2024). Çalışmada esneklik ve koheziflik değeri %50 ikame oranından sonra çok daha belirgin şekilde azalmıştır.

Çizelge 4.77. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin ikame oranlarına ait dokusal özellikler (sertlik, elastikiyet, esneklik ve koheziflik) değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

İkame oranı %	n	Sertlik g	Elastikiyet %	Esneklik %	Koheziflik %
0	12	656,5 ± 76,2^{d}	0,22 ± 0,16	0,51 ± 0,01^{a}	0,84 ± 0,01^{a}
25	12	824,5 ± 203,8^{d}	0,17 ± 0,11	0,47 ± 0,03^{b}	0,81 ± 0,03^{a}
50	12	1510,1 ± 423,6^{c}	0,12 ± 0,06	0,42 ± 0,04^{c}	0,77 ± 0,04^{b}
75	12	2942,9 ± 613,5^{b}	0,10 ± 0,04	0,36 ± 0,04^{d}	0,70± 0,03^{c}
100	12	4912,5 ± 442,4^{a}	0,10 ± 0,04	0,34 ± 0,03^{d}	0,65 ± 0,03$^{a\text{-}c}$

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

Çizelge 4.78. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin un çeşitlerine ait dokusal özellikler (yapışkanlık, sakızımsılık ve çiğnenebilirlik) ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

Un Çeşidi	n	Yapışkanlık, g $\bar{x}$ s	Sakızımsılık, g	Çiğnenebilirlik, g
MB1	4	-2,52 ± 0,84^{b}	2913,1 ± 57,7^{a}	289,8 ± 132,0
MB2	4	-0,89 ± 0,47^{a}	1665,1 ± 146,1^{cd}	170,8 ± 84,5
MB3	4	-0,44 ± 0,45^{a}	886,1 ± 237,6^{fg}	113,7 ± 48,4
MB4	4	-0,29 ± 0,17^{a}	553,5 ± 143,9^{g}	98,6 ± 58,1
Kontrol	4	-0,27 ± 0,00^{a}	549,2 ± 60,7^{g}	117,0 ± 84,0
MB ort	20	-1,01 ± 1,04	1313,4 ± 929,7^{B}	158,0 ± 105,3
SP1	4	-	-	-
SP2	4	-2,28 ± 0,84^{b}	2481,4 ± 172,9^{b}	237,2 ± 90,9
SP3	4	-0,69 ± 0,21^{a}	1357,7 ± 121,0^{de}	131,1 ± 37,0
SP4	4	-0,54 ± 0,00^{a}	834,0 ± 47,4^{fg}	109,2 ± 54,0
Kontrol	4	-0,27 ± 0,00^{a}	549,2 ± 60,7^{g}	117,0 ± 84,0
SP ort	20	-1,12 ± 0,98	1044,5 ± 868,3^{C}	148,6 ± 82,3
SY1	4	-1,46 ± 0,74^{ab}	3201,2 ± 216,6^{a}	307,6 ± 132,4
SY2	4	-0,56 ± 0,45^{a}	1974,4 ± 130,7^{c}	219,0 ± 88,3
SY3	4	-0,36 ± 0,39^{a}	1187,5 ± 261,2^{ef}	122,6 ± 33,8
SY4	4	-0,29 ± 0,29^{a}	609,0 ± 47,5^{g}	105,6 ± 37,8
Kontrol	4	-0,27 ± 0,00^{a}	549,2 ± 60,7^{g}	117,0 ± 84,0
SY ort	20	-0,62 ± 0,63	1504,2 ± 1027,9^{A}	174,4 ± 109,2

Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen "*un çeşidi"*, küçük italik harflerle gösterilen "*un çeşidi x ikame oranı interaksiyonu"* ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır *(p<0,05*). Kontrol: ekmeklik un; MB1: mor buğday unu; MB2: %75 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB3: %50 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB4: %25 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP1: Spelt buğday unu; SP2: %75 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP3: %50 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP4: %25 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY1: Siyez buğday unu; SY2: %75 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY3: %50 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY4: %25 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu. MB ort: Mor buğday unu ortalama; SP ort: Spelt unu ortalama; SY ort: Siyez unu ortalama

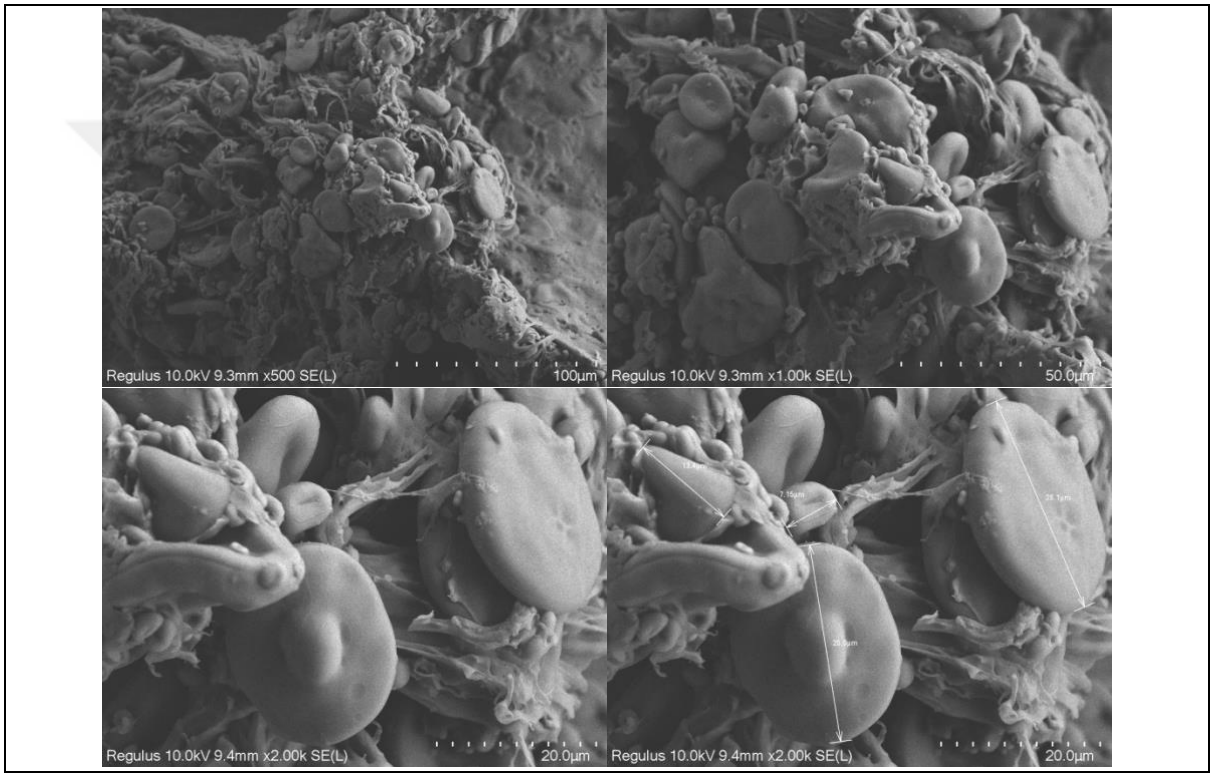
Çizelge 4.79. Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmek örneklerinin ikame oranlarına ait dokusal özellikler (yapışkanlık, sakızımsılık ve çiğnenebilirlik) ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

İkame oranı %	n	Yapışkanlık, g $\bar{x}$ s	Sakızımsılık, g	Çiğnenebilirlik, g
0	12	-0,27 ± 0,00^{a}	549,2 ± 54,9^{c}	117,0 ± 76,0^{ab}
25	12	-0,34 ± 0,22^{a}	665,5 ± 151,4^{c}	104,5 ± 46,1^{b}
50	12	-0,50 ± 0,33^{a}	1143,7 ± 281,9^{b}	122,5 ± 37,1^{ab}
75	12	-1,24 ± 0,95^{b}	2040,3 ± 377,0^{a}	209,0 ± 84,8^{a}
100	12	-1,99 ± 0,93^{ab}	2038,1 ± 1514,8^{a}	298,7 ± 122,7^{ab}

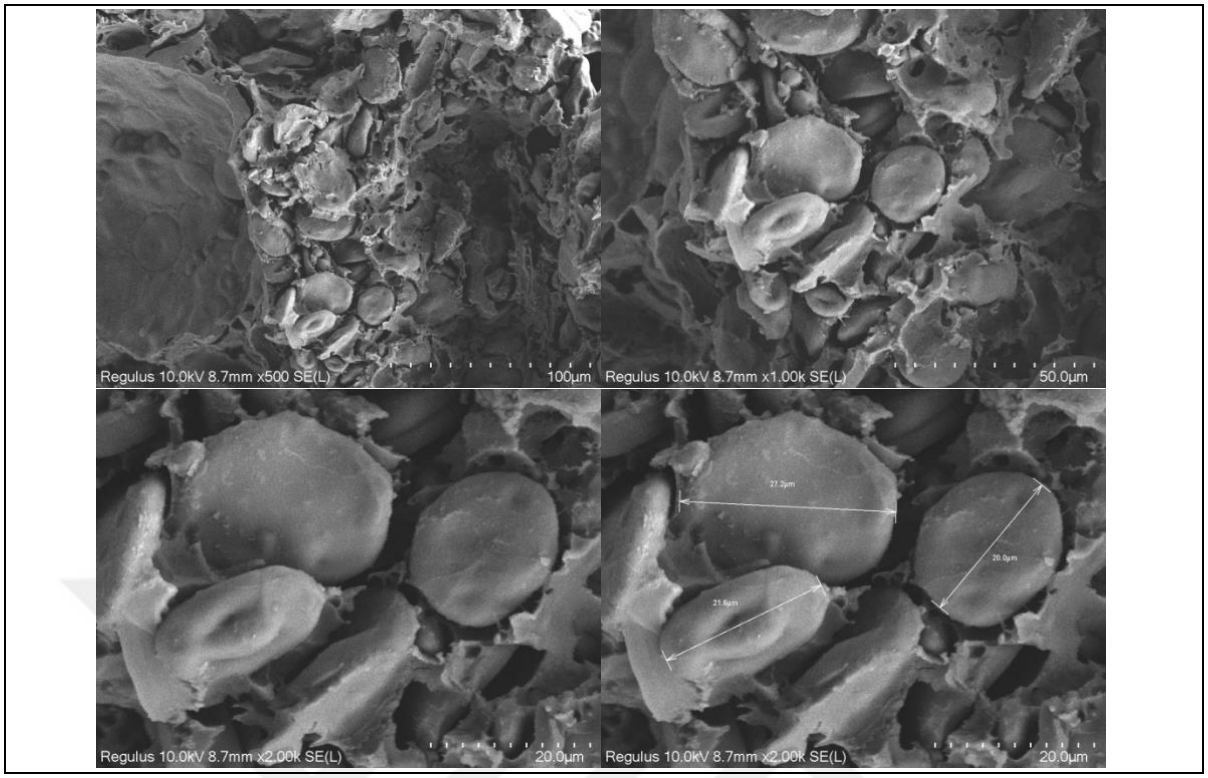
Farklı harflerle işaretlenmiş aynı sütundaki ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (*p<0,05*).

4.2.10. Ekmek örneklerine ait SEM görüntüleri

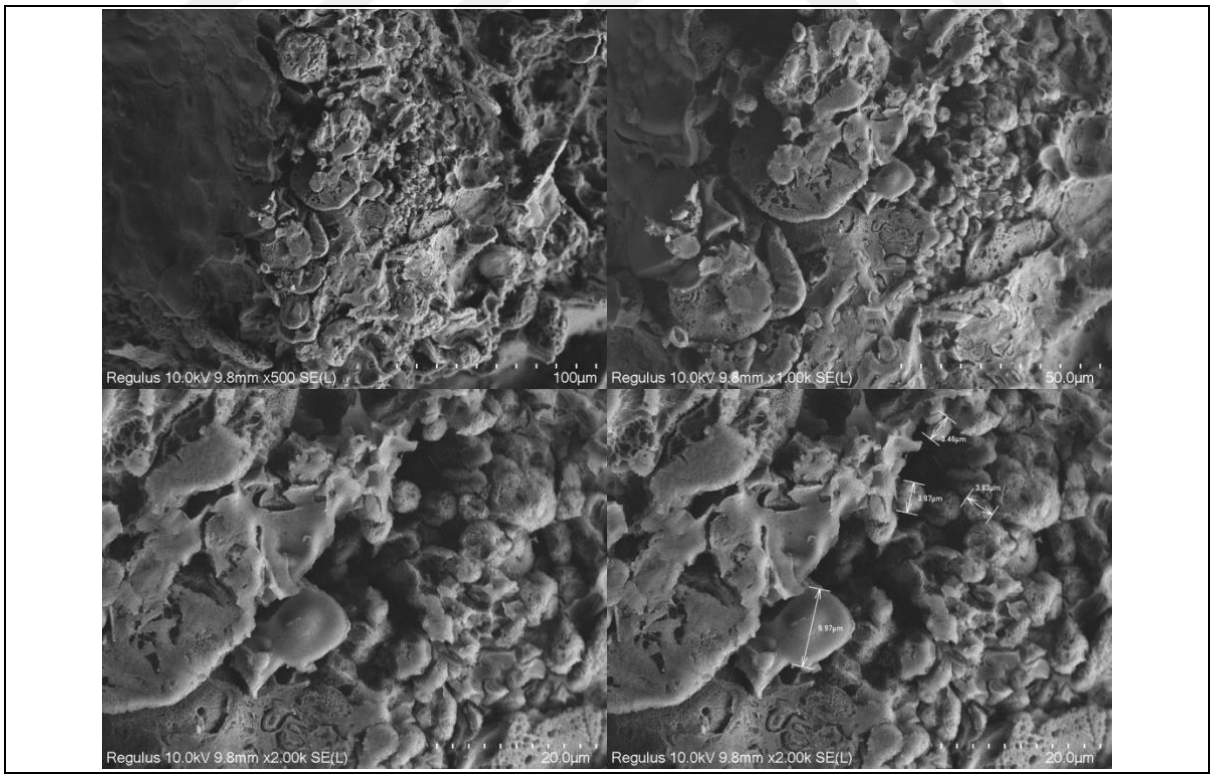
Ekmek örneklerine ait SEM görüntüleri Şekil 4.13-25'te verilmiştir. Ekmek örneklerinin pişirme sonrasında soğuması ile birlikte 2,5 cm kesilen parçaların merkezinden alınan numuneler -20 °C'de dondurulmuş ve SEM görüntüleme için Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne aktarılmıştır. Ekmek örneklerinde 500, 1000, 2000 büyütme ile yapı incelenmiştir.



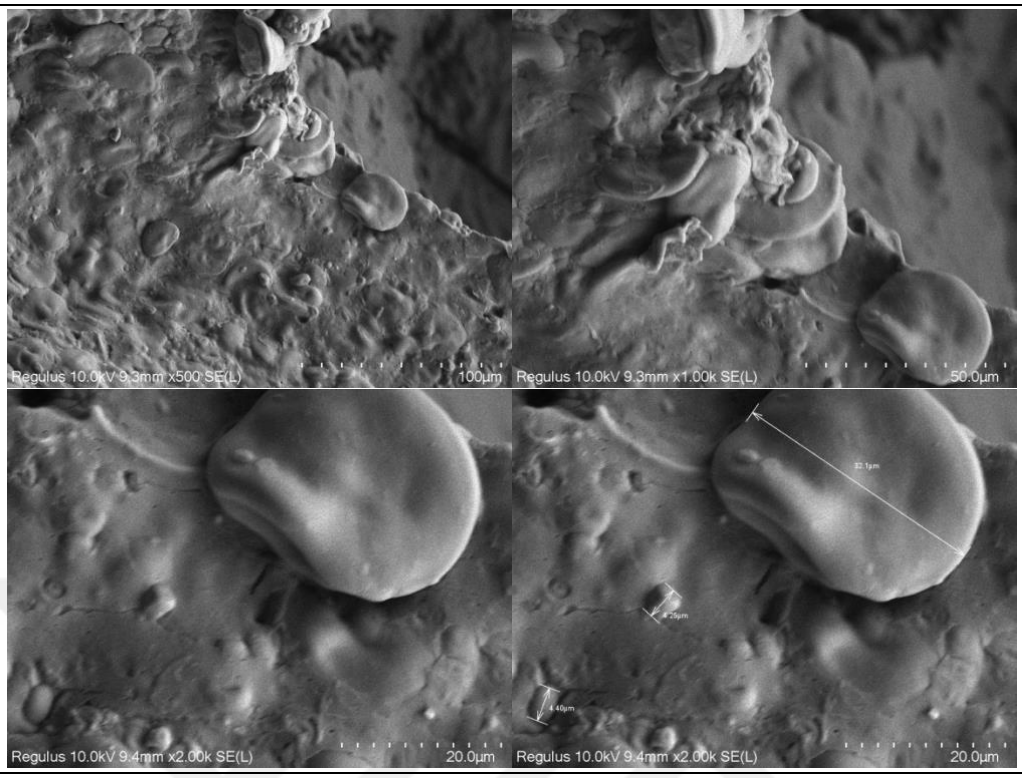
Şekil 4.13. Kontrol unu ile elde edilmiş ekmeğe ait SEM görüntüleri



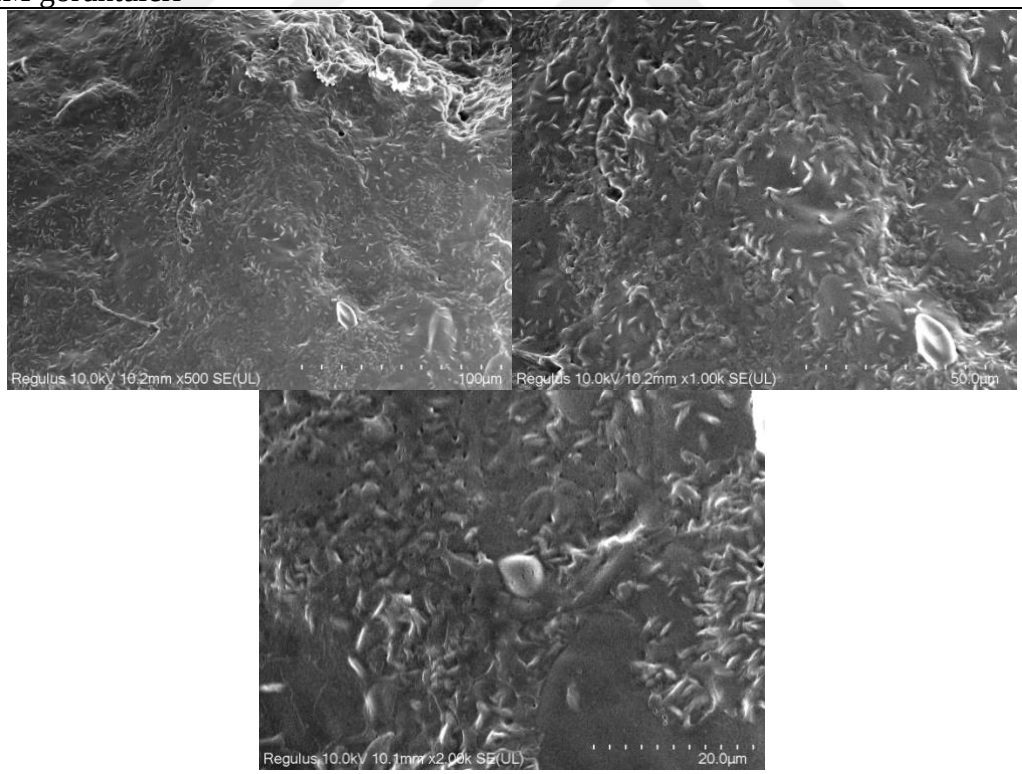
Şekil 4.14. MB1 kombinasyonu %100 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş ekmeğe ait SEM görüntüleri



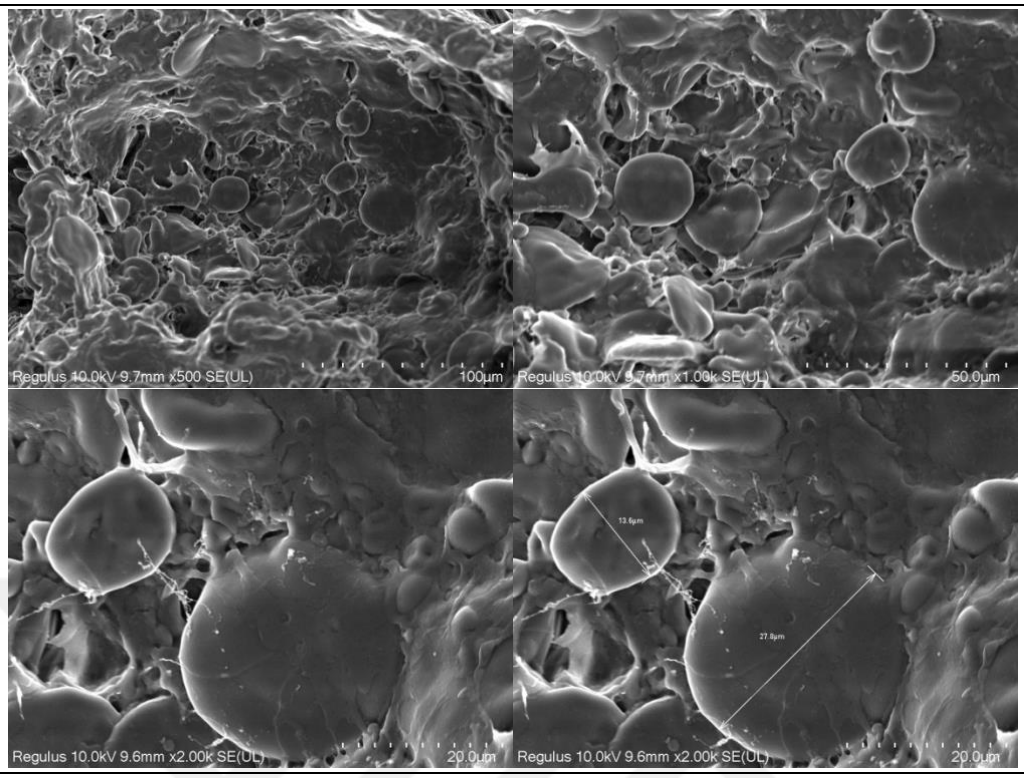
Şekil 4.15. MB2 kombinasyonu %75 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş ekmeğe ait SEM görüntüleri



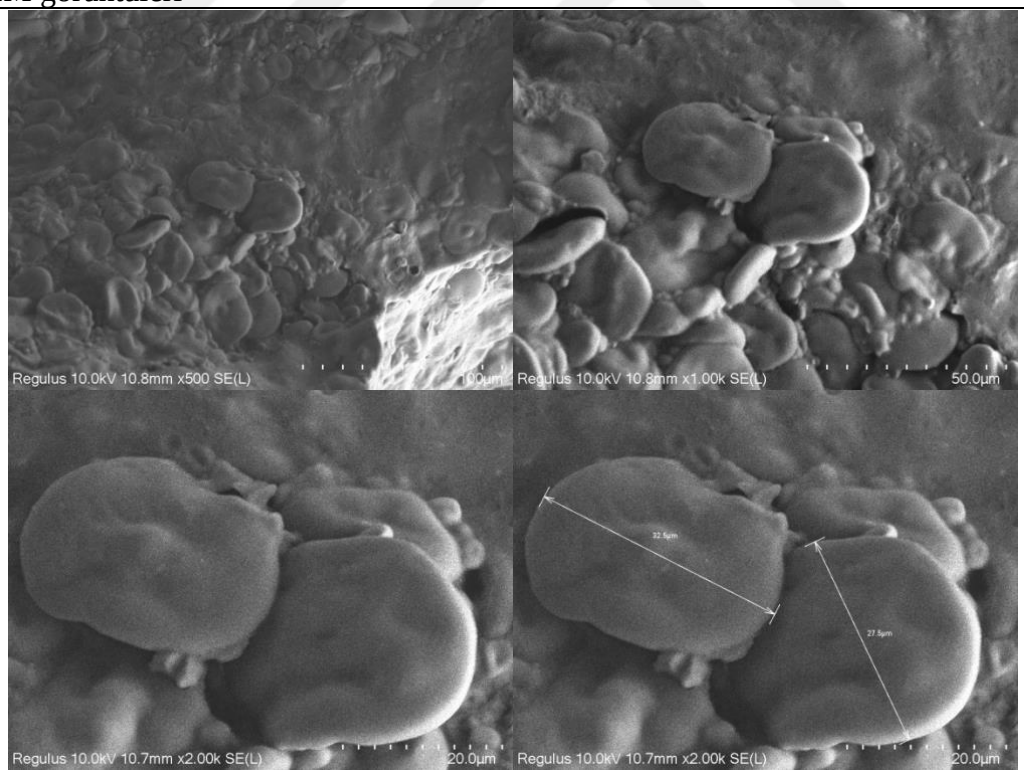
Şekil 4.16. MB3 kombinasyonu %50 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş ekmeğe ait SEM görüntüleri



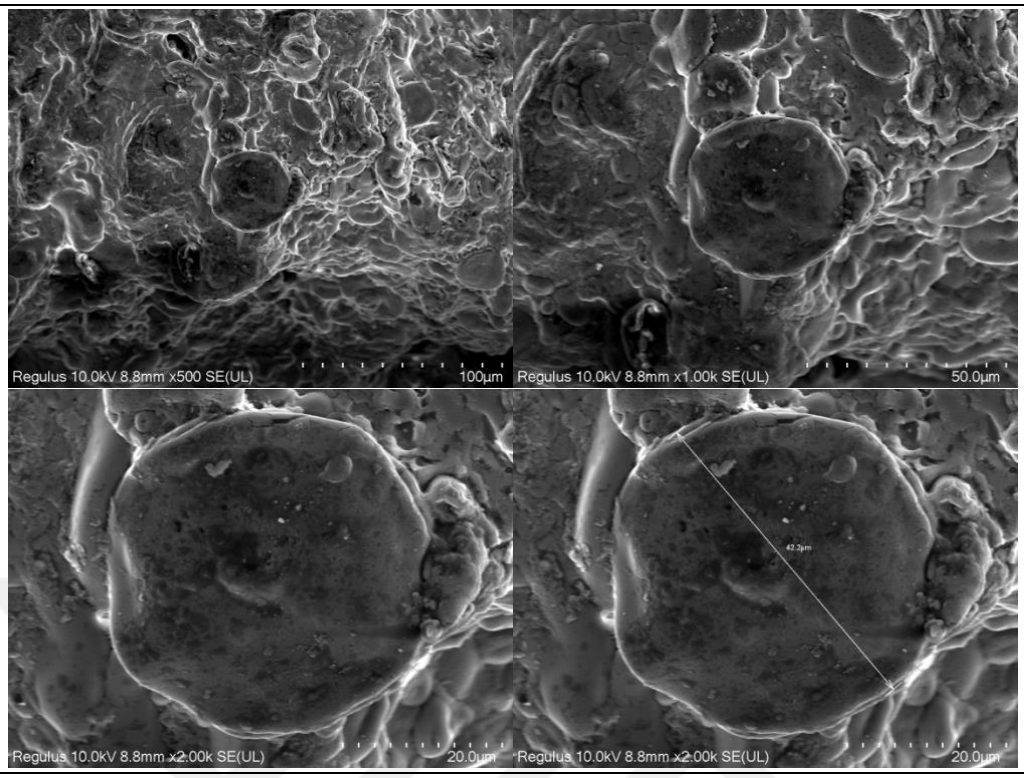
Şekil 4.17. MB4 kombinasyonu %25 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş ekmeğe ait SEM görüntüleri



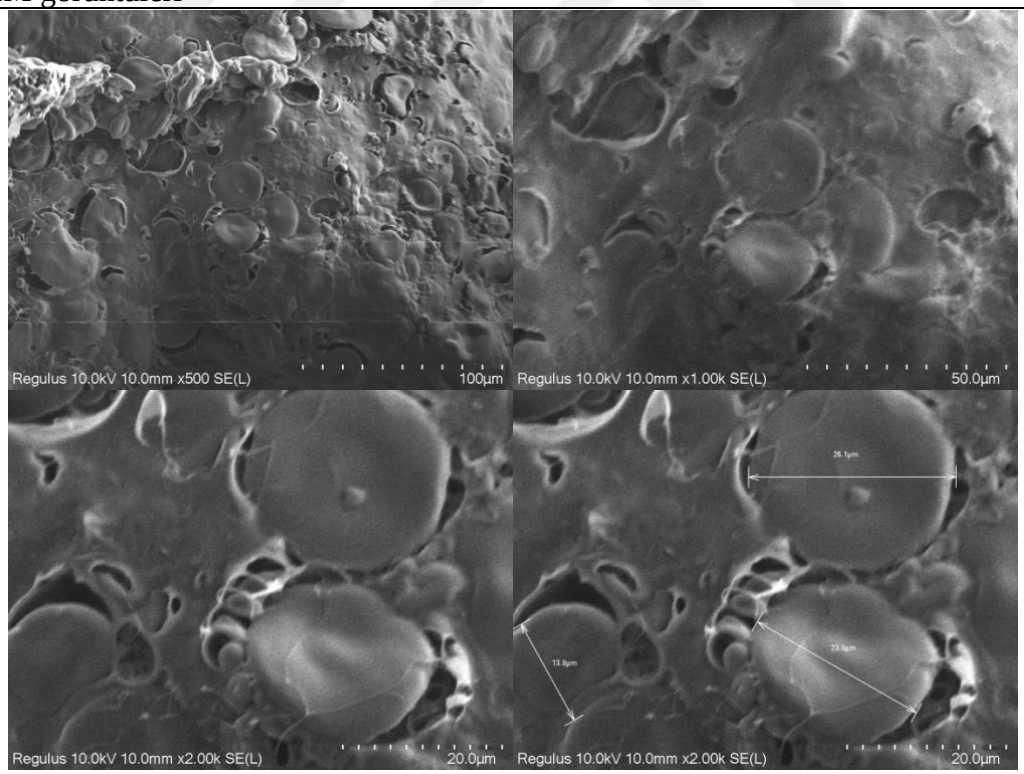
Şekil 4.18. SP1 kombinasyonu %100 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş ekmeğe ait SEM görüntüleri



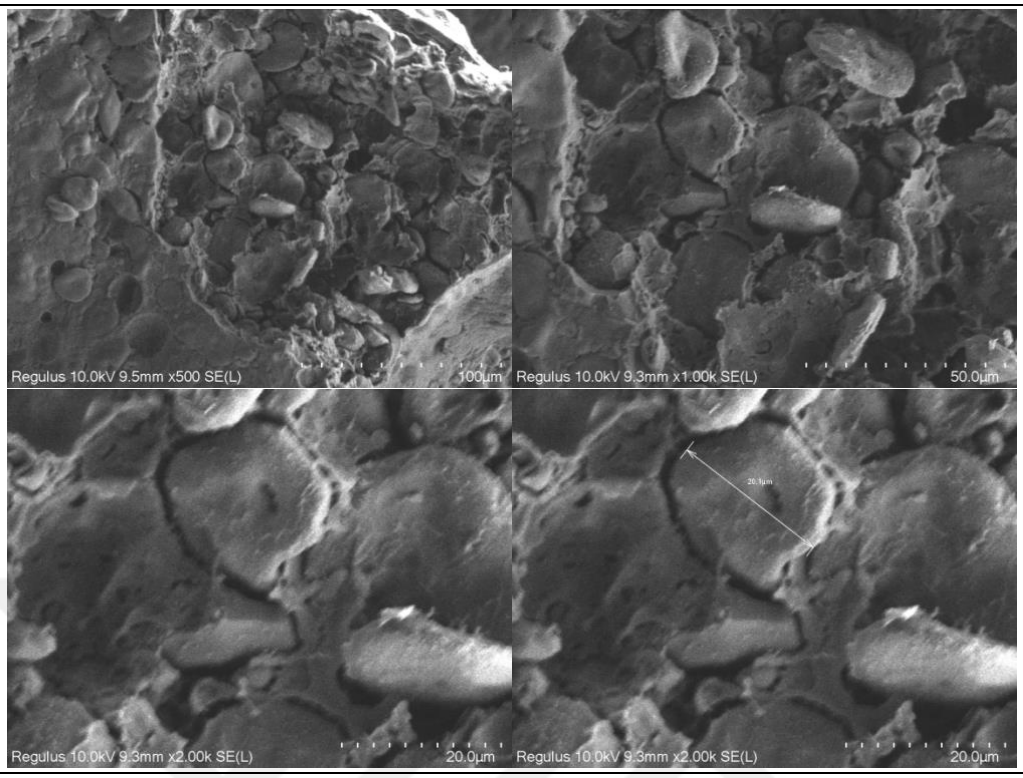
Şekil 4.19. SP2 kombinasyonu %75 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş ekmeğe ait SEM görüntüleri



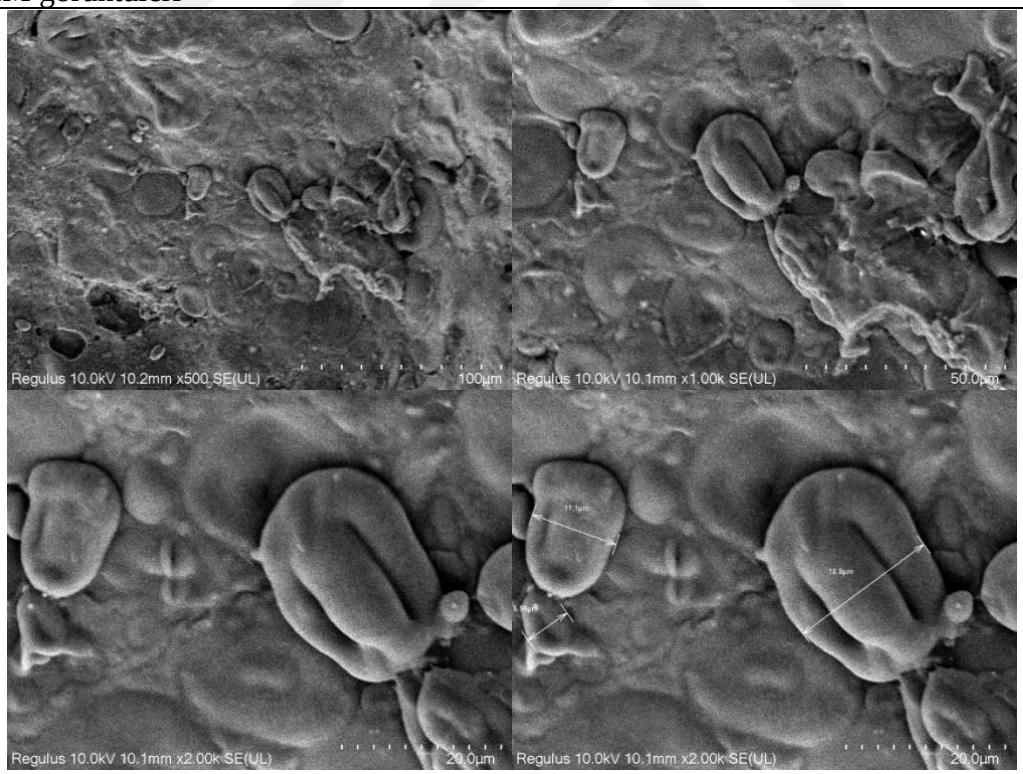
Şekil 4.20. SP3 kombinasyonu %50 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş ekmeğe ait SEM görüntüleri



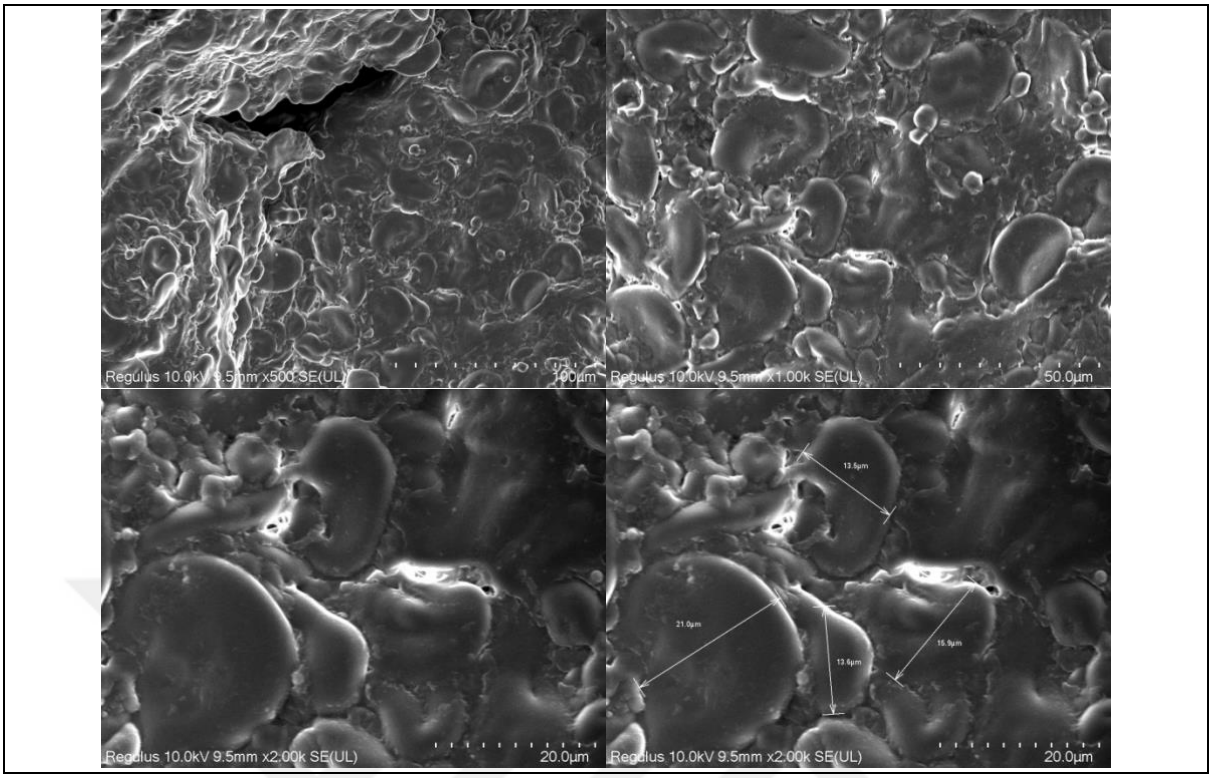
Şekil 4.21. SP4 kombinasyonu %25 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş ekmeğe ait SEM görüntüleri



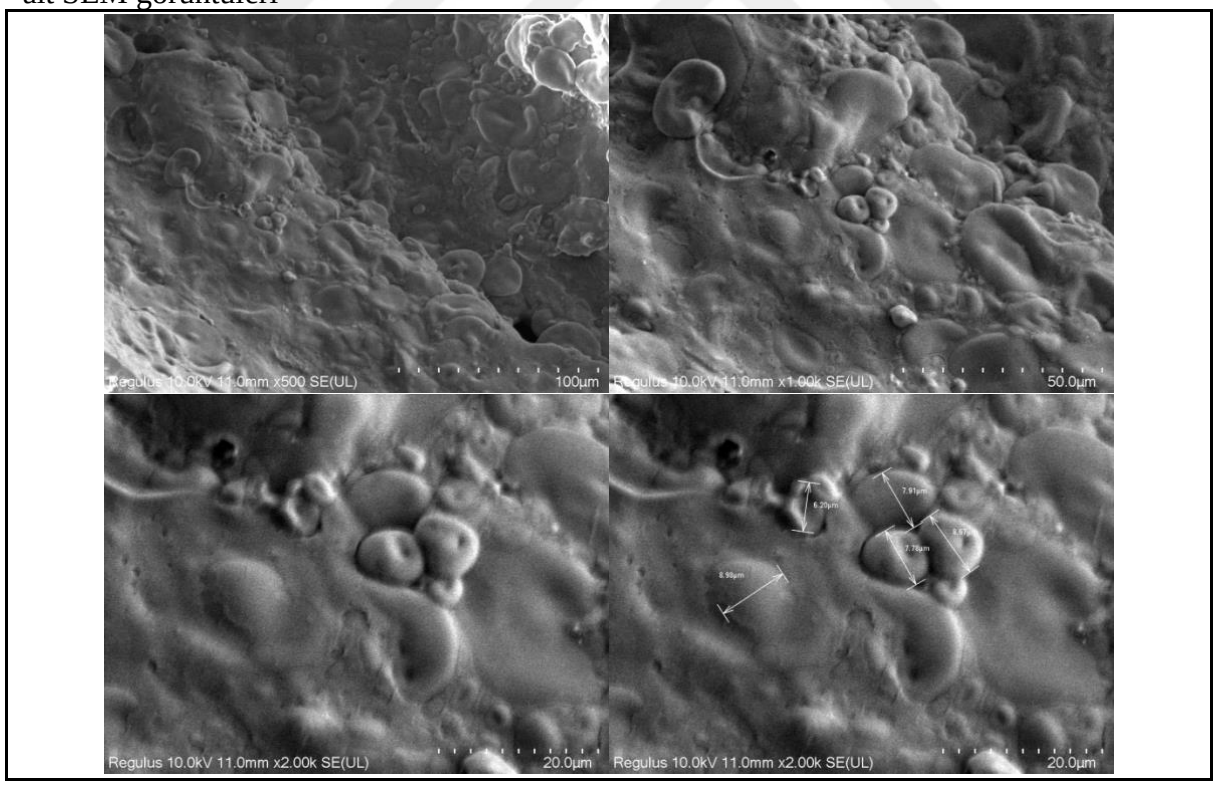
Şekil 4.22. SY1 kombinasyonu %100 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş ekmeğe ait SEM görüntüleri



Şekil 4.23. SY2 kombinasyonu %75 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş ekmeğe ait SEM görüntüleri



Şekil 4.24. SY3 kombinasyonu %50 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş ekmeğe ait SEM görüntüleri



Şekil 4.25. SY4 kombinasyonu %25 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş ekmeğe ait SEM görüntüleri

Çalışmamızda ekmek örneklerinin yapılarının mor, Spelt ve Siyez buğday unu ikameleri ile beraber değişiminin gözlenmesi amacıyla ürünlerin Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile değişik büyütme güçlerinde görüntüleri Şekil 4.13-4.25 'te verilmiştir. Spelt buğday unu ekmekleri hacim ve spesifik hacim değerleri bakımından mor ve Siyez buğday ununa göre daha düşük değerlere sahiptir. Her üç un çeşidine ait ekmeklerde %100, %75 ve %50 ikame oranlarında ekmek içinde ortama yüksek diyet lifi ikamesi nedeniyle gluten ağı gelişememiş ve sıkı bir yapıya sahip oldukları görülmüştür. Spelt, Siyez buğday unu ekmeklerinde %25 ikame oranında bile gluten gelişmesi ve buna bağlı olarak ekmeklerde hacim artışı yetersizdir. Kontrol grubu ekmekleri gözenekli yapıdayken, ikame miktarındaki artışın ekmek yapısını daha sıkı hale getirdiği, gluten gelişimi ve hacim artışının yetersiz olduğu gözlenmiştir.

4.2.11. Duyusal özellikler

Mor, Spelt ve Siyez buğdayı unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmeklerin kabuk rengi, iç renk, görünüm, gözenek yapısı, ekmek içi yapısı, lezzet, çiğnenebilirlik ve genel beğeni özellikleri duyusal olarak 15 panelist tarafından değerlendirilmiştir. Ortalamalar sırasıyla kabuk rengi; 5,45, iç renk; 5,36, görünüm; 6,49, gözenek yapısı; 5,42, ekmek içi yapısı; 5,64, lezzet; 5,71, çiğnenebilirlik; 6,03, genel beğeni; 5,90 olarak bulunmuştur.

Mor, Spelt ve Siyez buğday unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ikame unların ekmeklerinin duyusal özelliklerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.80'de verilmiştir. Tüm duyusal özellikler üzerinde "*ikame oranı"* istatistiki olarak çok önemli bulunmuştur ($p<0,01$). "*Un çeşidi*" kabuk rengi, iç renk, lezzet, çiğnenebilirlik genel beğeni üzerinde çok önemli ($p<0,01$) düzeyde etkili olmuştur. "*İkame oranı x un çeşidi interaksiyonu*" ise yalnız kabuk rengi ve genel beğeni üzerinde çok önemli ($p<0,01$) düzeyde etkili etkiye sahiptir.

Çizelge 4.80. Mor, Spelt ve Siyez 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
Un çeşidi (UÇ)	2	43,742	21,871	19,127**	2	40,596	20,298	17,653**	2	9,769	4,884	2,068
İkame oranı (İKO)	4	790,249	197,562	172,771**	4	757,022	189,256	164,593**	4	365,449	91,362	38,682**
UÇ x İKO	8	24,391	3,049	2,666**	8	15,804	1,976	1,718	8	7,964	0,996	0,422
Hata	210	240,133	1,144		210	241,467	1,150		210	496	2,362	
Toplam	224	1098,516			224	1054,889			224	879,182		
VK	Gözenek yapısı				Ekmek içi yapısı				Lezzet			
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
Un çeşidi (UÇ)	2	6,676	3,338	1,370	2	0,436	0,218	0,120	2	37,342	18,671	8,052**
İkame oranı (İKO)	4	279,582	69,896	28,683**	4	507,138	126,784	69,601**	4	348,116	87,029	37,533**
UÇ x İKO	8	6,391	0,799	0,328	8	0,676	0,084	0,046	8	30,391	3,799	1,638
Hata	210	511,733	2,437		210	382,533	1,822		210	486,933	2,32	
Toplam	224	804,382			224	890,782			224	902,782		
VK	Çiğnenebilirlik				Genel beğeni							
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F				
Un çeşidi (UÇ)	2	24,32	12,16	5,631**	2	88,347	44,173	22,407**				
İkame oranı (İKO)	4	281,573	70,393	32,599**	4	272,649	68,162	34,575**				
UÇ x İKO	8	22,48	2,81	1,301	8	106,364	13,296	6,744**				
Hata	210	453,467	2,159		210	414	1,971					
Toplam	224	781,84			224	881,36						

*$p<0,05$ 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

Mor, Spelt ve Siyez buğday unlarının kontrol ekmeklik una farklı oranlarda katılması ile elde edilen ekmeklerin duyusal özelliklerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.81 ve 4.82' de verilmiştir. Duyusal analiz, beş duyu organımız olan görme, koklama, tatma, dokunma ve işitme ile gıdaların çeşitli karakteristiklerine tepkilerini oluşturan, analiz eden ve yorumlayan bir disiplindir (Yaralı, 2018). Ekmeklerin bu analizleri, tüketici tercihleri ve kalite standartlarına uygun ekmek üretimi açısından önemlidir. Ekmeklerin kabuk rengi, iç renk, görünüm, gözenek yapısı, çiğnenebilirlik, ekmek içi yapısı, lezzet ve genel beğeni bakımından en yüksek değerleri Siyez buğdayı ekmekleri almıştır.

Çizelge 4.81. Mor, Spelt ve Siyez 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
MB1	15	2,27 ± 0,80^{g}	2,40± 0,91	5,27 ± 2,49	3,87 ± 2,03
MB2	15	3,53 ± 0,64^{fg}	3,60± 1,06	5,53 ± 2,03	5,20 ± 1,61
MB3	15	5,40 ± 1,24^{de}	5,27± 1,33	7,00 ± 1,36	6,20 ± 1,08
MB4	15	6,80 ± 0,86^{bc}	6,60± 0,99	7,80 ± 0,68	6,13 ± 1,51
Kontrol	15	8,67 ± 0,62^{a}	8,47± 0,64	8,73 ± 0,46	7,00 ± 1,65
MB ort	75	5,33 ± 2,44^{C}	5,27± 2,37^{C}	6,87 ± 2,05	5,68 ± 1,90
SP1	15	3,33 ± 1,29^{fg}	3,47± 1,41	5,00 ± 2,10	3,33 ± 1,45
SP2	15	4,67 ± 1,45^{e-f}	4,13± 1,19	5,40 ± 2,10	5,00 ± 1,73
SP3	15	5,87 ± 1,13^{c-e}	5,67± 1,05	6,00 ± 1,60	5,53 ± 1,30
SP4	15	6,87 ± 1,13^{bc}	7,07 ± 0,88	7,40 ± 1,30	6,13 ± 1,81
Kontrol	15	8,67 ± 0,62^{a}	8,47 ± 0,64	8,73 ± 0,46	7,00 ± 1,65
SP ort	75	5,88 ± 2,16^{B}	5,76 ± 2,12^{B}	6,51 ± 2,11	5,40 ± 1,99
SY1	15	4,53 ± 1,68^{e-f}	4,27 ± 1,44	5,73 ± 1,98	4,13 ± 1,41
SY2	15	5,07 ± 1,28^{de}	5,07 ± 1,33	5,73 ± 1,62	5,00 ± 1,00
SY3	15	6,27 ± 0,96^{b-d}	6,33 ± 0,98	7,13 ± 1,06	6,33 ± 1,50
SY4	15	7,53 ± 0,99^{ab}	7,40 ± 1,12	7,67 ± 1,18	6,60 ± 1,72
Kontrol	15	8,67 ± 0,62^{a}	8,47 ± 0,64	8,73 ± 0,46	7,00 ± 1,65
SY ort	75	6,41 ± 1,91^{A}	6,31 ± 1,89^{A}	7,00 ± 1,76	5,81 ± 1,80
Un	n	Ekmek içi yapısı	Lezzet	Çiğnenebilirlik	Genel beğeni
MB1	15	3,13 ± 1,41	3,80 ± 2,01	4,87 ± 2,03	3,93 ± 2,12^{e-f}
MB2	15	5,07 ± 1,62	4,33 ± 1,68	5,40 ± 1,40	5,13 ± 1,85^{c-e}
MB3	15	6,27 ± 1,39	5,87 ± 1,41	6,07 ± 1,10	6,13 ± 1,36^{bc}
MB4	15	6,73 ± 1,53	6,27 ± 1,75	6,80 ± 1,47	7,00 ± 1,07^{ab}
Kontrol	15	7,53 ± 0,83	7,67 ± 0,82	8,13 ± 1,13	8,27 ± 0,80^{a}
MB ort	75	5,75 ± 2,05	5,59 ± 2,08^{B}	6,25 ± 1,83^{AB}	6,09 ± 2,11^{B}
SP1	15	3,27 ± 1,44	3,60 ± 2,16	4,27 ± 1,75	3,20 ± 1,42^{f}
SP2	15	5,20 ± 1,32	4,53 ± 1,60	4,60 ± 1,24	4,27 ± 0,88^{d-f}
SP3	15	6,53 ± 0,99	5,80 ± 1,52	5,80 ± 1,74	6,00 ± 1,73^{b-d}

SP4	15	6,67 ± 1,84	7,33 ± 1,18	6,87 ± 1,36	7,07 ± 0,96^{ab}
Kontrol	15	7,53 ± 0,83	7,67 ± 0,82	8,13 ± 1,13	8,27 ± 0,80^{a}
SP ort	75	5,84 ± 1,98	5,79 ± 2,16^{B}	5,93 ± 2,03^{B}	5,27 ± 1,96^{C}
SY1	15	4,33 ± 1,68	5,53 ± 2,10	5,87 ± 1,92	5,67 ± 1,29^{b-e}
SY2	15	4,93 ± 1,10	5,67 ± 1,68	5,93 ± 1,58	6,87 ± 0,74^{a-c}
SY3	15	6,07 ± 2,23	6,80 ± 1,01	7,07 ± 0,96	7,40 ± 1,12^{ab}
SY4	15	7,27 ± 1,03	7,00 ± 1,31	6,67 ± 1,59	5,80 ± 1,90^{b-d}
Kontrol	15	7,53 ± 0,83	7,67 ± 0,82	8,13 ± 1,13	8,27 ± 0,80^{a}
SY ort	75	6,03 ± 1,90	6,53 ± 1,64^{A}	6,73 ± 1,66^{A}	6,80 ± 1,56^{A}

Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen "*un çeşidi"*, küçük italik harflerle gösterilen *un çeşidi x ikame oranı* interaksiyonu ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır *(p<0,05*). Kontrol: ekmeklik un; MB1: mor buğday unu; MB2: %75 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB3: %50 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; MB4: %25 oranında mor buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP1: Spelt buğday unu; SP2: %75 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP3: %50 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SP4: %25 oranında Spelt buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY1: Siyez buğday unu; SY2: %75 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY3: %50 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu; SY4: %25 oranında Siyez buğday unu ile ikame edilmiş kontrol unu. MB ort: Mor buğday unu ortalama; SP ort: Spelt unu ortalama; SY ort: Siyez unu ortalama

Ekmeklerin duyusal değerlendirmesi yenilebilirlik kalitesi ile ilgilidir (Onoğur Altuğ ve Elmacı, 2011). Çalışmada ikame oranı arttıkça tüm duyusal özelliklere ait puanlar düşmüş ve kontrolün altında kalmıştır. Genel olarak %25 ve %50 ikame oranında, duyusal özelliklerin puanları 6,0'nın üzerinde kalması dikkat çekici bulunmuştur. Yine %75 ikame oranında, duyusal özelliklerin puanları 5,0'in civarında olup bu kabul edilebilir bulunmuştur.

Çizelge 4.82. Mor, Spelt ve Siyez 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	45	8,67 ± 0,60^{a}	8,47 ± 0,63^{a}	8,73 ± 0,45^{a}	7,00 ± 1,61^{a}
25	45	7,07 ± 1,03^{b}	7,02 ± 1,03^{b}	7,62 ± 1,07^{b}	6,29 ± 1,66^{ab}
50	45	5,84 ± 1,15^{c}	5,76 ± 1,19^{c}	6,71 ± 1,42^{c}	6,02 ± 1,32^{b}
75	45	4,42 ± 1,32^{d}	4,27 ± 1,32^{d}	5,56 ± 1,89^{d}	5,07 ± 1,45^{c}
100	45	3,38 ± 1,59^{e}	3,38 ± 1,47^{e}	5,33 ± 2,17^{d}	3,78 ± 1,65^{d}
İkame oranı	n	Ekmek içi yapısı	Lezzet	Çiğnenebilirlik	Genel beğeni
0	45	7,53 ± 0,81^{a}	7,67 ± 0,80^{a}	8,13 ± 1,10^{a}	7,44 ± 1,71^{a}
25	45	6,89 ± 1,50^{b}	6,87 ± 1,47^{ab}	6,78 ± 1,44^{b}	6,62 ± 1,47^{b}
50	45	6,30 ± 1,58^{b}	6,16 ± 1,38^{b}	6,31 ± 1,40^{b}	6,51 ± 1,53^{b}
75	45	5,07 ± 1,34^{c}	4,84 ± 1,72^{c}	5,31 ± 1,49^{c}	5,42 ± 1,64^{c}
100	45	3,58 ± 1,57^{d}	4,31 ± 2,22^{c}	5,00 ± 1,98^{c}	4,27 ± 1,92^{d}

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

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Farklı buğday türlerine ait unlar marketlerde normal buğday unu yanında son yıllarda fazla miktarda yer almaya ve tüketiciye sunulmaya başlanmıştır. Bu türlere ait unlar özellikle sağlık açısından normal buğday ununa göre daha fazla besin ögesi içerdiği ve genetiği değiştirilmemiş atalık buğdaya ait un algısı ile tüketici tarafından da fazlaca talep görmektedir. Atalık buğdaylar son yıllara kadar Ülkemizde belirli yörelerde yetiştirilerek ve daha çok yöresel bazı ürünlerin elde edilmesinde üstün lezzet veya ürün özellikleri sağladıklar için tercih edilirken; son yıllarda artan bir şekilde farklı bölgelerde de yetiştirilmeye ve tüketilmeye başlanmıştır. Ülkemizde Siyez ve Spelt buğdayları buğday türleri içerisinde en fazla ekim alanı bulan, una işlenen ve tüketiciye sunulan atalık buğdaylardır. Diğer yandan doğal olarak taşıdıkları farklı renk bileşenleri ile (kırmızı, mor, siyah) renkli buğdayların tüketimine de başta Avrupa olmak üzere dünyada ilgi artmıştır. Renkli buğdaylar kepek tabakalarında taşıdıkları farklı renkte karotenoidler, antosiyaninler, fenolik bileşenler ve ksantofil bileşenleri ile yüksek antioksidan aktivite özellikleri gibi birçok sağlığı geliştirici özelliğe sahiptirler. Renkli buğdaylar içerisinde mor buğday türleri hali hazırda en fazla üretim ve tüketiciye ulaşım imkânı bulan türlerdir. Siyez, Spelt ve mor buğday unları özellikle evlerde ve özel tüketim yerlerinde normal una belirli oranlarda karıştırılarak ekmek, kek, kurabiye vb. ürünlerin elde edilmesinde kullanılmaktadır. Özellikle pandemi sürecinde evde ekmek yapma alışkanlığının artması, tüketicilerin kendi ekmeğini kendileri yaptıklarında içerisine kattıkları bileşenleri bildikleri için ekmeklerinin daha besleyici ve sağlıklı oldukları algısı, farklı buğday türleri ve renkli buğdaylar ile yeni ürünler geliştirme hevesi bu buğday unlarına talebi her geçen gün arttırmaktadır. Bu türlere ait unların ve üretiminde kullanıldıkları son ürünlerin fiziksel, fizikokimyasal, teknolojik ve beslenme özelliklerine etkilerininin değerlendirilmesi için bu çalışma yapılmıştır. Çalışmada tüketimi en fazla olan ve talep gören Siyez, Spelt ve mor buğday unlarının teknolojik ve beslenme özellikleri birbirleri ve ekmeklik un ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Daha sonra unlar ekmeklik una üç farklı oranda ilave edilerek ekmeğin ürün kalite ve besleyici özeliklerine etkileri ayrıntılı olarak karşılaştırılmıştır.

Çalışma ile elde edilen en önemli genel sonuçlar ve öneriler şu şekilde olmuştur:

1. Çalışmada buğday türlerinin ikame oranı arttıkça kontrol ekmeklik unun kül miktarının mineral madde açısından rafine beyaz unun ve sonrasında ekmeğin mineral madde bakımından zenginleştirilmesinde önemli bulunmuştur. Ayrıca Spelt ununun ortalama kül miktarının Siyez ve mor buğday unlarının üzerinde olması da dikkat çekmiştir.

2. Unların ikame oranı arttıkça renginin koyulaşması (L* değeri düşmüş) kepekten farklı bileşenlerin ortama ilavesi ile olmuştur. Aynı şekilde kırmızı renk (a*) değeri de artarken, b* (sarı renk) değeri değişmemiştir. Siyez ununun diğer unlara göre daha yüksek a* ve b* değerleri vermesi renk pigmentleri açısından daha zengin olduğunu göstermiştir. Üstelik unların rengi, Siyez unu ilavesi ile fazla miktarda koyulaşmamıştır.

3. Unların ikame oranı arttıkça protein oranı artarken, Spelt buğday ununun protein oranı, mor ve Siyez buğday unlarına göre daha yüksek bulunmuştur. Spelt ununun daha yüksek un protein oranı beslenme açısından önemlidir. Spelt ununun yaş gluten miktarı da diğer unların üzerindedir. Siyez ununun da yine protein oranı %12,0'nin üzerindedir. Bu iki unun özellikle zayıf tane yapısı ile daha düşük oranda nişasta ve daha yüksek oranda tane proteine sahip olduğu bu nedenle de unlarının protein oranının yüksek olduğunu göstermiştir.

4. Kepek tabakasının ve daha düşük kalitede proteinlerin ortama dahil olması ile birlikte kontrol ekmeklik unun sedimantasyon değerleri ikame oranı arttıkça önemli oranda düşmüş 20,0 ml'nin altına inmiştir. Unların sedimantasyon değeri ekmeklik unun önemli oranda altında olmasına rağmen Siyez ununun sedimantasyon değerinin Spelt ve mor buğday unların bir miktar üzerinde olması dikkat çekmiştir.

5. Unların ekmeklik una ikamesi ile kepekteki lifli bileşenlerin suyu tutması sonucu STK su, sakkaroz ve sodyum karbonat değerleri artarken, kepek tabakasının dahil olması ve gluten ile oluşturdukları interaksiyonların gluten ağını ve oluşumunu zayıflatması nedeni ile yine gluten gücü ile ilişkili STK-laktik asit, GPI ve GSI

değerleri düşmüştür. Yine Siyez ununun ve Spelt ununun STK-laktik asit değerleri yüksektir. Mor buğday unu düşük STK-laktik asit değeri ile ayrılmıştır. Mor buğday ununun yine diğer STK değerleri de düşüktür. GPI değerinin mor buğday ununda daha yüksek olması gluten gücü ile ilişkili laktik asit değerinin yüksek olmasından ziyade sakkaroz ve sodyum karbonat değerlerinin düşük olmasından kaynaklanmıştır. Siyez ununun GPI değerleri diğer iki unun üzerindedir.

6. Çalışmada genel olarak ikame oranı arttıkça gluten gücü kepek tabakasına bağlı olarak GlutoPeak'te azalmıştır (daha düşük BEM ve PM değeri). BM değeri yani gluten oluşumundan 15 s önceki değerin yüksek olması gluten gücünün göstergesidir. Sedimantasyon değeri diğer unların üzerinde olan Siyez ununun BM değeri de yüksektir. Spelt ununun da BM değeri mor buğday ununa göre daha yüksek olup genel olarak mor buğday unu daha zayıf gluten agregasyon özelliklerine sahiptir (aynı zamanda düşük PM değeri). Gluten kalitesi daha zayıf olan mor buğday ununun gluten oluşum zamanı gluten oluşumunun gecikmesine bağlı olarak azalmıştır.

7. Alveograf uzama kabiliyeti ve enerji değeri özellikle hamurların son ürüne uygunluğunu belirleyen önemli bir özellik olup ikame oranı arttıkça gluten yapısında bozulmaya bağlı olarak bu iki değer oldukça önemli oranda azalmıştır. Özellikle %25 ikame oranından sonra, enerji ve uzama kabiliyetinde azalma daha bariz olmuştur. Un çeşitleri arasında alveograf özellikleri bakımından önemli bir farklılık ortaya çıkmamıştır. Hamurun dinlendirilip çok yönlü şişirilerek patlatıldığı analiz rafine beyaz unlar için geliştirilmiştir. Kepek tabakası hamur viskoelastik özelliklerinin oluşumunu olumsuz etkilemekte ve analizde farklılıkların oluşması zorlaşmaktadır.

8. İkame unların tutulan suyun artışı ile birlikte su absorpsiyonu kontrol unun üzerinde olsa da tüm ikame oranlarının benzer olmuştur. Gelişme sürelerinde ve ise önce azalma ve daha sonra artış olurken, yumuşama değerinde tam tersidir. Bu durum farinograf cihazında da kepek ilave oranı artışı hamurun yoğurulma özelliklerinin değerlendirilmesinin zorlaştığını göstermiştir. Mor buğday ununun su absorpsiyonu ve gelişme süresi diğer unların daha üzerindedir.

9. Çalışmada ikame oranının artması ile amiloz miktarı unlarda %25 ikame oranından sonra düşmüştür. Un çeşitleri arasında fark bulunmaz iken, ikame unlarda amiloz miktarı ekmeklik unun altındadır. Siyez ununun %25 ikame oranında amiloz oranı kontrol unun üzerinde olması dikkat çekmiştir.

10. Çalışmada ikame oranı arttıkça unların renginde olduğu gibi, ekmek içinde renk değerlerinden a* ve b* yükselmiş, bu da ekmek renginin daha koyulaşmasına yol açmıştır. Kabukta ise ikame oranları kontrol una göre daha koyu renkli ekmek vermiştir. Siyez ununun a* ve b* değeri, unda olduğu gibi ekmek kabuğunda da yüksek elde edilmiştir. Mor buğdayda hem unda hem de ekmeklerin kabuğunda a* ve b* değerleri en düşüktür. Mor buğday ekmeklerinin kabuğu daha açık renklidir. Çalışmada a* ve b* değeri daha düşük olunca kabuk rengi daha açık olmuştur. Ekmek içinde farklılıklar ortaya çıkmış olup Siyez ekmeklerinin içi en açık renkli olurken b* değeri, unlarda olduğu gibi en yüksek, mor buğdayların beklendiği gibi undaki pigmentlerden dolayı kırmızı renk (a*) ekmek içinde en yüksektir.

11. Ekmeklerin kül miktarı unlarda olduğu gibi ikame oranı arttıkça artmış olup %100 ikame oranında %3,068'e çıkmıştır. Fazla miktarda mineral madde taşıyan kepek tabakası bu artıştan sorumlu olmuştur.

12. İkame oranı artışı ile rutubet miktarı sınırlı oranda artarken su aktivitesi değişmemiştir. Mor buğday ekmeğinin su aktivitesi diğer ekmeklerin üzerinde olmuştur.

13. Siyez ununun ekmeği bariz şekilde daha yüksek protein oranı ve toplam antioksidan aktivite ve nisbeten iyi düzeyde toplam fenolik maddeye sahiptir. Spelt ekmeklerinin bu iki değeri iyi düzeyde ve toplam fenolik madde içeriği en yüksektir. Spelt unlarının yüksek protein miktarı ekmeklerine de yansımıştır. Çalışmada ikame oranı arttıkça ekmeklerin özellikle protein miktarı ve toplam fenolik madde miktarındaki artış ekmeklerin beslenme özelliklerinin bu bileşenler bakımından zenginleştiğini göstermiştir.

14. Çalışmada ikame oranı arttıkça ekmeklerin çözünmez diyet lifi ve toplam diyet lifindeki artış oldukça önemli bulunmuştur. Özellikle Siyez ekmeğinin çözünür diyet lifi içeriğinin yüksek olması sağlık açısından son derece önemli olarak değerlendirilmiştir. Spelt ekmeğinde çözünmez diyet lifi ortalaması bariz şekilde diğer ekmeklerin üzerindedir.

15. Çalışmada histidin, arginin ve treonin bakımından mor buğday ve Spelt ekmekleri ve metionin ve fenil alanin bakımından Siyez ekmekleri öne çıkmıştır.

16. Çalışmada ikame oranı arttıkça ekmeklerde kalsiyum, bakır, demir, potasyum, magnezyum, mangan, fosfor, kükürt ve çinko içeriklerindeki artış dikkat çekicidir. Kalsiyum, bakır, demir, potasyum, mangan ve fosfor içerikleri Spelt ve Siyez ekmeğinde; kükürt ve çinko Spelt ekmeğinde en yüksektir. Mor buğday ekmeğinin kükürt hariç tüm mineral madde içeriği diğer ekmeklerin altındadır. Mor buğday ununun kül miktarı da çalışmada diğer unların altında bulunmuştur.

17. İkame oranı arttıkça unların gluten kalite özellikleri bozulduğundan ekmek hacim değerleri azalmış ve lif içeriğinin artışı ile tutulan su arttığından ekmek ve hamur ağırlığı artmıştır. Siyez ve mor buğday ekmeklerinin %25 ikame oranında hacim değerleri (570 ml civarı) kontrol ekmeğe yakın olmuştur. Bu ekmeklerin %50 ikame oranında da ekmek hacimleri 500 ml'nin üzerinde yine iyi düzeydedir. Spelt ekmeklerinin hacim değerleri daha düşüktür.

18. İkame oranı artttıkça ekmeklerin sertlik değerleri artmıştır. Özellikle %50 ikame oranından sonra artan lifli bileşenleri ve gluten ile yaptıkları interaksiyonlar ekmeklerin sertliğini arttırmıştır. Sonucunda esneklik azalmış, koheziflik, yapışkanlık, sakızımsılık, çiğnenebilirlik artmıştır. Mor buğday ekmeklerinin sertlik değerinin (1890,3 g) diğer unlara göre düşük, esneklik değeri yüksek (%0,43) ve sakızımsılık değeri (1313,4 g) iyi düzeydedir. Spelt ekmeklerinin sertlik değeri en yüksektir. Siyez ekmeğinin esnekliği ve sakızımsılığı Spelt ekmeklerinden daha yüksektir.

19. Araştırmada, ikame oranının yükselmesiyle birlikte, tüm duyusal özelliklerin puanları azalmıştır. İkame oranı %25 olduğunda, duyusal özelliklerin puanları 6,0 puanın üstünde kalarak dikkat çekici bulunmuştur. İkame oranı %50'ye ulaştığında, duyusal özelliklerin puanları 5,0 puanın üzerinde olup, bu da kabul edilebilir olarak değerlendirilmiştir. Ancak, %50 ikame oranından sonra, duyusal özelliklerin puanlarında önemli bir düşüş gözlemlenmiştir. %75 ve %100 gibi yüksek ikame oranlarında, duyusal özellik puanları düşük çıksa da bu oranlarda ekmeklerde diyet lifi, amino asit, antioksidan aktivite, protein ve mineral madde gibi bileşenlerin daha yüksek miktarlarda bulunması, bu ekmeklerin fonksiyonel gıdalar olarak değerlendirilmesine olanak tanımaktadır.

20. İstatistiki olarak önemli çıkan tüm duyusal özellikler içerisinde kabuk rengi, iç renk, lezzet, çiğnenebilirlik ve genel beğeni bakımından Siyez ekmek unlarının beğenilmesi çalışmada oldukça önemli bulunmuştur.

KAYNAKLAR DİZİNİ

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

Abdel-Aal E. S. M., Hucl, P., Rabalski, I. (2018). *Compositional and antioxidant properties of anthocyanin-rich products prepared from purple wheat*, Food Chemistry, 254, pp. 13-19.

Abdel-Aal E. S. M., Young J. C., Wood P. J., Rabalski I., Hucl P., Falk D., Fregeau-Reid J. (2002). *Einkorn: A potential candidate for developing high lutein wheat*, Cereal Chemistry, 79(3):455–457.

Abdel-Aal E.S.M. (2008). *Effects of baking on protein digestibility of organic spelt products determined by two in vitro digestion methods*. LWT Food Sci. Technol. 41(7):1282-1288.

Abdel-Aal el, S. M., & Hucl, P. (2003). *Composition and stability of anthocyanins in blue-grained wheat*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51(8), 2174–2180.

Abdel-Aal, E. S. M., Hucl, P., (2002). *Amino acid composition and in vitro protein digestibility of selected ancient wheats and their end products*, Journal of Food Composition and Analysis, *15*(6), 737-747.

Abdel-Aal, E. S. M., Hucl, P., Sosulski, F. W., & Bhirud, P. R. (1997). *Kernel, milling and baking properties of spring-type spelt and einkorn wheats*, Journal of Cereal Science, *26*(3), 363-370.

Akar, T., Cengiz, M. F., Tekin, M. (2019). *A comparative study of protein and free amino acid contents in some important ancient wheat lines*. Quality Assurance and Safety of Crops & Foods, 11(2), 191-200.

Anderson, A. A., Kamal-Eldin, A., Fras, A., Boros, D., Aman, P. (2008). *Alkylresorcinols in wheat varieties in the HEALTHGRAIN diversity screen*, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56(21), 9722-9725.

Anderson, J. W., Baird, P., Davis Jr, R. H., Ferreri, S., Knudtson, M., Koraym, A., Williams, C. L. (2009). *Health benefits of dietary fiber*, Nutrition Reviews, *67*(4), 188-205.

Andersson, A. A., Dimberg, L., Åman, P., Landberg, R. (2014). *Recent findings on certain bioactive components in whole grain wheat and rye*, Journal of Cereal Science, *59*(3), 294-311.

Anon. (2016). *https://www.wwf.org.tr/yayinlarimiz/raporlar/?6140/turkiyeninbugdayatlasi Erişim Tarihi:2016*

Anon. (2022). https://www.kappadokiagida.com/urunler/mor-bugday-unu, Erişim Tarihi:12.09.2022.

KAYNAKLAR DİZİNİ

AOAC, (2000). *Official Methods of Analysis (17th ed).* Association of Official Analytical Chemists International, Gaithersburg, MA.

AOAC, (2003). *Official Methods of Analysis of AOAC International 17*, Association of Official Analytical Chemists, AOAC, Gaithersburg, USA.

Arzani, A., Ashraf, M. (2017). *Cultivated ancient wheats (Triticum spp.): A potential source of health-beneficial food products*. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 16(3), 477-488

Bavec, F., Bavec, M., (2007). *Organic production and use of alternative crops*, CRC Press 37-51.

Bilge, G., Sezer, B., Eseller, K. E., Berberoglu, H., Koksel, H., Boyaci, I. H. (2016). *Ash analysis of flour sample by using laser-induced breakdown spectroscopy*. Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy, 124, 74-78.

Bilgiçli, N., Soylu, S. (2016). *Buğday ve un kalitesinin sektörel açıdan değerlendirilmesi*, Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi Journal of Bahri Dağdas Crop Research, 5(2), 58-67.

Bojnanská, T., Francáková, H. (2002). *The use of spelt wheat (triticum spelta l.) for baking applications*, Rostl. Výr. 48, 41-147.

Bonifácia, G., Galli, V., Francisci, R., Mair, V., Skrabanja, V., Kreft, I. (2000). *Characteristics of spelt wheat products and nutritional value of spelt wheat-based bread*, Food Chem. 68, 437-441.

Borghi, B., Castagna, R., Corbellini, M., Heun, M., Salamini, F. (1996). *Breadmaking quality of einkorn wheat*, Cereal Chemistry, 73 (2), 208-214.

Brandolini, A., Hidalgo, A. (2019). *Nutritional, technological, and health aspects of einkorn flour and bread,* Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention (Second Edition), 99-110.

Brandolini, A., Hidalgo, A., Moscaritolo, S. (2008). *Chemical composition and pasting properties of einkorn (Triticum monococcum L. subsp. monococcum) whole meal flour,* Journal of Cereal Science, *47*(3), 599-609.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M., Berset, C., (1995). *Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity*. LWT – Food Science and Technology, 28, 25-30.

Brown, L., Rosner, B., Willett, W. W., Sacks, F. M. (1999). *Cholesterol-lowering effects of dietary fiber: a meta-analysis,* The American journal of clinical nutrition, 69(1), 30-42.

KAYNAKLAR DİZİNİ

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.

Burešová, I., Trojan, V., Helis, M. (2019). *Characteristics of flour and dough from purple and blue wheat grain*, Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences.

Cakmak, I. (2002). *Plant nutrition research: Priorities to meet human needs for food in sustainable ways*, Plant and soil, 247, 3-24.

Cankurtaran, T., Bilgiçli, N. (2021). *Improvement of functional couscous formulation using ancient wheat and pseudocereals*, International Journal of Gastronomy and Food Science 25, 100400.

Cappelli, A., Cini, E., Guerrini, L., Masella, P., Angeloni, G., Parenti, A. (2018). *Predictive models of the rheological properties and optimal water content in doughs: An application to ancient grain flours with different degrees of refining*, Journal of Cereal Science, *83*, 229-235.

Coda, R., Nionelli, L., Rizzello, C.G., De Angelis, M., Tossut, P., Gobbetti, M. (2010). *Spelt and emmer flours: characterization of the lactic acid bacteria microbiota and selection of mixed starters for bread making*. J Appl Microbiol 108(3):925–935.

Coda, R., Varis, J., Verni, M., Rizzello, C.G., Katina, K. (2017). *Improvement of the protein quality of wheat bread through faba bean sourdough addition*. LWT - Food Sci Technol, 82, 296-302, doi: 10.1016/j.lwt.2017.04.062.

Cui, C., Caporaso, N., Chen, J., & Fearn, T. (2023). *Farinograph characteristics of wheat flour predicted by near infrared spectroscopy with an ensemble modelling method*, Journal of Food Engineering, 359, 111689.

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

Dede, B. (2007). *Mikrosatellit dna belirleyicileri kullanarak yerel ekmeklik buğday çeşitlerinin tanımlanması*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Osman Paşa Üniversitesi, Fen Bilim. Enstitüsü, Tokat.

D'Egidio, M.G., Nardi, S., Vallega, V. (1993). *Grain flour and dough characteristics of Selected Strains of Diploid Wheat, Triticum monococcum L.*. American Association of Cereal Chemists, Inc. 70(3): 298-303.

Demirel, F. (2013). *Kastamonu'da toplanan diploid (T. monococcum) ve tetraploid (T. dicoccum) kavuzlu buğday köy çeşitlerinin moleküler ve morfolojik tanımlaması*, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Ensititüsü.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Demirel, F. (2018). *Türkiye'nin farklı bölgelerinden toplanmış yerel buğday genotiplerinin morfolojik ve moleküler karakterizasyonu*, Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Iğdır.

Dhanavath, S., Rao, U. J. S. P. (2017). *Nutritional and nutraceutical properties of Triticum dicoccum wheat and its health benefits: An overview*. Journal of Food Science, 82(10), 2243–2250.

Dimov, I., Stamatovska, V. (2018). *Physical characteristic of functional biscuits enridned in einkorn flakes*. Ukrainian Journal of Food Science, 6 (1): 13-19.

Dvořāček, V., Čurn, V. ve Moudrý, J. (2002). Evaluation of Amino Acid Content and Composition in Spelt Wheat Varieties. Cereal Research Communications, 30, 187–193DOI: 10.1007/BF035434071

Elgün, A, Türker, S., Bilgiçli, N. (2005). *Tahıl ve ürünlerinde analitik kalite kontrolü*, S.Ü. Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Ders Notları, 112 sayfa, Konya.

Elgün, A., Ertugay, Z. (2000). *Tahıl işleme teknolojisi*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fak. Yayınları, Erzurum.

Elgün, A., Türker, S., Bilgiçli, N. (2012a). *Tahıl ve ürünlerinde analitik kalite kontrolü*, Ders Notu, S.Ü. Ziraat Fakültesi, Konya.

Elgün, A., Türker, S., Bilgiçli, N. (2012b). *Tahıl ürünleri teknolojisi,* Ders Notu, S.Ü. Ziraat Fakültesi, Konya.

Emeksizoğlu, B. (2016). *Kastamonu yöresinde yetiştirilen siyez (Triticum monococcum l.) buğdayının bazı kalite özellikleri ile bazlama ve erişte yapımında kullanımının araştırması*, Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.

Erba, D., Hidalgo, A., Brescianni, J., Brandolini, A. (2011). *Environmental and genotypic influences on trace element and mineral concentrations in whole meal flour of einkorn (triticum monococcum l. Subsp. Monococcum),* Journal of Cereal Science, 54, 250-254.

Erdoğan, S. (2010). *Elma posası tozunun antioksidan aktivitesi ile fenolik bileşenlerinin belirlenerek ekmek yapımında kullanım olanaklarının araştırılması*, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, Kayseri, Türkiye, 140 s.

Ertop, M. H. (2018). *Siyez buğdayını un ve bulgura işleme prosesinde bazı fizikokimyasal özelliklerin ve mineral madde içeriğindeki değişimin incelenmesi*. *https://www.researchgate.net/publication/351059469*

KAYNAKLAR DİZİNİ

Escarnot E., Agneessens R., Wathelet B., Paquot M. (2010). Quantitative and qualitative study of spelt and wheat fibres in varying milling fractions, Food Chem., 122(3): 857-863.

Escarnot, E., Dornez, E., Verspreet, J., Agneessens, R., Courtin, C. M. (2015). *Quantification and visualization of dietary fibre components in spelt and wheat kernels*, *Journal of Cereal Science*, *62*, 124-133.

Escarnot, E., Jacquemin, J. M., Agneessens, R., Paquot, M. (2012). *Comparative study of the content and profiles of macronutrients in spelt and wheat*, a review. *BASE*.

Ficco, D. B. M., De Simone, V., De Leonardis, A. M., Giovanniello, V., Del Nobile, M. A., Padalino, L., Lecce, L., Borrelli, G.M., De Vita, P. (2016). *Use of purple durum wheat to produce naturally functional fresh and dry pasta*, Food Chemistry, 205, 187-195.

Fogarasi, A. L., Kun S., Tanko, G., Stefanovits-Banyai, E., Hegyesne-Vecseri, B. (2015). *A comparative assessment of antioxidant properties, total phenolic content of einkorn, wheat, barley and their malts*, Food Chemistry, 167, 1–6.

Gabrovská, D., Fiedlerová, V., Holasová, M., Mašková, E., Smrčinov, H., Rysová, J., Winterová, R., Hutař, M. (2002). *The nutritional evaluation of underutilized cereals and buckwheat,* Food and nutrition bulletin, 23(3_suppl1), 246-249.

Galicia, L., Nurit, E., Rosales, A., Palacios – Rojas, N., (2008). *Amylose determination in maize grains.* Maize Nutirition Quality and Plant Tissue Analysis Laboratory, Laboratory Protocols. CIMMYT International Maize and Wheat Improvement Center Publishes, Mexico.

Gamel, T. (2019). *Bioavailability and potential anti-oxidative and anti-inflammatory effects of purple wheat functional foods*, Doctoral dissertation, The University of Guelph, Ontario, Canada, 133s.

Gamel, T. H., Wright, A. J., Pickard, M., Abdel-Aal, E. S. M. (2020). *Characterization of anthocyanin-containing purple wheat prototype products as functional foods with potential health benefits*, Cereal Chemistry, 97(1), 34-38.

Gamel, T. H., Wright, A. J., Tucker, A. J., Pickard, M., Rabalski, I., Podgorski, M., Di Ilio, N., O'Brien, C., & Abdel-Aal, E. S. M. (2019). *Absorption and metabolites of anthocyanins and phenolic acids after consumption of purple wheat crackers and bars by healthy adults*. Journal of Cereal Science, 86, 60-68

García-Pérez, P. Giuberti, G. Sestili, F. Lafiandra, D. Botticella, E., Lucini, L. (2023). *The functional implications of high-amylose wholegrain wheat flours: An in vitro digestion and fermentation approach combined with metabolomics*, Food Chemistry 418, 135959.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Gebruers, K., Dornez, E., Boros, D., Dynkowska, W., Bedő, Z., Rakszegi, M., Delcour, J. A., Courtin, C. M. (2008). *Variation in the content of dietary fiber and components thereof in wheats in the HEALTHGRAIN diversity screen*, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56(21), 9740-9749.

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

Gianfrani, C., Maglio, M., Aufiero, V. R., Camarca, A., Vocca, I., Iaquinto, G., Giardullo, N., Pogna, N., Troncone, R., Auricchio, S., Mazzarella, G. (2014). *Immunogenicity of monococcum wheat in celiac patients*, American Journal Clinical Nutrition, 96:1339–45.

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.

Grausgruber, H., Sailer, C., Ghambashidze, G., Bolyos, L., Ruckenbauer, P. (2004). *Genetic variation in agronomic and qualitative traits of ancient wheats*, Genetic Variation for Plant Breeding, 19-22.

Grela, E. R. (1996). *Nutrient composition and content of antinutritional factors in spelt (triticum speltal) cultivars*, Journal of the Science of Food and Agriculture, *71*(3), 399-404.

Guzman, C., Peña, R. J., Singh, R. G., Autrique, E., Dreisigacker, S., Crossa, J., Rutkoski, J., Poland, J., Battenfield, S. (2016). *Wheat quality improvement at CIMMYT and the use of genomic selection on it,* Applied & translational genomics, 11, 3-8.

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*, J. Cereal. Sci. 90, 102827. *https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.102827*.

Güdük, H. (2016). *Mısırlı ekmeklerde mısır unu seviyesi ve katkı kullanımının kalite üzerine etkisi.* Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, 104 s.

Henderson W. J., Ricker R. D., Bidlingmeyer B. A., Woodward C. (2000). *Rapid, accurate, sensitive, and reproducible HPLC analysis of amino acids. https://www.agilent.com/cs/library/chromatograms/59.801.193.pdf* erişim: 06.03.2022

Henderson, KN., Tye-Din, JA., Reid, HH. (2007). *A structural and immunological basis for the role of human leukocyte antigen DQ8 in celiac disease*, Immunity, 27, s1–12.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Heshe, G. G., Haki, G. D., Woldegiorgis, A. Z., Gemede, H. F. (2016). *Effect of conventional milling on the nutritional value and antioxidant capacity of wheat types common in Ethiopia and a recovery attempt with bran supplementation in bread*, Food Science & Nutrition, 4(4), 534-543.

Heun M., Schafer-Pregl R., Klawan D., Castagna R., Accerbi, M., Borghi B., Salamini F. (1997). *Site of einkorn wheat domestication identified by dna fingerprinting*. Science. 278:1312- 1314

Hidalgo, A, Brandolini, A. (2014). *Nutritional properties of einkorn wheat (Triticum monococcum L.)*, J Sci Food Agric. Mar 15;94(4):601-12.

Hidalgo, A., Brandolini, A. (2011). *Evaluation of heat damage, sugars, amylases and colour in breads from einkorn, durum and bread wheat flours*, Journal of Cereal Science, 54, 90-97.

Hidalgo, A., Brandolini, A., Pompei, C. (2009). *Kinetics of tocols degradation during the storage of einkorn (Triticum monococcum l. Ssp. Monococcum) and breadwheat (Triticum aestivum l. Ssp. Aestivum) flours*, Food Chemistry, 116, 821–827.

Hidalgo, A., Brandolini, A., Pompei, C. and Piscozzi, R. 2006. *Carotenoids and tocols of einkorn wheat (Triticum monococcum ssp. monococcum L.)*, Journal of Cereal Science, 44 (2), 182–193.

Hidalgo, A., Brusco, M., Plizzari, L., Brandolini, A. (2013). *Polyphenol oxidase, alpha-amylase and beta-amylase activities of Triticum monococcum, Triticum turgidum and Triticum aestivum: a two-year study*, Journal of Cereal Science, 58, 51-58.

Hidalgo, A., Lucisano, M., Mariotti, M., Brandolini, A. (2019). *Physico-chemical and nutritional characteristics of einkorn flour cookies*, Journal of food processing and preservation, DOI: 10.1111/jfpp.14079.

Hidalgo, A., Yilmaz, V.A., Brandolini, A. (2016). *Influence of water biscuit processing and kernel puffing on the phenolic acid content and the antioxidant activity of einkorn and bread wheat*, J Food Sci Technol. Jan;53(1):541-50.

Hosseinian, F.S., Li, W., Beta, T. (2008). *Measurement of anthocyanins and other phytochemicals in purple wheat*, Food Chemistry 109, 916–924.

Hussain, A., Larsson, H., Olsson, M. E., Kuktaite, R., Grausgruber, H., Johansson, E. (2012). *Is organically produced wheat a source of tocopherols and tocotrienols for health food?*, Food Chemistry, *132*(4), 1789-1795.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Işık, F., Özgören, E., Sola, Y. (2022). *Siyez, tam buğday ve beyaz buğday unları ile üretilen muffin keklerin kalite karakteristiklerinin karşılaştırılması*. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 28(7), 1051–1061.

Ivanišová, E., Ondrejovıč, M., Chmelová, D., Malıar, T., Havrlentová, M., Rückschloss, Ľ. (2014). *Antioxidant activity and polyphenol content in milling fractions of purple wheat,* Cereal Res. Commun., 42, 578- 588.

Izambaeva, A., Bozadjiev, B., Gogova, T. S., Durakova, A., Dessev, T. Z., Koleva, A., Krasteva, A. (2016). *Chemico-technological characteristics and antioxidant activity of wholemeal einkorn flour and bread*. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 22(2), 331–338.

Janeckova, M., Hrıvna, L., Juzl, M., Nedomova, S., Vyhnanek, T., Trojan, V., Mrkvıcova, E. (2014). *Possibilities of using purple wheat in producing bakery products,* Mendel Net.

Jødal, A. S. S., Larsen, K. L. (2021). *Investigation of the relationships between the alveograph parameters*, Scientific Reports, 11(1), 5349.

Jones, J. R., Lineback, D. M., Levine, M. J. (2006). *Dietary reference intakes: implications for fiber labeling and consumption: a summary of the International Life Sciences Institute North America Fiber Workshop*, June 1–2, 2004, Washington, DC, Nutrition reviews, 64(1), 31-38.

Jorgensen, J. R., Olsen C. C., Christiansen, S. (1997). *Cultivation and quality assessment of spelt (*Triticum spelta *L.) compared with winter wheat (*Triticum aestivum *L.).* In: Stolen O., Bruhn K., Pithan K., Hill J., eds. Small grain cereals and pseudo-cereals, Workshop COST 814, 22-24 February 1996, Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, Denmark. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 31-37.

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.

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

Karaduman, Y., Gülbandılar, A., Akın, A., Doğan, S., & Savaşlı, E. (2024). *Zinc and selenium biofortification of sourdough breads with agronomically biofortified whole wheat flour*, Journal of Cereal Science, 103952.

KAYNAKLAR DİZİNİ

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., 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*.

Karaduman, Y., Sayaslan, A., & Akın, A. (2020). *GlutoPeak parameters of whole wheat flours for gluten quality evaluation in soft wheat breeding programs*, Journal of Cereal Science, 95, 103031.

Karagoz, A., Zencirci, N. (2005). *Variation in wheat (Triticum spp.) Landraces from different altitudes of three regions of Turkey*, Genetic Resources and Crop Evolution. 52:775-785.

Kasseng, H. H. (2018). *Determination of proximate composition and bioactive compounds of the Abyssinian purple wheat,* Cogent Food and Agriculture 4 (1): 1421415. DOI: *https://doi.org/10.1080/23311932.2017.1421415*.

Kaya, Ş. (2021). *Mor buğday unundan derin yağda kızartılmış alternatif cips üretim olanağının araştırılması*, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane.

Kızılaslan, Y. (2020). *Siyez unu ile üretilen bebe bisküvilerinde protein ve karbonhidrat sindirilebilirliğinin incelenmesi,* Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

Kim, Y., Je, Y. (2014). *Dietary fiber intake and total mortality: a meta-analysis of prospective cohort studies,* American journal of epidemiology, 180(6), 565-573.

Kling, C. I., Breuer, J., Muenzing, K. (2006). *Suitability of old wheat cultures (einkorn and emmer) for modern demands and nutrition*, Getreide Technologie, 60, (1), 55-60.

Kohajdová, Z., & Karovičová, J. (2007). *Effect incorporation of spelt flour on the dough properties and wheat bread quality*, Żywność, 36–45.

Kohajdová, Z., & Karovičová, J. (2008). *Nutritional value and baking applications of spelt wheat,* Acta Sci. Pol., Technol. Aliment., 5-14.

Kraska, P., Andruszczak, S., Gawlik-Dziki, U., Dziki, D., & Kwiecińska-Poppe, E. (2020). *Wholemeal Spelt Bread Enriched with Green Spelt as a Source of Valuable Nutrients*. Processes, 8(4), 389DOI: 10.3390/pr8040389

KAYNAKLAR DİZİNİ

Kulathunga, J., Reuhs, B. L., & Simsek, S. (2020). *A review: Novel trends in hulled wheat processing for value addition*, Trends in Food Science & Technology. 106, 232-241.

Kumari, A., Sharma, S., Sharma, N., Chunduri, V., Kapoor, P., Kaur, S., Goyal, A., Garg, M. 2020. *Influence of Biofortified Colored Wheats (Purple, Blue, Black) on Physicochemical, Antioxidant and Sensory Characteristics of Chapatti (Indian Flatbread).* Molecules, 25, 5071. *https://doi.org/10.3390/molecules25215071*

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, as well as in wheat breeding-A review*, Cereal Chemistry 88(6): 537-552.

Lachman, J., Hejtmánková, K., Kotíková, Z. (2013). *Tocols and carotenoids of einkorn, emmer and spring wheat varieties: Selection for breeding and production.* Journal of Cereal Science, 57(2), 207-214.

Lachman, J., Miholova, D., Pivec, V., Jiru, K., Janovska, D. (2011). *Content of phenolic antioxidants and selenium in grain of einkorn (Triticum monococcum), emmer (Triticum dicoccum) and spring wheat (Triticum aestivum) varieties*, Plant Soil Environment, 57 (5), 235–243.

Lachman, J., Orsak, M., Pivec, V., Jiru, K. (2012). *Antioxidant activity of grain of einkorn (triticum monococcum l.), emmer (triticum dicoccum schuebl [schrank]) and spring wheat (triticum aestivum l.) Varieties*, Plant Soil Environment, 58 (1), 15–21.

Lairon, D., Arnault, N., Bertrais, S., Planells, R., Clero, E., Hercberg, S., Boutron-Ruault, M. C. (2005). *Dietary fiber intake and risk factors for cardiovascular disease in French adults*, The American journal of clinical nutrition, 82(6), 1185-1194.

Lavelli, V., Hidalgo, A., Pompei, C., Brandolini, A. (2009). *Radical scavenging activity of einkorn (Triticum monococcum L. subsp. monococcum) wholemeal flour and its relationship to soluble phenolic and lipophilic antioxidant content*, Journal of Cereal science, 49(2), 319-321.

Lea, D.T., Chua, H.D., Lea, N.Q. (2016). *Improving nutritional quality of plant proteins through genetic engineering*, Curr. Genom. 17 (3), 220–229.

Ledent, J. F. (1989). *Situation de l'épeautre vis-à-vis du froment et des blés primitifs; aspects génétiques, écophysiologiques et agronomiques, L'homme et son terroir. In L'épeautre (Triticum spelta)*, Histoire et Ethnologie; Devroey, J. P., Van Mol, J. J. (Eds.), Université Libre de Bruxelles, Editions Dire: Treignes, Belgium, 5-17.

Létang, C., Piau, M., Verdier, C. (1999). *Characterization of wheat flour-water doughs Part I: Rheometry and microstructure,* Journal of Food Engineering 41: 121-132.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Levent, H. (2019). *Performance of eınkorn (Triticum monococcum l.) Flour ın the manufacture of tradıtıonal turkısh noodle*, Gıda The Journal Of Food Research / Araştırma Gıda, 44 (5): 932-942.

Levent, H., ve Aktaş, K., (2019). *Effect of einkorn wheat flour (Triticum monococcum l.) On the qualıty characterıstıcs of cake*, 6th International Conference on Sustainable Agriculture and Environment, Konya.

Liu, S., Stampfer, M. J., Hu, F. B., Giovannucci, E., Rimm, E., Manson, J. E., Hennekens, C. H., Willett, W. C. (1999). *Whole-grain consumption and risk of coronary heart disease: results from the Nurses' Health Study*. The American Journal Of Clinical Nutrition, 70(3), 412-419.

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.

Loje, H., Moller, B., Laustsen, A.M., Hansen, A. (2003). C*hemical composition, functional properties and sensory profiling of einkorn (triticum monococcum l.)*, Journal of Cereal Science, 37, 231-240.

Lopez, A., Cacoub, P., Macdougall, I. C., Peyrin-Biroulet, L. (2016). *Iron deficiency anaemia*, The Lancet, 387(10021), 907-916.

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., Carcea M., Schiavone M., Cubadda R. (2002). *Spelt (Triticum spelta L.) pasta quality: Combined effect of flour properties and drying conditions*. Cereal Chem. 79, 634-639.

Marconi, E., Carcea, M., Graziano, M., Cubadda, R. (1999). *Kernel properties and pasta-making quality of five European spelt wheat (Triticum spelta L.) cultivars*. Cereal Chemistry, 76(1), 25–29.

Matuz, J., Bartók, T., Mórocz-Salamon, K., Bóna, L., (2000). *Structure and potential allergenic character of cereal proteins I. Protein content and amino acid composition*, Cereal Research Communications, *28*, 263-270.

Meera, K., Slade, L., Levine, H., Gannon, D., (2014). *Cookie-versus cracker- baking—what's the difference? Flour functionality requirements explored by src and and alveography*, Critical reviews in food science and nutrition 54, no. 1 115-138.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Miller F. P., Vandome A. F. and Mcbrewster J., (2011). *History of bread*. Alphascript Publishing.

Moudry, J. and Dvoracek , V., (1999), *Chemical composition of grain of different spelt (Triticum spelta L.) varieties*, Rostl. Vyroba., 45 (12) , 533.

Nakov, G., Brandolini, A., Ivanova, N., Dimov, I., Stamatovska, V., (2018). *The effect of einkorn (triticum monococcum l.) Whole meal flour addition on physico-chemical characteristics, biological active compounds and in vitro starc digestion of cookies*, J Cereal Sci, 83: 116-122, doi: 10.1016/j.jcs., 08.004.

Nurmi, T., Nystrom, L., Edelmann, M., Lampi, A. M., Piironen, V., (2008). *Phytosterols in wheat genotypes in the HEALTHGRAIN diversity screen*. Journal of agricultural and food chemistry, *56*(21), 9710-9715.

Onishi, M., Inoue, M., Araki, T., Iwabuchi, H., Sagara, Y., (2011). *Characteristic coloring curve for white bread during baking.* Bioscience, biotechnology, and biochemistry, *75*(2), 255-260.

Onoğur Altuğ, T., Elmacı, Y. (2011). *Gıdalarda duyusal değerlendirme*, Sidas Medya, İzmir.

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

Özberk, F., Karagöz, A., Özberk, İ., Atlı, A. (2016). *Buğday genetik kaynaklarından yerel ve kültür çeşitlerine; Türkiye'de buğday ve ekmek*, Derleme, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 25 (2):218-233.

Özkan, H., Brandolini, A., Torun, A., Altintas, S., Eker, S. E. L. İ. M., Kilian, B., , F., & Cakmak, I. (2007). *Natural variation and identification of microelements content in seeds of einkorn wheat (Triticum monococcum,* In *Wheat Production in Stressed Environments: Proceedings of the 7th International Wheat Conference, 27 November–2 December 2005, Mar del Plata, Argentina* (pp. 455-462). Springer Netherlands.

Özkaya, H., Kahveci, B., (1990). *Tahıl ve ürünleri analiz yöntemleri*, Gıda Teknolojisi Derneği Yay. No: 14, Ankara.

Park, Y., Hunter, D. J., Spiegelman, D., Bergkvist, L., Berrino, F., Van Den Brandt, P. A., ... & Smith-Warner, S. A. (2005). *Dietary fiber intake and risk of colorectal cancer: a pooled analysis of prospective cohort studies,* Jama, 294(22), 2849-2857.

Pasqualone, A., Bianco, A. M., Paradiso, V. M., Summo, C., Gambacorta, G., Caponio, F., Blanco, A., (2015). *Production and characterization of functional biscuits obtained from purple wheat*, Food Chemistry, 180, 64-70.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Peterson, C. J., Johnson, V. A., & Mattern, P. J., (1986) *Influence of cultivar and environment on mineral and protein concentrations of wheat flour, bran, and grain,* Cereal Chem, *63*(3), 183-186.

Pizzuti, D., Buda, A., D'odorico, A., D'ınca, R., Chiarelli, S., Curioni, A., Martines, D., (2006). *Lack of intestinal mucosal toxicity of Triticum monococcum in celiac disease patients,* Scandinavian Journal of Gastroenterology, 41: 1305-1311.

Polonskiy V., Loskutov I., Sumina A. (2020). *Biological role and health benefits of antioxidant compounds in cereals.* Biol. Comm., 65(1): 53-67. DOI: 10.21638/spbu03.2020.105.

Puumalainen, T., Nykopp, H., Tuorila, H. (2002). *Old product in a new context: Importance of the type of dish for the acceptance of Grünkern a spelt-based traditional cereal,* Lebensm. Wiss. Technol. 35, 549-553.

Rakszegi, M., Kisgyörgy, B. N., Kiss, T., Sestili, F., Láng, L., Lafiandra, D., & Bedő, Z. (2015). *Development and characterization of high-amylose wheat lines*. Starch-Stärke, *67*(3-4), 247-254.

Ranhotra G.S., Gelroth J.A., Glaser B.K. & Stallknecht G.F. (1996). *Nutritional profile of three Spelt wheat cultivars grown at five different locations,* Cereal Chem**.,** 73(5), 533-535.

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

Ruibal-Mendieta, N. L., Delacroix, D. L., Mignolet, E., Pycke, J. M., Marques, C., Rozenberg, R., Petitjean, G., Habib-Jiwan, J. L., Meurens, M., Quetin-Leclercq, J., Delzenne, N. M., & Larondelle, Y. (2005). *Spelt (Triticum aestivum ssp. spelta) as a source of breadmaking flours and bran naturally enriched in oleic acid and minerals but not phytic acid.* Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48(11), 4903-4910.

Ruibal-Mendieta, N. L., Rozenberg, R., Delacroix, D. L., Petitjean, G., Dekeyser, A., Baccelli, C., Marques, C., Delzenne, N. M., Meurens, M., Habib-Jiwan, J. L., & Quetin-Leclercq, J. (2004). *Spelt (Triticum spelta L.) and winter wheat (Triticum aestivum L.) wholemeals have similar sterol profiles, as determined by quantitative liquid chromatography and mass spectrometry analysis*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52(15), 4802-4807. doi:10.1021/jf049772v

Saini, P., Kumar, N., Kumar, S., Mwaurah, P. W., Panghal, A., Attkan, A. K., Singh, V. (2020). *Bioactive compounds, nutritional benefits and food applications of colored wheat: a comprehensive review,* Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 1- 1

KAYNAKLAR DİZİNİ

Salamini F., Ozkan H., Brandolini A., Schafer-Pregl R., Martin W. (2002). *Genetics and geography of wild cereal domestication in the near east.* Nature Reviews Genetics. 3:429-441

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

Seçkin, R. (1995). *Buğday tanesinin fiziki özellikleri öğütmenin temel prensipleri ve unda bazı kalite kriterleri*, Standard Ekonomik ve Teknik Dergi, II, 51.

Serpen, A., Gökmen, V., Karagöz, A., Köksel, H. (2008). *Phytochemical quantification and total antioxidant capacities of emmer (Triticum dicoccon schrank) and einkorn (Triticum monococcum l.) wheat landraces*, Journal of Agricultural Food Chemistry, 56, 7285–7292.

Sevim, İ., ve Erekul, O. (2020). *Farklı buğday genotiplerinde kalite parametrelerinin incelenmesi üzerine bir araştırma*, Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 17(2):235-243.

Shewry, P. R. (2009). *The HEALTHGRAIN programme opens new opportunities for improving wheat for nutrition and health.* Nutrition Bulletin. 34 (2), pp. 225-231. *https://doi.org/10.1111/j.1467-3010.2009.01747.x*

Shewry, P. R., Hey, S. (2015). *Do "ancient" wheat species differ from modern bread wheat in their contents of bioactive components?* Journal of Cereal Science, 65, 236–243.

Shewry, P. R., Mitchell, R. A., Tosi, P., Wan, Y., Underwood, C., Lovegrove, A., ... & Ward, J. L. (2012). *An integrated study of grain development of wheat (cv. Hereward).* Journal of Cereal Science, *56*(1), 21-30.

Shewry, P.R. (2022). *Manipulation of seed storage proteins. In: Transgenic Plant Research.* Routledge, pp. 135–149.

Sinkovic, L., Tóth, V., Rakszegi, M., & Pipan, B. (2023). *Elemental composition and nutritional characteristics of spelt flours and wholemeals*, *Journal of Elementology, 28*(1).

Skrabanja, V., Kovac, B., Golob, T., Liljeberg Elmstahl, H.G.M., Bjorck, I.M.E., Kreft, I. 2001. *Effect of spelt wheat flour and kernel on bread composition and nutritional characteristics*. J. Agric. Food Chem. 49, 497–500.

Sobczyk, A., Pycia, K., Stankowski, S., Jaworska, G., Kuźniar, P. (2017). E*valuation of the rheological properties of dough and quality of bread made with the flour obtained from old cultivars and modern breeding lines of spelt (Triticum aestivum ssp. spelta)*, Journal of Cereal Science, 77: 35-41.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Sramkova, Z., Gregova, E., & Sturdík, E. (2009). *Chemical composition and nutritional quality of wheat grain.* ActaChimical Slovaca, 2, 115–138

Stojceska, V., Butler, F. (2008). *Digitization of farinogram plots and estimation of mixing stability*, Journal of Cereal Science, 48:729–733.

Suchowilska, E., Wiwart, M., Borejszo, Z., Packa, D., Kandler, W., Krska, R. (2009). *Discriminant analysis of selected yield components and fatty acid composition of chosen Triticum monococcum, Triticum dicoccum and Triticum spelta accessions*, Journal of Cereal Science, 49, 310–315.

Suchowilska, E., Wiwart, M., Kandler, W., Krska, R. (2012). *A comparison of macro- and microelement concentrations in the whole grain of four Triticum species*, Plant Soıl Environment, 58 (3), 141-147.

Şanal, T. (2017). *Bazı yerel buğday çeşitlerinin kalite parametreleri*, Makale, Türkiye Tohumcular Birliği dergisi, 39-43.

Takac, V., Tóth, V., Rakszegi, M., Mikić, S., Mirosavljević, M., Kondić-Špika, A. (2021). *Differences in processing quality traits, protein content and composition between spelt and bread wheat genotypes grown under conventional and organic production*. Foods 10:156.

TGK (2013/9). Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliği (No: 2022/44). Türk Gıda Kodeksi (TGK), Resmi Gazete Tarihi: 02.04.2013 Sayı: 28606.

Threapleton, D. E., Greenwood, D. C., Evans, C. E., Cleghorn, C. L., Nykjaer, C., Woodhead, C., Cade J.E., Woodhead C., Burley, V. J. (2013). *Dietary fiber intake and risk of first stroke: a systematic review and meta-analysis. Stroke, 44*(5), 1360-1368.

Tian, S. Q., Chen, Z. C., Qiao, Y. F. (2018). *Analysis of main physicochemical parameters in purple wheat with different milling technology*, Journal of Food Processing and Preservation, 42(1), e13382.

Tóth V., Láng L., Vida G., Mikó P., Rakszegi M. (2022). *Characterization of the protein and carbohydrate related quality traits of a large set of Spelt wheat genotypes*. Foods, 11(14): 2061. DOI: 10.3390/foods11142061.

Tremmel-Bede K., Szentmiklóssy M., Tömösközi S., Török K., Lovegrove A., Shewry P.R., Lang L., Bedő Z., Vida G., Rakszegi M. (2020). *Stability analysis of wheat lines with increased level of arabinoxylan,* PloS One, 15(5): p.e0232892. DOI: 10.1371/journal.pone.0232892.

Türk Aslan, S., Işık, F., Demir, Y. (2024). *İlkel buğday (Triticum spp.) unlarının krakerlerde kullanım potansiyeli*, Aydın Gastronomy, 8(1), 1-13.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Türksoy, S., Onar, D. (2022). *A rapid detection of whole wheat gluten quality by a novel chemometric technique glutopeak*, Foods, 11(13), 1927.

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

Wang, K., Dupuis, B., & Fu, B. X. (2017). *Gluten aggregation behavior in high-shear-based GlutoPeak test: Impact of flour water absorption and strength.* Cereal Chemistry, 94(5), 909-915.

Welch, R. M., & Graham, R. D. (1999). *A new paradigm for world agriculture: meeting human needs: productive, sustainable, nutritious*. Field crops research, *60*(1-2), 1-10.

Whelton, S. P., Hyre, A. D., Pedersen, B., Yi, Y., Whelton, P. K., & He, J. (2005). *Effect of dietary fiber intake on blood pressure: a meta-analysis of randomized, controlled clinical trials,* Journal of hypertension, 23(3), 475-481.

Wieser H. (2000). *Comparative investigations of gluten proteins from different wheat species*, European Food Res. Technology, 211, 262-268.

Williams, P.C., El-Haramein, F.J., Nakkaoul, H. and Rıhawi, S. (1986). *Crop quality evaluation chemistry and technology*, International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Syria, pp. 13-16.

Yaralı, E. (2018). *Gıdalarda kullanılan duyusal analizler*, 21.02.2018

Yılmaz, V. A., ve Koca, A. F. (2020) *Quality, sensorial and textural properties of einkorn and durum bulgur produced with several methods*, International Journal of Gastronomy and Food Science 22 100263.

Yu, L., Beta, T. (2015). *Identification and antioxidant properties of phenolic compounds during production of bread from purple wheat grains*, Molecules, 20, 15525- 15549.

Yüksel, F., (2019). *Agar ve selüloz gam ilavesinin kavılca (Triticum spelta l.) Un ve ekmeğinin reolojik ve dokusal özellikleri üzerine etkisi,* Araştırma Makalesi / Research Article Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9(2): 855-861.

Zaharieva, M., Monneveux, P. (2014*). Cultivated einkorn wheat (Triticum monococcum L. subsp. monococcum): the long life of a founder crop of agriculture*. Genetic Resources and Crop Evolution. (Netherlands). ISSN 0925-9864. 61(3):677-706.

Zengin, G. (2015). *Bazı ilkel buğdaylarda kalite parametrelerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma,* Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği AnabilimDalı, Konya.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Zhao, F. J., Su, Y. H., Dunham ,S. J., Rakszegi, M., Bedo, Z., McGrath, S. P., Shewry, P. R. (2009). *Variation in mineral micronutrient concentrations in grain of wheat lines of diverse origin*, Journal of Cereal Science, 49, 290–295.

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.

Zielinski, H., Ceglinska, A., Michalska, A. (2008). *Bioactive compounds in spelt bread*, Eur.

EK AÇIKLAMALAR

Ek Açıklama-A: Resimler







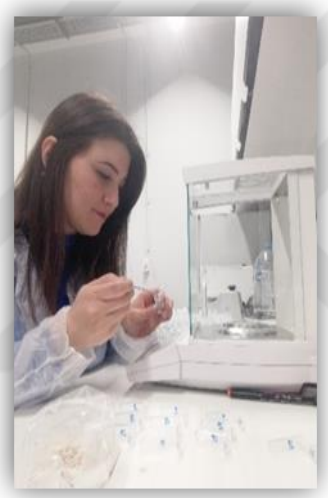





Precisa
00403





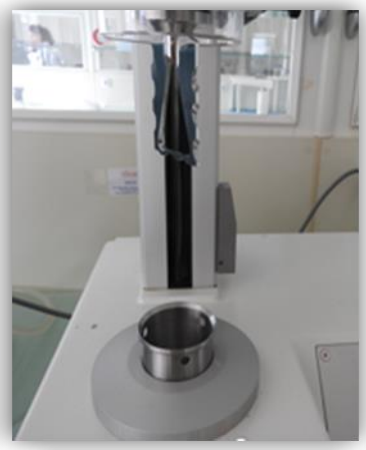
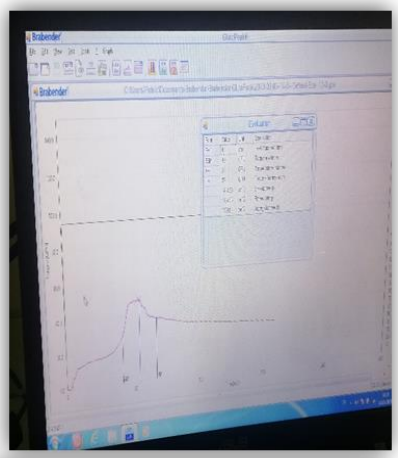



eppendorf
Thermomixer comfort

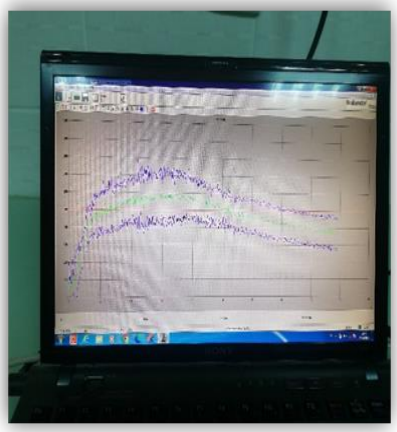
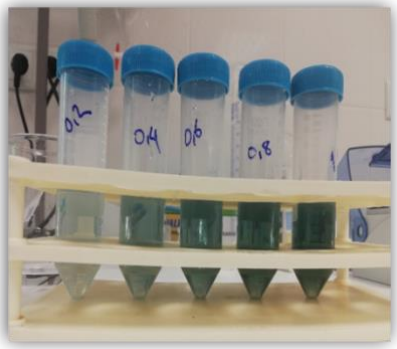








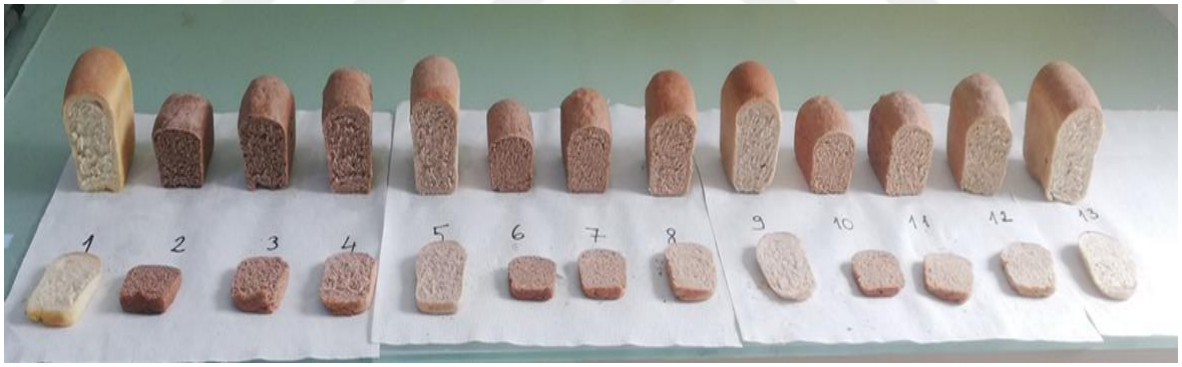









1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13


1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13

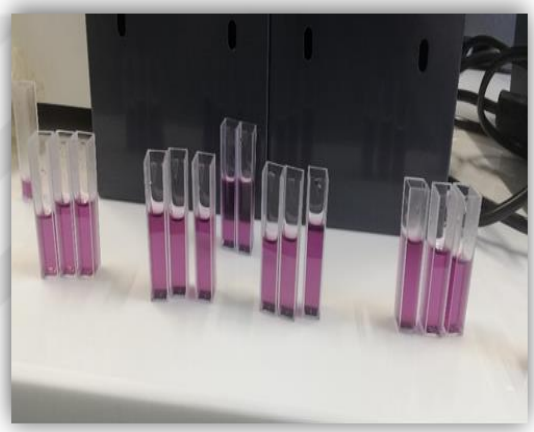

7 8 9

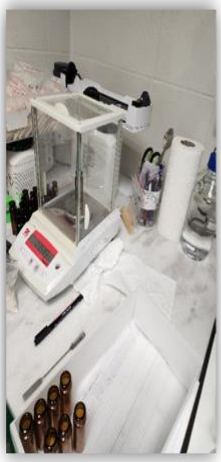












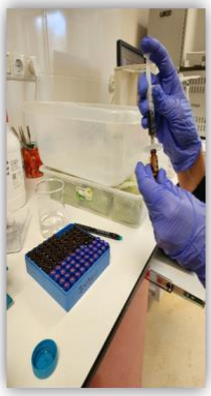




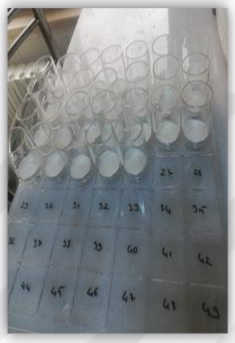




syringe filters
100 pieces

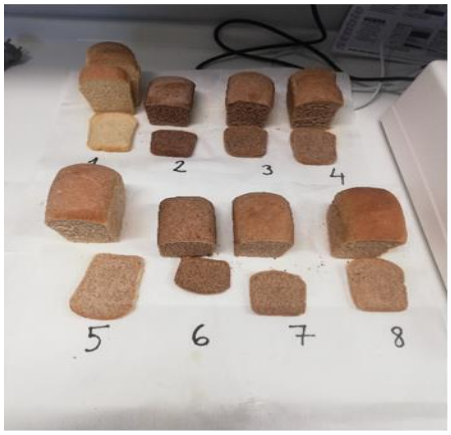







Megazyme

WiseBath
DATHAN



1
2
3
4
5
6
7
8
