Salihli Ekşi Mayalı Ekmeğinin Biyofortifiye Buğday Tam Tane Unu Kullanımı ile Çinko ve Selenyumca Zenginleştirilmesi

Sıla Seda Özer

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Ekim 2023

Enrichment of a Local Sourdough Bread With Zinc and Selenium Through the Use of Biofortified Whole Wheat Flour

Sıla Seda Özer

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Food Engineering

October 2023

Salihli Ekşi Mayalı Ekmeğinin Biyofortifiye Buğday Tam Tane Unu Kullanımı ile Çinko ve Selenyumca Zenginleştirilmesi

Sıla Seda Özer

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

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

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi Tarafından FYL-2022-2507 Proje Kodu İle Desteklenmiştir.

Ekim 2023

ONAY

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı YÜKSEK LİSANS öğrencisi Sıla Seda ÖZER'in YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Salihli Ekşi Mayalı Ekmeğinin Biyofortifiye Buğday Tam Tane Unu Kullanımı ile Çinko ve Selenyumca Zenginleştirilmesi" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek oybirliği ile kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Yaşar KARADUMAN

İkinci Danışman : Dr. Arzu AKIN

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye : Doç. Dr. İlyas ATALAR

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Şule BAŞAR

Üye : Doç. Dr. Yaşar KARADUMAN

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

Prof. Dr. ....
Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Doç. Dr. Yaşar Karaduman ve Dr. Arzu Akın danışmanlığında hazırlamış olduğum "Salihli Ekşi Mayalı Ekmeğinin Biyofortifiye Buğday Tam Tane Unu Kullanımı ile Çinko ve Selenyumca Zenginleştirilmesi" 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.

Bu proje Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FYL-2022-2507 proje kodu ile desteklenmiştir. 05/10/2023

Sıla Seda Özer

ÖZET

Bu çalışma kapsamında çinko (Zn) ve selenyum (Se) mikroelement eksikliğinin giderilmesinde bir yöresel ekmeğin biyofortifiye tam tane unu ile zenginleştirilmesi olanakları araştırılmıştır. Bu amaçla, yöresel ekmek yapımında kullanılan una %25, 50, 75, 100 oranında biyofortifiye buğday tam tane unu ikame edilmiştir. Elde edilen ikame unların teknolojik, gluten ve hamur kalite özellikleri ortaya koyulmuştur. Çalışmada ikame un örneklerinden iki ekşi maya ve ticari maya kombinasyonu kullanılarak ekmek pişirilmiştir. Ekmeklerde ve unlarda selenyum ve çinko içerikleri ile bazı besin ögeleri, fizikokimyasal özellikler belirlenerek zenginleştirmenin kontrole göre etkinliği değerlendirilmiştir. İkame oranı arttıkça unların çinko ve selenyum içerikleri artmış fakat gluten kalitesi ile ilişkili özellikler olumsuz etkilenmiştir. İkame oranı arttıkça ekmeklerin Zn ve Se içeriği de artmış ve tüm ikame oranları istatistiki olarak birbirinden farklı olmuştur. Ekmek örneklerinin Zn içerikleri 10,29 ile 44,02 mg/kg, Se içerikleri 51,6 ile 235,1 µg/kg arasında değişmiştir. Ekşi mayanın daha çok kullanıldığı A kombinasyonunun Se içeriği daha yüksek bulunmuştur. Elde edilen ekmeklerde %75 ikame oranı için RDA çinko değeri %33,2 ve RDA selenyum %36,0 olmuştur. İkame oranı arttıkça biyofortifiye ekmeklerde toplam fenolik madde, antioksidan aktivite ve protein miktarı artmıştır. Ekmeklerin hacim değerleri 295,0-525,0 ml arasında değişmiştir. Genel olarak, ikame oranı arttıkça ekmek kabuğunda L* ve a* değerleri düşerken, ekmek içinde L* değeri azalmış, a* ve b* değerleri artmıştır. Diğer taraftan, örneklerde ikame oranı arttıkça sertlik değeri artmıştır. Ekmeklerde %50 ikame oranı ve daha düşük ikame oranlarında gluten gelişimi daha iyi oluşmaktadır. İkame oranı arttıkça genel olarak duyusal değerlendirme puanları düşmüştür. %25 ikame oranı ekmeklerin bazı duyusal değerlendirme puanlarının kontrol ekmeğe yakın olması dikkat çekmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, yöresel ekmeğin biyofortifiye tam tane unları ile zenginleştirilmiş unlardan elde edilmesi ile selenyum ve çinko mikroelement eksikliğinin giderilmesinde önemli katkılar sağlayacağını göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: çinko ve selenyum eksiklikliği, mikroelement, biyofortifikasyon, ekşi mayalı ekmek

SUMMARY

Within the scope of this study, the possibilities of enriching the flour used in the production of a local bread with biofortified whole grain flour in order to eliminate the deficiency of zinc (Zn) and selenium (Se) microelements were investigated. For this purpose, the biofortified whole wheat flour was substituted into the control flour used in local bread at rates of 25, 50, 75, and 100%. The technological, gluten, and dough quality properties of the substituted flours were revealed. In the study, breads were baked using two sourdough and commercial yeast combinations in the substituted flour samples. The selenium and zinc contents and nutritional and physicochemical properties of breads and substituted flours were determined, and the effectiveness of enrichment compared to the control was evaluated. As the substitution rate increased, the zinc and selenium contents of the flours increased, but the properties related to gluten quality were negatively affected. As the substitution rate increased, the Zn and Se contents of the breads also increased, and all substitution rates were statistically different from each other. The Zn contents of the bread samples ranged from 10,29 to 44,02 mg/kg, and the Se contents ranged from 51,6 to 235,1 μg/kg. The Se content of the yeast combination A, in which sourdough was used more, was found to be statistically higher than the B combination. For the 75% replacement rate, the RDA zinc value was 33,2% and the RDA selenium value was 36,0% in the breads. As the substitution rate increased, the total phenolic content, antioxidant activity, and protein content of the biofortified breads increased. The volume values of biofortified breads varied from 395,0 to 525,0 ml. In general, as the substitution rates increased, the L* and a* values in the bread crust decreased, while the L* value decreased and the a* and b* values increased in the crumb. On the other hand, as the substitution rate increased, the hardness value increased. It has been observed that gluten formation occurs in breads with a substitution rate of up to 50%. As the rate of substitution increased, sensory evaluation scores decreased in general. It was noteworthy that some of the sensory evaluation scores of the breads with a 25% substitution rate were close to the control bread. These results have shown that making local bread from flours enriched with biofortified whole wheat flours will make significant contributions to eliminating the deficiency of selenium and zinc microelements.

Keywords: zinc and selenium deficiency, microelement, biofortification, sourdough bread

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans sürecim boyunca, çalışmanın düzenlenmesi, gerçekleştirilmesi ve değerlendirilmesinde değerli görüş ve katkılarıyla bana rehberlik eden, motive eden, cesaretlendiren, çalışma azmi ve hevesiyle bana destek olan, bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım birlikte çalışmaktan onur duyduğum saygıdeğer danışman hocam Sayın Doç. Dr. Yaşar KARADUMAN'a,

Laboratuvar olanaklarından yararlanmamıza yardımcı olan Eskişehir Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne ve personeline,

Analizlerim sırasında bilgi ve tecrübesinden yararlandığım, yardımlarını esirgemeyen değerli ikinci danışmanım Dr. Arzu AKIN'a,

Uzun yıllardır sürdürdükleri biyofortifikasyon çalışmaları ve geliştirdikleri yöntemler için Sabancı Üniversitesi'nden Prof. Dr. İsmail ÇAKMAK'a ve bu çalışmalarda yer alan ve bu yöntemleri kullanarak biyofortifiye tam tane ununun üretilmesini ve tez çalışması için teminini sağlayan Eskişehir Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü'den Dr. Erdinç SAVAŞLI ve diğer araştırmacılara,

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

Ayrıca varlıklarıyla ve destekleriyle bugünlere gelmemde en büyük pay sahibi olan aileme, hayatımdaki en özel insanlardan biri olan, umutsuzluğa kapıldığım anlarda kendime olan güvenimi arttıran, sevgi, destek ve sabrı için minnettar olduğum çok sevgili eşim Tuğra ÖZER'e sonsuz sevgi ve saygılarımla teşekkürlerimi bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET ..... **vi**
SUMMARY ..... **vii**
TEŞEKKÜR ..... **viii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **xi**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **xii**
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... **xvi**
1. GİRİŞ VE AMAÇ **1**
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI **3**
3. MATERYAL VE YÖNTEM **14**
3.1. Materyal 14
3.2. Yöntem 14
3.2.1. Un analizleri 14
3.2.1.1. Renk analizi 14
3.2.1.2. Rutubet miktarı 14
3.2.1.3. Su aktivitesi 15
3.2.1.4. Kül miktarı 15
3.2.1.5. Protein oranı 15
3.2.1.6. Yaş gluten (öz) miktarı 15
3.2.1.7. Gluten şişme indeksi 16
3.2.1.8. Makro-SDS sedimantasyon (MSDS) değeri 16
3.2.1.9. Laktik asit, su, sakkaroz, sodyum karbonat solvent tutma kapasitesi 17
3.2.1.10. Toplam antioksidan aktivite tayini 17
3.2.1.11. Toplam fenolik madde miktarı 18
3.2.1.12. Çinko ve selenyum analizi 18
3.2.1.13. GlutoPik analizi 19
3.2.1.14. Alveograf analizi 19
3.2.2. Laboratuvar tipi ekmeklerin eldesi 20
3.2.3. Ekmek analizleri 21
3.2.3.1. Renk analizleri 21
3.2.3.2. Rutubet miktarı 21

İÇİNDEKİLER

Sayfa

3.2.3.3. Su aktivitesi 21
3.2.3.4. Kül miktarı 21
3.2.3.5. Protein oranı 21
3.2.3.6. Ekmek hacmi/spesifik hacim değerleri 22
3.2.3.7. Tekstür analizi 22
3.2.3.8. Toplam antioksidan aktivite tayini 22
3.2.3.9. Toplam fenolik madde miktarı 22
3.2.3.10. Alan emisyonlu taramalı elektron mikroskobu görüntüleme-SEM 22
3.2.3.11. Çinko ve selenyum analizi 23
3.2.3.12. Duyusal analiz 23
3.2.4. İstatistiki analizler 23
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 24
4.1. Un Analizleri 24
4.1.1. Çinko ve selenyum miktarı 24
4.1.2. Renk analizi 26
4.1.3. Fizikokimyasal özellikler 28
4.1.4. Toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değeri 31
4.1.5. Gluten agregasyon özellikleri 33
4.1.6. Hamur reolojik özellikleri-Alveograf 36
4.2. Ekmek Analizleri 42
4.2.1. Ekmeklerin çinko ve selenyum miktarı 42
4.2.2. Ekmeklerin renk analizleri 47
4.2.3. Ekmeklerin fizikokimyasal özellikleri 52
4.2.4. Ekmek ağırlık ve hacim özellikleri 56
4.2.5. Ekmeklerin dokusal özellikleri 59
4.2.6. Duyusal özellikler 63
4.2.7. Ekmekler örneklerine ait SEM görüntüleri 68
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 78
KAYNAKLAR DİZİNİ 81
EK AÇIKLAMALAR 99

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil **Sayfa**

2.1. Uluslararası HarvestPlus projesi- biyofortifikasyon ile buğdayda tane Zn ve Se içeriğinin arttırılması 7
2.2. Selenyum bileşenleri 8
3.1. ICP-OES çalışma koşulları 19
4.1. Selenyum miktarı üzerinde istatistiki olarak önemli olan "ikame oranı maya kombinasyonu x interaksiyonu" 45
4.2. Ekmek kabuğunda ve içinde renk değerleri üzerinde istatistiki olarak önemli olan "ikame oranı x maya kombinasyonu" interaksiyonları 51
4.3. Ekmek protein miktarı ve toplam fenolik madde miktarı üzerinde istatistiki olarak önemli olan "ikame oranı x maya kombinasyonu" interaksiyonları 55
4.4. Ekmek tekstür özelliklerinden sertlik, sakızımsılık ve çiğnenebilirlik üzerinde istatistiki olarak önemli olan "ikame oranı x maya kombinasyonu interaksiyonu" 63
4.5. A maya kombinasyonu biyofortifiye tam tane unu (BTTU) ekmeği SEM görüntüleri 68
4.6. A maya kombinasyonu %75 biyofortifiye tam tane unu (BTTU) ikame ekmeği SEM görüntüleri 69
4.7. A maya kombinasyonu %50 biyofortifiye tam tane unu (BTTU) ikame ekmeği SEM görüntüleri 70
4.8. A maya kombinasyonu %25 biyofortifiye tam tane unu (BTTU) ikame ekmeği SEM görüntüleri 71
4.9. A maya kombinasyonu kontrol ekmeği SEM görüntüleri 72
4.10. B maya kombinasyonu biyofortifiye tam tane unu (BTTU) ekmeği SEM görüntüleri 73
4.11. B maya kombinasyonu %75 biyofortifiye tam tane unu (BTTU) ikame ekmeği SEM görüntüleri 74
4.12. B maya kombinasyonu %50 biyofortifiye tam tane unu (BTTU) ikame edilmiş ekmeğin SEM görüntüleri 75
4.13. B maya kombinasyonu %25 biyofortifiye tam tane unu (BTTU) ikame ekmeği SEM görüntüleri 76
4.14. B maya kombinasyonu kontrol ekmeği SEM görüntüleri 77

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge **Sayfa**

4.1. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane unu ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unların çinko ve selenyum miktarı analiz sonuçları 24

4.2. Yöresel ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda biyofortifiye unun ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unların çinko ve selenyum içeriklerine ait varyans analiz sonuçları 25

4.3. Yöresel ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda biyofortifiye unun ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unların çinko ve selenyum içeriklerine ait analiz ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 26

4.4. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unların renk değerleri analiz sonuçları 27

4.5. Yöresel ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda biyofortifiye unun ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unların L*, a*, b* renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları 28

4.6. Yöresel ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda biyofortifiye unun ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unların L*, a*, b* renk değerlerine ait ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 28

4.7. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unların bazı fizikokimyasal analiz sonuçları 29

4.8. Yöresel ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda biyofortifiye tam tane unun ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unlara ait kimyasal özelliklerin varyans analiz sonuçları 29

4.9. Yöresel ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda biyofortifiye unun ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unların fizikokimyasal değerlerine ait analiz ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 31

4.10. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unların toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite analiz sonuçları 32

4.11. Yöresel ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda biyofortifiye tam tane unun ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unlara ait toplam fenolik madde ve toplam antioksidan aktivite değerleri varyans analiz sonuçları 32

4.12. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unların toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 33

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge **Sayfa**

4.13. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unların GlutoPik değerleri 34

4.14. Yöresel ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda biyofortifiye tam tane unun ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unlara ait GlutoPik değerleri varyans analiz sonuçları..... 34

4.15. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unların GlutoPik değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları..... 36

4.16. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unların hamur reolojik özellikleri-alveograf analiz sonuçları[1] 37

4.17. Yöresel ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda biyofortifiye tam tane unun ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unlara ait hamur reolojik özellikleri-alveograf varyans analiz sonuçları 37

4.18. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unların hamur reolojik özellikleri-alveograf değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 39

4.19. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unların solvent tutma özellikleri ve sedimantasyon değeri analiz sonuçları..... 40

4.20. Yöresel ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda biyofortifiye tam tane unun ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unların solvent tutma özellikleri ve sedimantasyon değeri özelliklerine ait varyans analiz sonuçları 41

4.21. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unların solvent tutma özellikleri ve sedimantasyon değeri özelliklerine ait ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 42

4.22. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin çinko, selenyum içerikleri 43

4.23. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklere ait çinko, selenyum içeriklerinin varyans analiz sonuçları 44

4.24. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin çinko ve selenyum değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları 45

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge **Sayfa**

4.25. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin kabuk ve iç L*, a*, b* renk değerlerine ait analiz sonuçları 47

4.26. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin kabuğunda L*, a*, b*renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları 48

4.27. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin içinde L*, a*, b*renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları 48

4.28. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin renk değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları 49

4.29. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin fiziko kimyasal özellikleri[1] 53

4.30. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin fizikokimyasal özelliklerine ait varyans analiz sonuçları 54

4.31. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin fizikokimyasal özelliklerine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları 55

4.32. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklere ait ağırlık ve hacim değerleri analiz sonuçları 56

4.33. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin ağırlık ve hacim değerlerinin varyans analiz sonuçları 57

4.34. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin ağırlık ve hacim özelliklerine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları 58

4.35. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin dokusal özelliklerine ait analiz sonuçları 59

4.36. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin dokusal özelliklerine ait varyans analiz sonuçları 60

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge **Sayfa**

4.37. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin dokusal özelliklerine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları 62

4.38. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin duyusal özelliklerine ait analiz sonuçları 64

4.39. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin duyusal özelliklerine ait varyans analiz sonuçları..... 66

4.40. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin tekstürel özelliklerine ait çoklu karşılaştırma testi 67

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar	Açıklamalar
Zn	Çinko
Se	Selenyum
IKO	İkame Oranı
UÇ	Un Çeşidi
km	Kuru Madde
VK	Varyasyon Kaynağı
BTTU	Biyofortifiye Tam Tane Unu
SD	Serbestlik Derecesi
KT	Kareler Toplamı
KO	Kareler Ortalaması
Lb.	Lactobacillus
PMT	Pik Maksimum Zaman
BEM	Maksimum Tork
AM	Maksimum Torktan 15 s Önceki Tork
PM	Maksimum Torktan 15 s Sonraki Tork
GPI	Gluten Performans İndeks Değeri
GSI	Gluten Şişme İndeksi Değeri
SDS	Sodyum Dodesil Sülfat
STK	Solvent Tutma Kapasitesi
RDA	Tavsiye edilen günlük alınması gereken besin miktarı
TGK	Türk Gıda Kodeksi
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
a_w	Su aktivitesi
DPPH	Alfa difenil beta pikrilhidrilaz
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü
kg	Kilogram
g	Gram
mg	Miligram
L	Litre
ml	Mililitre
mm	Milimetre
nm	Nanometre
µg	Mikrogram
µl	Mikrolitre
µm	Mikrometre
Tek	Tekerrür
dk	Dakika
sn	Saniye
Troloks	6-Hyrdroksi-2,5,7,8-tetrametilkroman-2-karboksilik asit
GAE	Gallik asit eşdeğeri
TPA	Tekstür Profil Analizi

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Mikroelement noksanlıkları tahıl ve tahıla dayalı beslenmenin olduğu gelişmekte olan ülkelerde çok yaygın olarak ortaya çıkmakta, gıdaların bulaşıcı hastalıklara karşı (Covid19 gibi) bağışıklık sistemini güçlendiren çinko (Zn) ve selenyum (Se) bakımından zenginleştirilmesi istenmektedir. Buğday ve buğday ürünleri, ülkemizde çinko ve selenyum eksikliğinin en fazla görüldüğü gelir düzeyi daha düşük kesimlerde ve ihtiyacın en fazla olduğu çocuk ve gençlerde en fazla tüketilen gıdalardır. Bu nedenle çinko ve selenyum ihtiyacının giderilmesinde buğday ürünleri önemli bir potansiyele sahiptir. Başta buğday olmak üzere tahılların daha tarladayken tanede eksikliği duyulan besin ögelerinin topraktan ve yapraktan bitkileri besleyerek doğal yollarla verilerek zengin hale getirilmesi (biyofortifikasyon) ve unun Zn ve Se'ca zenginleştirilmesi çinko ve selenyum noksanlıklarının giderilerek pek çok hastalıkların önlenmesi, iyileştirilmesi ve geciktirilmesinde en kolay, en ekonomik ve sonuca götürecek en etkili yöntem olarak görülmektedir. Ülkemizde uluslararası destekli HarvestPlus proje kapsamında uzun yıllardır sürdürülen biyofortifikasyon çalışmalarında geliştirilen yapraktan gübre uygulama sistemi ile tanede çinko miktarı yaklaşık olarak %60 ve selenyum miktarı ise üç kat arttırılmıştır. Bu sonuçların son üründe etkinliğinin değerlendirilmesine ihtiyaç vardır.

Ülkemizde ticari maya kullanılan, modern üretim ekipmanları ile daha çok hızlı üretim ile elde edilen beyaz ekmek tüketimi daha fazla olmakla birlikte geleneksel veya yöresel ekmeklere ilgi ve yönelme artmaya başlamıştır. Aileler ve küçük işletmeler tarafından ekşi maya kullanılarak üretilen bu tür ekmeklerin son yıllarda farklı unlu mamul satış yerlerinde satılmaya başlaması, damak tadı ve sağlık için çok önemli faydalarının olduğunun anlaşılması gibi nedenlerle beyaz ekmek yerine bu ekmeklere daha da çok talebin olmaya başladığı/olacağı görülmektedir. Yöresel ekmekler, üretimlerinde maya ve laktik fermantasyonu kombinasyonu biyoaktif bileşiklerin oluşumunu sağladığından ve antinütrosiyonel bileşiklerin (fitik asit gibi) eliminasyonu ile mineral biyoyararlanımını arttırdığından mikroelement noksanlığının giderilmesinde en uygun unlu mamuller olarak değerlendirilmektedir. Bu çalışmada, uzun yıllardır uluslararası bir program kapsamında birçok ülke iş birliği ile yürütülen ve geliştirilen gübre yönetim sistemi sonuçları ile üretilen

biyofortifiye edilmiş buğdaydan elde edilen tam buğday ununun Manisa İli'nde yaygın olarak tüketilen bir ekşi mayalı ekmeğin çinko ve selenyum içeriğinin yükseltilebilirliği ile kontrol ekmek örneklerinin kalite parametrelerine uygun ürün geliştirilebilirliği değerlendirilmiştir.

Çalışma kapsamında, yöresel ekmeğinin üretiminde kullanılan un beş ikame oranında biyofortifiye edilmiş Bezostaja1 tam buğday unu ile zenginleştirilerek iki farklı modifiye ekşi maya+ticari maya kombinasyonu ile biyofortifiye ekmekler elde edilmiştir. Doğal yollarla ve bitki gelişim süresi içinde biyoyarayışlılığı en yüksek formda tanede zenginleştirilmesi yapılmış tam buğday unları kullanımı ile elde edilen ekmeklerin çinko ve selenyum içeriğindeki değişim düzeyleri belirlenmiştir. Yöresel ekmeklerin üretiminde biyorfortifiye edilmiş gluten kalitesi yüksek bir ekmeklik buğday çeşidine ait tam buğday unu kullanılmasının unların ve son ürünün teknolojik ve beslenme özelliklerine etkileride çalışma kapsamında ayrıntılı olarak ortaya koyulmuştur. Elde edilen sonuçlar biyofortifiye ekmeklerin tüketilmesi ile selenyum ve çinko bakımından mikroelement eksikliğinin giderilmesine önemli katkılar sağlanacağını göstermiştir. Aynı zamanda çalışma sonuçları önümüzdeki yıllarda daha büyük ölçekli üretimler için model olacak; fonksiyonel gıda olarak bu ekmeklerin daha karlı satışının yapılması imkânını üretim yapan işletmelere sunacak, yürütülecek diğer araştırmalar içinde yön verici olacaktır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Mikroelement noksanlıkları; insanlarda önemli bir yetersiz beslenme biçimini oluşturmakta ve gizli açlık olarak isimlendirilmektedir (Acar, 2020). Gizli açlık yeterli gıdaya erişim olduğu halde tüketilen gıdaların mental ve fiziksel gelişim için gerekli olan mikroelementler ve/veya vitaminler bakımından yetersizliğini ifade etmektedir (Çakmak, 2008). Fakat dünya genelinde günlük kalori ve gıda ihtiyacının temini, yüksek tane verimi ve sürdürebilir tarım kadar gizli açlık dikkate alınmamaktadır (Graham vd., 2007). Özellikle çinko, selenyum, demir gibi mikro-besin öğesi eksiklikleri dünyanın birçok ülkesinde düşük enerji alımından çok daha yaygın bir sorun olarak karşımıza çıkmakta ve iklim değişikliğine de bağlı olarak gelecekte çok daha ciddi bir problem haline geleceği ifade edilmektedir (Myers vd., 2014). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından 2014 yılında Roma'da organize edilen II. Beslenme Zirvesinin raporlarında günümüzde çinko, iyot, demir ve vitamin A gibi mikro-element noksanlığı odaklı beslenme sorunlarının (gizli açlığın) giderek artan bir küresel tehdit oluşturduğu vurgulanmakta ve en azından 2 milyar insanın bu problemden etkilendiği belirtilmektedir. Çinko ve selenyum gibi mikro element noksanlıkları dünyadaki insanların üçte birini (1/3) önemli oranda etkilemekte ve özellikle gelişmekte olan ülkelerin en önemli sorunlarından birini oluşturmaktadır (Welch vd., 2013). Çeşitli ciddi sağlık sorunları ve hastalıkları yetersiz mikro besin elementlerinin alımı ile ilişkilendirilmektedir (Çakmak vd., 2017). Dünya Bankası raporları, insanlarında mikro element noksanlığı yüksek düzeyde olduğu ülkelerde milli gelirin %2 ile %5'inin bu problemden dolayı harcandığını belirtmektedir (Welch ve Graham, 2004; White ve Broadley, 2005; Graham vd., 2007). Ancak artan nüfus, ekonomik nedenler, üretim maliyetleri ve sınırlı üretim gibi ihtiyaç duyulan bu besin öğelerine ulaşmadaki büyük sorunlar dünya nüfusunun %60'ında demir (Fe), %30'unda çinko (Zn), 13'ünde %30'u iyot (I) ve %15'inde selenyum (Se) eksikliğinin görülmesine neden olmaktadır (Bhullar ve Gruissem, 2013). İshal, AIDS, zatürre gibi başka çok sayıda bulaşıcı ve/veya öldürücü hastalıklara karşı (Covid 19) mikroelementler ve özellikle Zn ve Se bağışıklık sistemini güçlendirerek koruyucu görev yapmaktadır (Muscogiuri vd., 2020). Bu yüzden sağlıkla doğrudan veya dolaylı ilgili uluslararası birçok kuruluş tarafından gıdalara özellikle Zn ve Se takviyesi yapılması talebinde bulunulmaktadır. Mikro besin elementlerini en iyi hayvansal kökenli gıdalardan alabilsek de ülkemizde özellikle yoksul

kesimlerde, kırsal kesimlerde hayvansal gıdaların günlük tüketimi sınırlı düzeydedir. Ülke insanımıza her gün çinko ve selenyum tabletleri vererek de bu problemi çözülemeyeceği, maliyetinin yanında tablet formlarının vücudun ihtiyacının karşılanmasında biyoyararlılıklarının düşük olduğu da bilindiğinden temel besin ögelerimizin eldesini sağlayan ve tarımsal üretimimizin temelini oluşturan başta buğday olmak üzere tahılları daha tarladayken bu zenginleştirmeyi doğal yollardan yapmak (biyofortifikasyon) mikroelement noksanlıklarının önlenmesinde çok daha kolay, uygulanabilir, ekonomik ve etkili yöntem olarak görülmektedir. Tez çalışması kapsamında doğal olarak tarlada agronomik olarak biyofortifiye edilmiş Bezostaja1 çeşidine ait tam buğday unlarının yöresel ekmeklerin Zn ve Se içeriklerini arttırılması amacıyla kullanılmıştır.

Ekmek; dünyanın pek çok ülkesinde ve ülkemizde temel besin maddesi ve iyi bir enerji kaynağıdır (Dağlıoğlu ve Tuncel, 1999; Yıldız, 2009; Özberk vd., 2016; Jakubczyk, 2018). Günlük diyetimizin önemli bir parçası olan ekmek kolay ulaşılan, ucuz ve doyurucu bir besindir (Burnaz vd., 2018). Kısmi biyolojik değerde proteinleri, B grubu vitaminleri ve mineralleri içerir (Baysal, 1991; Gül ve Özçelik, 2000). Yüzlerce çeşidi bulunan ekmek tek başına ülke insanımızın, günlük kalori ve protein ihtiyacının yaklaşık %50'sini karşılamaktadır (Karaoğlu ve Kotancılar, 2005; Yurdatapan, 2014). Türk Gıda Kodeksi Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği'ne göre ekmek; buğday ununa; su, tuz, maya (Saccharomyces cerevisiae) gerektiğinde şeker, enzimler, enzim kaynağı olarak malt unu, vital gluten ve izin verilen katkı maddeleri ilave edilip bu karışımın tekniğine uygun olarak yoğrulması, şekillendirilmesi, fermantasyona bırakılması ve pişirilmesi ile yapılan ürünü; ekşi hamur ekmekleri ise tahıl unlarına su, tuz, maya, geleneksel veya endüstriyel yöntemlerle elde edilen ekşi veya ekşi hamur ilavesiyle hazırlanan hamurun tekniğine uygun olarak yoğrulması, şekillendirilmesi, fermantasyona bırakılması ve pişirilmesi ile üretilen ekmek ve ekmek çeşitlerini ifade eder şeklinde tanımlanmaktadır (Anon., 2012). Ülkemiz dünyada kişi başına tüketilen ekmek miktarı bakımından ilk sıralarda yer almaktadır (Yiğit ve Doğan, 2010). Halkımızın kişi başına günlük ekmek tüketimi, yaş, alışkanlıklar, bulunduğu yöre ve mesleğe bağlı olarak değişim göstermekte olup kişi başına tüketim günlük 333 g ve yıllık 121 kg civarındadır (Anon., 2018).

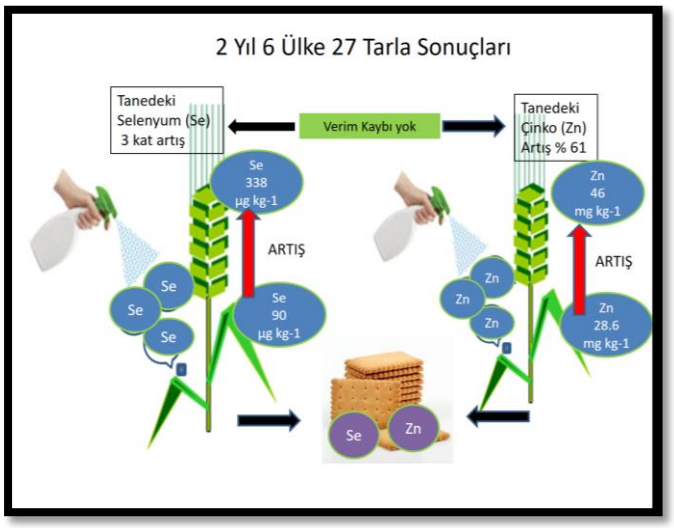
Buğday ve ürünleri, başta gelişmekte olan ülkeler olmak üzere birçok ülkede günlük enerji ve besin ögeleri gereksinimlerinin karşılanması için tüketilen temel gıda maddesidir

(FAO, 2015; Shewry ve Hey, 2015, WHO, 2019). Sosyo-ekonomik nedenlerden dolayı gelişmekte olan ülkelerde tahıl kökenli gıdalar çok yüksek miktarlarda tüketilmektedir. Ülkemizde buğdayın günlük kalori ihtiyacımızın karşılamadaki rolü %40-42 dolayındadır. Bu değer ülke ortalaması olup, bazı kırsal kesimlerde bu rakamın %60'lara ulaştığı tahmin edilmektedir. Buğday gibi temel tahıl tanelerinde doğası gereği Zn ve Se gibi mikroelement konsantrasyonunun düşük düzeyde olduğu bilinmektedir. Dolayısıyla ülkemizde günlük kalori ihtiyacımızın yaklaşık %45'lik bölümü mikro elementlerce fakir buğdaydan karşılanmaktadır (Çakmak, 2008; Çakmak ve Kutman, 2018). Tanede Zn ve Se gibi mikroelementlerin içeriğinin düşük olması yanında (a) bu mikro elementlerin tanenin dış katmanlarında (alöron, perikarp, testa) ve ruşeym (embriyoda) daha çok birikimleri ile en yaygın tüketilen beyaz unun elde edildiği endospermde düşük konsantrasyonda bulunmaları, (b) tanede daha zengin olarak bulundukları kepek fraksiyonlarında yoğun fitik asit ile mikro elementlerle oluşturdukları kompleks moleküllerin (fitatlar) vücutta faydalanılabilir formlara dönüşememesi de bu mikro-elementlerin biyoyararlılığını önemli oranda düşürmektedir (Balk vd., 2019). Bu durum, ülkemiz gibi buğday kökenli gıdaların çok tüketildiği ve başka gıdalarla bu eksikliklerin karşılanamadığı veya sınırlı olarak karşılanabildiği ülkeler için, özellikle Zn ve Se noksanlığı, alarm verici düzeylere çıkarak diyette noksanlıklarının yaygınlaşmasının başlıca nedeni olarak kabul edilmektedir (Welch vd., 2013; Çakmak ve Kutman, 2018; Lyons, 2018; Rathan vd., 2020). Bu nedenle başta buğday olmak üzere tahılların biyofortifikasyonla, gübreleme ve/veya ıslah yöntemleri, Zn ve Se bakımından zenginleştirilmesi insanımızın sağlığı açısından büyük önem arz etmektedir. Islah çalışmaları ile yeni çeşitlerin geliştirilmesi uzun zaman ve emek istemektedir. Mikroelement içeriği yüksek yeni buğdayların geliştirilmesi için dünyada birçok ıslah programı yürütülmektedir. Bu konuda önemli sonuçlar elde edilse de tane verimi, kalitesi, hastalık ve diğer fizyolojik özellikler yönünden sorunlar ortaya çıkabilmekte; programlarda tercih edilen yabani ebeveynler ile olumsuz oluşan birçok özelliğin giderilmesi oldukça zor olmaktadır. Biyofortifikasyon en etkili yöntem olarak uygun zaman, miktar ve yöntem ile yapılan gübreleme ile doğal yetişme periyodu içerisinde bitkiye dolayısıyla taneye Zn ve Se'un kazandırılması ve bunun buğday ve ürünlerinde en kısa sürede arttırılarak zenginleşmenin sağlanması ve diyette yetersiz alımın ve buna bağlı olarak oluşacak sonuçların önlenmesi halihazırda elimizdeki en etkili yöntem ve yaklaşım olarak görülmektedir (Zhu vd., 2009; White, 2016). Buğdayda Zn içeriği genellikle 20 ile 30 mg kg-1 arasında değişirken, diyetimizde Zn eksikliğine bağlı olarak noksanlıkların

oluşmaması için Zn konsantrasyonunun tanede 40-50 mg kg-1 olması gerekmektedir (Çakmak ve Kutman, 2018).

Çinko (Zn), genetik stabilite ve hücresel proliferasyondan sorumlu ve büyüme için gerekli en temel mikro besin elementlerinden birisidir (Salgueiro vd., 2000; Chasapis vd., 2011). RDA (günlük tavsiye alım miktarı) değerleri 19 yaş üzeri yetişkin bireylerde çinko için 11 mg/gün olarak belirlenmiştir (Anon., 2021a). Eksikliğinde, özellikle çocukların hastalıklara duyarlığı artmakta, fiziki gelişmesinde yetersizlikler söz konusu olmakta ve beyin fonksiyonunda ve gelişiminde ciddi sorunlar ortaya çıkmaktadır. Günümüzde gelişmekte olan ülkelerde 2 milyar insanın çoğunluğu hamile ve beş yaş altı çocuklar olmak üzere (Chen vd., 2017) çinko yetersizliğinin etkisinde olduğu bilinmekte olup (Hotz ve Brown, 2004); her yıl 5 yaş altında 450 bin çocuğun çinko eksikliğine bağlı nedenlerle hayatını kaybettiği bildirilmektedir (Prasad, 2010). Çinkonun insan vücudunda, yardımcı (katalitik), yapıcı ve düzenleyici olmak üzere 3 temel biyolojik görevi bulunmakta olup bu görevleri ile optimal büyüme, sağlık ve iyi halin sağlanmasında önem taşımaktadır. Çünkü Zn proteinlerin ve hücre bileşenlerinin yapısı ve işlevsel görevleri için mutlaka gerekli bir element olup; insan vücudunda hastalıklara karşı bağışıklık sisteminin iyi çalışabilmesi, hücre büyümesi ve çoğalması gibi hayati fonksiyonlar için kullanılmaktadır. Çinko insan vücudunda görev alan 300'den fazla enzimin, ayrıca insülin hormonunun da yapısında bir bileşen olarak yer almaktadır. Beslenmesi tahıla dayalı olan ve hayvansal besin tüketimi yetersiz olan ülkelerde sıklıkla görülen Zn yetersizliği, özellikle yetişkinlerle kıyaslandığında bebekler, çocuklar, ergenler, gebe ve emziren kadınlarda çok büyük risk oluşturmaktadır. Çinko yetersizliğinde sıklıkla görülen sağlık problemleri olarak büyüme geriliği (cücelik), hipogonadizm (cinsiyet organlarının işlevsel eksikliği), infertilite (kısırlık), dermatit (deri iltihabı), yara iyileşmesinde gecikme, saç dökülmesi ve alopesi (saçsızlık, kellik), gebelikte bebeğin olumsuz etkilenmesi, enfeksiyon hastalıklarına (bakteriyel, viral, mantar, ve diğer hastalık yapıcı etkenlere) duyarlılığın artması, pika (toprak vb. yeme), yara iyileşmesinde gecikme, depresyon, yaşa bağlı gözde maküler dejenerasyon ve ilintili körlük durumu, bilişsel yeti kaybı, karaciğer ve dalak büyümesi ve gece körlüğü belirtilebilir. İnsan derisi, sindirim, merkezi sinir, bağışıklık, iskelet ve üreme sistemleri klinik olarak çinko yetersizliğinden en fazla etkilenen organ ve sistemlerdir (Samur, 2006). Diyetimizin en önemli parçası olan buğday ve ürünlerinin günlük Zn ihtiyacımızı karşılayabilmesi için tanesinde Zn içeriği, ülkelere ve yapılan çalışmalara göre

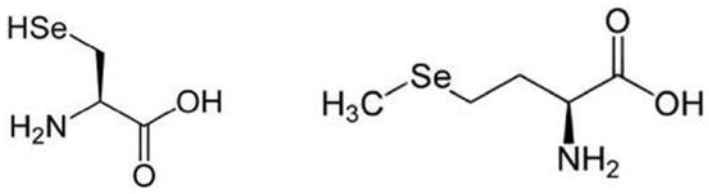
değişmekle birlikte, ortalama 45 mg/kg olması gerektiği ifade edilmektedir (Liu vd., 2017). Diğer taraftan pandemi sürecinde bağışıklık sistemini güçlü tutmanın önemi anlaşılmıştır. Covid-19'a karşı savunmada Çinko, bağışıklık fonksiyonunun korunmasında önemli olan bir mikro besin elementidir (Muscogiuri vd., 2020). Çinkonun Vero-E6 hücrelerinde ciddi akut solunum sendromu (SARS) koronavirüs RNA'ya bağımlı RNA polimeraz (RdRp) şablon bağlanmasını ve uzamasını inhibe ettiği bildirilmiştir.



Şekil 2.1. Uluslararası HarvestPlus projesi- biyofortifikasyon ile buğdayda tane Zn ve Se içeriğinin arttırılması

Selenyum (Se); sağlımız için oldukça önemli bir mikro besin elementidir (Radawiec vd., 2021). Kanser önleme kapasitesinin olması (Clark vd., 1996; Yu vd., 1997), antiviral etkiye sahip element olarak bilinmesi (Beck vd., 1995; Baum vd., 1997; Yu vd., 1997; Yu vd., 1999), ve eksikliğinde enfeksiyonlara yatkınlık, kalp hastalıkları ve bağışıklık sisteminin zayıflaması ile ilişkili olarak gösterilmesi (D'Amato vd., 2018) vücut için çok önemli bir mikro-element olduğunu ortaya koymaktadır (Rayman, 2000; Fordyce, 2013). Günlük olarak yetişkinlerde 55 µg/gün Se alımı önerilmektedir (Anon, 2021a). Günlük Se alımı coğrafi olarak değişmekle birlikte dünya çapında, bir milyardan fazla insanın önerilen 55 µg/gün dozunun altında Se tükettiği belirtilmektedir (Combs, 2001, Haug vd., 2007; Mora vd., 2015; Bañuelos vd., 2017; Wu vd., 2021;). Se eksikliği sağlığımız için çok büyük bir problem olarak görülmektedir (Lyons vd., 2003). Se eksikliği, bağışıklık tepkilerinin azalması ve CD4 + T hücre sayısının düşmesi gibi bir dizi olumsuz sağlık sonucuyla ilişkilendirilmiştir (Ligowe vd., 2020). Özellikle Covid-19 pandemi sürecinde bağışıklık sisteminin güçlü tutulmasının önemi daha da anlaşılmıştır. Se aynı zamanda güçlü bir

antioksidandır. Doku esnekliğini arttırarak ve kalp hücrelerini destekleyerek kalp ve damar sağlığının korunmasına yardımcı olur. Sperm üretimi ve canlılığı üzerine olumlu etkileri olan Se, üreme sağlığında önemli bir rol alır. Vücuttaki zararlı bileşenlerin olumsuz etkilerini azaltır ve vücuttan atılmalarına yardımcı olur. Karaciğer faaliyetleri üzerine de olumlu etkileri vardır. Se elementi yaklaşık 30 selenoprotein veya selenoenzimin bileşenidir (Rayman, 2012). Buğdayda Se çoğunlukla selenometiyoninin organik formunda (%56-100) bulunurken selenosistein (%4-12), selenometil-selenosistein (%1-4), selenat (%5- %9) ve diğer inorganik formlar (%4-26) daha küçük fraksiyonlar halinde bulunur (Şekil 2) (Galinha vd., 2015; Whanger, 2002). Buğdaydaki selenometiyonin biyoyararlılığı oldukça yüksek iken (%90'a kadar), selenat gibi inorganik formların biyoyararlılığının %50'yi geçmediği belirtilmekte (Thomson, 2004), bu da buğday ve ürünlerinin Se'un formu bakımından diyette çok önemli potansiyellerinin olduğunu ortaya koymaktadır. Zn gibi Se ihtiyacının da karşılanmasında buğdayın selenyumca zenginleştirilmesi önemli bir strateji olarak belirtilebilir (Galinha vd., 2015). Proje önerimizin başlangıcını oluşturan ve Sabancı Üniversitesi'nin koordinasyonunda, Tarım ve Orman Bakanlığına bağlı 7 Araştırma Enstitüsü ve Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü ile birlikte yürütülen projede Türkiye'de yetiştirilen buğdayların Se bakımından çok fakir olduğu belirlenmiştir. Türkiye'nin değişik noktalarından toplanan 575 buğday örneğinde yapılan analizlere göre, örneklerin yaklaşık %88'inde Se konsantrasyonunun 40 µg/kg (40 ppm) altında olduğu bulunmuştur. Çalışmada özellikle Orta Anadolu Bölgesi buğdaylarında Se konsantrasyonu çok düşüktür (ortalama 20-25 µg/kg). Biyofortifikasyon ile Se uygulamaları buğdayda tane Se konsantrasyonunu arttırmada çok etkili olmuştur. Artışlar toprak uygulamalarında arzu edilen minimum değerlerin üzerinde olurken, yaprak uygulamalarında ise arzu edilen en üst düzeyin de üzerine çıkmıştır. Piyasada agronomik biyofortifikasyonla Se'ca zenginleştirilmiş ürünler bulunmaktadır. Se zenginleştirilmiş pirinç (Wu vd., 2021) ve meyve ve sebzeler (Beilstein vd., 1991; Ni vd., 2014; Sindelarova vd., 2015; Sun vd., 2020) bunlardan bazılarıdır.



Şekil 2.2. Selenyum bileşenleri

Çalışma kapsamında çoğunlukla ekşi maya fermantasyonu ile üretilen yöresel ekmeklerin biyofortifikasyon ile Se ve Zn bakımından zenginleştirilecek olması, fermantasyonun kepek tabakasında bulunan ve mikro elementler ile çelat oluşturarak onların biyoyararlılığını azaltan fitik asidin elimine edilmesinde çok önemli fonksiyonu olduğundan, bu mikro elementlerin sindirim sırasında biyoyararlılığının artmasını sağlayacaktır. Proje kapsamında geliştirilen yöresel ekmekler fazlaca tüketilen ürünler olduğu için, günlük Se referans alım değerlerinin (RDA) karşılanmasında önemli katkılar sağlayacaktır.

Ekmek yapımında viskoelastik yapıdaki hamur fermantasyon sırasında oluşan gazı tutarak kabarmayı sağlar. Böylece hamurun hacmi artarken yoğunluğu azalır. Protein miktarı bu özelliklerin oluşmasında en önemli faktör olarak kabul edilmektedir (Pena, 2002). Protein miktarı kompozisyonu ile birlikte hamur özellikleri ve ürünün pişirme, tekstür ve görünüm özelliklerini belirleyen temel bir faktördür (Carson ve Edwards, 2009). Protein oranının ekmek yapımında %12-13, bisküvi yapımında %8,5-10,5, pasta yapımında ise %9-9.5 olması istenmektedir (Ünal, 2002; Pena, 2002). Protein miktarı ile birlikte unun gluten kalitesi unların son ürüne uygunluğunu belirleyen temel faktördür (Alverez ve Guzman, 2018). Un proteinlerinin (gluten) viskoelastik ve kohezif dengesinin her son ürün için optimum düzeyde olması gerekmektedir (Veraverbeke ve Delcour, 2002). Gluten (özellikle glutenin proteinlerinin) kuvvetinin belirlenmesinde sedimentasyon testleri (SDS ve Zeleny) kullanılmaktadır (Zeleny 1971; Guzman vd., 2016). Gluten kalitesini tahminlemede kimyasal testlerde tekrarlanabilirlik düşük olabilmekte ve kişiden kişiye değişkenlik gösterebilmekte; hamur reolojik özellikleri ise en iyi yöntemlerde olsalar da zaman alıcı, iş yükü getiren ve fazla numune isteyen analizler olarak karşımıza çıkmaktadırlar. Gluten kalitesinin (reolojisinin) değerlendirilmesinde kullanılacak GlutoPik cihazı ise oldukça büyük avantajlara sahip olmaktadır (Anon., 2021b). GlutoPik cihazı ile yapılan çalışmalarda (sektörün kullandığı unlar çalışılmıştır) ekmek sektörünün istediği unların maksimum tork ve yüksekliğinin yüksek ve pik zamanın orta-uzun olması gerektiği ortaya konulmuştur (Karaduman vd., 2015; Karaduman vd., 2019, 2020). Undaki bileşenlerde ürün kalitesini belirleyen yalnızca protein değildir. Lipidler, şekerler, nişasta, pentozanlar gibi bileşenler, bu bileşenlerin yapısı, bunların etkileşimleri ve oluşturdukları bağlar oldukça önemlidir. Kalite ancak bu bileşenlerin bilinmesi ile daha doğru ortaya konulabilmektedir. Solvent tutma kapasitesi (STK) testlerinin bu bileşenleri çok az örnek ile kısa sürede tahminlenmesini sağlama potansiyelleri vardır (Karaduman, 2020). Solvent tutma kapasitesi

(STK) testlerinde dört adet solvent kullanılmaktadır. STK-su undaki nişasta, arobinoksilan, glutenin ve gliadinler tarafından tutulan suyu ölçer. Pişme özelliklerini en iyi tahmin eden bir faktördür. STK-sakkaroz pentozan içeriğinin göstergesidir. Pentozanlar fırıncılık ürünlerinde su absorpsiyonunu önemli ölçüde etkiler (Guzman vd., 2015; Anon., 2020). STK testleri unun farklı kompozisyonlarının ekmeklik kaliteye etkilerinin yorumlanmasında kullanılacak ve oldukça önemli bilgiler sağlamaktadır. Un fiziko-kimyasal ve teknolojik özellikleri buğday kalitesinin ortaya konulmasında önemli olsalar da tüm bileşenlerin etkisinin yer aldığı hamuru elde edip hamur kalitesini (reolojik özellikleri) görmek zorundadır (Karaduman vd., 2017). Bileşenler yoğurulma ile bir araya gelmekte tahminleme testlerinin ötesinde ürünü meydana getiricek gerçek ortamı oluşturmaktadır. Oluşan hamurun kıvamı, uzaması, çekince direnç göstermesi veya hemen kopması ürün eldesi için şekil verilecek makinalara gönderilme öncesinde en kritik safhayı oluşturmaktadır. Ekmeklik hamurlarda gluten gücünün (strength) yüksek uzama kabiliyeti orta-uzun ve direncinin fazla olması istenmektedir (Guzman vd., 2016). Hamurun reolojik özellikleri farklı cihazlar kullanılarak ortaya konulmaktadır (Ünal ve Boyacıoğlu, 1984; Ünal, 1991; Boyacıoğlu, 1996; Ünal, 2002; Kweon vd., 2014; Guzman vd., 2016). Alveografta optimum şartlarda yoğrulan hamurun hava ile şişirilmesi sırasında ortaya çıkan elastikiyet, uzayabilirlik ve hamur kuvveti hakkında bilgi vermektedir. Yüksek elastikiyet ve düşük uzayabilme güçlü bir protein kalitesini karakterize etmektedir (Aprodu vd., 2010; Guzman vd., 2016).

Buğday ürünleri günlük enerji (33%) ve protein (25%) ihtiyacının karrşılanmasında çok önemli yerleri olsa da sağlık içinde çok önemli faydaları bulunmaktadır (Tatham ve Shewry, 2008). Projede tam buğday ununun ikame edilmesi ile yöresel ekmeklerin Zn ve Se mikro element içeriğinin arttırılması ile birlikte tam buğday unu kullanımı ile özellikle alöron, embriyo ve diğer kepek tabakalarındaki besin ögeleri de (protein ve bazı aminoasitler, vitaminler, antioksidan ve fenolik bileşenler, diyet lifi ve K, P, Ca, Fe, Cu, Mn., Mg diğer bazı mineral maddeler gibi) ekmek bileşimine kazandırılmıştır (Delcour ve Hoseney, 2010). Yapılan çalışmalar; tahıllar açısından, özellikle de tam tahıllarca, zengin diyetlerin önemli biyoaktif bileşenler nedeniyle koroner kalp hastalıkları, tip 2 diyabet, bazı kanserler gibi kronik hastalıkların riskinin azaltılmasında etkili olduğunu göstermiştir (Ryan vd., 2011). Folatlar, alkil resorsinoller, arobinoksilan, beta-glukan, fenolik asitler, tokoller ve steroller buğday tanesindeki önemli biyoaktif bileşenlerdir (Alverez ve Guzman, 2018).

Antioksidanlar hem besinlerimizi hem de bu besinleri tüketen canlıları oksidan moleküller gibi serbest radikallerin zararlı etkilerine karşı koruyan kimyasal maddelerdir. Tam tahıl unlarının antioksidan içerikleri yüksektir (Bagdi vd., 2016). Tahıllarda bulunan fenolik maddelerin serbest ve bağlı formları bulunmaktadır. Serbest fenolikler, kepekte daha dış tabakasında bulunmaktadır; bağlı fenolikler ise hücre duvarında esterleşmiş halde bulunurlar (Klepacka ve Formal, 2006). Epidemiyolojik çalışmalar, tam tahılların ve tahıl bazlı ürünlerin tüketiminin kronik hastalık riskini azalttığını göstermiştir. Bu koruyucu etki tam tahılların benzersiz fitokimyasal kompozisyonlarından ileri gelmektedir. Bu fitokimyasallardan fenolik maddeler, buğdayın toplam antioksidan aktivitesine katkıda sağlayan ana bileşenlerdir. Yapılan çalışmalarda en yüksek toplam fenolik içeriği mısırda (15,55 µmol GA g^{-1}), ardından sırasıyla buğday (7,99 µmol GA g^{-1}), yulaf (6,53 µmol GA g^{-1}) ve pirinçte (5,56 µmol GA g^{-1}) tespit edilmiştir. Ferulik asit tahıllarda ana fenolik bileşiktir. Antioksidan aktivite incelendiğinde ise en yüksek antioksidan aktivite mısırda (181,42 µmol C vitamini eşdeğeri g^{-1}), ardından sırasıyla buğday (76,70 µmol C vitamini eşdeğeri g^{-1}), yulaf (74,67 µmol C vitamini eşdeğeri g^{-1}) ve pirinçte (55,77 µmol C vitamini eşdeğeri g^{-1}) tespit edilmiştir. Bağlı fitokimyasallar buğday, mısır, pirinç ve yulafta, sırasıyla %90, %87, %71 ve %58 oranında bulunurlar, toplam antioksidan aktivitenin temel bileşenidir. Bağlı fitokimyasallar, mide ve bağırsak sindiriminden geçerek kolona ulaşırlar. Bu da kolon kanseri başta olmak üzere, diğer sindirim kanserleri, meme kanseri ve epidemiyolojik çalışmalarda desteklenen prostat kanserinin önlenmesinde tahıl tüketiminin önleyici etki mekanizmasını kısmen açıklamaktadır (Adom ve Liu, 2002).

Ekmek üretiminde geleneksel olan ekşi hamur yöntemi ve endüstriyel yöntem olmak üzere iki ayrı yöntem uygulanmaktadır. Değişik teknolojide üretim yöntemleri kullanılarak çok farklı çeşitte ekmek elde etmek mümkün olmaktadır. Fermantasyon işlemi ve maya çeşidi ekmek yapımı ve ekmek kalitesi üzerinde oldukça önemli bir etkiye sahiptir. Ekmek üretiminde çok farklı teknikler kullanılmakla birlikte, ekşi mayadan ekmek üretimi çok eski yıllara dayanmaktadır (Meroth vd., 2003). Ülkemizde ticari maya kullanılarak endüstriyel yöntem ile en fazla tava ve francala tip beyaz ekmekler üretilmekle birlikte (Solak, 2020), son zamanlarda tüketicilerin daha doğal olarak kabul edilen çeşitli gıdalara olan ilgilerinin artmasıyla ekşi hamurla ekmek üretimi yöntemi ile üretilen yöresel ekmeklere dünyada ve ülkemizde yönelme başlamıştır (Plessas vd., 2011; Bircan vd., 2017; Taşçı vd., 2017, Xu vd., 2019) ve yöresel ekmeklerin tüketiminin artmaya başladığı görülmektedir (Behera ve

Ray, 2015; Köten ve Ünsal, 2020). Özellikle damak tadı, aroması, besleyiciliği ve geç bayatlama özellikleri olumlu yönde değiştiğinden bu tür ekmekler fazlaca tercih edilmektedir (Messens ve De Vuyst, 2002; Gobbeti vd., 2005; De Vuyst ve Neysens, 2005; Hansen, 2012; Kalkışım vd., 2012; Bal vd., 2013). Beyaz ekmek üretiminde otomasyon ve ileri üretim tekniklerinin aksine bu tip ekmeklerin üretimi geleneksel yöntemlerle küçük aile işletmelerinde ve sınırlı miktarda olmaktadır (Yıldız vd., 2009). Yöresel ekmek üretiminde fermantasyon yerli mikroorganizmalar aracılığıyla, hamurun kendiliğinden fermantasyonu ile olur. Ekmek hamuru içerisine önceden hazırlanmış ekşi mayalı hamur ilave edilir. Yani mevcut mikroflora önceki hamurun mikroflorasına bağlıdır. Elde edilen mayalı hamurun bir bölümü bir sonraki parti için saklanır (Corsetti vd., 2004). Her yöreye ait yöresel ekmeklerin üretiminde yoğurma süresi, fermantasyon koşulları ve pişirme şekil ve süreleri gibi nedenlerle farklı unlar tercih edilmektedir. Bunun yanında her yöresel ekmeğin üretiminde farklı özellikte ekşi mayalar kullanılmaktadır. Yöresel ekmeklerde beyaz ekmeğe göre ekmeklerin hacmi daha fazla olmakta, daha hoşa giden aroma oluşmakta, gözenek ve iç yapıda dağılım ve oluşum daha iyi olmakta ve raf ömrü de uzun olmaktadır (Gül vd., 2005; Akgün, 2007; Baykara, 2006; Kotancılar vd., 2006; Boz vd., 2008; Plessas vd., 2011). Yöresel ekşi maya ekmekleri maya ve bakterilerden oluşan özel bir flora taşıdığından probiyotik yani insan sağlığını olumlu etkileyen özellikli gıdalardır (Gültekin vd., 2019; Şahin, 2020; Capurso ve Capurso, 2021). Lactobacillus acidophilus, Lb. delbrueckii, Lb. farciminis, Lb. mindensis, Lb. amylovorus, Lb. johnsonii, Lb. sanfranciscensis Lb. brevis, Lb. fermentum, Lb. pontis, Lb. reuteri, Lb. fructivorans, Lb. panis, Lb. buchneri, Lb. plantarum Pediococcus pentosaceus ekşi maya yapımında faydalanılan başlıca laktik asit bakterileridir (Behera ve Ray, 2015). Yine bu ekmeklerin glisemik indeksinin düşük olması obezite ve buna bağlı rahatsızlıkların önlenmesi; beta glukanın korunmuş olması ve oluşan asitler ile vücut tarafından faydalanabilirliğin artışı bu ekmeklerin en önemli avantajlarından birisidir (Boz ve Karaoğlu, 2008; Şahin, 2020). Ülkemizde yöresel ekmekler konusunda son yıllarda yoğun çalışmalar yapılmaktadır (Köten ve Ünsal, 2020).

Çalışmada Zn ve Se bakımından zenginleştirilmiş Bezostaja1 çeşidine ait tam buğday ununun yöresel ekmek yapımında kullanılan unlara ikame edilmesinin un ve ekmeklerde çinko ve selenyum içeriği üzerinde etkinliği yanında elde edilen ikame un, hamur ve ekmeklerin teknolojik özelliklerine etkisi de çalışılmıştır. Yöresel ekmekler, özellikle nişastanın düz zincilerinin (amiloz) pişirme sonrasında soğuma ile birlikte biraraya gelerek

ekmekte ufalanan iç yapının oluşması olarak isimlendirilen bayatlamanın ve mikrobiyal gelişmenin (küf gelişimi) daha geç gerçekleştiği aranılan ve oldukça sevilerek tüketilen unlu mamullerdir. Çinko ve selenyum içeriği arttırılmış bu ekmeklerin tüketimi bu mikroelementlerin noksanlığının giderilmesinde önemli katkıları sağlayacaktır. Çalışma tam buğday ununun ekmek üretiminde kullanılabilirliği konusunda yapılacak çalışmalar içinde yol gösterici olacaktır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Biyofortifiye Bezostaja1 çeşidi Salihli ekmeklerinin üretiminde kulllanılan unların çinko ve selenyum bakımından zenginleştirilmesi amacıyla Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (GKTAEM)'ünden sağlanmış ve Kurumun Kalite ve Teknoloji Birim Laboratuvarı'nda Retsch ZM200 değirmeni (Retsch, Haan, Germany) ile 0,5 mm partikül iriliğinde öğütülerek çinko ve selenyum bakımından zengin biyofortifiye tam tane unları elde edilmiştir. Zenginleştirilmiş un ise Salihli ekmeği üretimi yapan bir işletmenin üretimde kullandığı undan temin edilmiştir. Bu una %0, 25, 50, 75, 100 (biyofortifiye tam tane unu) oranında ikame edilerek araştırmada kullanılacak numuneler hazırlanmıştır. Kontrol unu ve 4 ikame un olmak üzere toplam 5 adet un numunesi oluşturulmuştur. Unların homojen bir şekilde karıştırılmasını sağlamak amacıyla Kitchen Aid stand mikserde 5 dak. karıştırma uygulanmıştır. Un ve ekmek analizleri için hazırlanan numuneler yaklaşık 15 ± 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

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

3.2.1.2. Rutubet miktarı

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

%Rutubet= 100 × (örneğin başlangıçtaki ağırlığı, g – örneğin kuru ağırlığı, g) /örneğin başlangıçtaki ağırlığı, g

3.2.1.3. Su aktivitesi

Su Aktivitesi Tayin Cihazı (Novasina Labmaster-aw manual, Lachen, İsviçre) kullanılarak ölçüm yapılmıştır.

3.2.1.4. Kül miktarı

AACCI Metot No:08.01'e (AACCI,2010) e göre belirlenmiştir. Yakma işlemi yüksek sıcaklık değerlerine dayanabilen Kül Fırını (Labcompanion) ile gerçekleştirilmiştir. Daha önce 550 °C'de kurutulup (yaklaşık 30 dk) sabit ağırlığa getirilmiş, desikatörde soğutulup darası alınmış yakma krozelerine yaklaşık 5 g (0,1 mg hassasiyetle) örnek tartılmıştır. Örnekler sıcaklığı 550 °C'ye getirilmiş kül fırını kapağı üzerine yerleştirilerek 1-2 mL etil alkol ilave edilip ön yakma işlemine tabi tutulmuştur. Ön yakma işleminden sonra krozeler fırına yerleştirilip yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Külün rengi açık gri olana kadar yakma işlemine devam edilmiştir. Yakma işlemi sonunda krozeler önce 1-2 dk amyant levha üzerinde bekletilmiş, desikatörde soğutulup tartılmıştır (3.1).

%Kül= 100 × ((kül + kroze Ağırlığı, g) – kroze Ağırlığı, g)) × 100 / örnek miktarı × (100-örnek rutubeti,%) (3.1)

3.2.1.5. Protein oranı

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

3.2.1.6. Yaş gluten (öz) miktarı

Gluten indeks değeri: Gluten yıkama cihazı (Glutomatik 2200 kullanılarak) belirlenmiştir. Çalışmaya başlamadan önce aletin 10 litrelik deposu %2'lik tuzlu su çözeltisi

ile doldurulmuş, alet, yoğurma süresi 20 sn, yıkama süresi 4.5 dk ve yıkama suyunun akış hızı 50-54 mL/dk olacak şekilde ayarlanmıştır. Aletin yıkama başlığına takılan özel elek içerisine 10 g un örneğinden tartılarak un örneğinde çalışması nedeniyle ince elek (gözenek aralığı 80 µm) kullanılmıştır. Una 4,7 mL kadar yıkama çözeltisi ilave edilip ve başlık yerine takılmıştır. Alet çalıştırılarak önceden ayarlanan sürelerde, önce yoğurma sonra yıkama işlemi otomatik olarak yapılmıştır. Alet durduktan sonra başlık çıkarılmış içindeki gluten alınıp tartılmıştır. Tartımda bulunan değer 10 ile çarpılarak % yaş gluten miktarı bulunmuştur ve sonuç aşağıdaki formüle göre hesaplanarak kuru madde esasına göre verilecektir (3.2).

Yaş gluten miktarı (km, %) = 100 X yaş gluten miktarı, % × (100 – örnek rutubeti, %) (3.2)

3.2.1.7. Gluten şişme indeksi

Wang ve Kovacs (2002)'ye göre yapılmıştır. Öncelikle izopropanol-laktik asit çözeltisi hazırlanmış (AACC 56-60), bunun için hazırlanan %25'lik laktik asit solüsyonundan 45 mL alınıp 50 mL izopropanol ilavesi sonrası 250 mL ye hacim tamamlanmıştır. 2 mL santrfiüj tüpüne 40 mg un tartılıp üzerine 0.8 mL saf su ilave edilerek 5 s vortekslenmiştir. Termomikserde 1400 rpm'de, 25°C'de, 10 dakika bekletilmiştir. Üzerine 0.4 mL izopropanol-laktik asit çözeltisi ilave edilerek tekrar 5 s vortekslenmiştir. Tekrar termomikserde 1400 rpm'de, 25 °C'de, 10 dakika bekletilmiştir. 100 g de 5 dakika santrifüjlenip daha sonra çözelti dökülüp tüpün üst kısmı kâğıt havlu ile silindikten sonra tartılmıştır. Sonuçlar aşağıdaki formülle %14 rutubete göre düzeltme yapılarak verilmiştir (3.3).

%GSI = (Tüp + kalıntı ağırlığı- boş tüp ağırlığı)/(un ağırlığı) × (100 - 14 / 100 - un rutubeti,%) (3.3)

3.2.1.8. Makro-SDS sedimantasyon (MSDS) değeri

Williams vd. (1986)'de belirtilen metoda göre 100 mL standart test tüpleri kullanılarak belirlenmiştir. Un örneğinden 3,0 g tartılmış 100 mL'lik ağzı kapaklı ölçü silindirine konulmuştur. Üzerine bromfenol mavisi çözeltisinden 50 ml ilave edilerek kapağı

kapatılmış yatay olarak 5 sn içinde 12 kere çalkalanarak un ile çözeltinin iyice karışması sağlanarak ve sedimantasyon sallama cihazında 5 dakika çalkalanmıştır. 5 dakika sonunda üzerine 50 Ml sodyum dodesil sülfat -laktik asit çözeltisinden ilave edilip tekrar 5 dakika daha mekanik çalkalayıcı da çalkalanmış, düz bir yüzeyde 5 dakika bekletildikten sonra dibe çöken miktar ölçü silindirinden okunmuştur.

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

Guzman vd. (2015)'e göre ve Karaduman (2020)'de çalışılan metoda göre yapılmıştır. Çalışmada sodyum karbonat (%5, w/v), laktik asit (%5, v/v), sakkaroz (%50, w/v) ve saf su solvent olarak kullanılmıştır. Buna göre 2 mL santrifüj tüplerine 0.3000 g un tartılmış ve üzerine her bir solventten ilave edilmiştir. Vortekste homojen bir karıştırma sonrası hızlıca termomiksere konularak 1400 rpm'de, 25 °C'de, 5 dakika bekletilmiştir. Daha sonra tüp içeriği 400 g de 2 dakika santrifüj edilmiştir. Solvent içeriği döküldükten sonra 45 derece açı ile oda sıcaklığında 10 dakika bekletilip tüplerin üst kısmı kâğıt havlu ile silindikten sonra tüp ve kalıntı tartılmıştır. Sonuçlar aşağıdaki formülle %14 rutubete göre düzeltme yapılarak verilmiştir (3.4).

%STK = (Tüp + kalıntı ağırlığı- boş tüp ağırlığı) /(un ağırlığı) × (100 - 14 / 100 - un rutubeti,%) - 1 × 100 (3.4)

3.2.1.10. Toplam antioksidan aktivite tayini

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

3.2.1.11. Toplam fenolik madde miktarı

Toplam fenolik madde miktarları Xu vd. (2009) tarafından bildirilen metoda göre belirlenmiştir. Toplam antioksidan aktivite tayinindeki gibi ekstraksiyon yapılmıştır. Gallik asit standardı kullanılarak sonuçlar g GAE/100 g gallik asit cinsinden ifade edilmiştir. Örnekten 500 µL alınmış 2.5 mL saf su ilave edilmiştir. 500 µL folin ciocolteu eklenerek 30 dakika karanlıkta bekletilmiştir. Üzerine 1.5 mL sodyum korbonat (%7,5'lik) ilave edilerek saf su ile 10 mL ye tamamlanmıştır. 30 dakika daha oda sıcaklığında karanlıkta bekletilerek 400 rpm de 5 dk santrifüj edilip 760 nm de kör metanol olacak şekilde termoplaka okuyucuda okunmuştur. Gallik asit standart olarak kullanılmış olup tüm işlemler standartlar içinde yapılmıştır. Standart olarak 50, 100, 150, 200, 250 ppm gallik asit standardı hazırlanmıştır.

3.2.1.12. Çinko ve selenyum analizi

ICPOES (indüktif eşleşmiş plazma optik emisyon spektrometresi, PerkinElmer 8000 USA) sistemi kullanılmıştır. Numune yakma işlemleri CEM Mars6 marka mikrodalga fırınında gerçekleştirilmiştir. Tüm çözeltiler analitik saflıkta ve TKA Ultra Pacific ve Genpura su saflaştırma sistemiyle ultra saf su (18 MΩ cm dirençli) kullanılarak hazırlanmıştır. Argon (99.9995% saflıkta, Linde, Türkiye) taşıyıcı gaz olarak kullanılmıştır. Standart stok çözeltiler (1000 mg/L) her element için kalibrasyon standartlarını (Merck, Darmstadt, Almanya) hazırlamak için kullanılmıştır. Standartlar çözeltiler, %0,3'lük HNO3 (Merck Darmstadt, Almanya) kullanılarak günlük hazırlanmıştır. Metod validasyonu için botanik sertifika referans materyalleri olarak SRM 1515 elma kullanılmıştır. Örneklerin yakma işleminde 40 örnek hazneli bir rotora sahip ve polietilenteflon kapları olan CEM Mars6 mikrodalga yakma sistemi kullanılmıştır. Polietilen teflon kaplar %10 HNO3 (%67 v/v) banyo içinde dezenfekte edilmiş, sonra ultra saf suda temizlenmiş ve 40 °C'deki fırında kurutulmuştur. Örneklerden 0.5 g alınarak polietilen teflon tüplere konulmuş, üzerine 10 ml derişik HNO3 eklenmiş ve mikrodalga fırın yakma programına bağlı olarak 30 dk 200°C'de yakılmıştır. Örnekler oda sıcaklığında soğutulduktan utrasaf su ile 50 mL'ye tamamlanmış ve sonra ICP-OES'de analiz edilmiştir (Kaçar ve İnal, 2008). Cihaz çalışma koşulları Şekil 3.1'de verilmiştir.

ICP-OES çalışma şartları Cihaz: Perkin Elmer 2100 ICPOES Cihazı Axial konumda	
RF Gücü	1300W
Plazma	15L/dk
Aux.	1L/dk
Sisleştirici	0.5L/dk
Entegrasyon Modu	Pik Alanı
Örnek akışı	0.8 mL/dk
Kullanılan gazlar :.	Yüksek saflıkta %99.999 Argon ve Azot : (Linde gaz. A.Ş temin edilen)

Şekil 3.1. ICP-OES çalışma koşulları

Zn ve Se için 0.1-2 mg/L aralığında standart çözelti ile kalibrasyon eğrisi lineer olarak çizilmiştir. Geri kazanım, her bir numune üzerine 5 mg/kg Zn ve Se olacak şekilde standart eklenerek gerçekleştirilmiştir. Örneklerle aynı yakma ve tayin prosedürü uygulanmıştır.

3.2.1.13. GlutoPik analizi

Brabender Glutopik cihazında yapılmıştır (Brabender GmbH and Co KG, Duisburg, Germany). Analizde 9 g un ve 9 g 0,5 M Rapid Flour Check kullanılmış: analiz 34 °C sabit sıcaklık ve 1.900 rpm sabit karıştırma hızında 3 dakikada tamamlanmıştır. Pik maksimum zaman (PMT), maksimum tork (BEM), maksimum torktan 15 önceki tork (AM), maksimum torktan 15 s sonraki tork (PM) elde edilmiştir (Karaduman vd., 2020).

3.2.1.14. Alveograf analizi

Hamur reolojik özellikleri Alveo-link (Chopin Technologies France) kullanılarak American Association of Cereal Chemist International (AACCI) method 54.30.02(AACCI, 2010) modifiye edilmiş şekilde yapılmıştır. Analizde 60 g un kullanılmış ve unlara verilecek su miktarı International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT) tarafından un rutubeti, protein oranı ve solvent tutma kapasitesi laktik asit, su, sakkaroz ve sodyum karbonat kullanılarak geliştirilen (Guzman vd., 2015) ve Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü' nde uzun yıllardır ölçülen değerlere göre geliştirilen denklemle belirlenmiştir. Hamur eldesinde 60 g'lık tek bıçaklı mikser (Bastak Instruments) kullanılmış, 25 °C su verildikten sonra 1. ve 2. dakikalarda mikser durdurularak kenara yapışan hamur

karıştırılmıştır. Toplam 8 dak yoğurmanın ardından hamur dikkatli bir şekilde içe doğru katlanıp kenarlar ve uç kısımları da içe doğru getirilmiştir. Hamur şekillendiricide cihazın standart kalıbına uygun kalınlıkta açılıp standart hamur kesme cihazında kesilmiştir. 20 dak dinlendirilen hamurlara Alveo-AH testi uygulanmıştır. T (direnç), A (uzama kabiliyeti), T/A değeri (gluten dengesi), Fb (enerji değeri), Ex (elastikiyet indeksi) değerleri belirlenmiştir.

3.2.2. Laboratuvar tipi ekmeklerin eldesi

Ekmeklerin üretilmesinde AACC Metot No:10-10A (AACCI, 2010) modifiye edilerek uygulanmıştır (Katina, 2005; Rieder vd., 2012; Chinma vd., 2016; Yu vd., 2018). Ekşi maya üretim yapan işletmelerden soğuk tertibatlı kaplarla birgün öncesinde alınmış, besleme yapıldıktan sonra yaklaşık 16 saat süre ile oda sıcaklığında aktivasyona bırakıldıktan sonra kullanılmıştır. Hamur formülü 100 g un (%14 k.m.), tuz çözeltisi, yaş maya çözeltisinden (A veya B kombinasyonu) oluşmaktadır. A ve B maya kombinasyonu aşağıdaki gibi oluşturulmuştur:

A maya kombinasyonu: %20 ekşi maya + %1,0 yaş maya çözeltisi
B maya kombinasyonu: %15 ekşi maya + %2,0 yaş maya çözeltisi

Yaş maya çözeltisi: %1 ve %2'lik hazırlanmıştır ve 25 ml, 100 g un için ilave edilmiştir. Tuz + şeker çözeltisi %4 tuz ve %3 şeker taşımaktadır ve 25 ml, 100 g un için ilave edilmiştir. Una verilecek ilave su miktarı toplam 47 ml su yaş maya ve tuz + şeker çözeltilerinden geldiği gözönüne alınarak International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT) tarafından un rutubeti, protein oranı ve solvent tutma kapasitesi laktik asit, su, sakkaroz ve sodyum karbonat kullanılarak geliştirilen (Guzman vd., 2015) ve Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü (GKTAEM)'nde uzun yıllardır ölçülen değerlere göre geliştirilen denkleme göre unların belirlenen su absorpsiyon değerlerinden 47.0 ml çıkarılarak belirlenmiştir. Yoğurma işlemi mutfak tipi hamur yoğurma makinesinde (KitchenAid, 5KSM45, ABD) 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 aşağıdaki işlem basamakları sırasıyla uygulanmıştır:

- Fermantasyon: 30 ^{0}C'de, %85 RH, 75 dakika (taslarda)
- Gaz alma (3/8)
- 2. Fermantasyon: %85 RH, 30 ^{0}C'de, 75 dak (taslarda)
- Gaz alma (3/8), katlama ve tavalara alma
- 3. Fermantasyon 120 dak., 30 ^{0}C'de, %85 RH (tavalarda)
- 230 ^{0}C, 25 dak. pişirme
- 2 saat oda sıcaklığında bekletilerek ölçümler öncesi soğutulmuştur

3.2.3. Ekmek analizleri

3.2.3.1. Renk analizleri

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

3.2.3.2. Rutubet miktarı

Bölüm 3.2.1.2.' de belirtilen yönteme göre tayin edilmiştir.

3.2.3.3. Su aktivitesi

Bölüm 3.2.1.3.' te belirtilen yönteme göre tayin edilmiştir.

3.2.3.4. Kül miktarı

Bölüm 3.2.1.4.' te belirtilen yönteme göre tayin edilmiştir.

3.2.3.5. Protein oranı

Bölüm 3.2.1.5.' te belirtilen yönteme göre tayin edilmiştir.

3.2.3.6. Ekmek hacmi/spesifik hacim değerleri

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

3.2.3.7. Tekstür analizi

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

3.2.3.8. Toplam antioksidan aktivite tayini

Bölüm 3.2.1.10.' da belirtilen yönteme göre tayin edilmiştir.

3.2.3.9. Toplam fenolik madde miktarı

Bölüm 3.2.1.11.' de belirtilen yönteme göre tayin edilmiştir.

3.2.3.10. Alan emisyonlu taramalı elektron mikroskobu görüntüleme-SEM

Yüzey karakteristiklerinin belirlenmesi için ekmeklerin merkez kısmından alınan numunelerinde SEM görüntüleri JSM-5600LV Jeol (Japonya) cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Ölçüm öncesi örneklerin yüzeyi palladyum-altın ile Quorum SC7620 (İngiltere) kullanılarak kaplanmıştır.

3.2.3.11. Çinko ve selenyum analizi

Bölüm 3.2.1.12.' de belirtilen yönteme göre tayin edilmiştir.

3.2.3.12. Duyusal analiz

Duyusal analiz için hazırlanan ekmek örneklerine farklı kodlar verilerek ekmeklerin kabuk rengi, iç rengi, görünüş, gözenek yapısı, ekmek içi yapı, lezzet, çiğnenebilirlik ve genel beğeni özellikleri bakımından tercih veya beğenme/beğenmeme durumlarının değerlendirilmesi için bir puantaj formu oluşturulmuştur (Altuğ Onoğur ve Elmacı, 2011). Değerlendirme formu oluşturulurken hedonik skaladan yararlanılmış ve panelistlerin her bir ekmeği genel beğenme durumlarını 1-9 arası bir rakamla ifade etmeleri istenmiştir. 15 panelist tarafından değerlendirme yapılmıştır. 1 hiç beğenmedim, 2-3 az beğendim, 4-5-6 orta derecede beğendim, 7-8 beğendim, 9 çok beğendim şeklinde puantaj formuna numaralar verilmiştir.

3.2.4. İstatistiki analizler

Un ve ekmeklerde teknolojik ve beslenme kalitesi ile ilgili özelliklerin belirlenmesi analizleri tam şansa bağlı deneme planında 2 faktörlü olarak yapılmıştır. Sonuçların analizi JMP istatistik programı ile yapılmıştır (SAS Institute, 1998). Ortalamaların karşılaştırılmasında Student's t testi ($p<0,05$) kullanılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Un Analizleri

4.1.1. Çinko ve selenyum miktarı

Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane unu ile zenginleştirilmesi elde edilen unların çinko ve selenyum miktarı analiz sonuçları Çizelge 4.1'de verilmiştir. İkame unların çinko miktarı 22,95 ile 48,93 mg/kg ve selenyum miktarı 144,0 ile 338,6 µg/kg arasında değişim göstermiştir. Unların çinko ve selenyum miktarı ortalama sırasıyla 32,03 mg/kg ve 205,4 µg/kg olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.1. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane unu ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unların çinko ve selenyum miktarı analiz sonuçları[1]

Un çeşidi	BTTU ikame oranı %	Tekerrür	Çinko miktarı mg/kg	Selenyum miktarı µg/kg
M1	100	1	46,91	305,8
		2	48,93	338,6
		3	47,47	325,4
M2	75	1	44,14	286,0
		2	42,63	256,0
		3	42,42	260,7
M3	50	1	33,07	206,0
		2	34,42	212,0
		3	34,12	205,9
M4	25	1	22,95	144,0
		2	24,05	153,0
		3	23,15	144,8
M5	0	1	12,07	82,0
		2	12,23	77,0
		3	11,89	83,2
Ortalama			32,03	205,4
Minimum-maksimum			11,89-48,93	77,0-338,6

[1]Sonuçlar kurumadde üzerinden düzeltilmiştir. M5: yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan kontrol unu; M1: biyofortifiye tam tane unu (BTTU); M2: %75 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; M3: %50 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; M4: %25 BTTU ikame edilmiş kontrol unu

İkame un örneklerinin unların çinko ve selenyum miktarlarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.2' de verilmiştir. Un çeşitleri arasında çinko ve selenyum miktarları bakımından istatistiki olarak çok önemli düzeyde ($p<0,01$) farklılık bulunmuştur.

Çizelge 4.2. Yöresel ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda biyofortifiye unun ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unların çinko ve selenyum içeriklerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	Çinko miktarı			Selenyum miktarı		
		KT	KO	F	KT	KO	F
Un çeşidi	4	2538,901	634,725	1116,373**	110069,5	27517,38	237,0242**
Hata	10	5,686	0,569		1160,95	116,1	
Toplam	14	2544,586			111230,45		

**: $p<0,01$ düzeyinde önemli. VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması

Un çeşitlerine ait çinko ve selenyum miktarı ortalamalarının çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.3' de verilmiştir. BTTU'nun (M1) ortalama çinko ve selenyum miktarı sırasıyla 47,77 mg/kg ve 323,27 µg/kg ve kontrol ununun (M5) ise 12,06 mg/kg ve 80,73 µg/kg olarak bulunmuştur. Kontrol ununa BTTU ikame oranı arttıkça her oran birbirinden istatistiki olarak farklı olacak şekilde çinko ve selenyum miktarları artmıştır. M2 ununda (%75 BTTU ikame edilmiş kontrol unu) Zn içeriği 43,06 mg/kg ve selenyum içeriği 267,58 µg/kg olarak bulunmuştur. Tarla koşullarında hasat öncesinde tanede mikroelement içeriğinin arttırıldığı agronomik biyofortifikasyon özellikle tahıla dayalı beslenmenin yaygın olduğu toplumlarda ve kesimlerde mikroelement eksikliği ile mücadele edilmesinde en etkili yöntem olarak ifade edilmektedir (Çakmak, 2008; Bouis ve Saltzman, 2017; Zou vd., 2012). HarvestPlus-HarvestZinc projeleri kapsamında birçok ülkenin katılımı ile yürütülen araştırma programında yapraktan Zn gübrelemesi ile insan beslenmesi için buğday ve pirinçte istenen Zn konsantrasyonlarına ulaşılmıştır (Çakmak vd., 2017; Zou vd., 2012; Phattarakul vd., 2012; Ram vd., 2016). Aynı şekilde HarvestPlus-HarvestZinc projeleri kapsamında yapraktan selenyum uygulaması ile buğday tanesinde selenyum içeriği 300 µg/kg'a çıkarılabilmiştir (Lyons vd, 2003; 2005). Son yıllarda aynı program kapsamında altı ülkede 2 yıl süre ile yapılan çalışmalarda buğday tanesindeki çinko içeriği 46 mg/kg, selenyum içeriğinin ise 338 µg/kg çıktığı bildirilmiştir (Zou vd., 2019). Çalışmamızda bu çalışmalara benzer şekilde BTTU ikame edilmiş unların kontrol ununa göre yaklaşık çinko ve selenyum miktarlarının 2-4 kat artmış olması; bu unların son ürün eldesinde

kullanıldığında bu mikroelementlerin noksanlığının giderilmesinde önemli bir potansiyellerinin olacağını göstermiştir.

Çizelge 4.3. Yöresel ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda biyofortifiye unun ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unların çinko ve selenyum içeriklerine ait analiz ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları[1]

Un çeşidi	n	Çinko miktarı mg/kg	Selenyum miktarı µg /kg
M1	3	$47,77 \pm 1,04^{a}$	$323,27 \pm 16,51^{a}$
M2	3	$43,06 \pm 0,94^{b}$	$267,58 \pm 16,13^{b}$
M3	3	$33,87 \pm 0,71^{c}$	$207,96 \pm 3,50^{c}$
M4	3	$23,38 \pm 0,59^{d}$	$147,25 \pm 4,99^{d}$
M5	3	$12,06 \pm 0,17^{e}$	$80,73 \pm 3,29^{e}$

[1]Sonuçlar kurumadde üzerinden düzeltilmiştir. Farklı harflerle işaretlenmiş aynı sütundaki unlara ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$). M5: yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan kontrol unu; M1: biyofortifiye tam tane unu (BTTU); M2: %75 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; M3: %50 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; M4: %25 BTTU ikame edilmiş kontrol unu

4.1.2. Renk analizi

Biyofortifiye tam tane unu ile zenginleştirme ile elde edilen unların L*, a* ve b* renk değerleri analiz sonuçları Çizelge 4.4'te verilmiştir. Unların L* değeri 83,86–91,19; a* değeri 0,83–2,81 ve b* değeri 11,50–12,89 arasında değişim göstermiştir. L*, a* ve b* değerleri ortalama sırasıyla 87,22; 1,93 ve 12,10 olarak bulunmuştur.

İkame un örneklerinin unların L*, a*, b* değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.5'te verilmiştir. Un çeşitleri arasında L*, a*, b* renk değerleri bakımından istatistiki olarak çok önemli düzeyde ($p<0,01$) farklılık bulunmuştur.

Un çeşitlerine ait renk değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir. Çizelge 4.6'da görüldüğü gibi kontrol ununa BTTU ikame oranı arttıkça kepek tabakasında (alöron, embriyo ve perikarp) daha yoğun bir şekilde bulunan renk maddeler ile (Lachman vd., 2017; Gomez vd., 2020) L* değeri azalırken; b* ve a* değerleri artmıştır. Antosiyaninler, karotenoidler, flavonoidler, proantosiyanidinler buğday tanesinde başta testa olmak üzere özellikle kepek tabakasında daha yoğun olarak bulunan başlıca renk bileşenlerdir (Borneo ve Leon, 2012; Lachman vd., 2017; Elgün, 2021). L* değerinin yüksekliği unların daha parlak ve açık olduğunu göstermekte ve ürünün daha açık renkli

olacağına işaret etmektedir (Anon., 2023). En yüksek L* değerine kontrol unu sahip iken (91,29), koyuluk değeri yüksek olan BTTU'unun (84,10) ikame oranı arttıkça L* değeri her unda istatistiki olarak birbirinden farklı olacak şekilde düşmüştür. BTTU'unun a* ve b* değerleri beklendiği gibi en yüksek çıkmıştır (2,74 ve 12,65). BTTU ikame oranı arttıkça a* ve b* değerleri artmış, özellikle %50 ikame oranından (M3) sonra artış daha belirgin olmuştur. a* değeri bakımından her ikame oranı birbirinden farklı iken; %25 ikame oranından sonra un çeşitlerinin b* değerleri birbirine yakındır. Tam tane unu ikamesi ile birlikte elde edilen unlarda çinko ve selenyum içerikleri artarken; kepek tabakasının dahil olması ile birlikte renk bileşenlerininde ikame unlarda artması başta antioksidan aktivitenin yükselmesi olmak üzere son ürünün beslenme özelliklerinin iyileşmesini sağlayacaktır (Spaggiari vd., 2020; Zilic vd., 2012).

Çizelge 4.4. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unların renk değerleri analiz sonuçları

Un çeşidi	BTTU ikame oranı %	Tekerrür	L*	a*	b*
M1	100	1	83,86	2,81	12,89
		2	84,07	2,74	12,62
		3	84,36	2,66	12,45
M2	75	1	85,29	2,45	12,48
		2	85,46	2,42	12,27
		3	85,09	2,48	12,55
M3	50	1	87,01	2,03	11,86
		2	86,53	2,14	12,35
		3	86,83	2,02	12,18
M4	25	1	88,62	1,59	11,68
		2	88,54	1,59	11,73
		3	88,80	1,54	11,68
M5	0	1	91,50	0,84	11,50
		2	91,17	0,83	11,61
		3	91,19	0,87	11,69
Ortalama			87,22	1,93	12,10
Minimum-maksimum			83,86-91,19	0,83-2,81	11,50-12,89

M5: yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan kontrol unu; M1: Biyofortifiye tam tane unu (BTTU); M2: %75 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; M3: %50 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; M4: %25 BTTU ikame edilmiş kontrol unu

Çizelge 4.5. Yöresel ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda biyofortifiye unun ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unların L*, a*, b* renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	L*			a*			b*		
		KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F
Un çeşidi	4	96,888	24,222	581,976**	6,719	1,680	686,535**	2,492	0,623	21,895**
Hata	10	0,416	0,042		0,025	0,002		0,285	0,028	
Toplam	14	97,304			6,743			2,777		

**: *p<0,01* düzeyinde önemli. VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması

Çizelge 4.6. Yöresel ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda biyofortifiye unun ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unların L*, a*, b* renk değerlerine ait ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

Un çeşidi	n	L*	a*	b*
M1	3	$84,10 \pm 0,25^{e}$	$2,74 \pm 0,08^{a}$	$12,65 \pm 0,22^{a}$
M2	3	$85,28 \pm 0,19^{d}$	$2,45 \pm 0,03^{b}$	$12,43 \pm 0,15^{ab}$
M3	3	$86,79 \pm 0,24^{c}$	$2,06 \pm 0,07^{c}$	$12,13 \pm 0,25^{b}$
M4	3	$88,65 \pm 0,13^{b}$	$1,57 \pm 0,03^{d}$	$11,70 \pm 0,03^{c}$
M5	3	$91,29 \pm 0,19^{a}$	$0,85 \pm 0,02^{e}$	$11,60 \pm 0,10^{c}$

Farklı harflerle işaretlenmiş aynı sütundaki unlara ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (*p<0,05*). L*: parlaklık; a*: +kırmızı/-yeşil ve b*: +sarı/-mavi renk değerleri; M5: yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan kontrol unu; M1: biyofortifiye tam tane unu (BTTU); M2: %75 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; M3: %50 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; M4: %25 BTTU ikame edilmiş kontrol unu

4.1.3. Fizikokimyasal özellikler

Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane unu ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unların fizikokimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.7'de verilmiştir. Unların protein miktarı %10,74-14,23 (k.m.), nem miktarı %10,0-13,2, kül miktarı %0,8664-1,7782 (k.m.), yaş gluten miktarı %26,90-46,90, gluten indeks değeri %80,3-100,0 ve su aktivitesi 0,390-0,563 arasında değişim göstermiştir. Protein, nem, kül ve yaş guten miktarları ile gluten indeks değeri ve su aktivitesi sırasıyla ortalama %12,68 (k.m.); %11,5; %1,3417 (k.m.); %38,33; %91,4 ve 0,468 olarak bulunmuştur.

İkame un örneklerinin fizikokimyasal değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.8'de verilmiştir. Un çeşitleri arasında fizikokimyasal özellikler bakımından istatistiki olarak çok önemli düzeyde (*p<0,01*) farklılık bulunmuştur.

Çizelge 4.7. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unların bazı fizikokimyasal analiz sonuçları

Un çeşidi	BTTU ikame oranı %	Tek	Protein miktarı [1] %	Nem miktarı %	Kül miktarı[1] %	Yaş gluten miktarı %	Gluten indeks %	Su aktivitesi aw
M1	100	1	14,23	10,2	1,7209	49,00	82,0	0,391
		2	14,14	10,0	1,7782	48,15	81,8	0,385
		3	14,12	10,1	1,7743	47,74	84,2	0,390
M2	75	1	13,38	10,6	1,5830	47,80	80,3	0,441
		2	13,42	11,0	1,4827	46,74	82,2	0,437
		3	13,53	10,9	1,5353	48,01	83,5	0,433
M3	50	1	12,99	11,4	1,3859	37,90	92,9	0,476
		2	12,86	11,7	1,4054	38,77	93,8	0,448
		3	12,90	11,6	1,3715	36,28	94,2	0,465
M4	25	1	12,15	11,9	1,1901	31,50	99,1	0,503
		2	12,04	12,0	1,0943	30,94	99,9	0,494
		3	12,04	12,1	1,1014	29,34	100,0	0,498
M5	0	1	10,86	12,8	0,9353	26,90	100,0	0,552
		2	10,74	13,1	0,8664	28,60	97,3	0,563
		3	10,82	13,2	0,9005	27,28	100,0	0,545
Ortalama			12,68	11,5	1,3417	38,33	91,4	0,468
Minimum-maksimum			10,74-14,23	10,0-13,2	0,8664-1,7782	26,90-49,00	80,3-100,0	0,390-0,563

[1]Sonuçlar kurumadde üzerinden düzeltilmiştir. Tek: tekerrür; M5: yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan kontrol unu; M1: biyofortifiye tam tane unu (BTTU); M2: %75 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; M3: %50 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; M4: %25 BTTU ikame edilmiş kontrol unu

Çizelge 4.8. Yöresel ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda biyofortifiye tam tane unun ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unlara ait kimyasal özelliklerin varyans analiz sonuçları

VK	SD	Protein miktarı			Nem miktarı			Kül miktarı		
		KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F
Un çeşidi	4	20,125	5,031	1151,016**	14,973	3,743	146,070 **	1,356	0,34	215,421**
Hata	10	0,044	0,004		0,25627	0,026	0,016	0,0016		
Toplam	14	20,168			15,2294			1,372		
VK	SD	Yaş gluten miktarı			Gluten indeks			Su aktivitesi		
		KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F
Un çeşidi	4	1077,971	269,5	297,714**	891,248	222,8	152,784**	0,046	0,01	177,001**
Hata	10	9,052	0,905		14,584	1,458	0,001	0,00007		
Toplam	14	1087,023			905,832			0,047		

**: *p<0,01* düzeyinde önemli. VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması

Un çeşitlerine ait fizikokimyasal özellikleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.9'da verilmiştir. Kontrol unu en yüksek nem ve su aktivitesi değerine

sahiptir (sırasıyla %13,03 ve 0,553). Kontrol unlarına BTTU ikame oranı arttıkça unların partikül iriliği de arttığından rutubet miktarı azalmıştır (%10,0-12,0 arasında). Diğer taraftan gıdadaki denge buhar basıncının aynı sıcaklıkta saf suyun denge buhar basıncına oranı olarak ifade edilen su aktivitesi başta mikroorganizma faaliyetleri için önemli olup lipid oksidasyonu, enzim aktiviteleri, hidrolitik reaksiyonlar gibi biyokimyasal değişiklikler ile de ilişkilidir (Özay vd., 1993). Çalışmada su aktivitesi değerinde ikame oranı arttıkça azalma olmuştur (0,389-0,498). Kepek tabakasında oransal olarak daha fazla protein içerir ve bu proteinler gluten meydana getirme özelliği olmayan albümin ve globülinlerden oluşur (Gomez vd., 2020, Köksel ve Shewry, 2021). BTTU en yüksek ve kontrol unu en düşük un protein oranına sahiptir (%14,16 ve %10,81, k.m.) ve artan BTTU ikame oranı ile unlarda protein oranı artmıştır. Benzer şekilde artan ikame oranı ile birlikte yaş gluten miktarı da artmıştır. Kontrol ununda (M5) en düşük yaş gluten miktarı elde edilmiştir (%27,59). BTTU'nun yaş gluten miktarı %48,30 olup M2 unu (%75 ikame unu) ile istatistiki olarak aynı grupta yer almıştır. Kepek tabakasının artışı ile gluten olmayan proteinlerde artış olmakla birlikte (Köksel ve Shewry, 2021) yaş gluten miktarındaki artış gluten eldesi için yıkama amaçlı kullanılan suyun nişasta harici polisakkaritlerdeki (besinsel lifler) fazla miktardaki hidroksil grupları tarafından hidrojen bağı ile su moleküllerinin tutulmasından kaynaklanmıştır (Jin vd., 2020; Khalid vd., 2017). Gluten proteinleri ve besinsel lifler arasındaki oluşan interaksiyonlarda protein yapısının, hidrojen ve disülfit bağlarını değiştirerek gluten ağını zayıflatırlar (Sun, vd., 2023; Zhou, 2021; Jin vd., 2020; Khalid vd., 2017). Gluten kaltesini gösteren gluten indeks değeri de tam tane unu oranı artışı ile birlikte gluten zayıflamasına bağlı olarak azalmıştır. BTTU'nda gluten indeks değeri en düşük olarak elde edilmiş (%82,66). Kül miktarı organik madde yakıldıktan sonra geriye kalan inorganik kısımdır. Kül, makro ve mikroelementleri taşımakta ve özellikle kepeğin dahil olduğu tam tane unları endopsermden elde edilen rafine beyaz unlara göre daha fazla oranda bulunmaktadır (Gomez vd., 2020). Çalışmada ikame oranı artışı ile tam tane unu kullanımı ile bu tabakaların una dahil olması kül miktarını artmıştır (Fooddata portal, 2020). Çalışmada BTTU'unun kül miktarı en yüksektir (%1,7578) ve kontrol unda (M5, rafine beyaz un) ise en düşüktür (%0,9007).

Çizelge 4.9. Yöresel ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda biyofortifiye unun ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unların fizikokimyasal değerlerine ait analiz ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

Un çeşidi	n	Protein miktarı[1] %	Nem miktarı %	Kül miktarı[1] %	Yaş gluten miktarı %	Gluten indeks değeri %	Su aktivitesi a_w
M1	3	14,16 ± 0,06^{a}	10,11 ± 0,09^{e}	1,7578 ± 0,0320^{a}	48,30 ± 0,64^{a}	82,66 ± 1,29^{c}	0,389 ± 0,003^{e}
M2	3	13,44 ± 0,08^{b}	10,83 ± 0,21^{d}	1,5337 ± 0,0502^{b}	47,52 ± 0,68^{a}	81,98 ± 1,57^{b}	0,437 ± 0,004^{d}
M3	3	12,92 ± 0,07^{c}	11,57 ± 0,15^{c}	1,3876 ± 0,0170^{c}	37,65 ± 1,26^{b}	93,61 ± 0,66^{b}	0,463 ± 0,014^{c}
M4	3	12,08 ± 0,06^{d}	12,00 ± 0,10^{b}	1,1286 ± 0,0534^{d}	30,59 ± 1,12^{c}	99,64 ± 0,52^{a}	0,498 ± 0,005^{b}
M5	3	10,81 ± 0,06^{e}	13,03 ± 0,21^{a}	0,9007 ± 0,0345^{e}	27,59 ± 0,89^{d}	99,09 ± 1,57^{a}	0,553 ± 0,009^{a}

[1]Sonuçlar kurumadde üzerinden düzeltilmiştir. Farklı harflerle işaretlenmiş aynı sütundaki unlara ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$). M5: yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan kontrol unu; M1: biyofortifiye tam tane unu (BTTU); M2: %75 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; M3: %50 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; M4: %25 BTTU ikame edilmiş kontrol unu

4.1.4. Toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değeri

Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane unu ile zenginleştirilmesi elde edilen unların bazı toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite analiz sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir. İkame unların toplam fenolik madde miktarı 88,38-152,73 g GAE/100g ve toplam antioksidan aktivite değeri 3,41-14,51 %inhibisyon arasında değişim göstermiştir. Toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değeri ortalama 117,92 g GAE/100g ve 9,21 %inhibisyon olarak bulunmuştur.

İkame un örneklerinin unların toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.11'de verilmiştir. Un çeşitleri arasında toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değeri bakımından istatistiki olarak çok önemli düzeyde ($p<0,01$) farklılık bulunmuştur.

Çizelge 4.10. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unların toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite analiz sonuçları[1]

Un çeşidi	BTTU ikame oranı %	Tekerrür	Toplam fenolik miktarı g GAE/100g	Toplam antioksidan aktivite %inhibisyon
M1	100	1	152,73	14,07
		2	149,57	14,51
		3	149,57	14,45
M2	75	1	127,45	11,07
		2	124,30	10,66
		3	128,88	13,86
M3	50	1	117,98	8,74
		2	114,82	8,96
		3	111,35	7,04
M4	25	1	105,34	6,82
		2	104,64	5,54
		3	107,36	8,74
M5	0	1	92,70	5,12
		2	93,74	3,41
		3	88,38	5,17
Ortalama			117,92	9,21
Minimum-maksimum			88,38-152,73	3,41-14,51

[1]Sonuçlar kurumadde üzerinden düzeltilmiştir. M5: yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan kontrol unu; M1: biyofortifiye tam tane unu (BTTU); M2: %75 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; M3: %50 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; M4: %25 BTTU ikame edilmiş kontrol unu

Çizelge 4.11. Yöresel ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda biyofortifiye tam tane unun ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unlara ait toplam fenolik madde ve toplam antioksidan aktivite değerleri varyans analiz sonuçları

VK	SD	Toplam fenolik madde miktarı			Toplam antoksidan aktivite		
		KT	KO	F	KT	KO	F
Un çeşidi	4	5999,287	1499,822	250,889**	181,853	45,463	29,176**
Hata	10	59,780	5,98		15,583	1,558	
Toplam	14	6059,067			197,436		

**: $p<0,01$ düzeyinde önemli. VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi, KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması

Un çeşitlerine ait toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.12'de verilmiştir. Çalışmada ikame unları arasında toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değerleri bakımından istatistiki olarak çok önemli farklılık bulunmuştur. Artan BTTU ikame oranı arttıkça kepek tabakasında (alöron, embriyo ve perikarp) daha yoğun bir şekilde bulunan renk maddeleri ve diğer fenolik bileşenlerin miktarının (ferulik asit and p-

kumarik asit gibi) ve oransal olarak daha yoğun bulunan gluten harici proteinlerin (albümin, globulün) dahil olması ile (Gomez vd., 2020) toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite istatistiki olarak tüm ikame oranlarında artmıştır (sırasıyla 91,61-150,62 mg GAE/100 g ve 4,57-14,34 %inhibisyon). Toplam antioksidan aktivite değeri bakımından M3 ve M4 unları aynı grupta yer alırken; artış %50 ikame oranı ile daha belirgin olmuştur. Toplam fenolik madde miktarı un çeşitlerinde istatistiki olarak birbirinden farklıdır ve ikame oranı artışı ile artmıştır. Birçok çalışmada kepek ve ruşeymn dahil olduğu tam tane ununda rafine una göre daha yüksek fenolik bileşikler, flavonoidler ve sarı renkli pigment içeriği ile daha yüksek antioksidan kapasitesi bulunmuştur (Spaggiari vd, 2020; Yu vd., 2013; Žilić, vd., 2012). Polifenoller (ferulik ve fenolik asitler) (Masisi vd., 2016), fitosteroller (Tsuzuki vd. 2017) ve ruşeym tabakasında yer alan E vitamini (tokoferol ve tokotrienoller) (Gornas vd., 2016) antioksidan aktiviteyi arttıran başlıca biyoaktif bileşenlerdir (Gomes vd., 2020).

Çizelge 4.12. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unların toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

Un çeşidi	n	Toplam fenolik madde miktarı mg GAE/100 g	Toplam antioksidan aktivite %inhibisyon
M1	3	$150,62 \pm 1,82^{a}$	$14,34 \pm 0,24^{a}$
M2	3	$126,88 \pm 2,34^{b}$	$11,86 \pm 1,74^{b}$
M3	3	$114\pm72 \pm 3,32^{c}$	$8,25 \pm 1,05^{c}$
M4	3	$105,78 \pm 1,41^{d}$	$7,03 \pm 1,61^{c}$
M5	3	$91,61 \pm 2,84^{e}$	$4,57 \pm 1,00^{d}$

Farklı harflerle işaretlenmiş aynı sütundaki unlara ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$). M5: yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan kontrol unu; M1: biyofortifiye tam tane unu (BTTU); M2: %75 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; M3: %50 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; M4: %25 BTTU ikame edilmiş kontrol unu

4.1.5. Gluten agregasyon özellikleri

Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane unu ile zenginleştirilmesi elde edilen unların gluten agregasyon özelliklerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.13'te verilmiştir. Unların GlutoPik AM, BEM, PMT ve PM değerleri sırasıyla 13,0–30,0 GPU; 71,0–80,0 GPU; 24,0–38,0 s ve 49,0–56,0 GPU arasında değişim göstermiştir. GlutoPik AM, BEM, PMT ve PM değerleri ortalama 23,0 GPU; 75,0 GPU; 31,9 s ve 51,6 GPU olarak bulunmuştur.

İkame un örneklerinin unların gluten agregasyon özelliklerine (GlutoPik) ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.14'te verilmiştir. Un çeşitleri arasında GlutoPik özelliklerinden yalnız AM değeri ($p<0,05$) ve PMT değeri ($p<0,01$) bakımından istatistiki olarak önemli düzeyde farklılık bulunmuştur.

Çizelge 4.13. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unların GlutoPik değerleri

Un çeşidi	BTTU ikame oranı %	Tekerrür	Glutopik AM değeri GPU	GlutoPik BEM değeri GPU	GlutoPik PMT değeri s	GlutoPik PM değeri GPU
M1	100	1	13,0	78,0	24,0	56,0
		2	17,0	75,0	25,0	51,0
M2	75	1	24,0	78,0	29,0	53,0
		2	18,0	80,0	26,0	53,0
M3	50	1	23,0	73,0	38,0	50,0
		2	22,0	72,0	35,0	50,0
M4	25	1	26,0	71,0	36,0	49,0
		2	28,0	75,0	32,0	52,0
M5	0	1	29,0	74,0	36,0	51,0
		2	30,0	74,0	38,0	51,0
Ortalama			23,0	75,0	31,9	51,6
Minimum-maksimum			13,0-30,0	71,0-80,0	24,0-38,0	49,0-56,0

[1]Sonuçlar kurumadde üzerinden düzeltilmiştir. M5: yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan kontrol unu; M1: biyofortifiye tam tane unu (BTTU); M2: %75 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; M3: %50 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; M4: %25 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; PMT: Peak maksimum zaman; BEM: maksimum tork; BM:Maksimum torktan 15 s önceki tork; PM:Maksimum torktan 15 s sonraki tork

Çizelge 4.14. Yöresel ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda biyofortifiye tam tane unun ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unlara ait GlutoPik değerleri varyans analiz sonuçları

VK	SD	AM			BEM			PMT			PM		
		KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F
Un çeşidi	4	253	63,3	10,905*	59	14,8	4,917	251	62,9	16,115**	19,4	4,85	1,427
Hata	5	29	5,8		15	3		19,5	3,9		17	3,4	
Toplam	9	282			74			271			36,4		

*: $p<0,05$ düzeyinde önemli. **: $p<0,01$ düzeyinde önemli. VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi, KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması; PMT: peak maksimum zaman; BEM: maksimum tork; AM: maksimum torktan 15 s önceki tork, PM: maksimum torktan 15 s sonraki tork

Un çeşitlerine ait gluten agregasyon özellikleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.15'te verilmiştir. Çalışmada ikame unları arasında GlutoPik BM ve PMT değerleri bakımından istatistiki olarak çok önemli farklılık bulunmuştur. GlutoPik cihazı son yıllarda geliştirilen hızlı tayin cihazıdır (Wang vd., 2018; Marti vd., 2015). Az numune ile ile (8- 10 g), hızlı sürede (1-3 dak), hem rafine beyaz un hem de tam tane ununda (kırma) ve kontrollü koşullarda (pedal dönüş hızı ve ortam sıcaklığı) gluten agregasyon özelliklerinin değerlendirilebilmesi imkânı vermektedir (Malegori vd., 2018; Güçbilmez vd., 2019; Karaduman vd., 2020). Genellikle maksimum torktan 15 s önceki (AM) ve sonrası (PM) tork, maksimum tork (BEM) ve agregasyon enerji değerinin yüksek, pik maksimum zaman (PMT) değerinin ise uzun olması unların güçlü gluten yapısını ve ekmek-yapımına uygunluğu göstermektedir (Bouachra vd., 2017; Rakita vd., 2017; Karaduman vd., 2019, 2020). Bunun yanında bazı durumlarda zayıf gluten yapısında unlarda yüksek değerler elde edilmesi glutenin zayıflığından sıkılığının artışı ve maksimum tork (BEM) ve buna bağlı olarak maksimum torktan 15 s sonraki tork (PM) değerlerini yükseltebilmekte (Karaduman vd., 2020); ayrıca unlarda gluten gelişiminin uzaması sonucu PMT değerleri uzayabilmektedir (Gal ve Wiertz, 2018; Güçbilmez vd., 2019). Son yıllarda cihazda rapid flour check (hızlı un kontrol) metodu ile un protein oranı ve gluten miktarı da tahminlenebilmektedir. Çalışmada ikame oranı arttıkça AM ve PMT değerleri azalmıştır. Biyofortifiye tam tane unu (BTTU) ve %75 ikame oranı unu (M2) istatistiki olarak en düşük AM ve PMT değerlerine sahip olmuştur (sırasıyla 15,0 GPU ve 21,0 GPU; 24,5 s ve 27,5 s). Kontrol unu ve M4 unu (%25 ikame oranı un) istatistiki olarak diğer unlardan daha yüksek AM değerlerine sahiptir (29,5 GPU ve 27,0 GPU). %50 ikame oranından sonra unların PMT değeri istatistiki olarak değişmemiştir. Kepek ile birlikte nişasta harici polisakkaritlerin (hemiselüloz ve selüloz) ortama dahil olması glutenin seyrelmesine ve kepek tabakasının su tutma özelliği nedeni ile (Zhou vd., 2021) gluten gelişiminin yeterince gerçekleşmemesi (Gomez vd., 2020) ve arabinoksilan gibi besinsel lifler ile oluşan interaksiyonlar nedeniyle gluten zayıflamıştır (Hemdane vd., 2016, Sun vd., 2023). Bu durum tam tane unu ilavesi ile AM değerinin düşmesine ve PMT değerinin kısalmasına neden olmuştur.

Çizelge 4.15. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unların GlutoPik değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları[1]

Un çeşidi	n	Glutopik AM değeri GPU	GlutoPik BEM değeri GPU	GlutoPik PMT değeri s	GlutoPik PM değeri GPU
M1	2	$15,0 \pm 2,8^{c}$	$76,5 \pm 2,1$	$24,5 \pm 0,7^{b}$	$53,5 \pm 3,5$
M2	2	$21,0 \pm 4,2^{bc}$	$79,0 \pm 1,4$	$27,5 \pm 2,1^{b}$	$53,0 \pm 0,0$
M3	2	$22,5 \pm 0,7^{b}$	$72,5 \pm 0,7$	$36,5 \pm 2,1^{a}$	$50,0 \pm 0,0$
M4	2	$27,0 \pm 1,4^{ab}$	$73,0 \pm 2,8$	$34,0 \pm 2,8^{a}$	$50,5 \pm 2,1$
M5	2	$29,5 \pm 0,7^{a}$	$74,0 \pm 0,0$	$37,0 \pm 1,4^{a}$	$51,0 \pm 0,0$

[1]Sonuçlar kurumadde üzerinden düzeltilmiştir. Farklı harflerle işaretlenmiş aynı sütundaki unlara ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$). M5: yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan kontrol unu; M1: biyofortifiye tam tane unu (BTTU); M2: %75 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; M3: %50 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; M4: %25 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; PMT: Peak maksimum zaman; BEM: maksimum tork; AM: maksimum torktan 15 s önceki tork; PM: Maksimum torktan 15 s sonraki tork

4.1.6. Hamur reolojik özellikleri-Alveograf

Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane unu ile zenginleştirilmesi elde edilen unların alveograf özelliklerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.16'da verilmiştir. İkame unların alveograf T, A, Ex, Fb ve T/A değerleri sırasıyla 84,0–129,0 mm; 15,0–40,0 mm; 8,62–14,10; 59,0–213,0 10^{-4} x J ve 3,15–6,00 arasında değişim göstermiştir. Alveograf T, A, Ex, Fb ve T/A değerleri ortalama 109,1 mm; 24,1 mm; 10,81; 119,7 10^{-4} x J ve 4,79 olarak bulunmuştur.

İkame un örneklerinin hamur reolojik özellikleri-alveograf analiz değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.17'de verilmiştir. Un çeşitleri arasında alveograf özellikleri bakımından istatistiki olarak önemli düzeyde farklılık bulunmuştur ($p<0,01$).

Çizelge 4.16. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unların hamur reolojik özellikleri-alveograf analiz sonuçları[1]

Un çeşidi	BTTU ikame oranı %	Tekerrür	Direnç değeri T mm	Uzama yeteneği A mm	Elastikiyet indeksi Ex	Enerji değeri Fb 10^{-4} x J	Gluten dengesi T/A
M1	100	1	88,0	16,0	8,90	64,0	5,50
		2	87,0	16,0	8,90	65,0	5,44
		3	84,0	15,0	8,62	59,0	5,60
M2	75	1	90,0	17,0	9,18	72,0	5,29
		2	108,0	18,0	9,44	90,0	6,00
		3	109,0	19,0	9,70	95,0	5,74
M3	50	1	111,0	27,0	11,60	129,0	4,11
		2	112,0	25,0	11,10	121,0	4,48
		3	99,0	26,0	11,40	115,0	3,81
M4	25	1	120,0	23,0	10,70	115,0	5,22
		2	129,0	24,0	10,90	131,0	5,38
		3	117,0	23,0	10,70	116,0	5,09
M5	0	1	129,0	37,0	13,50	209,0	3,49
		2	128,0	36,0	13,40	202,0	3,56
		3	126,0	40,0	14,10	213,0	3,15
Ortalama			109,1	24,1	10,81	119,7	4,79
Minimum-maksimum			84,0-129,0	15,0-40,0	8,62-14,10	59,0-213,0	3,15-6,00

[1]Sonuçlar kurumadde üzerinden düzeltilmiştir. M5: yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan kontrol unu; M1: biyofortifiye tam tane unu (BTTU); M2: %75 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; M3: %50 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; M4: %25 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; T: direnç, A: uzama kabiliyeti; Ex: elastikiyet indeksi; Fb: enerji değeri; T/A: direnç/uzama kabiliyeti

Çizelge 4.17. Yöresel ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda biyofortifiye tam tane unun ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unlara ait hamur reolojik özellikleri-alveograf varyans analiz sonuçları

VK	SD	Direnç değeri (T)			Uzama yeteneği (A)			Elastikiyet indeksi (Ex)		
		KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F
Un çeşidi	4	3235,07	808,8	19,045 **	889,733	222,433	158,881**	43,088	10,8	171,673**
Hata	10	424,667	42,47		14	1,4		0,627	0,06	
Toplam	14	3659,73			903,733			43,716		
VK	SD	Enerji değeri (Fb)			Gluten dengesi (T/A)					
		KT	KO	F	KT	KO	F			
Un çeşidi	4	36638,27	9160	144,3 **	11,599	2,900	45,679 **			
Hata	10	634,667	63,47		0,635	0,064				
Toplam	14	37272,93			12,234					

**: *p<0,01* düzeyinde önemli. VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi, KT: kareler toplamı

Un çeşitlerine ait hamur reolojik özellikleri-alveograf değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.18'de verilmiştir. Çalışmada ikame unları arasında

alveograf özellikleri bakımından istatistiki olarak çok önemli farklılık bulunmuştur. Alveograf gibi hamur reolojik özelliklerinin değerlendirilmesinde kullanılan testler hamur özellikleri üzerinden unların ekmek-yapım kalitesinin tahminlenmesinde oldukça yarayışlıdır. Gluten kalitesi yüksek unların hamurlarında alveograf uzama yeteneği (A) ve enerji değeri (Fb)'nin yüksek, direnç/uzama kabiliyeti (T/A) oranının dengeli olması istenmekte olup bu özelliklere sahip unlardan elde edilen hamurların viskoelastik özelliklerinin ekmek-yapım kalitesi de yüksek olmaktadır (Guzman vd., 2016; Hernandez-Espinose vd., 2018, Jodal ve Larsen, 2021). Çalışmada kontrol ununun (M5) Fb ve A değerleri en yüksektir (208,0 10^{-4} x J ve 37,67 mm). Kontrol ununa ikame oranı arttıkça istatistiki olarak farklı olacak şekilde unlarda Fb ve A değerleri azalmıştır. M1 ununda (BTTU) ise kepek miktarı en yüksek olduğundan bu iki değer en düşüktür (62,67 10^{-4} x J ve 15,67 mm). %50 ikame oranından sonra Fb ve A değerleri önemli oranda azalmış ve hamur viskoelastik yapısı zayıflamıştır. İkame unların elastikiyet indeksi değerleri (Ex) A değeri ile istatistiki olarak benzerdir. Alveograf direnç (T) veya elastikiyet değerleri gluten gücü (elastikiyet) ile ilişkilidir. Alveograf direnç (T) değerleri ikame oranı arttıkça azalmış; istatistiki olarak M4 unu ile kontrol un aynı grupta; %50 ve %75 ikame oranı unlar ise aynı grupta yer almıştır. M1 unu (BTTU) en düşük T değerine sahiptir. Gluten dengesi (T/A) hamurların son ürüne uygunluğu belirleyen önemli parametrelerden birisidir. T/A değerinin yükselmesi tenacious (sıkı) gluten yapısı ile sonuçlanırken belli bir değerin üzerinde olması elde edilen edilecek ekmeklerin hacim değerini olumsuz etkilemektedir (Guzman vd., 2016). Artan ikame oranı ile özellikle A değerinin düşmesi gluten dengesini olumsuz etkilemiş ve ikame unlar kontrol unlarından istatistiki olarak farklı yüksek T/A değerlerine sahip olmuşlardır. Kontrol ununun T değerleri yüksek olsa bile yüksek uzama yeteneği ile T/A değeri olumlu olarak en düşüktür (3,40). M3 unu (%50 ikame un) diğer ikame unlardan daha düşük T/A değerine sahiptir (4,13). Sonuç olarak artan ikame oranı kepek tabakasının artan miktarı, kepek ile birlikte nişasta harici polisakkaritlerin (hemiselüloz ve selüloz) ortama dahil olması glutenin seyrelmesine ve kepek tabakasının su tutma özelliği nedeni ile (Zhou vd., 2021) gluten gelişiminin yeterince gerçekleşmemesi (Gomez vd., 2020) ve arabinoksilan gibi besinsel lifler ile oluşan interaksiyonlar nedeniyle gluten zayıflaması hamur viskoelastik özelliklerini zayıflatmıştır (Hemdane vd., 2016, Sun vd., 2023).

Çizelge 4.18. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unların hamur reolojik özellikleri-alveograf değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

Un çeşidi	n	Direnç T mm	Uzama yeteneği A mm	Elastikiyet indeksi Ex	Enerji Fb 10^{-4} x J	Gluten dengesi T/A
M1	3	86,33 ± 2,08^{c}	15,67 ± 0,58^{e}	8,81 ± 0,16^{e}	62,67 ± 3,21^{d}	5,51 ± 0,08^{a}
M2	3	102,33 ± 10,69^{b}	18,00 ± 1,00^{d}	9,44 ± 0,26^{d}	85,67 ± 12,10^{c}	5,68 ± 0,36^{a}
M3	3	107,33 ± 7,23^{b}	26,00 ± 1,00^{b}	11,37 ± 0,25^{b}	121,67 ± 7,02^{b}	4,13 ± 0,34^{b}
M4	3	122,00 ± 6,24^{a}	23,33 ± 0,58^{c}	10,77 ± 0,12^{c}	120,67 ± 8,96^{b}	5,23 ± 0,15^{a}
M5	3	127,67 ± 1,53^{a}	37,67 ± 2,08^{a}	13,67 ± 0,38^{a}	208,00 ± 5,57^{a}	3,40 ± 0,22^{c}

Farklı harflerle işaretlenmiş aynı sütundaki unlara ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$). M5: yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan kontrol unu; M1: biyofortifiye tam tane unu (BTTU); M2: %75 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; M3: %50 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; M4: %25 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; T: direnç; A: uzama kabiliyeti; Ex: elastikiyet indeksi; Fb: enerji değeri, T/A: direnç/uzama kabiliyeti (gluten dengesi)

4.1.7. Solvent tutma özellikleri ve sedimantasyon değeri

Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane unu ile zenginleştirilmesi elde edilen unların solvent tutma özellikleri ve sedimantasyon değeri analiz sonuçları Çizelge 4.19'da verilmiştir. İkame unların makro SDS sedimantasyon değeri, laktik asit, su, sakkaroz, sodyum karbonat solvent tutma kapasitesi (STK), gluten performans indeks (GPI) ve gluten şişme indeksi (GSI) değerleri sırasıyla 23,0–56,0 ml; % 70,5–94,0; %64,5–73,4; %81,2–106,2; %79,8–94,1, 0,40–0,54 ve 2,06–3,03 arasında değişim göstermiş; sırasıyla ortalama 42,9 ml; %80,5; %69,9; %92,0; %87,1; 0,45 ve 2,51 olarak bulunmuştur.

İkame un örneklerinin solvent tutma özellikleri ve sedimantasyon hacmi analiz değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.20'de verilmiştir. Un çeşitleri arasında GSI değeri hariç özellikleri bakımından istatistiki olarak önemli düzeyde farklılık bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.19. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unların solvent tutma özellikleri ve sedimantasyon değeri analiz sonuçları[1]

Un çeşidi	BTTU ikame oranı %	Tek	Makro SDS sedimantasyon değeri ml	Laktik asit STK değeri %	Su STK değeri %	Sakkaroz STK değeri %	Sodyum karbonat STK değeri %	GPI değeri	GSI değeri
M1	100	1	29,0	70,5	66,4	81,2	81,4	0,43	2,41
		2	32,0	71,3	64,5	81,8	81,4	0,44	2,43
		3	23,0	71,4	65,0	81,6	79,8	0,44	2,66
M2	75	1	31,0	78,3	67,7	90,9	88,9	0,44	2,55
		2	38,0	79,3	69,9	91,2	91,3	0,43	2,30
		3	31,0	78,6	67,2	92,1	91,0	0,43	2,31
M3	50	1	46,0	79,0	70,5	91,8	90,5	0,43	2,29
		2	45,0	79,1	70,4	91,2	94,1	0,43	2,34
		3	43,0	74,1	71,9	96,4	88,9	0,40	2,06
M4	25	1	51,0	84,1	73,4	92,5	91,6	0,46	2,87
		2	51,0	85,3	72,2	97,9	89,5	0,46	2,68
		3	56,0	80,7	72,0	94,7	89,1	0,44	2,45
M5	0	1	56,0	94,0	72,8	106,2	88,8	0,48	2,91
		2	55,0	88,5	72,5	98,5	78,8	0,50	2,37
		3	56,0	92,5	72,0	91,3	81,6	0,54	3,03
Ortalama			42,9	80,5	69,9	92,0	87,1	0,45	2,51
Minimum- maksimum			23,0-56,0	70,5-94,0	64,5-73,4	81,2-106,2	79,8-94,1	0,40-0,54	2,06-3,03

[1]%14 tutubet esasına göre düzeltilerek verilmiştir. Tek: tekerrür; M5: yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan kontrol unu; M1: biyofortifiye tam tane unu (BTTU); M2: %75 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; M3: %50 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; M4: %25 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; STK: solvent tutma kapasitesi; GPI: gluten performans indeks değeri: LASRC/((SacSRC+SodSRC)); GSI: glutenin şişme indeks değeri

Un çeşitlerine ait solvent tutma özellikleri ve sedimantasyon hacmi ortalamalarının çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.21'de verilmiştir. Un proteinlerinin (gluten) vizko-elastik ve kohezif dengesinin her son ürün için optimum düzeyde olması gerekmektedir (Veraverbeke ve Delcour, 2002). Gluten (özellikle glutenin proteinlerinin) kuvvetinin belirlenmesinde sedimentasyon testleri (SDS ve Zeleny) kullanılmaktadır (Zeleny, 1971; Karaduman vd., 2015; Guzman vd., 2016). Undaki bileşenlerde ürün kalitesini belirleyen yalnızca protein değildir. Lipidler, şekerler, nişasta, pentozanlar gibi bileşenler, bu bileşenlerin yapısı, bunların etkileşimleri ve oluşturdukları bağlar oldukça önemlidir. Kalite ancak bu bileşenlerin bilinmesi ile ve un kalite özelliklerinin tahminlenmesinde başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Kweon, 2011; USDA, 2019).

Çizelge 4.20. Yöresel ekmek üretiminde kullanılan una farklı oranlarda biyofortifiye tam tane unun ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unların solvent tutma özellikleri ve sedimantasyon değeri özelliklerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	Makro SDS sedimantasyon değeri			Laktik asit STK değeri			Su STK değeri		
		KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F
Un çeşidi	4	1725,07	431,267	44,614**	705,66	176,415	39,384**	115,242	28,811	32,564**
Hata	10	96,667	9,667		44,793	4,479		8,848	0,885	
Toplam	14	1821,73			750,453			124,089		
VK	SD	Sakkaroz STK değeri			Sodyum karbonat STKdeğeri			GPI değeri		
		KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F
Un çeşidi	4	495,969	123,992	8,652**	273,504	68,376	9,043**	0,0133	0,003	14,034**
Hata	10	143,316	14,332		75,615	7,562		0,002	0,00024	
Toplam	14	639,285			349,119			0,016		
VK	SD	GSI değeri								
		KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F
Un çeşidi	4	0,563	0,141	3,049						
Hata	10	0,462	0,046							
Toplam	14	1,025								

**: *p<0,01* düzeyinde önemli. VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi, KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması; GPI: Gluten performans indeks değeri: LASRC/((SacSRC+SodSRC)); GSI: Glutenin şişme indeksi değeri

Solvent tutma kapasitesi (STK) testlerinin bu bileşenleri çok az örnek ile kısa sürede tahminlenmesini sağlama potansiyelleri vardır (Karaduman, 2020). Solvent tutma kapasitesi (STK) testlerinde dört adet solvent kullanılmaktadır. Su-STK undaki nişasta, arabinoksilan, glutenin ve gliadinler tarafından tutulan suyu ölçer. Pişme özelliklerini en iyi tahmin eden bir faktördür. Sakkaroz-STK pentozan içeriğinin göstergesidir. Pentozanlar fırıncılık ürünlerinde su absorpsiyonunu önemli ölçüde etkiler. Sodyum karbonat-STK ise zedelenmiş nişasta miktarının göstergesidir (Guzman vd., 2015; Anon., 2020). Tez çalışmasında unların gluten gücünün tahminlenmesinde Kweon vd. (2011) tarafından önerilen laktik asit, sakkaroz ve sodyum karbonat STK değeri kullanılarak hesaplanan gluten performans indeks değeri de hesaplanmıştır. Glutenin swelling indeks değeri gluten proteinlerinden gluteninin şişme gücünü belirler ve buğday ununun hamur özellikleri ile son ürün kalitesinde belirlenmesinde oldukça yarayışlıdır (Wang ve Kovacks, 2002; Karaduman, 2020). Çalışmada gluten kalitesi ile ilişkili olarak ikame unları arasında laktik asit solvent tutma kapasitesi (LaSTK), makro SDS sedimantasyon değeri (MSDS) ve gluten performans indeksi (GPI) değerleri arasında istatistiki olarak önemli farklılık bulunmuştur (*p<0,01*). Gluten şişme indeksi (GSI) değeri ile bulunmamıştır. Kontrol unu en yüksek ve BTTU en

düşük gluten kalitesi ile ilgili değerlere sahiptir. Kontrol unlarına BTTU ikame oranı arttıkça gluten kalite değerleri istatistiki olarak önemli oranda düşmüş; %25 ikame oranından sonra gluten kalitesindeki azalma daha bariz olmuştur. İkame oranı arttıkça glutenin seyrelmesi, kepek tabakası tarafından tutulan su ve aynı zamanda gliadin ve glutenin molekülleri arasındaki gluten oluşumu için gerekli agregasyonun kepek tarafından olumsuz etkilenmesi (Zhou vd, 2021; Gomez vd., 2020) ve kepeğin glutende ek ß-dönüşlerin oluşumunu arttırması (Bock, 2019) nedeniyle gluten kalitesi değerleri düşürmüştür. Arabinoksilan buğday unu endospermdeki hücre duvarlarının ana bileşenidir. Unun arabinoksilan içeriği rafine beyaz unda daha fazladır (Acar vd., 2021) ve ilişkili olarak sakkaroz STK değeri daha yüksektir. Unlarda artan ikame oranı ile birlikte sakkaroz STK değeri azalmıştır. Yine %50 ikame oranından sonra (M2) su STK değerleri belirgin şekilde düşmüştür.

Çizelge 4.21. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi elde edilen ikame unların solvent tutma özellikleri ve sedimantasyon değeri özelliklerine ait ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

Un Çeşidi	n	Makro SDS sedimantasyon değeri ml	Laktik asit STK değeri %	Su STK değeri %	Sakkaroz STK değeri %	Sodyum karbonat STK değeri %	GPI değeri	GSI değeri
M1	3	28,00 ± 4,58^{c}	71,07 ± 0,47^{d}	65,31 ± 1,00^{c}	81,51 ± 0,34^{c}	80,86 ± 0,91^{b}	0,438 ± 0,004^{c}	2,498 ± 0,137
M2	3	33,33 ± 4,04^{c}	78,72 ± 0,50^{c}	68,26 ± 1,42^{b}	91,39 ± 0,66^{b}	90,40 ± 1,30^{a}	0,433 ± 0,003^{bc}	2,386 ± 0,142
M3	3	44,67 ± 1,53^{b}	77,39 ± 2,89^{c}	70,96 ± 0,85^{a}	93,13 ± 2,81^{ab}	91,14 ± 2,67^{a}	0,420 ± 0,018^{bc}	2,228 ± 0,152
M4	3	52,67 ± 2,89^{a}	83,40 ± 2,38^{b}	72,53 ± 0,74^{a}	95,03 ± 2,70^{ab}	90,05 ± 1,33^{a}	0,451 ± 0,010^{b}	2,667 ± 0,210
M5	3	55,67 ± 0,58^{a}	91,68 ± 2,81^{a}	72,47 ± 0,40^{a}	98,67 ± 7,48^{a}	83,06 ± 5,14^{b}	0,506 ± 0,027^{a}	2,77 ± 0,353

Farklı harflerle işaretlenmiş aynı sütundaki unlara ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$). M5: yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan kontrol unu; M1: biyofortifiye tam tane unu (BTTU); M2: %75 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; M3: %50 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; M4: %25 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; STK: Solvent tutma kapasitesi; GPI, Gluten performans indeks değeri: LASRC/((SacSRC+SodSRC)); GSI: Glutenin şişme indeksi değeri

4.2. Ekmek Analizleri

4.2.1. Ekmeklerin çinko ve selenyum miktarı

Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane unu ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin çinko ve selenyum miktarları Çizelge 4.22'de verilmiştir. Çinko miktarı ekmeklerde 10,29-44,02 mg/kg arasında, selenyum miktarı ise 51,6-235,1 µg/kg değişim göstermiştir. Çinko ve selenyum miktarları sırasıyla ortalama 26,69 mg/kg ve 142,3 µg/kg'dır.

Çizelge 4.22. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin çinko, selenyum içerikleri[1]

Maya kombinasyonu	Un çeşidi	BTTU seviyesi %	Tekerrür	Çinko miktarı mg/kg	Selenyum miktarı µg/kg
A	M1	100	1	43,99	213,7
			2	43,64	235,1
			3	44,02	224,2
	M2	75	1	35,79	217,6
			2	26,24	203,5
			3	35,35	213,1
	M3	50	1	27,17	132,1
			2	27,46	147,9
			3	26,14	145,2
	M4	25	1	19,49	92,4
			2	19,29	100,0
			3	18,88	96,6
	M5	0	1	10,82	56,6
			2	10,29	79,0
			3	10,33	64,1
B	M1	100	1	41,60	201,3
			2	42,06	205,9
			3	40,89	202,2
	M2	75	1	34,43	186,2
			2	34,03	179,9
			3	33,66	188,9
	M3	50	1	27,46	143,7
			2	26,79	134,3
			3	27,27	139,9
	M4	25	1	20,57	102,9
			2	19,97	98,1
			3	20,11	98,5
	M5	0	1	11,62	60,0
			2	10,44	51,6
			3	10,75	55,4
Ortalama				26,69	142,3
Minumum-maksimum				10,29-44,02	51,6-235,1

[1]Sonuçlar kurumadde üzerinden düzeltilmiştir. M5: yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan kontrol unu; M1: biyofortifiye tam tane unu (BTTU); M2: %75 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; M3: %50 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; M4: %25 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; A: A maya kombinasyonu; B: B maya kombinasyonu

Elde edilen ekmeklerin çinko ve selenyum miktarlarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.23'te verilmiştir. Ekmek örneklerinin çinko ve selenyum miktarları üzerinde

ikame oranı (İKO) %1 düzeyinde istatistiki olarak önemli olmuştur. Maya kombinasyonu (MK) ve "*maya kombinasyonu x ikame oranı interaksiyonu*" ise selenyum miktarı üzerinde istatistiki olarak önemlidir (*p<0,01*).

Çizelge 4.23. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklere ait çinko, selenyum içeriklerinin varyans analiz sonuçları

	Çinko miktarı				Selenyum miktarı			
VK	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
MK	1	0,25	0,252	0,0817	1	987,85	987,9	21,6509**
İKO	4	3621	905,2	293,3208**	4	100641	25160	551,4418**
MK x İKO	4	13,79	3,448	1,1171	4	938,51	234,6	5,1424**
Hata	20	61,72	3,086		20	912,53	45,6	
Toplam	29	3696,77			29	103480		

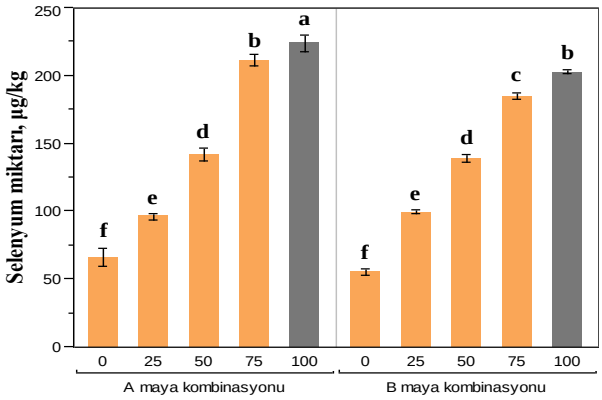
**: *p<0,01* düzeyinde önemli. MK: maya kombinasyonu; İKO: ikame oranı; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması

Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin çinko ve selenyum miktarlarına ait çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.24'te verilmiştir. Ekmek örneklerinde ikame oranı arttıkça çinko ve selenyum içeriği de artmış ve tüm ikame oranları istatistiki olarak birbirinden farklı olmuştur. Ekmek örneklerinde en yüksek çinko ve selenyum miktarı BTTU'ndan ve en düşük kontrol unundan elde edilmiştir. %75 ikame oranında Zn ve Se içeriği ekmeklerde her iki kombinasyonda yaklaşık 3 kat artmıştır (sırasıyla 32,46 ve 34,04 mg/kg; 211,4 ve 203,1 µg/kg). Ekşi mayanın daha çok kullanıldığı A kombinasyonun Se içeriği istatistiki olarak B kombinasyonuna göre daha yüksektir (sırasıyla 148,1 µg/kg ve 136,6 µg/kg). Bu farklılığın A kombinasyonunda daha fazla miktarda kullanılan ekşi mayadan geldiği değerlendirilmiştir. Başka bir çalışmada agronomik biyofortifikasyon ile zenginleştirilmiş tam tahıllı unlardan elde edilen mayalı ekmeklerde çinko ve selenyum konsantrasyonları sırasıyla 26,0 mg/kg ve 177,7 µg /kg olarak bulunmuştur (Çakmak vd., 2020). Bu durumda ekşi maya ekmekler fermantasyon sırasında fitatların eliminasyonu ile artan mineral madde biyoyararlılığının sağlanmasıyla çinko ve selenyum eksikliklerinin giderilmesi için önemli bir potansiyele sahip olarak değerlendirilmiştir (Longin vd., 2023).

Çizelge 4.24. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin çinko ve selenyum değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

		Çinko miktarı mg/kg	Selenyum miktarı µg/kg
Maya kombinasyonu (MK)			
A	0	10,48 ± 0,30	66,6 ± 11,38^{f}
	25	19,22 ± 0,31	96,3 ± 3,80^{e}
	50	26,92 ± 0,69	141,7 ± 8,44^{d}
	75	32,46 ± 5,39	211,4 ± 7,21^{b}
	100	43,88 ± 0,21	224,3 ± 10,70^{a}
A ortalama		26,59 ± 11,96	148,1 ± 64,54^{A}
B	0	10,94 ± 0,61	55,7 ± 4,24^{f}
	25	20,22 ± 0,31	99,9 ± 2,65^{e}
	50	27,17 ± 0,35	139,3 ± 4,73^{d}
	75	34,04 ± 0,39	185,0 ± 4,61^{c}
	100	41,52 ± 0,59	203,1 ± 2,44^{b}
B ortalama		26,78 ± 11	136,6 ± 56,17^{B}
İkame oranı (İKO)			
0		10,71 ± 0,50^{e}	61,1 ± 9,73^{e}
25		19,72 ± 0,61^{d}	98,1 ± 3,52^{d}
50		27,05 ± 0,51^{c}	140,5 ± 6,26^{c}
75		33,25 ± 3,53^{b}	198,2 ± 15,45^{b}
100		42,70 ± 1,36^{a}	213,7 ± 13,53^{a}

Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen maya kombinasyonu (MK), küçük harflerle gösterilen ikame oranı (İKO) ortalamaları ile italik harflerle gösterilen "*maya kombinasyonu (MK) x ikame oranı (İKO) interaksiyonu"* ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (*p<0,05*). A: A maya kombinasyonu; B: B maya kombinasyonu



Şekil 4.1. Selenyum miktarı üzerinde istatistiki olarak önemli olan "*ikame oranı maya kombinasyonu x interaksiyonu"*

Selenyum miktarı üzerinde istatistiki olarak önemli etkili olan "*ikame oranı x maya kombinasyonu interaksiyonu*" Şekil 4.1'de verilmiştir. İki maya kombinasyonunda da ikame artıkça selenyum miktarları istatistiki olarak artmıştır. %75 ve 100 ikame oranları için A maya kombinasyonunda B maya kombinasyonuna göre selenyum içerikleri istatistiki olarak daha yüksek bulunmuştur (224,3 µg/kg ve 211,4 µg/kg).

Çinko ve selenyum gibi mikro element noksanlıkları dünyadaki insanların üçte birini (1/3) önemli oranda etkileyen ve özellikle gelişmekte olan ülkelerin en önemli sorunlarından birini oluşturmaktadır (Welch vd., 2013). Çeşitli ciddi sağlık sorunları ve hastalıkları yetersiz çinko ve selenyum elementlerinin alımı ile ilişkilendirilmektedir (Çakmak vd., 2017). Başta buğday olmak üzere tahılları daha tarladayken bu zenginleştirmeyi doğal yollardan yapmak (biyofortifikasyon) çinko ve selenyum noksanlıklarının önlenmesinde çok daha kolay, uygulanabilir, ekonomik ve etkili yöntem olarak görülmektedir (Ros vd., 2016; Zou vd., 2019; Acar, 2020; Schiavon vd., 2020; Radawiec vd., 2021). Böylece bu çalışma kapsamında, uzun yıllardır yedi ülkede sürdürülen proje ile geliştirilen metodun kullanılarak Zn ve Se içeriği zenginleşmiş buğdayın son ürüne dönüşerek ticarileşmesini sağlayacak olması ile "gizli açlığın" önlenmesinde önemli katkıları olacağı görülmüştür. Selenyum için yetişkin bireylerde RDA 55 µg/gün ve çinko için RDA 10 mg/gün (Türk Gıda Kodeksi, TGK, Gıda Etiketleme ve Tüketicileri Bilgilendirme Yönetmeliği) esas alındığında %75 ikame oranı üzerinden 100 g ekmekte 3,32 mg Zn ve 19,82 µg selenyum bulunacaktır ve bu miktar RDAçinko değeri için 3,32 /10 = %33,2 ve RDAselenyum için %36,0'dır. %50 ikame oranı için RDAçinko değeri %27,1 ve RDAselenyum %25,6 olmuştur. Biyofortifiye tam tane ununda ortalama 323,27 µg/kg Se bulunmuş olup son yıllarda biyofortifikasyon çalışmalarında geliştirilen uygulama metodları ile tanede selenyum miktarı 500,0 µg/kg'a kadar çıkarılmıştır. Türk Gıda Kodeksi (TGK) Beslenme ve Sağlık Beyanları Yönetmeliği'ne göre, ekmeklerin bir porsiyonu 100 g olarak kabul edilip bir kişinin de bu porsiyonu bir günde tükettiği esas alınarak, 100 g ekmek ile eğer RDA değerlerinin minimum %15'i karşılanıyor ise çinko ve selenyum için geliştirilen ekmekler için "çinko ve selenyum içeriklerinin yüksek olduğu ile ilgili beslenme bildirimi yapılarak satılabileceği" ifade edilmektedir. Bu durumda ikame oranlarında çinko ve selenyum için bu beyanın yapılabileceği görülmüştür.

4.2.2. Ekmeklerin renk analizleri

Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane unu ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin kabuk ve iç renk analiz sonuçları Çizelge 4.25'te verilmiştir. L*, a ve b* değerleri ekmek kabuğunda sırasıyla 34,37–54,46; 7,54–16,21; 19,55–31,58 arasında; ekmek içinde 41,60–69,83; -1,03–7,22; 15,15–22,71 arasında değişim göstermiştir. L*, a*, b* değerleri sırasıyla ortalama ekmek kabuğunda 47,59; 11,94 ve 24,99; ekmek içinde ise 55,55; 3,66 ve 20,05 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.25. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin kabuk ve iç L*, a*, b* renk değerlerine ait analiz sonuçları

Maya kombinasyonu	Un çeşidi	BTTU seviyesi %	Tek	L*-kabuk	a*-kabuk	b*-kabuk	L*-iç	a*-iç	b*-iç
A maya kombinasyonu	M1	100	1	49,22	9,84	21,15	48,89	6,51	21,34
			2	51,74	9,95	23,12	49,92	6,41	22,21
			3	46,70	11,04	23,72	48,44	6,57	22,59
	M2	75	1	39,75	15,58	26,36	56,08	5,17	22,17
			2	38,75	16,08	25,36	53,50	5,53	21,64
			3	39,01	16,21	25,34	55,27	5,78	22,71
	M3	50	1	43,73	12,57	22,58	58,22	3,94	21,48
			2	44,50	12,97	23,05	60,86	3,46	20,49
			3	43,19	12,96	22,59	59,17	3,96	21,53
	M4	25	1	49,37	12,41	25,65	62,38	1,85	18,39
			2	45,13	13,82	27,54	62,46	1,92	18,73
			3	48,80	12,92	25,49	60,51	1,93	18,81
	M5	0	1	53,05	13,93	28,05	66,05	-1,03	15,15
			2	49,24	11,64	22,99	64,54	-0,73	16,12
			3	51,66	12,02	23,55	64,62	-0,53	17,67
B maya kombinasyonu	M1	100	1	51,35	9,89	24,14	41,63	7,12	20,54
			2	49,53	9,07	23,42	44,31	7,22	21,59
			3	48,74	9,21	24,16	41,60	6,87	20,93
	M2	75	1	47,61	11,28	26,58	48,32	5,29	19,75
			2	45,08	11,43	26,35	50,86	5,78	21,88
			3	48,32	9,99	26,42	46,20	5,35	19,97
	M3	50	1	52,99	10,49	25,96	50,99	4,52	20,90
			2	46,34	7,54	19,55	52,3	5,08	21,69
			3	54,46	9,26	26,07	49,20	4,84	20,64
	M4	25	1	54,46	9,26	26,07	57,85	2,99	19,83
			2	48,51	12,68	24,72	59,22	2,42	19,14
			3	52,40	12,22	28,02	54,43	3,24	21,43
	M5	0	1	51,29	13,31	31,58	65,37	-0,62	15,95
			2	48,25	14,54	26,89	63,44	-0,45	17,00
			3	34,37	14,16	23,31	69,83	-0,74	19,15
Ortalama				47,59	11,94	24,99	55,55	3,66	20,05
Minimum-maksimum				34,37–54,46	7,54 – 16,21	19,55 – 31,58	41,60–69,83	-1,03–7,22	15,15–22,71

M5: yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan kontrol unu; M1: biyofortifiye tam tane unu (BTTU); M2: %75 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; M3: %50 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; M4: %25 BTTU ikame edilmiş kontrol unu

Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin kabuk ve içinde L*, a*, b*renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.26 ve 4.27'de verilmiştir. Ekmek örneklerinin kabuk ve içinde L* ve a* değerleri üzerinde maya kombinasyonu (MK), ikame oranı (İKO) ve "*maya kombinasyonu x ikame oranı interaksiyonu"* istatistiki olarak önemlidir. İkame oranı her iki b* değeri üzerinde, "*MK x İKO interaksiyonu"* ise yalnız ekmek içi b* değeri üzerinde önemli bulunmuştur (*p<0,05*).

Çizelge 4.26. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin kabuğunda L*, a*, b*renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Ekmek kabuğu												
VK	L*				a*				b*			
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
MK	1	100,32	100,32	19,682**	1	29,23	29,23	30,8451**	1	9,30	9,30	2,0524
İKO	4	216,06	54,01	10,5972**	4	56,65	14,16	14,947**	4	57,95	14,49	3,1983*
MK x İKO	4	104,28	26,07	5,1146**	4	38,66	9,66	10,2005**	4	4,40	1,10	0,2427
Hata	20	101,94	5,10		20	18,95	0,95		20	90,59	4,53	
Toplam	29	522,60			29	143,48			29	162,23		

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

Çizelge 4.27. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin içinde L*, a*, b*renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Ekmek içi												
VK	L*				a*				b*			
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
MK	1	189,10	189,1	56,9286**	1	2,22	2,22	35,5047**	1	0,01	0,01	0,0157
İKO	4	1363,82	340,9	102,6425*	4	203,77	50,9	812,9309**	4	94,74	23,6	27,2226**
MK x İKO	4	83,01	20,75	6,2473**	4	1,34	0,33	5,3401**	4	10,61	2,65	3,0484*
Hata	20	66,44	3,32		20	1,25	0,06		20	17,40	0,87	
Toplam	29	1702,36			29	208,59			29	122,76		

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

Çizelge 4.28. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin renk değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları

		Ekmek kabuğu			Ekmek içi		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*
Maya kombinasyonu (MK)							
A	0	51,32 ± 1,93^{ab}	12,53 ± 1,23^{b-d}	24,86 ± 2,77	65,07 ± 0,85^{a}	-0,76 ± 0,25^{h}	16,31 ± 1,27^{f}
	25	47,77 ± 2,30^{b-c}	13,05 ± 0,71^{b}	26,23 ± 1,14	61,78 ± 1,10^{b}	1,90 ± 0,04^{g}	18,64 ± 0,22^{de}
	50	43,81 ± 0,66^{d}	12,83 ± 0,23^{bc}	22,74 ± 0,27	59,42 ± 1,34^{bc}	3,79 ± 0,28^{e}	21,17 ± 0,59^{a-c}
	75	39,17 ± 0,52^{e}	15,96 ± 0,33^{a}	25,69 ± 0,58	54,95 ± 1,32^{d}	5,49 ± 0,31^{c}	22,17 ± 0,54^{a}
	100	49,22 ± 2,52^{a-c}	10,28 ± 0,66^{e-g}	22,66 ± 1,34	49,08 ± 0,76^{e}	6,50 ± 0,08^{b}	22,05 ± 0,64^{ab}
A ortalama		46,26 ± 4,71^{B}	12,93 ± 1,97^{A}	24,44 ± 1,99	58,06 ± 5,84^{A}	3,38 ± 2,69^{B}	20,07 ± 2,43
B	0	49,64 ± 1,54^{a-c}	14,00 ± 0,63^{b}	27,26 ± 4,15	66,21 ± 3,28^{a}	-0,60 ± 0,15^{h}	17,37 ± 1,63^{ef}
	25	51,79 ± 3,02^{a}	11,39 ± 1,86^{c-e}	26,27 ± 1,66	57,17 ± 2,47^{cd}	2,88 ± 0,42^{f}	20,13 ± 1,17^{cd}
	50	51,26 ± 4,33^{ab}	9,10 ± 1,48^{g}	23,86 ± 3,73	50,84 ± 1,58^{e}	4,81 ± 0,28^{d}	21,08 ± 0,55^{a-c}
	75	47,00 ± 1,70^{cd}	10,9 ± 0,79^{d-f}	26,45 ± 0,12	48,46 ± 2,33^{b}	5,47 ± 0,27^{c}	20,53 ± 1,17^{bc}
	100	49,87 ± 1,34^{a-c}	9,39 ± 0,44^{fg}	23,91 ± 0,42	42,51 ± 1,56^{f}	7,07 ± 0,18^{a}	21,02 ± 0,53^{a-c}
B ortalama		49,91±2,82^{A}	10,96 ± 2,07^{B}	25,55 ± 2,64	53,04 ± 8,60^{B}	3,93 ± 2,74^{A}	20,03 ± 1,70
İkame oranı (İKO)							
0		50,48 ± 1,81^{a}	13,27 ± 1,19^{ab}	26,06 ± 3,42^{a}	65,64 ± 2,23^{a}	-0,68 ± 0,20^{e}	16,84 ± 1,43^{c}
25		49,78 ± 3,26^{ab}	12,22 ± 1,55^{b}	26,25 ± 1,27^{b}	59,48 ± 3,05^{b}	2,39 ± 0,60^{d}	19,39 ± 1,11^{b}
50		47,54 ± 4,93^{b}	10,97 ± 2,26^{c}	23,3 ± 2,45^{b}	55,13 ± 4,87^{c}	4,30 ± 0,62^{c}	21,12 ± 0,51^{a}
75		43,09 ± 4,44^{c}	13,43 ± 2,82^{a}	26,07 ± 0,56^{a}	51,71 ± 3,94^{d}	5,48 ± 0,26^{b}	21,35 ± 1,21^{a}
100		49,55 ± 1,84^{ab}	9,83 ± 0,70^{c}	23,29 ± 1,12^{b}	45,8 ± 3,76^{e}	6,78 ± 0,34^{a}	21,53 ± 0,77^{a}

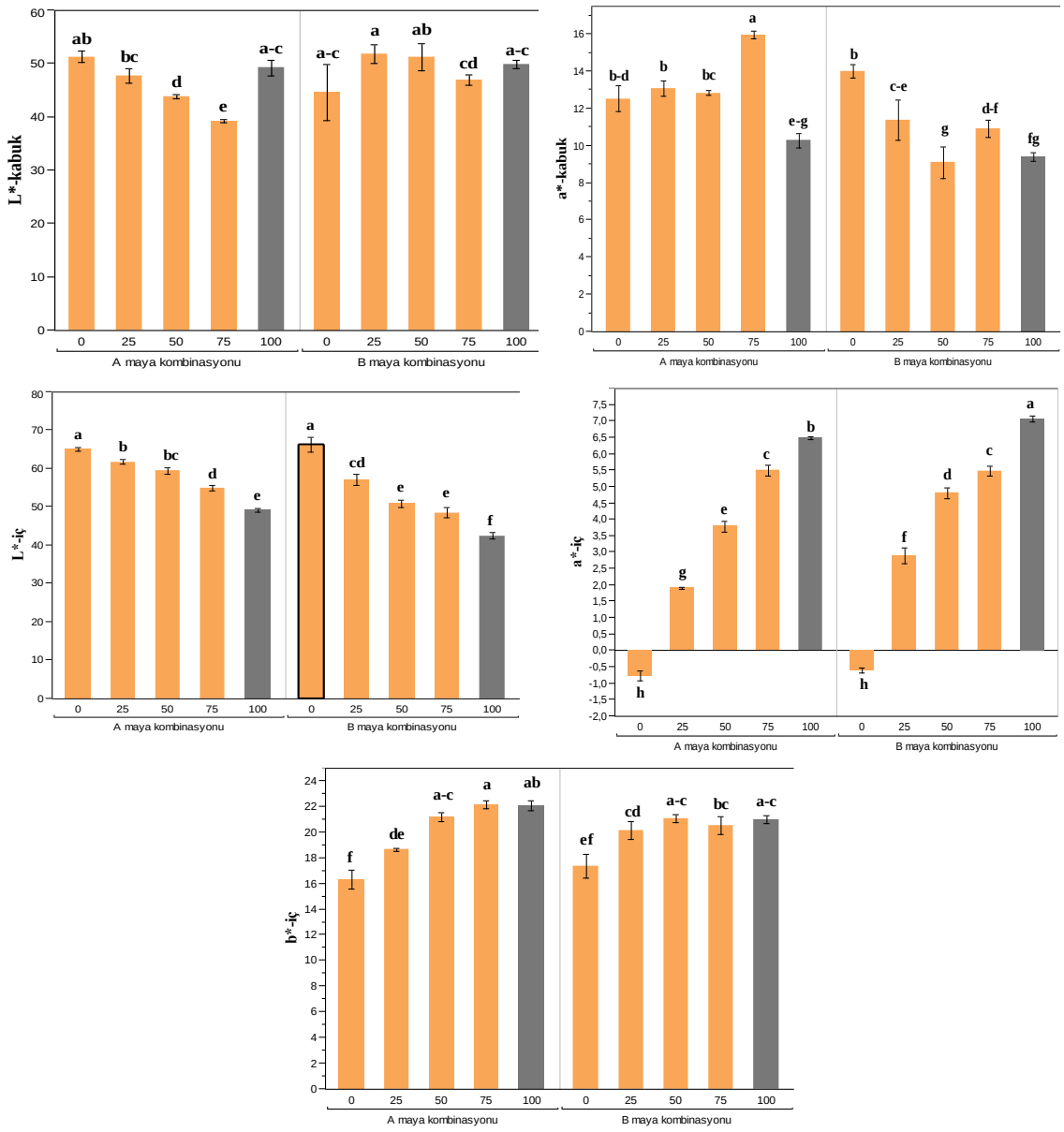
Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen maya kombinasyonu (MK), küçük harflerle gösterilen ikame oranı (İKO) ortalamaları ile italik harflerle gösterilen "*maya kombinasyonu (MK) x ikame oranı (İKO) interaksiyonu"* ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$); A: A maya kombinasyonu; B: B maya kombinasyonu

Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin renk değerleri çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.28'de verilmiştir. Ekmeğin renk değerleri tüketici tercihlerini belirleyen faktörlerden birisidir. Ekmek kabuğunda A kombinasyonunun a* değeri, B kombinasyonunun ise L* değeri istatistiki olarak daha yüksektir. Kabuk tabakası özellikle yüksek sıcaklık ile maillard reaksiyonlarının pişme sırasında oluştuğu kısımdır. Çalışmada ekşi maya fermantasyonunda daha fazla ekstrakte edilebilir polifenoller ve biyoaktif peptitlerin oluşmakta olup (Dapcevic-Hadnadev vd., 2022), bunların kabukta indirgen şekerlerle Maillard reaksiyonuna girmesi daha fazla ekşi mayanın kullanıldığı A kombinasyonunun kırmızı renk değerinin (a*) artışına ve rengin buna bağlı olarak

koyulaşması ile L* değerinin düşmesine neden olmuştur. Her iki maya kombinasyonunda genel olarak kontrol ununa BTTU ikame oranı arttıkça kepek tabakasında (alöron, embriyo ve perikarp) daha yoğun bir şekilde bulunan renk maddeleri ile (Lachman vd., 2017; Gomez vd., 2020) ekmek kabuğunda renk koyulaşmıştır. Lakin, ikame unlardan yapılan ekmeklerin L* değerleri azalırken, BTTU'nundan yapılan ekmekler kontrol ekmekler ile istatistiksel olarak benzer L* değerine sahip olmuşlardır. Ekmek kabuğunda %75 ikame oranı hariç ikame oranları artışı ile a* değerleri azalmıştır. Yalnız %75 ikame oranında düşük L* değeri ve yüksek a* değeri bulunmuştur. Ekmek kabuğunda %50 ve %100 ikame oranları düşük a* değerleri ile istatiksel olarak ayrılmışlardır. Ekmek içinde kabuğun tersi A kombinasyonunun L* değeri, B kombinasyonunun a* değeri istatistiki olarak daha yüksektir. İkame oranlarının artmasıyla, kepeğin eklenmesiyle oluşan renk değişimi ekmek içinde daha belirgin olmuş; ikame oranı artışı ile birlikte her bir ikame oranında istatistiki olarak farklı olacak şekilde L* değeri azalırken; a* değeri ise artmıştır. Ekmek içinde b* değeri %25 ikame oranından sonra istatistiki olarak değişmemiştir.

Ekmek kabuğunda ve içinde renk değerleri üzerinde istatistiki olarak önemli olan "*ikame oranı x maya kombinasyonu interaksiyonları*" Çizelge 4.28 ve Şekil 4.2'de verilmiştir. Ekmek kabuğunda B maya kombinasyonunda %75 ikame oranı hariç tüm ikame oranları ile A maya kombinasyonunun kontrol ve BTTU ekmekleri yüksek L* değerleri (daha açık renkli) ile istatistiki olarak aynı grupta yer almıştır. A maya kombinasyonunda ikame oranı arttıkça L* değerleri düşmüş ve en düşük L* değeri A kombinasyonunu %75 ikame oranında elde edilmiştir (39,17). Ekmek kabuğunda A maya kombinasyonunda %75 ikame oranında en yüksek a* değeri elde edilmiştir (15,96). Ekmek kabuğunda her iki maya kombinasyonuna ait kontrol ekmekleri ile A maya kombinasyonunun %25 ve %50 ikame oranlarında yüksek a* değerleri elde edilmiştir. Ekmek kabuğunda her iki maya kombinasyonunda da BTTU ekmekleri ve B maya kombinasyonu %50 ikame oranı ekmeğinde en düşük a* değeri bulunmuştur. Ekmek içinde kontrol ekmeklerinin L* renk değerleri en yüksek ve BTTU ekmeklerinin ise en düşüktür. Ekmek içinde L* değeri bakımından A maya kombinasyonuna ait %25 ikame oranı ekmeği diğer ikame oranlarına göre istatistiki olarak yüksek L* değerine sahiptir (61,78). Ekmek içinde kontrol ekmeklerinin a* değerleri negatif ve oldukça düşüktür (-0,60 ve- 0,76). Ekmek içinde her iki maya kombinasyonunda BTTU ekmeklerinin a* değeri en yüksek iken; B maya kombinasyonu BTTU ekmeği en yüksek a* değeri ile ayrılmıştır (7,07). Ekmek içinde

BTTU ekmeklerinden sonra her iki maya kombinasyonunda %75 ikame oranı ekmekleri yüksek ve istatistiki olarak benzer a* değerine sahip olmuşlardır. Ekmek içinde her iki maya kombinasyonunda kontrol ekmekleri en düşük b* değeri ile ayrılmışlardır. Bunu her iki maya kombinasyonunda %25 ikame oranından sonra b* değerleri ekmeklerde artmamış ve benzer olmuştur.



Şekil 4.2. Ekmek kabuğunda ve içinde renk değerleri üzerinde istatistiki olarak önemli olan "*ikame oranı x maya kombinasyonu*" interaksiyonları

4.2.3. Ekmeklerin fizikokimyasal özellikleri

Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane unu ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin fizikokimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.29'da verilmiştir. Ekmeklerde protein miktarı %7,04-11,99; nem miktarı %33,97-41,15; kül miktarı %1,461-2,670; su aktivitesi değeri 0,790-0,952; toplam fenolik madde miktarı 57,95-130,61 mgGAE/100 g ve toplam antioksidan aktivite değeri 5,33-15,40 %inhibisyon arasında değişim göstermiştir. Ortalama protein, nem ve kül miktarları, su aktivitesi değeri, toplam fenolik madde miktarı ve toplam antioksidan aktivite değeri sırasıyla %9,13; %38,62; %2,028; 0,894; 88,59 mgGAE/100 g ve 10,28 %inhibisyon olarak bulunmuştur.

Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin fizikokimyasal özelliklerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.30'da verilmiştir. Ekmek örneklerinin kül miktarı, toplam antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde miktarı üzerinde ikame oranı ve maya kombinasyonu; su aktivitesi ve protein miktarı üzerinde ikame oranı istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Protein miktarı ve toplam fenolik madde miktarı üzerinde "*maya kombinasyonu x ikame oranı interaksiyonu*" istatistiki olarak düzeyinde önemli olmuştur ($p<0,01$).

Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin fizikokimyasal değerleri çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.31'de verilmiştir. En yüksek kül miktarı B maya kombinasyonundan elde edilmiştir (%2,093). Bu durum B maya kombinasyonunda daha az ekşi maya kullanımına bağlanmıştır. Genel olarak ekmeklerin eldesinde kullanılan unların ikame oranı arttıkça kül miktarı artmıştır. Elde edilen ekmeklerde kül miktarı sonuçları da unlardan elde edilen sonuçlara benzer olmuştur. Ekmeklerin eldesinde kullanılan unlarda kepek tabakasının miktarı arttıkça kepekten gelen mikroelementler ile birlikte kül miktarı bariz şekilde artmıştır. (Gomez vd., 2020; Fooddata portal, 2020). Su aktivitesi bakımından maya kombinasyonları arasında istatistiki farklılık bulunmamıştır. Unların su aktivitesi (aw) ikame oranı arttıkça azalırken; elde edilen ekmeklerde ikame oranı arttıkça su aktivitesi artmıştır ($p<0,05$).

Çizelge 4.29. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin fiziko kimyasal özellikleri[1]

MK	Un çeşidi	BTTU Seviyesi %	Tek	Protein miktarı %	Nem miktarı %	Kül miktarı %	Su aktivitesi değeri a_w	Toplam fenolik madde miktarı mgGAE/100 g	Toplam antioksidan aktivite %inhibisyon
A	M1	100	1	11,44	36,70	2,473	0,931	127,45	15,40
			2	11,33	38,20	2,413	0,907	130,61	13,86
			3				0,909	128,82	13,66
	M2	75	1	9,39	38,32	2,037	0,952	111,66	13,65
			2	9,02	41,15	2,285	0,911	114,56	11,59
			3				0,902	113,05	10,66
	M3	50	1	9,27	33,97	1,718	0,897	94,00	13,65
			2	9,10	38,47	1,990	0,892	92,70	12,15
			3				0,862	95,54	11,94
	M4	25	1	8,58	39,32	1,795	0,940	86,38	8,53
			2	8,49	40,87	1,883	0,870	83,22	11,51
			3				0,790	76,90	10,04
	M5	0	1	7,04	39,20	1,566	0,875	64,27	9,59
			2	7,23	40,46	1,461	0,912	66,90	9,17
			3				0,880	67,66	9,07
B	M1	100	1	11,99	38,89	2,670	0,951	114,82	13,43
			2	11,64	37,90	2,426	0,894	102,18	12,15
			3				0,920	102,55	11,51
	M2	75	1	9,71	37,80	2,301	0,946	83,22	10,87
			2	9,72	38,03	2,283	0,894	92,70	10,45
			3				0,914	92,07	9,59
	M3	50	1	8,81	36,21	1,928	0,879	73,74	8,53
			2	9,37	40,02	2,222	0,847	76,90	7,89
			3				0,905	80,06	9,17
	M4	25	1	7,81	38,33	2,013	0,835	70,59	7,89
			2	8,00	40,08	1,881	0,823	64,27	7,17
			3				0,899	73,74	7,89
	M5	0	1	7,08	37,96	1,594	0,897	57,95	5,97
			2	7,51	40,51	1,614	0,906	57,95	6,18
			3				0,874	60,68	5,33
Ortalama				9,13	38,62	2,028	0,894	88,59	10,28
Minumum-maksimum				7,04 - 11,99	33,97-41,15	1,461-2,670	0,790-0,952	57,95-130,61	5,33-15,40

[1]Analiz sonuçları su aktivitesi değeri dışında kurumadde üzerinden düzeltilmiştir. M5: yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan kontrol unu; M1: biyofortifiye tam tane unu (BTTU); M2: %75 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; M3: %50 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; M4: %25 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; MK: maya kombinasyonu; Tek: tekerrür; A: A maya kombinasyonu; B: B maya kombinasyonu

Özellikle %50 ikame oranından sonra 0,900'ün üzerine çıkmıştır. Su aktivitesi başta mikroorganizma faaliyetleri için önemli olup lipid oksidasyonu, enzim aktiviteleri, hidrolitik reaksiyonlar gibi biyokimyasal değişiklikler ile de ilişkilidir (Özay vd., 1993). Biyofortifiye unlar kullanıldığında kepek tabakası ilave oranı mevcut suyun kepek tabakasındaki polisakkaritler tarafından tutulduğundan artan su aktivitesi değeri ile birlikte depolama süresi, koşulları ve ambalajlama konusunda dikkatli olunmalıdır. Artan tam tane

biyofortifiye un ikame oranı arttıkça kepek tabakasında (alöron, embriyo ve perikarp) daha yoğun bir şekilde bulunan renk maddeleri ve diğer biyoaktif bileşenlerin miktarının ve oransal olarak daha yoğun bulunan gluten harici proteinlerin (albümin, globulin) (Gomez vd., 2020) ekmeklere dahil edilmesi ile toplam fenolik madde, toplam antioksidan aktivite ve protein miktarı artmıştır. Ekşi mayanın daha fazla kullanıldığı A maya kombinasyonunun toplam fenolik madde ve toplam antioksidan kapasitesi daha yüksektir ($p<0,01$). Ekşi maya fermantasyonunda laktik asit bakterileri (LAB) ve maya aktivitesi sonucunda daha fazla ekstrakte edilebilir polifenoller ve biyoaktif peptitlerin salındığından toplam antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde miktarını artmışttır (Dapcevic-Hadnadev vd., 2022).

Çizelge 4.30. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin fizikokimyasal özelliklerine ait varyans analiz sonuçları

	Toplam fenolik madde miktarı				Toplam antioksidan aktivite				Protein miktarı			
VK	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
MK	1	2077,8	2078	138,0368**	1	54,54	54,54	63,6115**	1	0,03	0,03	0,6327
İKO	4	11164	2791	185,4073**	4	117,97	29,49	34,3982**	4	42,78	10,70	242,7554**
MK x İKO	4	274,26	68,57	4,555**	4	6,21	1,55	1,8093	4	0,85	0,21	4,8155*
Hata	20	301,06	15,05		20	17,15	0,86		10	0,44	0,04	
Toplam	29	13817			29	195,86			19	44,10		
	Kül miktarı				Su aktivitesi				Nem miktarı			
VK	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
MK	4	2,0012	0,5	31,1855**	1	0,00006	0,0001	0,055	4	18,13	4,53	1,5204
İKO	1	0,0861	0,086	5,364*	4	0,0159	0,0040	3,4273*	1	0,04	0,04	0,0145
MK x İKO	4	0,011	0,003	0,171	4	0,0004	0,0001	0,0833	4	8,90	2,22	0,7464
Hata	10	0,1604	0,016		20	0,0232	0,0012		10	29,81	2,98	
Toplam	19	2,2587			29	0,0396			19	56,88		

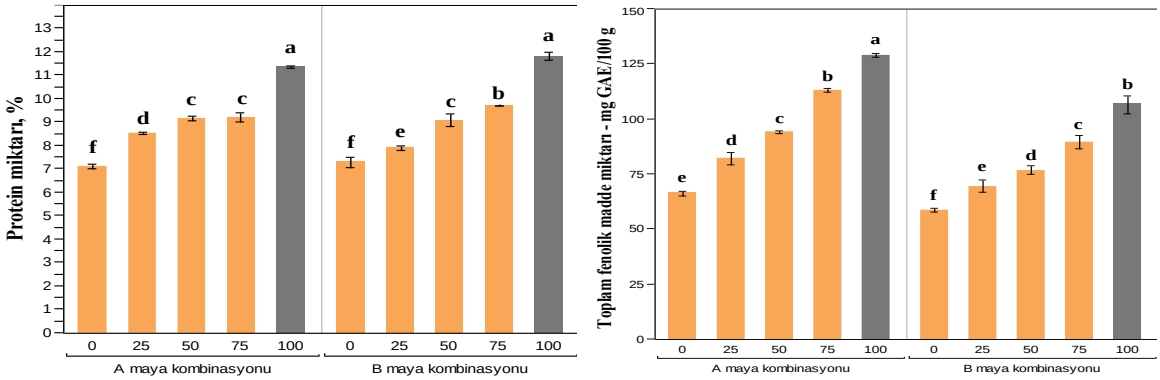
*:p<*0,05* düzeyinde önemli; **: *p<0,01* düzeyinde önemli. MK: maya Kombinasyonu, İKO: ikame oranı, VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi, KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması

Ekmeklerin protein miktarı ve toplam fenolik madde miktarı üzerinde istatistiki olarak önemli olan "*ikame oranı x maya kombinasyonu interaksiyonu*" Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Her iki maya kombinasyonunda da artan ikame oranları ile birlikte protein miktarı ve toplam fenolik madde miktarı artmıştır. BTTU ekmekleri A ve B maya kombinasyonlarında en yüksek protein miktarına sahiptir (%11,38 ve %11,81, k.m.).

Çizelge 4.31. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin fizikokimyasal özelliklerine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları

		Nem miktarı %	Protein miktarı %	Kül miktarı %	Su aktivitesi a_w	Toplam fenolik madde miktarı mgGAE/100 g	Antioksidan aktivite %inhibisyon
Maya kombinasyonu (MK)							
A	0	39,8 ± 0,89	7,14 ± 0,14^{f}	1,513 ± 0,074	0,889 ± 0,02	66,28 ± 1,78^{e}	9,28 ± 0,28
	25	40,1 ± 1,10	8,53 ± 0,06^{d}	1,839 ± 0,062	0,867 ± 0,075	82,17 ± 4,83^{d}	10,03 ± 1,49
	50	36,2 ± 3,18	9,18 ± 0,13^{c}	1,854 ± 0,192	0,883 ± 0,019	94,08 ± 1,42^{c}	12,58 ± 0,93
	75	39,7 ± 2,00	9,21 ± 0,26^{c}	2,161 ± 0,175	0,922 ± 0,027	113,09 ± 1,45^{b}	11,97 ± 1,53
	100	37,5 ± 1,06	11,38 ± 0,08^{a}	2,443 ± 0,043	0,916 ± 0,014	128,96 ± 1,58^{a}	14,31 ± 0,95
A ortalama		38,67 ± 2,14	9,09 ± 1,45	1,962 ± 0,346^{B}	0,895 ± 0,039	96,91 ± 23,03^{A}	11,63 ± 2,10^{A}
B	0	39,24 ± 1,8	7,30 ± 0,31^{f}	1,604 ± 0,014	0,893 ± 0,016	58,86 ± 1,58^{f}	5,83 ± 0,44
	25	39,21 ± 1,24	7,90 ± 0,13^{e}	1,947 ± 0,093	0,852 ± 0,041	69,53 ± 4,82^{e}	7,65 ± 0,42
	50	38,12 ± 2,69	9,09 ± 0,39^{c}	2,075 ± 0,207	0,877 ± 0,029	76,9 ± 3,16^{d}	8,53 ± 0,64
	75	37,92 ± 0,16	9,72 ± 0,01^{b}	2,292 ± 0,013	0,918 ± 0,026	89,54 ± 5,47^{c}	10,3 ± 0,65
	100	38,40 ± 0,70	11,81 ± 0,25^{a}	2,548 ± 0,172	0,922 ± 0,028	106,52 ± 7,19^{b}	12,36 ± 0,98
B ortalama		38,57 ± 1,32	9,16 ± 1,67	2,093±0,349^{A}	0,892 ± 0,036	80,27 ± 17,55^{B}	8,94 ± 2,39^{B}
İkame oranı (İKO)							
0		39,53±1,21	7,22±0,22^{d}	1,559±0,068^{d}	0,891±0,017^{ab}	62,57±4,33^{e}	7,55±1,918^{d}
25		39,65±1,08	8,22±0,37^{c}	1,893±0,090^{c}	0,860±0,055^{b}	75,85±8,15^{d}	8,84±1,628^{c}
50		37,17±2,64	9,14±0,24^{b}	1,964±0,207^{c}	0,880±0,022^{ab}	85,49±9,66^{c}	10,56±2,331^{b}
75		37,17±2,64	9,46±0,33^{b}	2,226±0,126^{b}	0,920±0,024^{a}	101,32±13,39^{b}	11,14±1,392^{b}
100		37,92±0,91	11,60±0,29^{a}	2,495±0,119^{a}	0,919±0,020^{a}	117,74±13,15^{a}	13,34±1,370^{a}

Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen maya kombinasyonu (MK), küçük harflerle gösterilen ikame oranı (İKO) ortalamaları ile italik harflerle gösterilen "*maya kombinasyonu (MK) x ikame oranı (İKO) interaksiyonu"* ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$). A: A maya kombinasyonu; B: B maya kombinasyonu; M5: yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan kontrol unu; M1: biyofortifiye tam tane unu (BTTU); M2: %75 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; M3: %50 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; M4: %25 BTTU ikame edilmiş kontrol unu;



Şekil 4.3. Ekmek protein miktarı ve toplam fenolik madde miktarı üzerinde istatistiki olarak önemli olan "*ikame oranı x maya kombinasyonu*" interaksiyonları

B kombinasyonu %75 ikame oranı ekmeği ise BTTU ekmeklerinden sonra en yüksek protein oranına sahiptir (%9,72, k.m.). A maya kombinasyonu %50 ve %75 ikame oranları ve B kombinasyonu %50 ikame oranı ekmekleri istatistiki olarak aynı grupta protein

miktarına sahip olmuşlardır. A maya kombinasyonunda BTTU ekmeği en yüksek toplam fenolik madde miktarı ile dikkat çekmiştir (128,96 mgGAE/100 g). Yine A maya kombinasyonu %75 ikame oranı ekmeği ile B maya kombinasyonu BTTU ekmeğinin toplam fenolik madde miktarı yüksek ve istatistiki olarak aynı gruptadır (113,06 mgGAE/100 g ve 106,52 mgGAE/ 100 g). Kontrol unu ekmekleri en düşük toplam fenolik madde miktarına sahip iken B maya kombinasyonunda daha düşük değer elde edilmiştir. %50 ve %25 ikame oranı ekmekleri için A maya kombinasyonunda B maya kombinasyonuna göre aynı ikame oranları için daha yüksek toplam fenolik madde elde edilmesi dikkat çekmiştir.

4.2.4. Ekmek ağırlık ve hacim özellikleri

Çizelge 4.32. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklere ait ağırlık ve hacim değerleri analiz sonuçları

Maya kombinasyonu	Un çeşidi	BTTU Seviyesi %	Tekerrür	Hamur ağırlığı g	Ekmek ağırlığı g	Ekmek hacmi cm^3	Spesifik hacim cm^3/g
A	M1	100	1	184,71	164,49	370,0	2,25
			2	186,95	173,74	355,0	2,04
	M2	75	1	186,36	168,39	445,0	2,64
			2	186,02	172,34	410,0	2,38
	M3	50	1	183,75	165,83	472,0	2,85
			2	186,57	168,70	463,0	2,74
	M4	25	1	186,07	168,07	500,0	2,97
			2	187,11	169,26	490,0	2,89
	M5	0	1	186,43	168,82	520,0	3,08
			2	187,36	167,47	505,0	3,02
B	M1	100	1	179,90	161,13	295,0	1,83
			2	184,07	164,11	330,0	2,01
	M2	75	1	182,50	164,24	345,0	2,10
			2	182,24	163,75	330,0	2,02
	M3	50	1	182,71	164,37	345,0	2,10
			2	178,11	161,02	425,0	2,64
	M4	25	1	181,93	161,87	445,0	2,75
			2	181,43	161,53	425,0	2,63
	M5	0	1	182,89	161,60	525,0	3,25
			2	184,40	162,32	515,0	3,17
Ortalama				184,08	165,65	425,5	2,57
Minimum-maksimum				178,1-187,4	161,0-173,7	295,0-525,0	1,83-3,25

A: A maya kombinasyonu; B: B maya kombinasyonu; M5: yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan kontrol unu; M1: biyofortifiye tam tane unu (BTTU); M2: %75 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; M3: %50 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; M4: %25 BTTU ikame edilmiş kontrol unu

Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane unu ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin ağırlık ve hacim özellikleri Çizelge 4.32'de verilmiştir. Ekmeklerde hamur ağırlığı 178,1-187,4 g; ekmek ağırlğı 161,0-173,7 g; ekmek hacmi 295,0-525,0 cm^3 ve spesifik hacim değeri 1,83-32,5 cm^3/g arasında değişim göstermiştir. Sırasıyla değerler ortalama 184,08 g; 165,65 g; 425,5 cm^3 ve 2,57 cm^3/g olarak bulunmuştur.

Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin ağırlık ve hacim özelliklerine ait analiz sonuçlarının varyans analiz sonuçları Çizelge 4.33'te verilmiştir. Ekmek örneklerinin hamur ve ekmek ağırlıkları ile hacim ve spesifik hacim değerleri üzerinde maya kombinasyonu istatistiki olarak önemli bulunmuştur (*p<0,01*). Ayrıca hacim değerleri üzerinde ise ikame oranı istatistiki olarak önemli bulunmuştur (*p<0,01*). "*Maya kombinasyonu x ikame oranı interaksiyonu"* özellikler üzerinde önemli etkiye sahip olmamıştır.

Çizelge 4.33. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin ağırlık ve hacim değerlerinin varyans analiz sonuçları

	Hamur ağırlığı				Ekmek ağırlığı			
VK	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
MK	1	84,67	84,67	30,1417**	1	187,09	187,09	28,0036**
İKO	4	12,66	3,17	1,127	4	13,65	3,41	0,5108
MK x İKO	4	1,94	0,49	0,173	4	3,32	0,83	0,1244
Hata	10	28,09	2,81		10	66,81	6,68	
Toplam	19	127,36			19	270,87		
	Ekmek hacmi				Spesifik hacim			
VK	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
MK	1	15125,00	15125,00	29,6394**	1	0,28	0,28	11,6246**
İKO	4	77557,50	19389,37	37,996**	4	2,96	0,74	30,5934**
MK x İKO	4	5937,50	1484,38	2,9088	4	0,24	0,06	2,5033
Hata	10	5103,00	510,30		10	0,24	0,02	
Toplam	19	103723,00			19	3,73		

**: *p<0,01* düzeyinde önemli. MK: maya kombinasyonu, İKO: ikame oranı, VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi, KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması

Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin ağırlık ve

hacim değerleri çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.34'te verilmiştir. Ekmekte hacim değerinin yüksek olması ekmekte istenilen en önemli ürün özelliklerinden birisidir (Guzman vd., 2016). Ekmek hacmi veya spesifik hacim değeri arttıkça ekmeğin tekstürü daha esnek olmakta, yutulabilme özellikleri iyileşmekte, gözenek sayısı artmaktadır. İkame oranı arttıkça genel olarak ekmek hacmi ve spesifik hacim değerleri istatistiki olarak düşmüştür. Artan ikame oranı kepek tabakasının artan miktarı, kepek ile birlikte nişasta harici polisakkaritlerin (hemiselüloz ve selüloz) ortama dahil olması glutenin seyrelmesine ve kepek tabakasının su tutma özelliği nedeni ile (Zhou vd., 2021) gluten gelişiminin yeterince gerçekleşmemesi (Gomez vd., 2020), kepeğin glutende ek ß-dönüşlerin oluşumunu arttırması (Bock, 2019) ve arabinoksilan gibi besinsel lifler ile oluşan interaksiyonlar nedeniyle gluten zayıflaması hamur viskoelastik özelliklerini zayıflatmış (Hemdane vd., 2016, Sun vd., 2023) ve buna bağlı olarak ekmek hacimleri artan ikame oranı ile düşmüştür.

Çizelge 4.34. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin ağırlık ve hacim özelliklerine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları

		Hamur ağırlığı	Ekmek ağırlığı	Ekmek hacmi	Spesifik Hacim
Maya kombinasyonu (MK)					
A	0	186,9 ± 0,66	168,2 ± 0,95	512,5 ± 10,6	3,05 ± 0,05
	25	186,6 ± 0,74	168,7 ± 0,84	495,0 ± 7,1	2,94 ± 0,06
	50	185,2 ± 1,99	167,3 ± 2,03	467,5 ± 6,4	2,80 ± 0,07
	75	186,2 ± 0,24	170,4 ± 2,79	427,5 ± 24,7	2,51 ± 0,19
	100	185,8 ± 1,58	169,1 ± 6,54	362,5 ± 10,6	2,15 ± 0,15
A ortalama		186,1 ± 1,11^{A}	168,7 ± 2,73^{A}	453,0 ± 57,4^{A}	2,69 ± 0,35^{A}
B	0	183,7 ± 1,07	162,0 ± 0,51	520,0 ± 7,1	3,21 ± 0,05
	25	181,7 ± 0,35	161,7 ± 0,24	435,0 ± 14,1	2,69 ± 0,08
	50	180,4 ± 3,25	162,7 ± 2,37	385,0 ± 56,6	2,37 ± 0,38
	75	182,4 ± 0,18	164,0 ± 0,35	337,5 ± 10,6	2,06 ± 0,06
	100	182,0 ± 2,95	162,6 ± 2,11	312,5 ± 24,7	1,92 ± 0,13
B ortalama		182,0 ± 1,87^{B}	162,6 ± 1,37^{B}	398,0 ± 80,9^{B}	2,45 ± 0,51^{B}
İkame oranı (İKO)					
0		185,3 ± 2,01	165,1 ± 3,63	516,3 ± 8,5^{a}	3,129 ± 0,103^{a}
25		184,1 ± 2,87	165,2 ± 4,05	465,0 ± 35,8^{b}	2,813 ± 0,153^{b}
50		182,8 ± 3,52	165,0 ± 3,19	426,3 ± 57,9^{c}	2,582 ± 0,333^{b}
75		184,3 ± 2,21	167,2 ± 4,02	382,5 ± 54,2^{d}	2,284 ± 0,285^{c}
100		183,9 ± 2,94	165,9 ± 5,46	337,5 ± 32,8^{e}	2,034 ± 0,172^{d}

Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen maya kombinasyonu (MK), küçük harflerle gösterilen ikame oranı (İKO) ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$). A: A maya kombinasyonu; B: B maya kombinasyonu;

A kombinasyonunda ekmek hacim değerleri B kombinasyonuna göre bariz şekilde istatistiki olarak daha yüksek olmuştur. A kombinasyonunda B kombinasyonuna göre ekmeklerin hamur ve ekmek ağırlığı değerleri de daha yüksektir. Buğday hamurunun pişirme performansı ve gaz tutma kapasitesi, fermantasyon sırasındaki toplam CO_2 hacmine bağlıdır. Fazla taze mayadan daha fazla CO_2 ve etanol oluşumuyla daha fazla ekmek hacmi beklenmekte, ancak bu konuda maya miktarının yanı sıra fermantasyon süresi de büyük önem taşımaktadır. Enzimatik faaliyetler uzun süreli fermantasyonda gaz kabarcıkları arasında ince lamellerin oluşmasına neden olmakta ve fırın sıçraması sırasında daha fazla gazın kaçmasına izin vermektedir (Verheyen vd., 2015). Bu nedenle daha fazla ticari yaş mayanın kullanıldığı B maya kombinasyonunda ekmek hacimlerinin azaldığı değerlendirilmiştir.

4.2.5. Ekmeklerin dokusal özellikleri

Çizelge 4.35. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin dokusal özelliklerine ait analiz sonuçları

MK	Un çeşidi	BTTU Seviyesi %	Tek	Sertlik g	Yapışkanlık	Elastikiyet	Koheziflik	Sakızımsılık	Çiğnenebilirlik	Esneklik
A	M1	100	1	3340,27	-1,960	0,049	0,704	2351,91	115,25	0,372
			2	3085,74	-5,222	0,051	0,817	2522,02	128,08	0,412
	M2	75	1	1837,34	-0,312	0,049	0,730	1341,94	65,42	0,383
			2	1986,12	-0,760	0,051	0,740	1469,96	74,78	0,414
	M3	50	1	1126,61	-0,761	0,054	0,784	882,74	47,96	0,447
			2	1054,14	-0,017	0,051	0,794	837,38	43,08	0,454
	M4	25	1	671,12	-0,320	0,057	0,842	565,07	32,22	0,547
			2	805,11	-0,087	0,061	0,828	666,93	40,68	0,536
	M5	0	1	531,64	-0,087	0,172	0,873	464,20	79,98	0,572
			2	483,64	-	0,142	0,876	423,77	60,20	0,595
B	M1	100	1	4137,72	-2,507	0,135	0,690	2853,46	386,07	0,368
			2	3968,71	-2,854	0,129	0,686	2721,35	350,49	0,357
	M2	75	1	2960,85	-3,188	0,139	0,740	2190,20	303,53	0,406
			2	2274,30	-1,960	0,202	0,734	2037,60	412,02	0,409
	M3	50	1	1637,14	-0,653	0,140	0,768	1256,70	175,46	0,449
			2	1518,04	-0,555	0,160	0,785	1192,16	191,23	0,472
	M4	25	1	868,35	-0,255	0,175	0,835	725,44	126,86	0,539
			2	883,47	-0,682	0,157	0,832	734,69	115,27	0,537
	M5	0	1	484,90	-0,180	0,502	0,877	425,23	213,58	0,605
			2	529,65	-0,07	0,256	0,867	459,13	163,29	0,581
Ortalama				1709,24	-1,180	0,137	0,790	1306,09	156,27	0,473
Minumum-maksimum				483,64-4137,72	-5,22-(-0,017)	0,049-0,502	0,686-0,877	423,77-2853,46	32,22-412,02	0,357-0,605

Tek: tekerrür; A: A maya kombinasyonu; B: B maya kombinasyonu; M5: yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan kontrol unu; M1: biyofortifiye tam tane unu (BTTU); M2: %75 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; M3: %50 BTTU ikame edilmiş kontrol unu; M4: %25 BTTU ikame edilmiş kontrol unu

Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane unu ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin dokusal özellikleri analiz sonuçları Çizelge 4.35'te verilmiştir. Ekmek örneklerinin sertlik, koheziflik, elastikiyet, esneklik, yapışkanlık, sakızımsılık ve çiğnenebilirlik değerleri tespit edilmiştir. Ekmeklerde sertlik, yapışkanlık, elastikiyet, koheziflik, sakızımsılık, çiğnenebilirlik ve esneklik değerleri sırası ile 483,64-4137,72 g; -5,22-(-0,017); 0,049-0,502; 0,686-0,877; 423,77-2853,46; 32,22-412,02 ve 0,357-0,605 arasında değişim göstermiştir. Sırasıyla ortalama 1709,24 g; -1,180; 0,137; 0,790; 1306,09; 156,27 ve 0,473 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.36. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin dokusal özelliklerine ait varyans analiz sonuçları

	Sertlik				Yapışkanlık			
VK	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
MK	1	942395	942395	29,976**	1	0,491407	0,49141	0,6659
İKO	4	25635480	6408870	203,8552**	4	23,65415	5,91354	8,0134**
MK x İKO	4	518144	129536	4,1203*	4	4,529175	1,13229	1,5344
Hata	10	314384	31438		9	6,641594	0,73795	
Toplam	19	27410403			18	35,74789		
	Elastikiyet				Koheziflik			
VK	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
MK	1	0,491407	0,491407	0,6659	1	0,001514	0,00151	2,2223
İKO	4	23,654148	5,913537	8,0134**	4	0,064721	0,01618	23,7525**
MK x İKO	4	4,529175	1,132294	1,5344	4	0,003911	0,00098	1,4354
Hata	9	6,641594	0,73795		10	0,006812	0,00068	
Toplam	18	35,747894			19	0,076958		
	Sakızımsılık				Çiğnenebilirlik			
VK	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
MK	1	471253	471253	89,3118**	1	153149,9	153150	183,5418**
İKO	4	12508013	3127003	592,6289**	4	78725,81	19681,5	23,5871**
MKxİKO	4	298519	74630	14,1438**	4	30585,3	7646,3	9,1637**
Hata	10	52765	5276		10	8344,14	834,4	
Toplam	19	13330550			19	270805,1		
	Esneklik							
VK	SD	KT	KO	F				
MK	1	0,00000405	0,0000041	0,018				
İKO	4	0,1284485	0,0321121	142,7523**				
MK x İKO	4	0,0011497	0,0002874	1,2777				
Hata	10	0,0022495	0,000225					
Toplam	19	0,13185175						

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

Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin dokusal özelliklerine ait analiz sonuçlarının varyans analiz sonuçları Çizelge 4.36'da verilmiştir. Maya kombinasyonu ve "*maya kombinasyonu* x *ikame oranı interaksiyonu*" ekmek örneklerinin sertlik, sakızımsılık ve çiğnenebilirlik değerleri üzerinde; ikame oranı ise tüm tekstürel özellikler üzerinde istatistiki olarak önemli etkiye sahiptir.

Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin ağırlık ve hacim değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.37'de verilmiştir. Sertlik, gıdanın deformasyon için gerekli olan güçtür. Elastikiyet, deforme eden gücün ortadan kalkmasıyla birlikte gıdanın eski haline haline dönme hızıdır. Yapışkanlık, gıdanın iç bağların dayanma gücü şeklinde tanımlanmaktadır. Sakızımsılık, sertlik ve yapışkanlık değerlerinin çarpımıdır. Çiğnenebilirlik (chewiness), katı bir yiyeceği parçalayıp yutma durumuna getirmek için gerekli olan enerjidir ve sertlik, yapışkanlık ve esneklik değerlerinin çarpılmasıyla hesaplanır. Koheziflik, katı bir gıdanın ısırıldığında kopmadan önceki deformasyon miktarı olarak belirtilmektedir. (Gerçekaslan vd., 2007). Esneklik değeri, ekmeğe uygulanan kuvvetin ortadan kalkmasından sonra ürünün eski haline dönebilmesi için harcadığı enerjidir (Baumgartner, 2018). Çalışmamızda ikame oranı arttıkça ekmeklerin sertlik değeri belirgin şekilde yükselmiştir. Artan kepek tabakasına ve nişasta harici polisakkaritler (selüloz, hemiselüloz vb.) (Gomez vd., 2020) nedeniyle yapı sertleşmektedir. Lifçe zengin kepek tabakası nişasta ve protein arasındaki etkileşimleri bozarak ekmeğin daha sert ve daha az esnek olmasına neden olmaktadır (Liu vd., 2017). Ayrıca ekmek hacmi düştükçe ekmekler daha yoğun ve sıkı olmakta bu da ekmeklerin sertlik değerini arttırmaktadır (Sabanis vd., 2009; Minarro vd., 2012). Biyofortifiye tam tane unu (BTTU) oldukça yüksek (3633,1 g) ve kontrol unu en düşük (507,5 g) sertlik değeri ile ayrışmaktadır. Diğer örneklerde ikame oranı arttıkça sertlik değeri artmakta yaklaşık 800,0-2250,0 g arasında değişmektedir. Ekmek hacimlerinin düşük olduğu B kombinasyonunun sertlik değeri ortalaması A kombinasyonundan daha yüksek bulunmuştur (1926,3 g ve 1492,2 g). Sertlik değeri yüksek olan biyofortifiye tam tane unu (BTTU) en düşük yapışkanlık değeri ile ayrılırken, diğer ikame oranlarının yapışkanlık değerleri kontrol ile aynı gruptadır. Sertliğin yüksek olduğu B kombinasyonunun elastikiyeti de daha yüksektir. Yalnız sertliğin en düşük olduğu kontrol ekmek örneği yüksek elastikiyet ile diğer ekmeklerden ayrılmıştır.

İkame oranı arttıkça koheziflik azalmış, kontrol ve %25 ikame ekmeklerinde en yüksek olmuştur. Sakızımsılık değeri ikame oranı ve maya kombinasyonları bakımından sertlik değeri ile benzerlik göstermiştir. Çiğnenebilirlik bakımından sakızımsılıkta olduğu gibi B kombinasyonu daha yüksek değere sahiptir. Sertlik değeri yüksek olan BTTU ve %75 ikame oranı yüksek çiğnenebilirlik değerleri ile ayrılmışlardır (> 200,0). Çalışmada, esneklik değeri sertlik değeri artışı ile ters orantılı olarak azalmıştır.

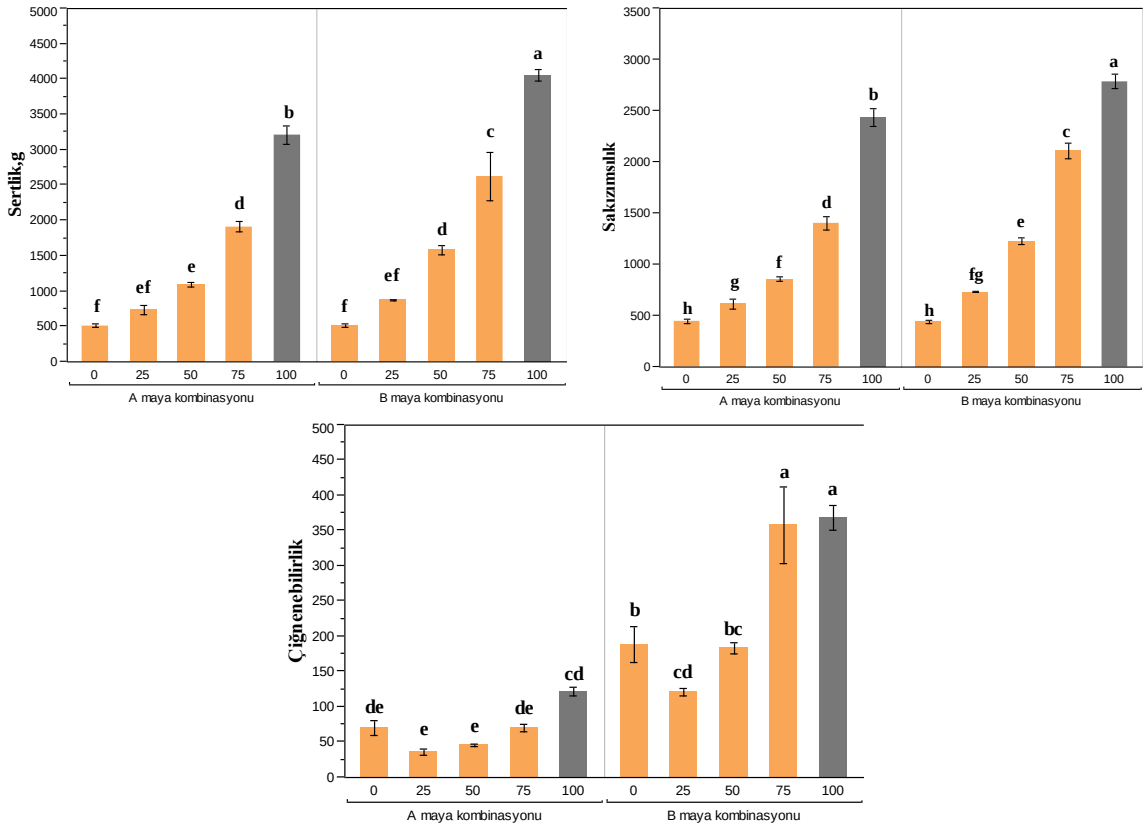
Çizelge 4.37. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin dokusal özelliklerine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları

		Sertlik g	Yapışkanlık	Elastikiyet	Koheziflik	Sakızımsılık	Çiğnenebilirlik	Esneklik
Maya kombinasyonu (MK)								
A	0	507,6 ± 33,9^{f}	-0,09 ± 0,132	0,157 ± 0,021	0,875 ± 0,002	444,0 ± 28,6^{h}	70,09 ± 13,99^{de}	0,584 ± 0,016
	25	738,1 ± 94,7^{ef}	-0,204 ± 0,165	0,059 ± 0,003	0,835 ± 0,01	616,0 ± 72,0^{g}	36,45 ± 5,98^{e}	0,542 ± 0,008
	50	1090,4 ± 51,2^{e}	-0,389 ± 0,526	0,053 ± 0,002	0,789 ± 0,007	860,1 ± 32,1^{f}	45,52 ± 3,45^{e}	0,451 ± 0,005
	75	1911,7 ± 105,2^{d}	-0,536 ± 0,317	0,05 ± 0,001	0,735 ± 0,007	1406,0 ± 90,5^{d}	70,10 ± 6,62^{de}	0,399 ± 0,022
	100	3213,0 ± 180,0^{b}	-3,591 ± 2,307	0,05 ± 0,001	0,761 ± 0,08	2437,0 ± 120,3^{b}	121,66 ± 9,07^{cd}	0,392 ± 0,028
A ort		1492,2 ± 1039,7^{B}	-1,058 ± 1,673	0,074 ± 0,045^{B}	0,799 ± 0,06	1152,6 ± 760,7^{B}	68,76 ± 31,87^{B}	0,473 ± 0,082
B	0	507,3 ± 31,6*f*	-0,124 ± 0,083	0,379 ± 0,174	0,872 ± 0,007	442,2 ± 24,0^{h}	188,44 ± 35,56^{b}	0,593 ± 0,017
	25	875,9 ± 10,7ef	-0,469 ± 0,302	0,166 ± 0,013	0,834 ± 0,002	730,1 ± 6,5^{fg}	121,06 ± 8,20^{cd}	0,538 ± 0,001
	50	1577,6 ± 84,2^{d}	-0,604 ± 0,069	0,150 ± 0,014	0,777 ± 0,012	1224,4 ± 45,6^{e}	183,34 ± 11,15^{bc}	0,461 ± 0,016
	75	2617,6 ± 485,5^{c}	-2,574 ± 0,868	0,171 ± 0,045	0,737 ± 0,004	2113,9 ± 107,9^{c}	357,78 ± 76,72^{a}	0,408 ± 0,002
	100	4053,2 ± 119,5^{a}	-2,681 ± 0,245	0,132 ± 0,004	0,688 ± 0,003	2787,4 ± 93,4^{a}	368,28 ± 25,16^{a}	0,363 ± 0,008
B ort		1926,3 ± 1363,8^{A}	-1,29 ± 1,206	0,200 ± 0,113^{A}	0,781 ± 0,07	1459,6 ± 922,0^{A}	243,78 ± 109,8^{A}	0,472 ± 0,089
İkame oranı (İKO)								
0		507,5 ± 26,8^{e}	-0,111 ± 0,062^{a}	0,268 ± 0,163^{a}	0,873 ± 0,005^{a}	443,1 ± 21,6^{e}	129,26 ± 71,80^{b}	0,588 ± 0,015^{a}
25		807,0 ± 96,7^{d}	-0,336 ± 0,25^{a}	0,113 ± 0,062^{b}	0,834 ± 0,006^{a}	673 ± 78,0^{d}	78,76 ± 49,20^{c}	0,54 ± 0,005^{b}
50		1334,0±287,0^{c}	-0,497 ± 0,331^{a}	0,101 ± 0,057^{b}	0,783 ± 0,011^{b}	1042,2 ± 212,8^{c}	114,43 ± 79,86^{bc}	0,456 ± 0,011^{c}
75		2264,6±498,3^{b}	-1,555 ± 1,292^{a}	0,11 ± 0,074^{b}	0,736 ± 0,005^{c}	1759,9 ± 416,7^{b}	213,94 ± 171,94^{a}	0,403 ± 0,014^{d}
100		3633,1±500,9^{a}	-3,136 ± 1,439^{b}	0,091 ± 0,047^{b}	0,724 ± 0,062^{c}	2612,2 ± 220,6^{a}	244,97 ± 143,22^{a}	0,377 ± 0,024^{e}

Aynı sütunda farklı büyük harflerle gösterilen maya kombinasyonu (MK), küçük harflerle gösterilen ikame oranı (İKO) ortalamaları ile italik harflerle gösterilen "*maya kombinasyonu (MK) x ikame oranı (İKO) interaksiyonu"* ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$); A: A maya kombinasyonu; B: B maya kombinasyonu

Ekmeklerin sertlik, sakızımsık ve çiğnenebilirlik değerleri üzerinde istatistiki olarak önemli olan "*ikame oranı x maya kombinasyonu interaksiyonu*" Şekil 4.4'de ve Çizelge 4.37'de verilmiştir. Her iki kombinasyonda da BTTU ekmekleri en yüksek ve kontrol ekmekleri en düşük sertlik değerine sahiptir. B maya kombinasyonu BTTU ekmeği en yüksek sertlik değerine sahiptir (4053,2 g). %50 ve %75 ikame oranlarında A

kombinasyonunda sertlik değerleri B kombinasyonunda olduğundan daha düşüktür. B kombinasyonu %75 ikame oranı ekmeğinde sertlik değeri 2617,6 g'ye kadar çıkmıştır. Sakızımsılık değerleri de sertlik değeri ile benzerlik göstermiştir. Ekmek hacimlerinin daha düşük elde edildiği B kombinasyonunda, %25 ikame oranından sonra A kombinasyonuna göre sakızımsılık değerleri daha belirgin şekilde artmıştır. Yine B kombinasyonunda çiğnenebilirlik değerleri çok yüksektir. B kombinasyonu BTTU ve %75 ikame oranı ekmeklerinin çiğnenebilirlik değerleri oldukça yüksek olup 350,0'nin üzerine çıkmıştır.



Şekil 4.4. Ekmek tekstür özelliklerinden sertlik, sakızımsılık ve çiğnenebilirlik üzerinde istatistiki olarak önemli olan "*ikame oranı* x *maya kombinasyonu interaksiyonu*"

4.2.6. Duyusal özellikler

Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane unu ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin duyusal özellikleri analiz sonuçları Çizelge 4.38'de verilmiştir. Kabuk rengi, iç renk, görünüm, gözenek yapısı, ekmek içi yapısı, lezzet, çiğnenebilirlik ve genel beğeni özellikleri 15 panelist tarafından değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.38. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin duyusal özelliklerine ait analiz sonuçları

Maya kombinasyonu	BTTU seviyesi %	Panelist	Kabuk rengi	İç renk	Görünüm	Gözenek Yapısı	Ekmek içi yapısı	Lezzet	Çiğnenebilirlik	Genel beğeni
A maya kombinasyonu	100	1	4	3	3	3	3	3	3	3
		2	1	2	8	9	8	5	4	4
		3	4	3	3	3	3	3	3	3
		4	3	3	6	3	5	4	7	5
		5	2	2	8	3	3	8	4	7
		6	3	3	8	8	8	8	8	8
		7	4	3	5	3	2	5	3	5
		8	3	4	6	5	3	2	3	4
		9	4	4	7	4	6	8	6	7
		10	4	4	4	4	4	6	6	4
		11	3	3	7	3	1	6	7	7
		12	2	2	2	1	1	1	4	1
		13	3	2	5	2	3	5	4	3
		14	3	3	4	2	4	6	5	5
		15	3	3	5	3	1	5	2	2
	75	1	5	4	4	3	4	5	5	5
		2	2	3	8	6	5	5	6	6
		3	6	4	4	4	4	4	5	4
		4	4	4	6	5	4	6	6	6
		5	3	3	7	7	7	8	8	8
		6	4	4	7	7	8	8	8	8
		7	3	4	5	5	5	6	6	6
		8	6	6	5	7	6	5	4	4
		9	6	5	8	3	7	7	8	8
		10	4	4	5	6	6	6	6	8
		11	3	3	7	6	7	8	8	8
		12	3	3	3	3	2	2	3	1
		13	3	4	4	4	3	4	3	4
		14	4	4	4	5	5	7	3	6
		15	3	3	3	4	3	4	4	5
	50	1	5	5	4	3	6	6	6	6
		2	7	6	8	7	7	7	7	8
		3	7	6	6	6	6	6	6	6
		4	6	6	7	7	6	7	8	7
		5	4	4	8	8	8	8	9	9
		6	4	4	7	6	8	8	8	8
		7	6	6	6	6	6	7	7	7
		8	5	6	8	7	5	5	5	5
		9	5	4	8	4	5	9	8	9
		10	4	4	6	8	8	8	8	9
		11	4	4	7	7	7	6	7	6
		12	8	7	9	9	9	6	9	8
		13	5	5	5	6	5	6	7	6
		14	4	5	5	7	7	7	6	7
		15	5	5	7	5	6	5	8	7
	25	1	6	4	5	5	6	6	7	7
		2	6	6	7	7	8	9	9	9
		3	8	8	8	8	8	7	8	8
		4	7	7	7	8	8	8	8	8
		5	5	6	8	8	8	8	7	9
		6	5	5	7	5	5	8	8	8
		7	6	7	7	7	7	7	7	8
		8	8	7	8	8	8	8	7	7
		9	6	6	7	4	5	8	8	8
		10	4	4	7	8	7	7	7	7
		11	4	6	6	6	7	8	8	8
		12	9	9	9	9	9	9	9	9
		13	7	7	8	9	8	8	9	8
		14	6	6	7	7	6	8	7	7
		15	5	6	6	7	8	8	8	8
	0	1	7	6	5	6	7	6	7	7
		2	8	9	9	8	9	9	9	9
		3	9	9	9	9	9	8	9	9
		4	8	8	9	9	9	8	9	8
		5	8	8	8	9	9	9	9	9
		6	7	8	8	8	8	8	8	8
		7	7	8	8	8	8	8	8	8
		8	8	8	8	8	9	9	8	9
		9	8	8	6	5	8	7	7	7
		10	8	8	8	8	8	6	7	5
		11	6	8	6	6	8	9	9	9
		12	9	9	9	9	9	9	9	9
		13	8	9	9	8	9	8	8	9
		14	6	7	3	5	6	8	6	7
		15	8	8	9	8	7	8	8	9

B maya kombinasyonu	M1	100	1	4	3	5	6	4	3	4	4
			2	5	5	5	5	6	6	6	5
			3	5	5	8	8	7	9	8	8
			4	3	3	8	3	6	7	8	7
			5	4	3	4	3	3	4	4	4
			6	8	9	7	8	9	8	7	8
			7	2	2	2	2	2	2	2	2
			8	3	3	3	5	5	6	6	6
			9	3	3	3	5	4	2	3	3
			10	3	3	2	4	3	5	4	3
			11	4	3	3	4	4	5	5	4
			12	4	4	5	4	5	6	6	6
			13	3	2	6	6	4	4	4	5
			14	3	3	4	3	4	4	4	4
			15	3	3	7	6	5	5	5	6
	M2	75	1	4	4	3	3	4	5	4	5
			2	5	5	6	6	7	3	6	5
			3	6	6	8	8	7	7	7	6
			4	5	5	7	3	7	8	7	8
			5	4	4	4	4	3	3	4	4
			6	8	8	8	9	7	7	7	8
			7	5	5	5	5	5	5	5	5
			8	4	4	3	4	4	4	4	4
			9	3	3	3	5	4	5	5	4
			10	3	3	3	3	4	4	4	4
			11	4	5	3	3	3	4	4	4
			12	4	4	4	5	6	7	8	7
			13	4	4	6	5	7	6	6	6
			14	4	3	4	3	3	3	3	4
			15	3	3	6	7	5	5	6	6
	M3	50	1	7	6	6	6	5	5	5	5
			2	6	6	6	6	6	6	7	6
			3	7	7	8	8	9	7	9	8
			4	7	8	8	4	7	7	8	7
			5	4	4	5	5	5	6	6	6
			6	5	8	7	7	7	7	6	7
			7	7	7	7	7	7	7	7	7
			8	5	5	5	5	6	7	7	7
			9	4	4	6	6	6	6	6	6
			10	4	5	5	5	5	6	5	5
			11	5	5	6	6	6	7	7	7
			12	5	5	5	7	7	8	8	8
			13	4	4	7	7	7	6	6	6
			14	5	6	6	5	5	5	5	6
			15	5	5	7	6	6	6	7	7
	M4	25	1	4	4	5	7	7	9	4	4
			2	7	7	7	7	7	8	8	9
			3	8	8	8	9	9	9	9	9
			4	8	8	7	5	7	7	8	8
			5	7	7	7	7	7	7	7	7
			6	4	5	7	6	7	5	8	6
			7	8	8	8	8	8	8	8	8
			8	6	6	6	6	6	6	6	6
			9	5	5	5	7	7	7	7	6
			10	5	7	5	7	6	6	7	6
			11	6	7	7	7	7	8	8	7
			12	6	7	7	7	7	7	7	7
			13	6	6	6	7	6	7	7	6
			14	6	6	6	7	7	7	7	8
			15	6	6	7	7	7	7	8	8
	M5	0	1	9	8	9	8	9	8	8	9
			2	9	9	9	8	8	8	8	8
			3	9	9	9	9	9	9	9	9
			4	8	8	8	5	7	8	7	8
			5	8	8	8	8	8	9	9	8
			6	5	5	6	6	6	6	8	6
			7	9	9	9	9	9	9	9	9
			8	7	7	7	8	8	8	8	8
			9	8	8	7	8	8	9	8	8
			10	9	8	8	9	9	8	9	9
			11	7	7	8	8	8	8	8	8
			12	5	8	7	8	8	6	7	6
			13	4	7	7	6	5	6	6	6
			14	9	9	8	8	9	8	8	7
			15	7	7	7	5	8	8	8	8

Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin duyusal özelliklerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.39'da verilmiştir. Yalnız ikame oranı tüm tekstürel özellikler üzerinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur (*p<0,01*). Maya kombinasyonu ve "*maya kombinasyonu* x *ikame oranı interaksiyonu*" önemli bulunmamıştır.

Çizelge 4.39. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin duyusal özelliklerine ait varyans analiz sonuçları

	Kabuk rengi				İç rengi				Görünüm			
VK	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
MK	1	1,92667	1,92667	1,1593	1	4,1667	4,1667	3,0235	1	5,60667	5,607	2,3902
İKO	4	322,4933	80,62333	48,5126**	4	405,17	101,293	73,5024**	4	154,507	38,63	16,4669**
MKxİKO	4	3,90667	0,97667	0,5877	4	4,2667	1,0667	0,774	4	3,36	0,84	0,3581
Hata	140	232,6667	1,6619		140	192,93	1,3781		140	328,4	2,346	
Toplam	149	560,9933			149	606,54			149	491,873		
	Gözenek yapısı				Ekmek içi yapısı				Lezzet			
VK	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
MK	1	0,16667	0,16667	0,0695	1	0,1067	0,10667	0,0511	1	3,84	3,84	1,8912
İKO	4	229,0933	57,27333	23,8734**	4	288,89	72,2233	34,5803**	4	194,773	48,69	23,9812**
MKxİKO	4	9,86667	2,46667	1,0282	4	10,093	2,52333	1,2082	4	2,56	0,64	0,3152
Hata	140	335,8667	2,399		140	292,4	2,0886		140	284,267	2,031	
Toplam	149	574,9933			149	591,49			149	485,44		
	Çiğnenebilirlik				Genel beğeni							
VK	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F				
MK	1	1,5	1,5	0,8127	1	5,6067	5,60667	2,6638				
İKO	4	225,24	56,31	30,5085**	4	212,76	53,19	25,2713**				
MKxİKO	4	5,93333	1,48333	0,8037	4	8,36	2,09	0,993				
Hata	140	258,4	1,8457		140	294,67	2,1048					
Toplam	149	491,0733			149	521,39						

**: *p<0,01* düzeyinde önemli. MK: maya kombinasyonu, İKO: ikame oranı, VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi, KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması

Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin duyusal özelliklerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.40'ta verilmiştir. %100 ikame oranı ekmeği tüm duyusal özellikler bakımından en düşük ve kontrol ekmeği en yüksek duyusal değerlendirme puanları değeri almıştır. İkame oranı arttıkça genel olarak duyusal değerlendirme puanları düşmüştür. %25 ikame oranı ekmekleri gözenek yapısı, lezzet, çiğnenebilirlik ve genel beğeni bakımından kontrol ile aynı istatistik grupta duyusal

değerlendirme puanları alması ve diğer özelliklere ait puanların ise kontrol ekmeğe yakın olması dikkat çekmiştir. %50 ikame oranı ile elde edilen ekmeklerin genel beğeni, ekmek içi yapısı ve görünüm bakımından %25 ikame oranı ile aynı istatistik grupta yer alması ve genel beğeni özelliklerinin beğenilmesi de önemli bulunmuştur. %75 ikame oranı ekmekleri diğerlerine ve kontrole göre düşük puanlar almıştır. Lakin %100 ikame oranına göre genel olarak daha yüksek puanlar almıştır. Sonuç olarak kontrol ekmeklere göre %50 BTTU ikame oranı ile birlikte ekmek duyusal özellikleri olumsuz etkilense de; çinko ve selenyum bakımından zengin olması nedeniyle fonksiyonel gıda olması ve bu durumun ekmeklerin satışında deklare edilmesi durumunda tüketiciler daha olumlu bir şekilde %75 ikame hatta %100 ikame oranlı (BTTU) ekmekleri tercih edecekleri düşünülmektedir.

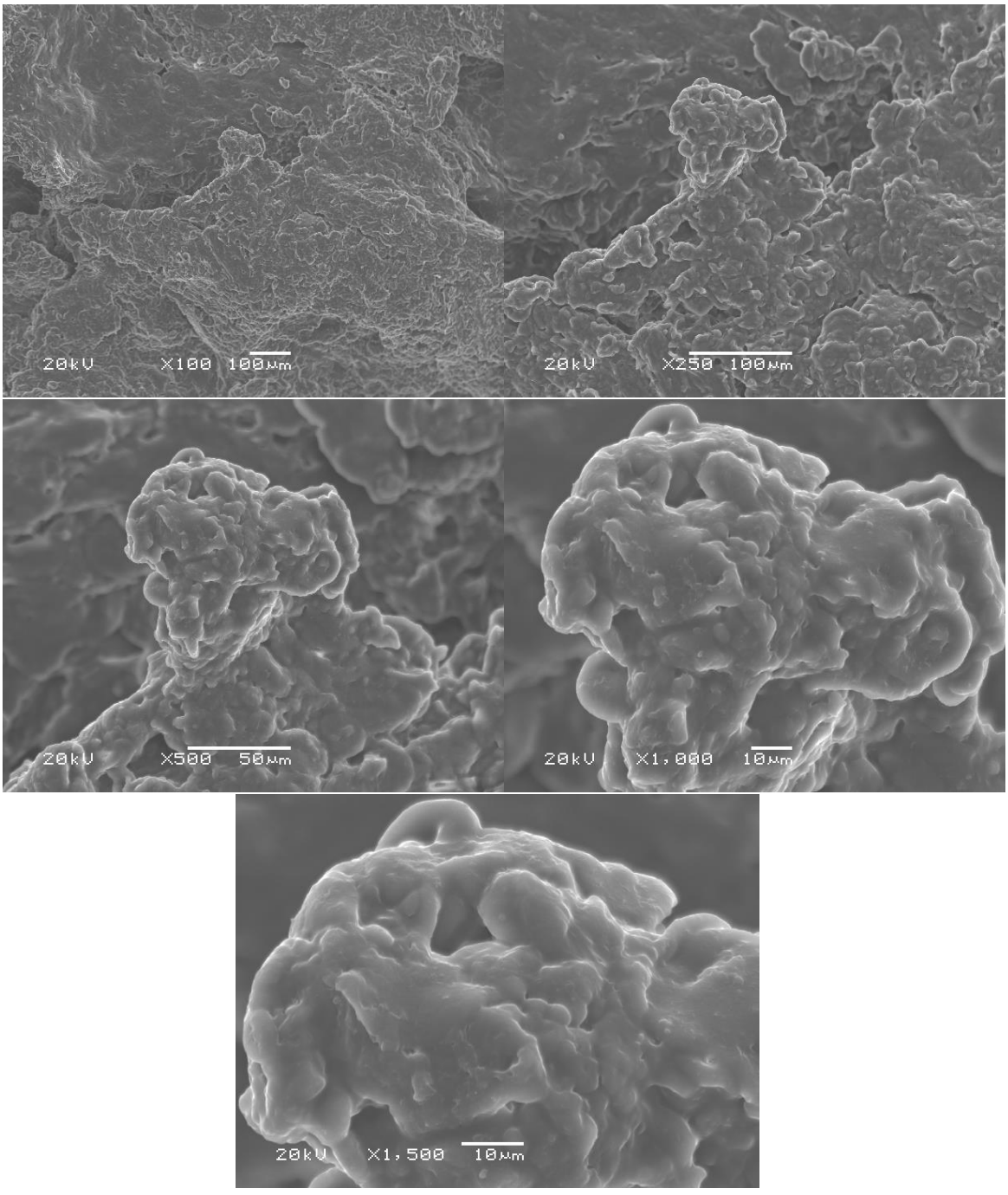
Çizelge 4.40. Yöresel ekmeğin üretiminde kullanılan unun farklı oranlarda biyofortifiye tam tane un ile zenginleştirilmesi ve iki maya kombinasyonu ile elde edilen ekmeklerin tekstürel özelliklerine ait çoklu karşılaştırma testi

		Kabuk rengi			İç renk			Görünüm			Gözenek Yapısı		
Maya kombinasyonu (MK)													
A	0	7,67	±	0,90	8,07	±	0,80	7,60	±	1,80	7,60	±	1,40
	25	6,13	±	1,46	6,27	±	1,33	7,13	±	0,99	7,07	±	1,49
	50	5,27	±	1,28	5,13	±	0,99	6,73	±	1,39	6,40	±	1,55
	75	3,93	±	1,28	3,87	±	0,83	5,33	±	1,72	5,00	±	1,46
	100	3,07	±	0,88	2,93	±	0,70	5,40	±	1,96	3,73	±	2,15
A ortalama		5,21	±	2,00	5,25	±	2,04	6,44	±	1,82	5,96	±	2,13
B	0	7,53	±	1,68	7,80	±	1,08	7,80	±	0,94	7,53	±	1,36
	25	6,13	±	1,30	6,47	±	1,19	6,53	±	0,99	6,93	±	0,88
	50	5,33	±	1,18	5,67	±	1,35	6,27	±	1,03	6,00	±	1,07
	75	4,40	±	1,30	4,40	±	1,35	4,87	±	1,85	4,87	±	1,92
	100	3,80	±	1,42	3,60	±	1,72	4,80	±	2,04	4,80	±	1,78
B ortalama		5,44	±	1,89	5,59	±	1,99	6,05	±	1,81	6,03	±	1,79
İkame oranı (İKO)													
0		7,60	±	1,33[a]	7,93	±	0,94[a]	7,70	±	1,42[a]	7,57	±	1,36[a]
25		6,13	±	1,36[b]	6,37	±	1,25[b]	6,83	±	1,02[b]	7,00	±	1,20[a]
50		5,30	±	1,21[c]	5,40	±	1,19c	6,50	±	1,22[b]	6,20	±	1,32[b]
75		4,17	±	1,29[d]	4,13	±	1,14[d]	5,10	±	1,77[c]	4,93	±	1,68[c]
100		3,43	±	1,22[e]	3,27	±	1,34[e]	5,10	±	1,99[c]	4,27	±	2,02[c]
		Ekmek içi yapısı			Lezzet			Çiğnenebilirlik			Genel beğeni		
Maya kombinasyonu (MK)													
A	0	8,20	±	0,94	8,00	±	1,00	8,07	±	0,96	8,13	±	1,19
	25	7,20	±	1,21	7,80	±	0,77	7,80	±	0,77	7,93	±	0,70
	50	6,60	±	1,24	6,73	±	1,16	7,27	±	1,16	7,20	±	1,26
	75	5,07	±	1,75	5,67	±	1,76	5,53	±	1,88	5,80	±	2,04
	100	3,67	±	2,26	5,00	±	2,14	4,60	±	1,80	4,53	±	2,03
A ortalama		6,15	±	2,21	6,64	±	1,84	6,65	±	1,92	6,72	±	2,03
B	0	7,93	±	1,16	7,87	±	1,06	8,00	±	0,85	7,80	±	1,08
	25	7,00	±	0,76	7,20	±	1,08	7,27	±	1,16	7,00	±	1,36
	50	6,27	±	1,10	6,40	±	0,83	6,60	±	1,18	6,53	±	0,92
	75	5,07	±	1,62	5,07	±	1,62	5,33	±	1,50	5,33	±	1,45
	100	4,73	±	1,75	5,07	±	2,02	5,07	±	1,75	5,00	±	1,81
B ortalama		6,20	±	1,76	6,32	±	1,76	6,45	±	1,71	6,33	±	1,69
İkame oranı (İKO)													
		Ekmek içi yapısı			Lezzet			Çiğnenebilirlik			Genel beğeni		
0		8,07	±	1,05[a]	7,93	±	1,01[a]	8,03	±	0,89[a]	7,97	±	1,13[a]
25		7,10	±	0,99[b]	7,50	±	0,97[a]	7,53	±	1,01[a]	7,47	±	1,17[ab]
50		6,43	±	1,17[b]	6,57	±	1,01[b]	6,93	±	1,20[b]	6,87	±	1,14[b]
75		5,07	±	1,66[c]	5,37	±	1,69[c]	5,43	±	1,68[c]	5,57	±	1,76[c]
100		4,20	±	2,06[d]	5,03	±	2,04[c]	4,83	±	1,76[c]	4,77	±	1,91[d]

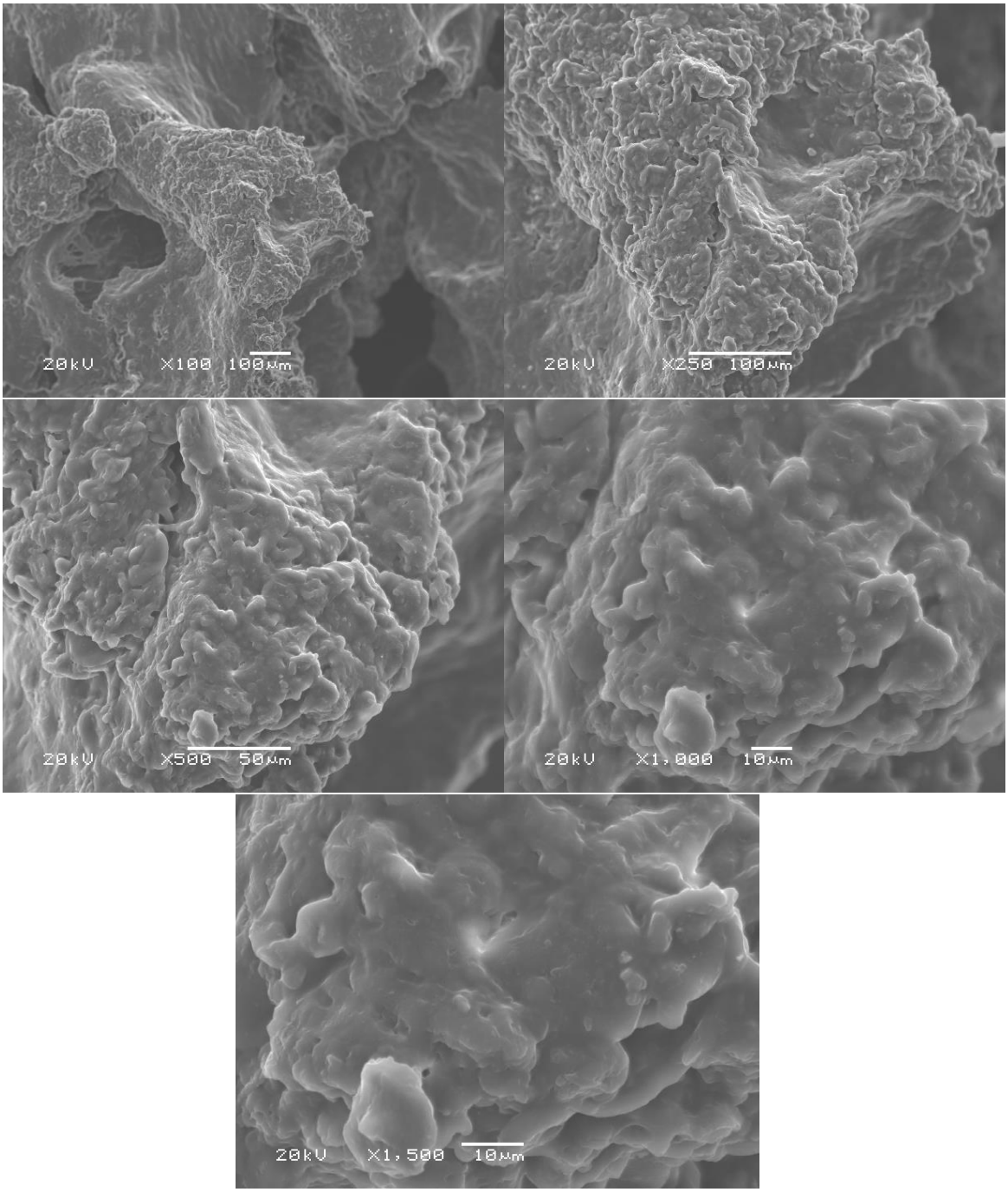
[1]Farklı harflerle işaretlenmiş aynı sütundaki ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P<0.05$); A: A maya kombinasyonu; B: B maya kombinasyonu

4.2.7. Ekmekler örneklerine ait SEM görüntüleri

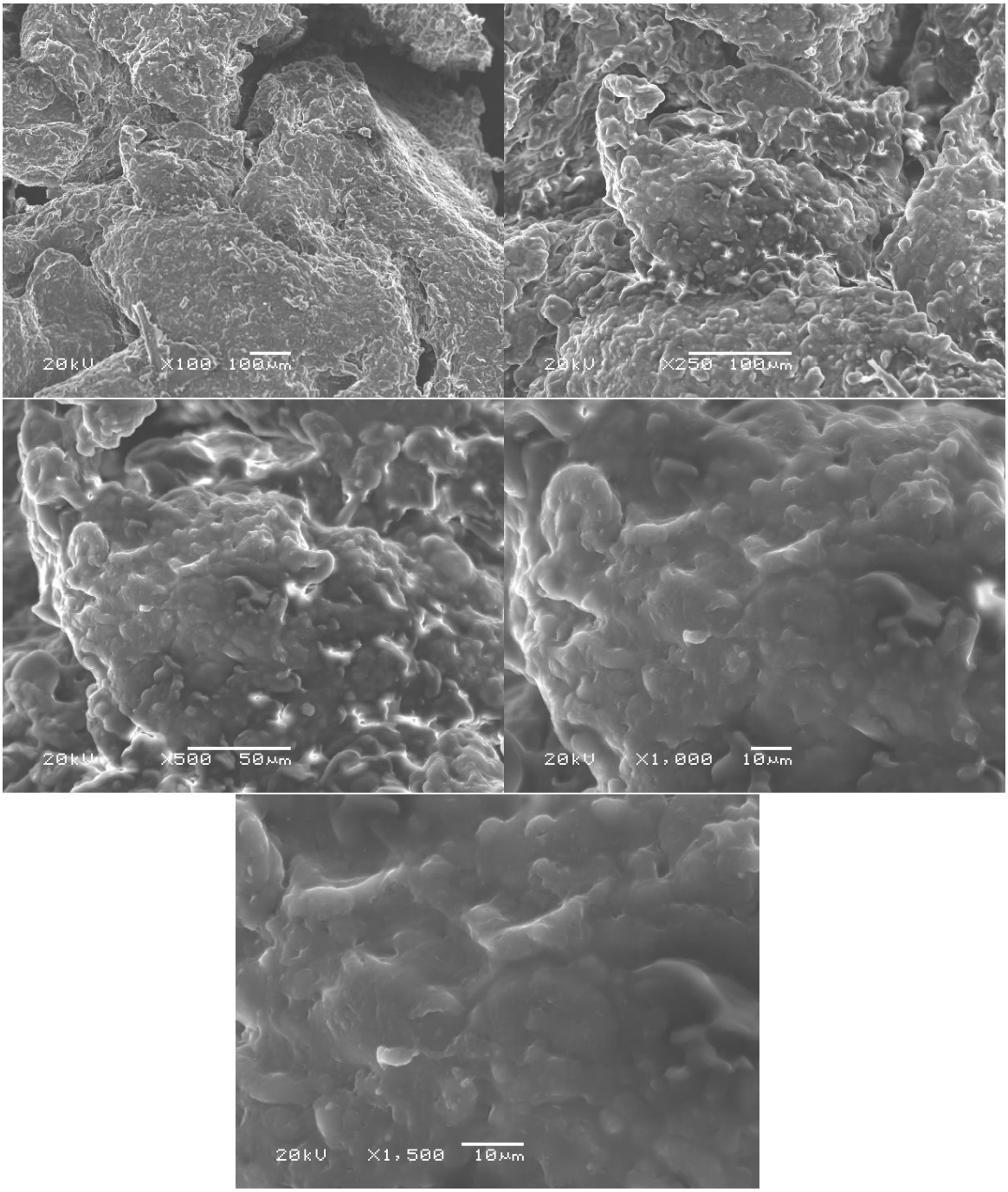
Ekmek örneklerine ait SEM görüntüleri Şekil 4.5-4.14'te verilmiştir. Ekmek örneklerinin pişirme sonrasında soğuması ile birlikte 2,5 cm kesilen parçaların merkezinden alınan numunler -20 ^{0}C'de dondurulmuş ve SEM görüntüleme için Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezi (ARUM)'ne aktarılmıştır. Ekmek örneklerinde 100, 250, 500, 1000, 1500 büyütme ile yapı incelenmiştir.



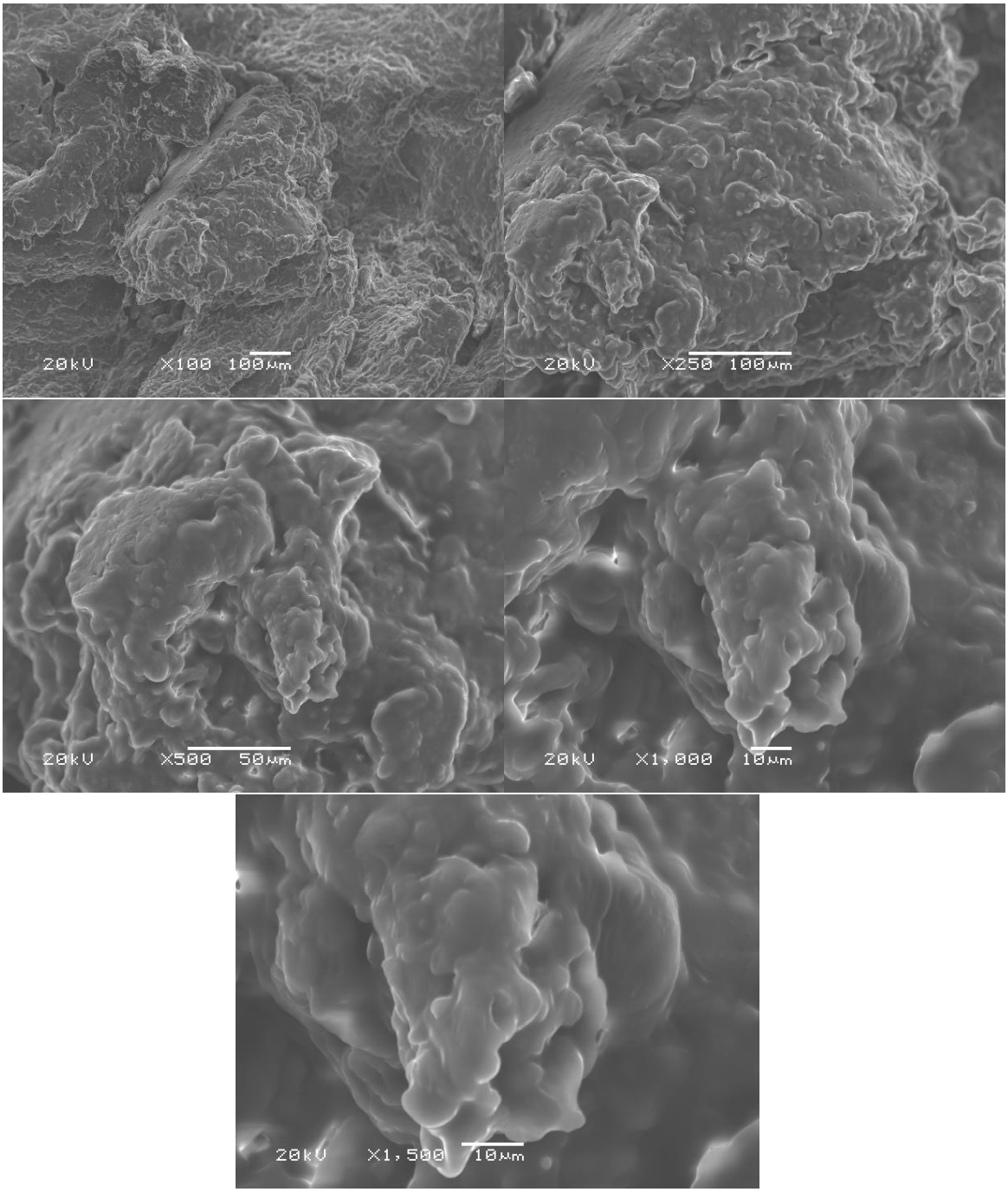
Şekil 4.5. A maya kombinasyonu biyofortifiye tam tane unu (BTTU) ekmeği SEM görüntüleri



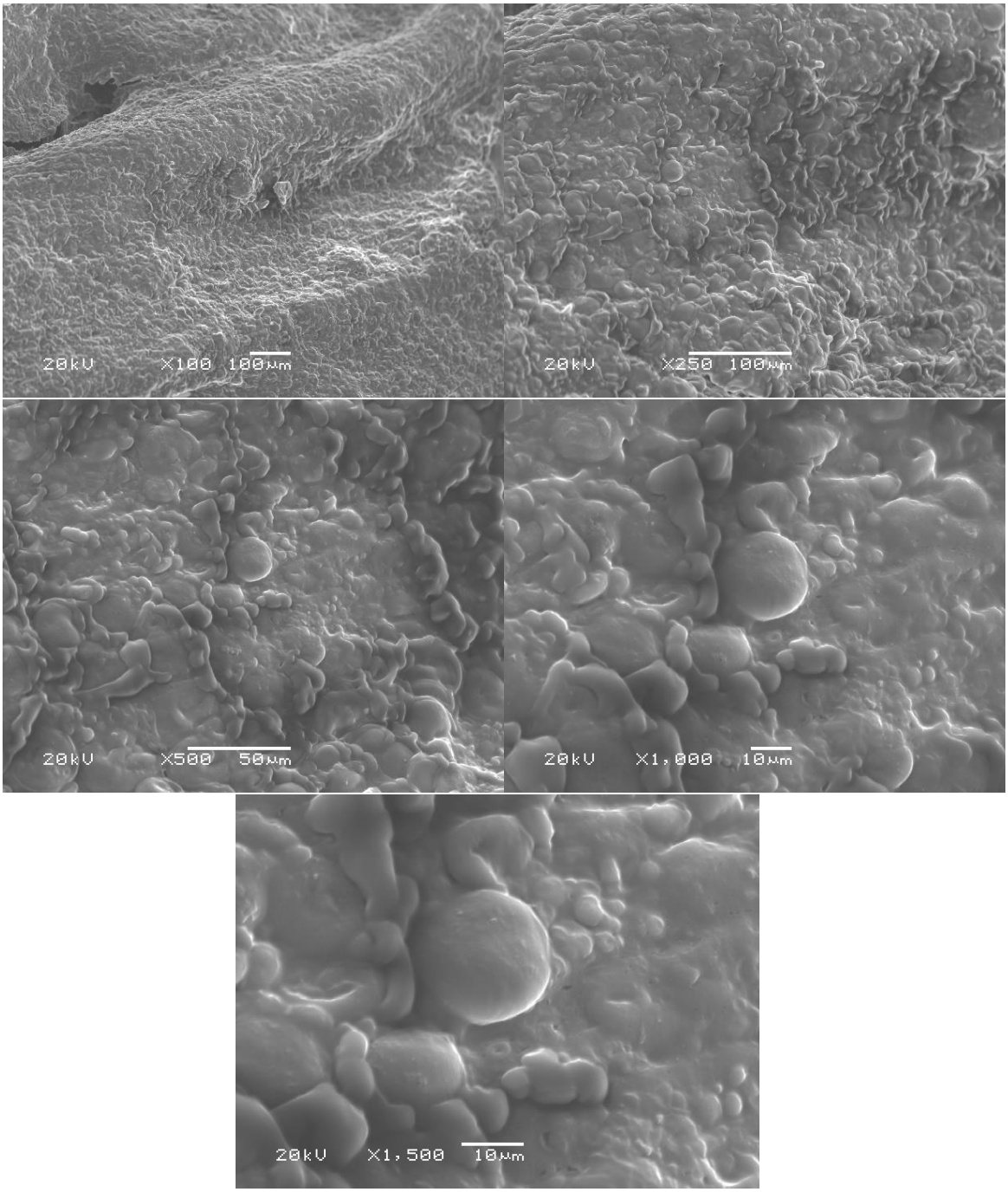
Şekil 4.6. A maya kombinasyonu %75 biyofortifiye tam tane unu (BTTU) ikame ekmeği SEM görüntüleri



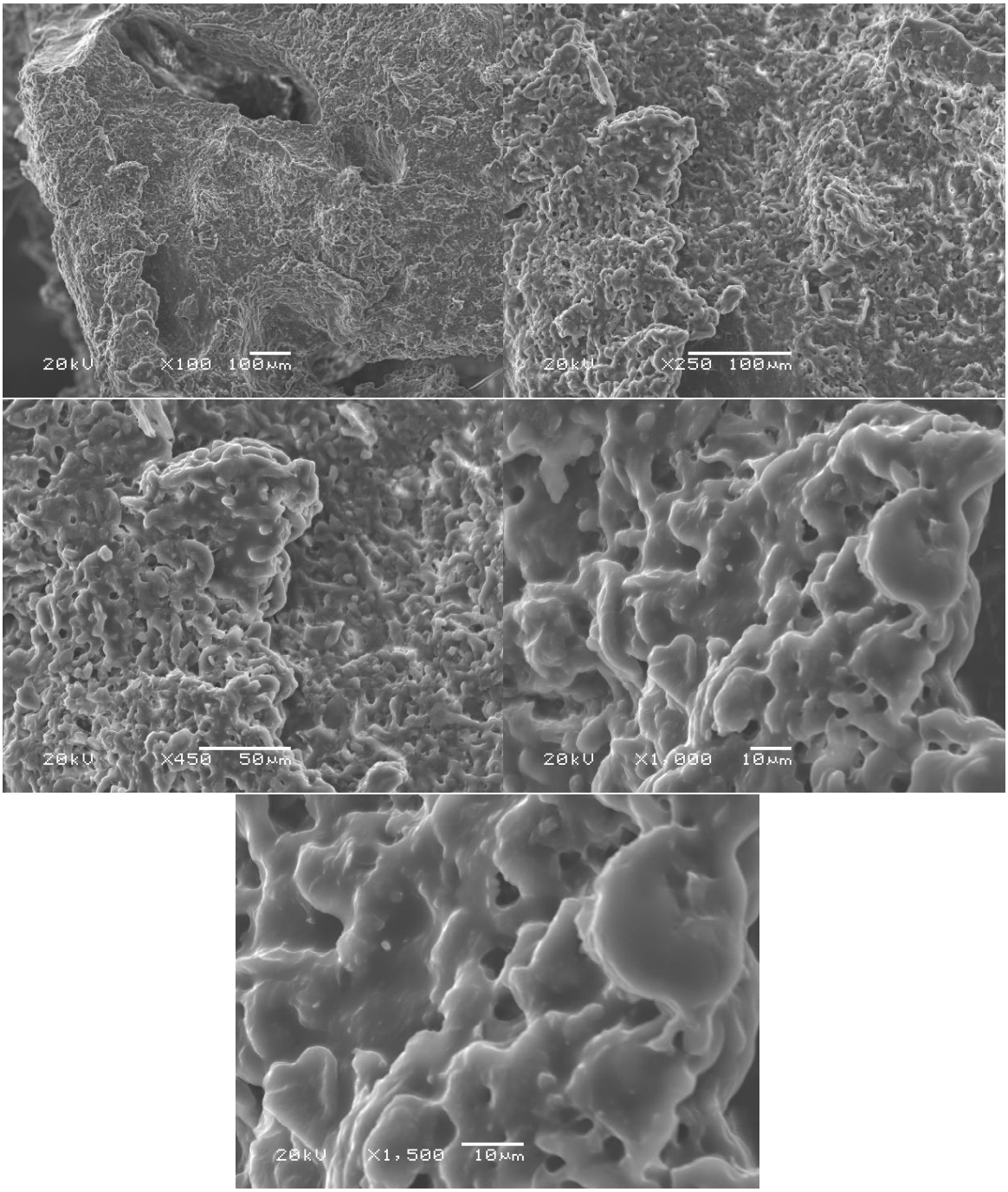
Şekil 4.7. A maya kombinasyonu %50 biyofortifiye tam tane unu (BTTU) ikame ekmeği SEM görüntüleri



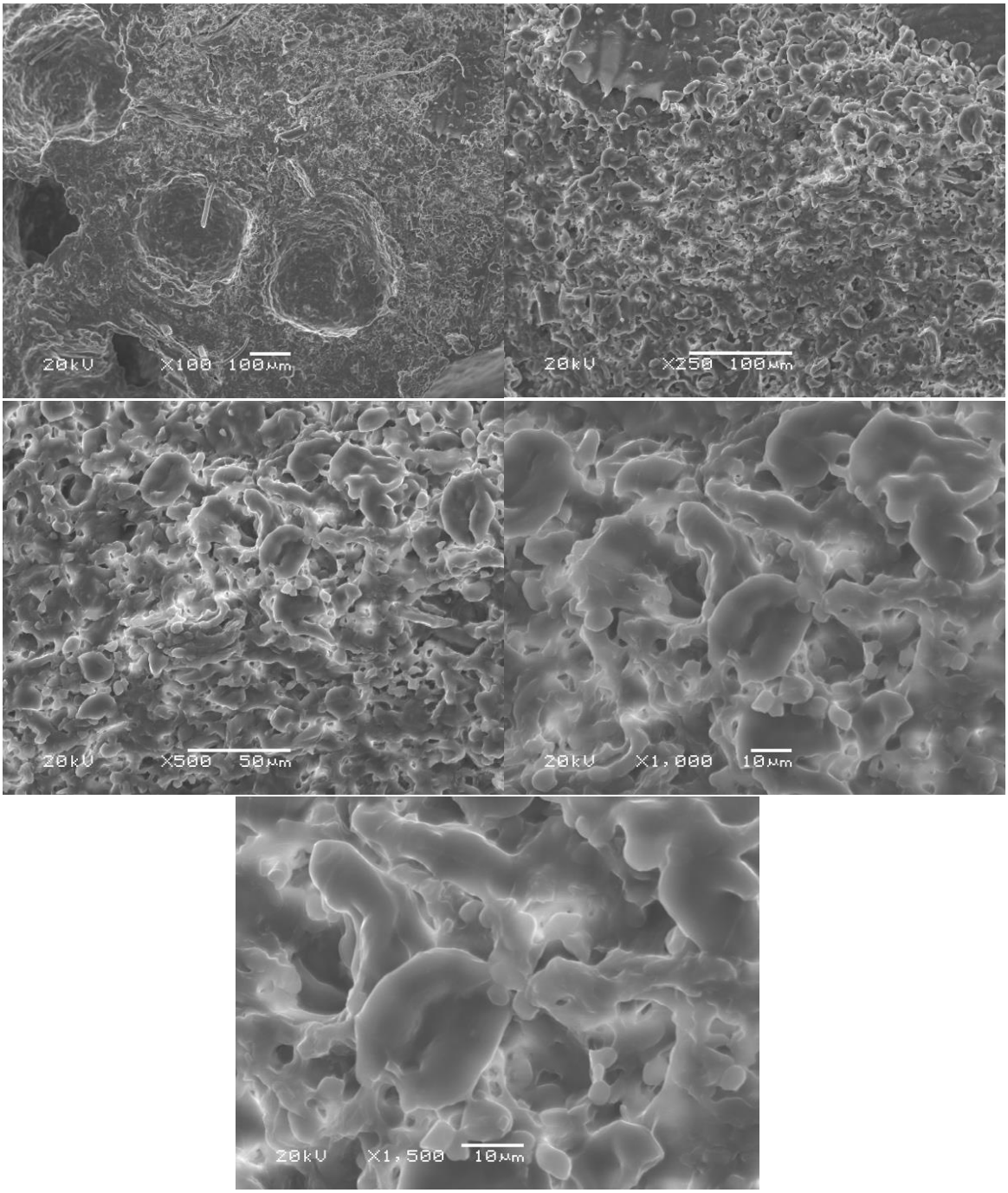
Şekil 4.8. A maya kombinasyonu %25 biyofortifiye tam tane unu (BTTU) ikame ekmeği SEM görüntüleri



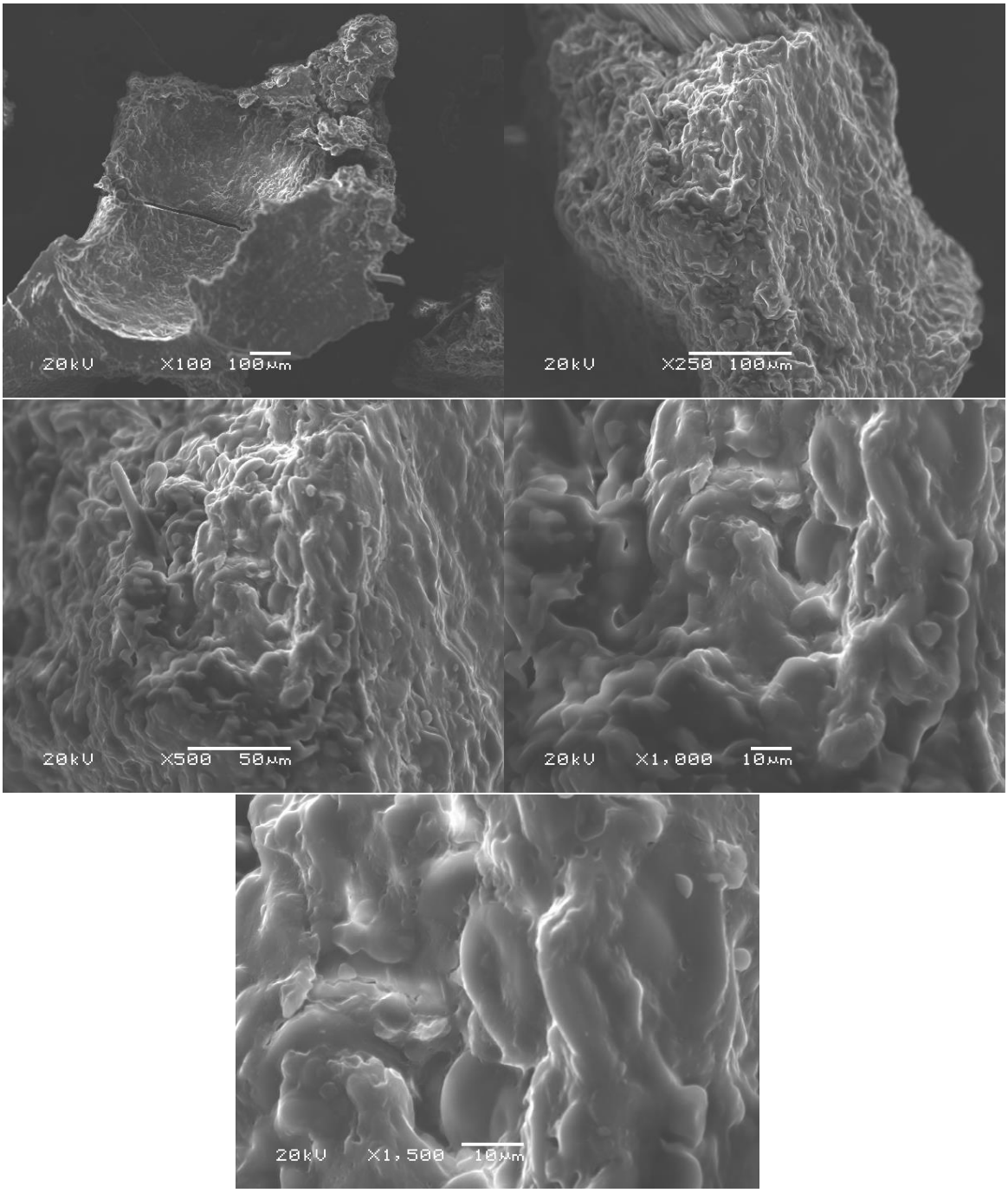
Şekil 4.9. A maya kombinasyonu kontrol ekmeği SEM görüntüleri



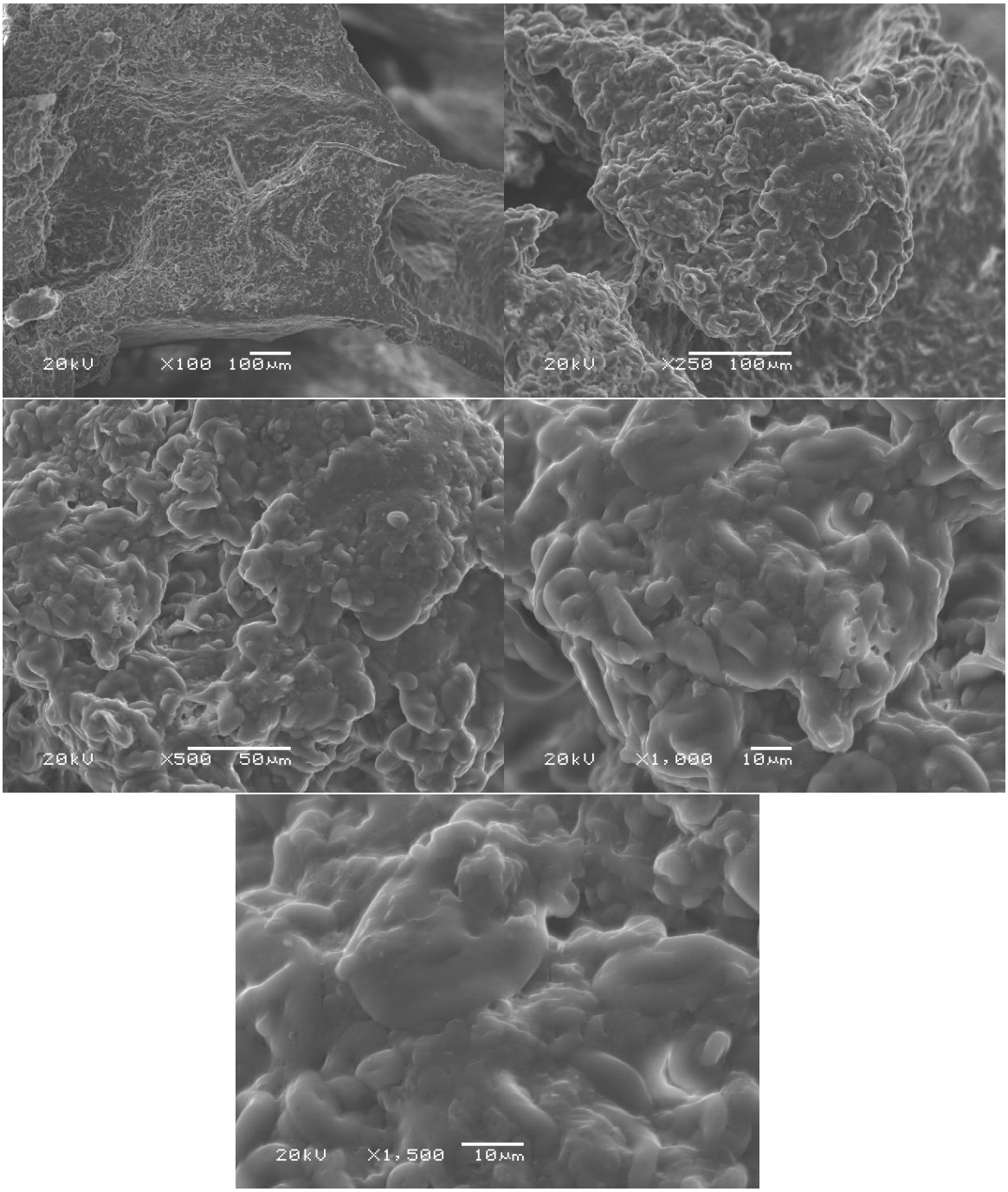
Şekil 4.10. B maya kombinasyonu biyofortifiye tam tane unu (BTTU) ekmeği SEM görüntüleri



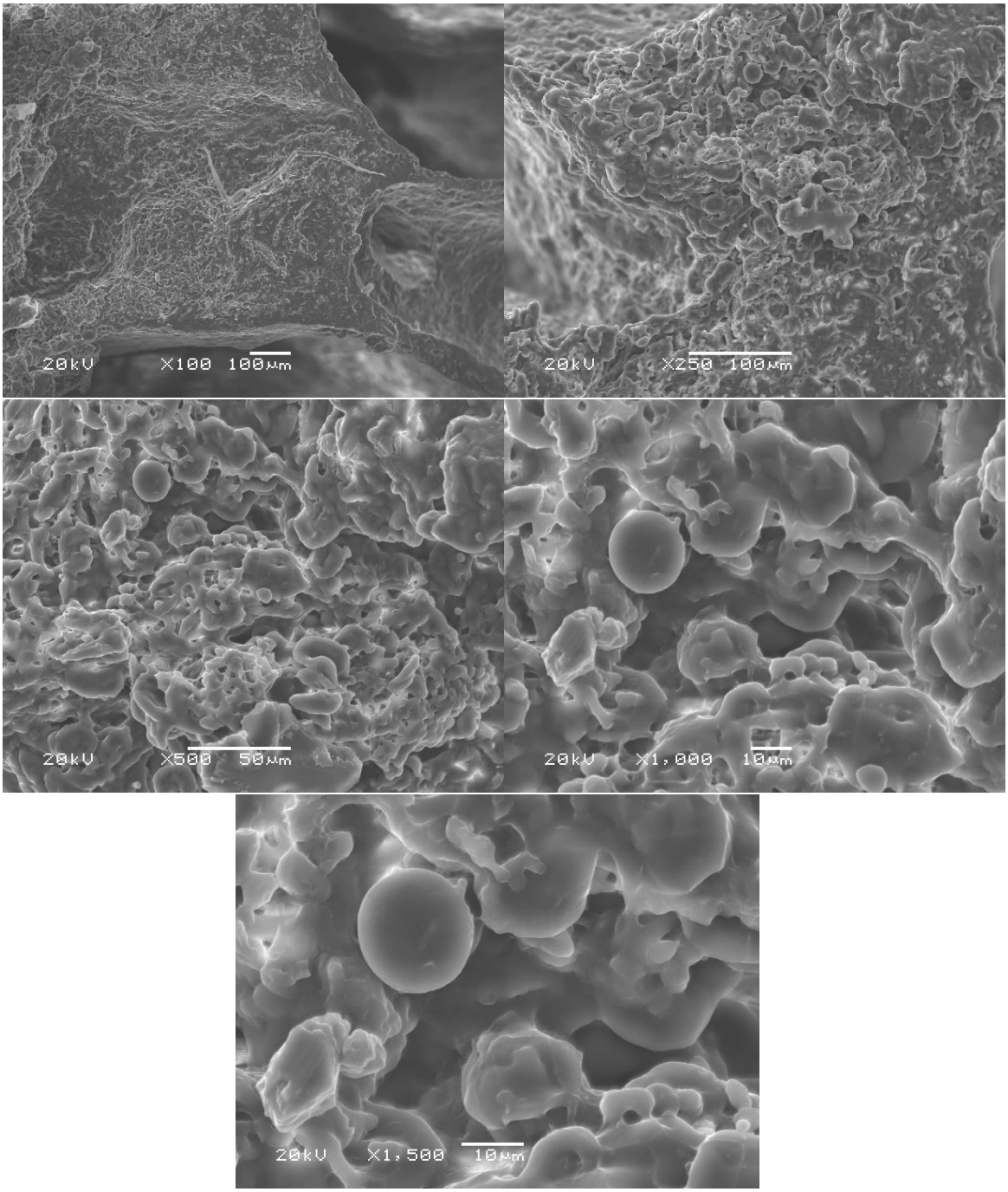
Şekil 4.11. B maya kombinasyonu %75 biyofortifiye tam tane unu (BTTU) ikame ekmeği SEM görüntüleri



Şekil 4.12. B maya kombinasyonu %50 biyofortifiye tam tane unu (BTTU) ikame edilmiş ekmeğin SEM görüntüleri



Şekil 4.13. B maya kombinasyonu %25 biyofortifiye tam tane unu (BTTU) ikame ekmeği SEM görüntüleri



Şekil 4.14. B maya kombinasyonu kontrol ekmeği SEM görüntüleri

BTTU ekmeği (%100 ikame) ve %75 BTTU ikame ekmeklerde gluten gelişimin yeterince gerçekleşmediği, daha kompakt bir yapı gözlendiği görülmüştür. %50 ikame oranı ve daha düşük ikame oranlarında gluten gelişimi daha iyi oluşmaktadır. Ekmeklerin hacim artışına bağlı olarak ikame oranı azaldıkça glutenin fermantasyonda oluşan gazı tutarak genişlemesi ile birlikte yapıda daha büyük boşluklar oluşmuş ve kompakt yapı gevşemeye başlamıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında Uluslararası HarvestPlus biyofortifikasyon projeleri kapsamında geliştirilen ve çinko ve selenyum mikroelement eksikliğinin giderilmesi için son ürüne dönüştürülmesi istenilen sonuçların bir yöresel ekmeğin zenginleştirilmesinde kullanım olanakları araştırılmıştır. Bu amaçla yöresel ekmeğin yapımında kullanılan un biyofortifiye tam tane unu ile %0-100 arasında beş farklı oranda ikame edilmiştir. Kontrol unlarına biyofortifiye tam tane unu ikame oranı arttıkça çinko ve selenyum içerikleri 2-4 kat artmıştır. Bu unların ikame oranı arttıkça ekmeklerin Zn ve Se içeriği de belirgin şekilde artmıştır. Ekmek örneklerinin Zn içerikleri 10,29 ile 44,02 mg/kg, Se değerleri ise 51,6 ile 235,1 µg/kg arasında değişim göstermiştir. %75 ikame oranında Zn ve Se içeriği ekmeklerde her iki kombinasyonda üç katın üzerinde artmıştır. Çalışmada ekşi mayanın daha çok kullanıldığı A kombinasyonun Se içeriğinin istatistiki olarak B kombinasyonuna göre daha yüksek bulunması önemli bulunmuştur. %75 ikame oranı üzerinden RDA çinko değeri %33,2 ve RDA selenyum değeri %36,0'dır. %50 ikame oranı için RDA çinko değeri %27,1 ve RDA selenyum %25,6 olarak elde edilmiştir. Bu sonuçlar, yöresel ekmeklerin Se ve Zn mikroelement eksikliğinin giderilmesinde önemli katkılar sağlayacağını göstermiştir. Çalışmada tam tane unu kullanıldığından kepek tabakasının ortama dahil olması ile kepeğin su tutma özelliği ve gluten ile yaptığı etkileşimler hamurda gluten gelişemesini önleyici etki yapmış ve gluten yapısını zayıflatmıştır. Böylece gluten agregasyon, hamur viskoelastik özellikleri ve gluten kalitesi ile fizikokimyasal özellikler olumsuz etkilenmiştir. Ayrıca tam tane unu kullanımına bağlı olarak biyofortifiye ekmeklerde su aktivitesinin sonra kontrole göre artması, mikrobiyal gelişim ve lipid oksidasyonu açısından depolama süresi, koşulları ve ambalajlama konusunda dikkatli olunması gerektiğini göstermiştir. Ekmekçilikte son ürün kalitesini belirleyen en önemli parametre olan hacim değeri ve parlaklık değeri (L*) özellikle %50 ikame oranından sonra düşmesi tüketici tercihleri açısından olumsuzluk oluşturabilecektir. Yine artan kepek tabakasına ve nişasta harici polisakkaritler (selüloz, hemiselüloz vb.) nedeniyle ikame oranı arttıkça ekmeklerin yapısı sertleşmiştir. Sertlik değerindeki artış %50 ikame oranından sonra daha belirgin olmuştur. Ekmek hacimlerinin düşük olduğu B kombinasyonunun sertlik değerinin A kombinasyonundan daha yüksek bulunması çalışmanın önemli bulgularından birisi olmuştur. Ekmek içi yapısının SEM görüntülerinde %50 ikame oranına kadar gluten oluşumu gerçekleştiğini göstermiştir. İkame

oranı arttıkça genel olarak duyusal değerlendirme puanları düşmüştür. %25 ikame oranı ekmekleri bazı duyusal özellikler bakımından kontrol ile aynı istatistik grupta duyusal değerlendirme puanları alması dikkat çekmiştir. %50 ikame oranı ile elde edilen ekmeklerde bazı duyusal özellikler bakımından %25 ikame oranı ile aynı şekilde beğenilmiştir. Sonuçta kontrol ekmeklere göre %50 BTTU ikame oranından sonra ekmek duyusal özellikleri olumsuz etkilense de çinko ve selenyum bakımından zengin olması nedeniyle fonksiyonel gıda olarak belirtildiğinde tüketicilerin daha olumlu bir şekilde %75 ikame hatta %100 ikame oranlı (BTTU) ekmekleri tercih ederek tüketebilecektir. Diğer taraftan tam tane unu kullanıldığından kepek tabakasında daha yoğun olarak bulunan mineral maddeler, renk maddeleri ve diğer fenolik bileşenlerin miktarının ve gluten harici proteinlerin (albümin, globulün) dahil edilmesi ile ekmeklerde toplam fenolik madde, antioksidan aktivite, kül miktarı ve protein miktarı artmıştır. Ekşi mayanın daha fazla kullanıldığı A maya kombinasyonunun toplam fenolik madde ve toplam antioksidan kapasitesi daha yüksek olması da çalışma kapsamında önemli bulgulardan birisidir. Çinko ve selenyum içerikleri yanında diğer fonksiyonel bileşenlerinde biyofortifiye tam tane unu kullanılan ekşi mayalı ekmeklerde artması sağlıklı beslenme vurgusu ile ekmeklerin tüketiminde tüketici tercihlerinin artışını sağlayabilecektir. Çalışmada özellikle yöresel ekmeklerin zenginleştirme çalışması için seçilmesi hem yaygın tüketilmeleri hem de ekşi maya kullanımı ve daha uzun fermantasyon süreleri ile fitik asit eliminasyonu sağlayarak çinko ve selenyumun biyoyararlılığını arttırma potansiyellerinin olması nedeniyledir. Çalışma kapsamında elde edilen ekmeklerde çinko ve selenyum için biyoyararlılık çalışmaları yapılmamış, bundan sonraki çalışmalarda elde edilen ürünlerde biyoyararlılık çalışmalarının da yapılması önerilmektedir. Ayrıca tam tane unu yanında mikroelement birikiminin daha az lakin vücutta faydalanabilirliği daha yüksek olduğu endospermi yüksek oranda taşıyan beyaz rafine unun son üründe çinko ve selenyum içeriği değişimi de çalışılmalıdır. Ekmek gibi fermente ürünler yanında özellikle gelişmekte olan çocuklar ve gençler tarafından fazlaca tüketilen ve toplumun her kesiminde, dışarıda, yolculuklarda günlük tüketimde farklı yer ve zamanlarda giderek artan oranlarda tüketilen bisküvi, kraker, kek gibi yumuşak buğday ürünlerinde de biyofortifikasyonun etkinliği ürün geliştirme çalışmaları sonrasında değerlendirilmelidir. Yine ekstrüzyon, soğuk plasma gibi proses uygulamaları ile özellikle çinko ve selenyumun biyoyararlılığın ürünlerde arttırılmasını hedefleyen çalışmalar toplumumuzda yaygın olarak görülen mikroelement noksanlıklarının giderilmesinde önemlidir. Diğer taraftan, çinko ve selenyum yanında demir ve iyot konusunda da

biyofortifikasyon çalışmaları yürütülmektedir. Ayrı ayrı veya birlikte bu mineral maddelerin, tanenin farklı kısımlarında lokalize olduklarını göz önüne alınarak, son ürüne dönüştüğünde miktar ve biyoyararlılık açısından değerlendirilmesi de gelecekte çalışılabilecek önemli konulardan birisidir. Bu çalışma, Uluslararası HarvestPlus projeleri kapsamında elde edilen sonuçların uygulamaya aktarılması konusunda önemli bir adım atılmasını sağlamıştır. Bu yönde yapılacak çalışmaların gelecekte unlu mamuller sanayinde özel sektöründe dahil olduğu farklı paydaşlar ile birlikte hızlı bir şekilde son ürünlere dönüşmesi ve tüketiciye ulaşması, gizli açlık olarak ifade edilen ve toplumuzda yaygın olarak görülen mikroelement eksikliklerinin giderilmesine son derece önemli katkılar sağlayacaktır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

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

Acar, O., (2020). *Biyofortifikasyonun Arpa, Yulaf ve Öğütme Fraksiyonlarında Bazı Mineraller ve Fonksiyonel Bileşenler Üzerine Etkisinin Araştırılması.* [Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı].

Acar, O., Çetiner, B., Akyıldız, E.A., (2021). Besinsel Lifler, Bölüm 6, s:117-134. Hububat Bilimi ve Teknolojisi. Editör Hamit Köksel. Yardımcı Editörler Oğuz Acar, Buket Çetiner, Filiz Köksel, Sidas Yayınları, ISBN: 978-605-5267-86-5, İzmir.

Adom, K.K., Liu, R.H., (2002). *Antioxidant activity of grains.* J. Agric. Food Chem.,Vol. 50, pp. 6182–6187.

Akgün, F. B., (2007). *Ekşi Hamur Tozu Eldesi ve Ekmek Üretiminde Kullanılabilme Olanakları.* [Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü].

Altuğ-Onoğur, T., Elmacı, Y., (2011). *Gıdalarda Duyusal Değerlendirme*. 2. Baskı, Sidas Yayınları, İzmir, ISBN: 978-9944-5660-8-7, 148 s.

Alvarez, J.B., Guzmán, C., (2018). *Interspecific and intergeneric hybridization as a source of variation for wheat grain quality improvement.* Theoretical Applied Genetics, 131, 225–251. https://doi.org/10.1007/s00122-017-3042-x.

Anjum, F. M., Ahmad, I., Butt, M. S., Sheikh, M.A. ve Pasha, I., (2005). *Aminoacid composition of spring wheats and losses of lysine during chapati baking.* Journal of Food Composition and Analysis, 18.523–532.

Anon., (2012). *Türk Gıda Kodeksi Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği* (Tebliğ No: 2012/2), Resmî Gazete Tarihi: 04.01.2012 Resmî Gazete Sayısı: 28163. https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=15746&MevzuatTur=9&MevzuatTertip=5 , Erişim tarihi: 01.10.2023.

Anon., (2018). *Ekmek israfı ve tüketici alışkanlıkları.* http://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/ekmek/tmobrosuryeni2.pdf.

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

Anon., 2021a. *Harvard T.H. Chan School of Public Health*. https://www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/selenium/.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Anon., 2021b. *Brabender GlutoPeak Test Cihazı* . www. anamed.com.tr. Erişim tarihi: 30.06.2021.

Anon., (2023). https://support.hunterlab.com/hc/en-us/articles/204137825-Measuring-Color-using-Hunter-L-a-b-versus-CIE-1976-L-a-b-AN-1005b. Erişim tarihi: 20.08.2023.

Aprodu, I., Banu, I., Stoenescu, G. ve Ionescu, V., (2010). *Effect of the Industrial Milling Process on the Rheological Behavior of Different Flour Streams*. St. Cerc. St. CICBIA, 11(4), 429-437.

Bagdi, A., Toth, B., Lorincz, R., Szendi, S., Gere, A., Kokai, Z., Sipos, L., Tömösközi, S. (2016). *Effect of aleurone-rich flour on composition, baking, textural, and sensory properties of bread.* LWT - Food Sci. and Tech., 65: 762-769.

Bal, Z. E., Sayılı, M., Gözener, B., (2013). *Tokat İli merkez ilçede ailelerin ekmek tüketimleri üzerine bir araştırma*, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 30 (1), 61-69. JAFAG ISSN: JAFAG ISSN: 1300-2910.

Balk, J., Connorton,J.M., Wan,Y., Lovegrove,A., Moore, K. L., Uauy,C., Sharp,P.A., Shewry, P. R., (2019). *Improving wheat as a source of iron and zinc for global nutrition*, Nutrition Bulletin, 44, 53–59.

Bañuelos, G.S., Lin, Z.Q., Broadley, M., (2017). *Selenium biofortication.* In: Pilon-Smits, E., Winkel, L., Lin, Z.Q. (Eds.), *Selenium in Plants: Molecular, Physiological, Ecological and Evolutionary Aspects*., 1st ed. Springer, New York, NY, USA, pp. 231–255.

Baum, M.K., Shor-Posner, G., Lai, S., (1997). *High risk of HIV- related mortality is associated with selenium deficiency*, Journal of Acquired Immune Deficiency Syndromes, 15: 370–374.

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

Baykara, P., (2006). *Geleneksel Yoğurt Mayasının Endüstriyel Beyaz Buğday Unu Ekmeği Üretiminde Kullanılması.* [Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ].

Baysal, A., (1991). *Ekmek; Beslenme ve Sağlık Yönünden Önemi.* Un Mamulleri Dünyası Dergisi, 1(1):10-15.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Beck, M.A., Shi, Q., Morris, V.C. and Levander, O.A., (1995). *Rapid genomic evolution of a non-virulent Coxsackievirus B3 in selenium-deficient mice results in selection of identical virulent isolates*. Nature Medicine, 1: 433–436.

Behera, S. S., Ray, R. C., (2015). *Sourdough bread*. In: Rosell, C.M., Bajerska,J., El Sheikha, A.F (Eds), Bread Fortication for Nutrition and Health, (pp 53-67). Boca Raton: CRC Press.

Beilstein, M. A.; Whanger, P. D.; Yang, G. Q. , (1991). *Chemical forms of selenium in corn and rice grown in a high selenium area of China*. Biomed. Environ. Sci. 1991, 4, 392−398.

Bhullar, N.K., Gruissem, W., (2013). *Nutritional enhancement of rice for human health: The con- tribution of biotechnology.* Biotechnology Advances, 31: 50–57.

Bircan, D., Güray, C., T., Bostan, K., (2017). *Farklı yöntemlerle ekşitilmiş hamurlardan ekmek yapımı üzerine çalışmalar.* Aydın Gastronomy, 1 (1):1-8.

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

Borneo, R., León, A. E., (2012). *Whole grain cereals: Functionalcomponents and health benefits*. Food & Function,3(2), 110–119.https://doi.org/10.1039/C1FO10165J.

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

Bouis, H. E., Saltzman, A., (2017). *Improving nutrition through biofortification: a review of evidence from HarvestPlus*, 2003 through 2016. Glob. Food Secur. 2017, 12, 49−58.

Boyacıoğlu, M. H., (1996). *Unların ekmek yapım performanslarının tahminlenmesi*, Gıda, 12-17.

Boz, H., Karaoğlu, M. M., (2008). *Fırın ürünleri için doğal katkı maddeleri.* Gıda Mühendisliği Dergisi, 35: 57-64.

Brand W., Cuvelier, M.E., Berset, C., (1995). *Use of a radical method to evaluate antioxidant activity*. Lebensm. Wiss. u. Technology-Food Science and Technology, 28(1): 25–30.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Burnaz, N. A., Ertop, M. H., Karataş, Ş. M., (2018). *Tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanimi ile ekmeğin fenolik madde içeriğinin zenginleştirilmesi*, Gıda, 43 (2), 240-249.

Capurso, A., Capurso, C., (2021). *The Mediterranean way: why elderly people should eat wholewheat sourdough bread—a little known component of the Mediterranean diet and he- althy food for elderly adults*. Aging Clinical and Experimental Research, 32, 1–5.

Carson, G. R., Edwards, N. M., (2009). *Criteria of wheat and flour quality*. In: Khan, K. and P.R. Shewry. (eds.). Wheat chemistry and technology 4th ed., AACC International Inc., MN, USA, pp. 97-118.

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

Chen, X.P., Zhang, Y.Q., Tong, Y.P., Xue,Y.F., Liu, D.Y., Zhang, W., Deng, Y., Meng, Q.F., Yue, S.C., Yan, P., Cui, Z.L., Shi, X.J., Guo, S.W., Sun, Y.X., Ye, Y.L., Wang, Z.H., Jia, L.L., Ma, W.Q., He,M.R., Zhang, X.Y., Kou, C.L., Yan-Ting Li, Y.T., Tan,D.S., Cakmak,İ., Zhan,F.S., Zou, C.Q., (2017) . *Harvesting more grain zinc of wheat for human health*. Sci Rep 7, 7016 (2017). https://doi.org/10.1038/s41598-017-07484-2.

Combs, G. F., (2001). *Selenium in global food systems*, British Journal of Nutrition, 85:517–547.

Corsetti, A., Settanni, L., van Sinderen, D., (2004). *Characterization of bacteriocin-like inhibitory substances (BLIS) from sourdough lactic acid bacteria and evaluation of their in vitro and in situ activity*. J Appl Microbiol 96, 521–534.

Çakmak, I, (2008). *Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification*, Plant Soil, 302, 1−17.

Çakmak, I., Kalayci, M., Kaya, Y., Torun, A. A., Aydin, N., Wang, Y., Arisoy, Z., Erdem, H., Yazici, A., Gokmen, O., Ozturk, L., Horst, W.J., (2010a). *Biofortification and localization of zinc in wheat grain,* Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58: 9092–9102.

Çakmak, I., Pfeiffer, W.H., Mcclafferty, B., (2010b). *Special Section: Durum Wheat Pasta Symposium, Biofortification of Durum Wheat with Zinc and Iron*.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Çakmak, I., Prom-u-thai, C., Guilherme, L. R.G., Rashid, A., Hora, K.H., Yazici, A., Savasli, E., Kalayci, M., Tutus, Y., Phuphong, P., Rizwan, M. Martins, F. A. D., Dinali, G., Ozturk, L., (2017*). Iodine Biofortification of Wheat, Rice and Maize through Fertilizer Strategy*, Plant and Soil, 418: 319–335.

Çakmak, I., Kutman, U. B., (2018). *Agronomic biofortification of cereals with zinc*: a review. Eur. J. Soil Sci., 69, 172−18.

Çakmak, I., Marzorati, M., Van Den Abbeele, P., Hora, K., Holwerda, H. T., Yazici, M. A., Savasli, E., Neri, J., Du Laing, G., (2020). *Fate and Bioaccessibility of Iodine in Food Prepared from Agronomically Biofortified Wheat and Rice and Impact of Cofertilization with Zinc and Selenium*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 68 (6), 1525-1535. research-article. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b05912.

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

Clark L.C., Combs, G.F., Turnbull, B.W., Slate, E.H., Chalker, D.K., Chow, J., Davis, L.S., Glover, R.A., Graham, G.F., Gross, E.G., Krongrad, A, Lesher, J.L., Park, H.K., Sanders, B.B., Smith, C.L., and Taylor, J.R., (1996). *Effects of selenium supplementation for cancer prevention in patients with carcinoma of the skin.* Journal of the American Medical Association, 276: 1957–1963.

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

D'Amato, R., Fontanella, M. C., Falcinelli, B., Beone, G. M., Bravi, E., Marconi, O.,Businelli, D., (2018). *Selenium biofortification in rice (Oryza sativa L.) sprouting: Effects on Se yield and nutritional traits with focus on phenolic acid profile*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 66, 4082–4090.

Dapčević-Hadnađev T, Stupar A, Stevanović D, Škrobot D, Maravić N, Tomić J, Hadnađev M., (2022). *Ancient wheat varieties and sourdough fermentation as a tool to ıncrease bioaccessibility of phenolics and antioxidant capacity of bread*. Foods, 11 (24), 3985. https://doi.org/10.3390/foods11243985.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Delcour, J.A., Hoseney, R.C., (2010). *Principles of Cereal Science And Technology*, 3rd ed., AACC International, Inc., St. Paul, MN.

De Vuyst, L., Neysens, P., (2005). *The sourdough microflora: biodiversity and metabolic interactions*. Trends Food Sci Technol, 16; 43-56.

Ducsay, L, Ložek, O., (2006). *Effect of selenium foliar application on its content in winter wheat grain.* Plant Soil and Environment, 52: 78–82.

Ducsay, L., Lozek, O., Varga, L. and Losak, T., (2007). *Effects of Winter Wheat Supplementation with Selenium*, Ecological Chemistry and Engineering, 14: 289-293.

Elgün, A., (2021). *Hububatta Tane Yapısı*, *Bölüm 2*, (s. 31-50). *Hububat Bilimi ve Teknolojisi*. Editör Hamit Köksel. Yardımcı Editörler Oğuz Acar, Buket Çetiner, Filiz Köksel, Sidas Yayınları, ISBN: 978-605-5267-86-5, İzmir.

El, S.N., (2016). *Gıda bileşenlerinin beslenme açısından önemi*. Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Öğrenciler İçin Hazırlanmış Ders Notu. (s. 54-56).

Eyüpoğlu, F., Kurucu, N.,Talaz, S., (1995). *Türkiye topraklarının bitkiye yarayışlı mikroelementler bakımından genel durumu*. Toprak Gübre Araştırma Ens. 620/ A-002 Projesi Toplu Sonuç Raporu.

FAO, (2015). http://faostat.fao.org/site/291/default.aspx.

FoodData Portal., (2020). Retrieved from https://fdc.nal.usda.gov/

Fordyce, F. M., (2013). *Selenium De ciency and Toxicity in the Environment*. In Essentials of Medical Geology: Revised Edition, Selinus, O., 2013. Ed. pp 375–416 (Springer Netherlands: Dordrecht, 2013).

Galinha, C., Sánchez-Martínez, M., Pacheco, A.M.G., Freitas, M.C., Coutinho, J., Maçãs, B., Almeida, A.S., Pérez-Corona, M.T., Madrid, Y., Wolterbeek, H.T., (2015). *Characterization of selenium-enriched wheat by agronomic bioforti cation*. J. Food Sci. Technol. 52 (7), 4236–4245.

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

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

KAYNAKLAR DİZİNİ

Gobbetti, M., De Angelis, M., Corsetti, A., Di Cagno, R., (2005*). Biochemistry and physiology of sourdough lactic acid bacteria.* Trends Food Sci Techol, 16; 57- 69.

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.

Graham, R.D., Welch, R.M., Saunders, D.A., Ortiz-Monasterio, I., Bouis, H.E., Bonierbale, M., de Haan, S., Burgos, G., Thiele, G., Liria, R., (2007). *Nutritious subsistence food systems*, Advances in Agronomy, 92: 1–74.

Grant, C.A, Buckley, W.T., Wu, R.G., (2007). *Effect of selenium fertilizer source and rate on grain yield and selenium and cadmium concentration of durum wheat,* Canadian Journal of Plant Science, 87: 703-708.

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

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

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

Gül, H., Özçelik, S., Sağdıç, O., Certel, M., (2005). *Sourdough bread production with lactobacilli and s. cerevisiae ısolated from sourdoughs.* Process Biochemistry. 40(5): 691-697.

Gültekin, F., Akın S., Elgün, A., (2019). *Ekmek hakkında güncel bir değerlendirme: sağlık etkileri, gıda katkı maddeleri ve helallik sorunu.* Helal Yaşam Dergisi, 1(1), 1-17.

Habip, M., (2009). *Effect of foliar application of Zn and Fe on wheat yield and quality,* African Journal of Biotechnology, 8: 6795– 6798.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Hansen, A. S., (2012). *Sourdough bread in YH Hui (ed.), Handbook of plant-based fermented food and beverage technology*. 2. edn, CRC Press LLC, pp. 493-515.

Haug, A., Graham, R. D., Christophersen, O. A., Lyons, G. H., (2007). *How to use the world's scarce selenium resources e ciently to increase the selenium concentration in food.* Microb. Ecol. Health Dis., 19, 209–228.

Hemdane, S., Jacobs, P.J., Dornez, E., Verspreet, J., Delcour, J.A., Courtin, C.M., (2016). *Wheat (Triticum aestivum L.) bran in bread making: a critical review.* Comprehensive Reviews in Food Science & Food Safety, 15, 28–42.

Henderson, K.N., Tye-Din, J.A., Reid, H.H., (2007). *A structural and immunological basis for the role of human leukocyte antigen DQ8 in celiac disease,* Immunity, 27, 1–12.

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

Hotz, C., Brown, K. H., (2004). *Assessment of the risk of zinc de ciency in populations and options for its control*. Food Nutr. Bull., 25, 94–204.

Hussain, S., Maqsood, M. A., Rengel, Z., Aziz, T., Abid, M., (2013). *Estimated Zinc Bioavailability in Milling Fractions of Biofortified Wheat Grains and in Flours of Different Extraction Rates*, International Journal of Agriculture & Biology, 15: 921–926.

Jakubczyk, A., Świeca, M., Gawlik-Dziki, U., Dziki, D., (2018). *Nutritional Potential and Inhibitory Activity of Bread Fortified with Green Coffee Beans Against Enzymes Involved in Metabolic Syndrome Pathogenesis*, LWT-Food Science and Technology, 95: 78- 84. 10.1016/j.lwt.2018.04.071.

Jin, X., Lin, S., Gao, J., Wang, Y., Ying, J., Dong, Z., Zhou, W., (2020). *How manipulation of wheat bran by super ne-grinding affects a wide spectrum of dough rheological properties.* Journal of Cereal Science, 96, Article 103081. https://doi.org/10.1016/j. jcs.2020.103081.

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

KAYNAKLAR DİZİNİ

Khalid, K. H., Ohm, J. B., Simsek, S., (2017). *Whole wheat bread: Effect of bran fractions on dough and end-product quality*. Journal of Cereal Science, 78, 48–56. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.03.011

Kaçar, B., İnal., A., (2008). *Bitki Analizleri.* Nobel yayın dağıtım. 912s. ISBN:978–605–395–036–3.

Kalkışım, Ö., Özdemir, M., Bayram, O., (2012). *Ekmek Yapım Teknolojisi.* SAGE Yayıncılık Rek. Mat. San. Tic. Ltd. Şti. 91s, Ankara.

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

Karaduman, Y., Akın, A., Türkölmez, S., Tunca, Z., S., Belen, S., Çakmak, M., Yüksel, S., Yorgancılar, Ö., Önder, O., Server, B.B., (2017). *Ekmeklik Buğday Islah Programında Teknolojik Kalite Parametreleri Yönü İle Yapılan Değerlendirmeler*. Poster Bildiri-XII. Tarla Bitkileri Kongresi,TAH04, Elektronik Kongre Kitabı, s:2, 12-15 Eylül 2017, Kahramanmaraş.

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. Received: 13 April 2018 / Accepted: 6 March 2019. https://doi.org/10.3920/QAS2018.1319.

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

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.

Katina, K., (2005), *Sourdough: a tool for the improved flavour, texture and shelf-life of wheat bread*, VTT Publications, Finland, 92.

KAYNAKLAR DİZİNİ

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

Klepacka, J., Formal, L. (2006). *Ferulic acid and its position among the phenolic compounds of wheat*. Crit. Rev. Food Sci. Nutr., Vol. 46, pp. 639–647.

Kotancılar, H. G., Karaoğlu, M. M., Gerçekaslan, K. E., Uysal, P., (2006). *Ekşi hamur katkısının beyaz tava ekmeğinin bayatlaması üzerine etkisi*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 37(1): 103-110.

Köksel, H., Shewry, H., (2021). *Hububatta Proteinleri, Bölüm 4, s:71-91. Hububat Bilimi ve Teknolojisi.* Editör Hamit Köksel. Yardımcı Editörler Oğuz Acar, Buket Çetiner, Filiz Köksel, Sidas Yayınları, ISBN: 978-605-5267-86-5, İzmir.

Köten, M., Ünsal, A. S., (2020). *Şanlıurfa yöresine özgü tırnaklı (düz) ekmekte bazı katkı maddelerinin kullanımının ekmek kalitesine etkisi*, Gıda, 45 (3), 473-484. doi: 10.15237/gida.GD19137.

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

Kweon, M., Slade, L., Levine, H., Gannon, D., (2014). *Cookie- Versus cracker-baking—what's the difference flour functionality requirements explored by SRC and Alveography*. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 54(1), 115–138. https://doi. org/10.1080/10408398.2011.578469.

Lachman, J., Martinek, P., Kotíková, Z., Orsák, M., Šulc, M., (2017). *Genetics and chemistry of pigments in wheat grain – A review*, Journal of Cereal Science, 74, 145-154, https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.02.007

Ligowe, I., Phiri, F., Ander, E., Bailey, E., Chilimba, A., Gashu, D., Joy, E.J.M., Lark, R.M., Kamambe, V., Kalimbira, A.A., Kumssa, D. B., Nalivata, P.C., Young, S.D., Br oadley, M., (2020*). Selenium defiency risks in sub-Saharan African food sytems and their geospatial linkages*. Proceedings of the Nutrition Society, 79 (4), 457-467.https://doi.org/10.1017/S0029665120006904.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Liu, D., Liu, Y., Zhang, W., Chen, X., Zou, C., (2017). *Agronomic approach of zinc biofortification can increase zinc bioavailability in wheat flour and thereby reduce zinc deficiency in humans*. Nutrients, 9(5). https://doi.org/10.3390/nu9050465.

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.

Lyons, G., Stangoulis, J., Graham, R., (2003). *High-selenium wheat: biofortification for better health.* Nutr. Res. Rev., 16, 45−60.

Lyons, G. H., Judson, G. J., Ortiz-Monasterio, I., Genc, Y., Stangoulis, J. C. R., Graham, R. D., (2005). *Selenium in Australia: selenium status and biofortification of wheat for better health*. J. Trace Elem. Med. Biol., 19, 75−82.

Lyons, G., (2018*). Biofortification of cereals with foliar selenium and iodine could reduce hypothyroidism*. Front. Plant Sci. 2018, 9, 730.

Malegori, C., Grassi, S., Ohm, J., Anderson, J., Marti, A., (2018). *GlutoPeak profile analysis for wheat classification: skipping the refinement process*. J. Cereal. Sci. 79, 73–79. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.09.005.

Marti, A., Ulrici, A., Foca, G., Quaglia, L., Pagani, M.A., (2015). *Characterization of common wheat ours (Triticum aestivum L.) through multivariate analysis of conventional rheological parameters and gluten peak test indices.* LWT-Food Science and Technology 64, 95–103. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.05.029.

Masisi, K., Beta, T., Moghadasian, M.H., (2016). *Antioxidant properties of diverse cereal grains: A review on in vitro and in vivo studies.* Food Chemistry, 196, 90–97. https://doi.org/10.1016/ j.foodchem.2015.09.021

Meroth, C.B., Walter, J., Hertel, C., Brandt, M.J., Hammes, W.P., (2003). *Monitoring the bacterial population dynamics in sourdough fermentation processes by using PCR-Denaturing gradient gel electrophoresis.* Applied Environmenta Microbiology, 69; 475- 482.

Messens, W., De Vuyst, L., (2002). *Inhibitory substances produced by Lactobacilli isolated from sourdoughs*. Int Journal of Food Microbioliogy, 72; 31-43.

KAYNAKLAR DİZİNİ

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

Mora, M.L., Durán, P., Acuña, A.J., Cartes, P., Demanet, R., Gianfreda, L., (2015). *Improving selenium status in plant nutrition and quality*. J. Soil Sci. Plant Nutr. 15, 486–503.

Muscogiuri G, Barrea L, Savastano S, Colao A., (2020). *Nutriti- onal recommendations for CoVID-19 quarantine*, Eur J Clin Nutr. 2020 Apr 14.

Myers S.S., Zanobetti ,A., Kloog, I., Huybers, P., Leakey, A.D., Bloom, A.J., Carlisle, E., Dietterich, L.H., Fitzgerald, G., Hasegawa, T., Holbrook, N.M., Nelson, R.L., Ottman, M.J., Raboy, V., Sakai, H., Sartor, K.A., Schwartz, J., Seneweera, S., Tausz, M., Usui, Y., (2014). *Increasing CO2 threatens human nutrition. Nature.* 2014 Jun 5;510(7503):139-42. doi: 10.1038/nature13179. Epub 2014 May 7. Erratum in: Nature. 2019 Oct;574(7778):E14. PMID: 24805231; PMCID: PMC4810679.

Ni, Z., Liu, Y., Qu, M., (2014). *Determination of 5 natural selenium species in selenium-enriched bamboo shoots using LC-ICP-MS.* Food Sci. Biotechnol. 2014, 23, 1049−1053.

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.* Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 25(2):218-233.

Pena, R. J., (2002). *Wheat for bread and other foods. Bread wheat: Improvement and prodıction*. S:483-493, sayfa sayısı 553.

Phattarakul, N., Rerkasem, B., Li, L. J., Wu, L. H., Zou, C.Q., Ram, H., Sohu, V.S., Kang, B.S., Sürek, H.; Kalayci, M., Yazici, A. Zhang, F.S., Cakmak, I., (2012). *Biofortification of rice grain with zinc through zinc fertilization in different countries*. Plant Soil, 361 (1−2), 131−141.

Plessas, S., Alexopoulos, A., Mantzourani, I., Koutinas, A., Voidarou, C., Stavropoulou, E. And Bezirtzoglou, E., (2011*). Anaerobe: Application of novel starter cultures for sourdough bread production*, 17 (2011), 486-489.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Prasad, R., (2010). *Zinc biofortification of food grains in relation to food security and alleviation of zinc malnutrition*. Current Science (2010), 98 (10), 1300-1304.

Radawiec, A., Szulc, W., Rutkowska, B., (2021). *Selenium Biofortification of wheat as a strategy to ımprove human nutrition*. Agriculture, 2021, 11, 144. https://doi.org/10.3390/agriculture11020144.

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

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

Rathan, N.D., Anju, M., Govindan, V., M.I.I., (2020). *Impact of High and Low-Molecular-Weight Glutenins on the Processing Quality of a Set of Biofortified Common Wheat (Triticum aestivum L.) Lines.* Frontiers in Sustainable Food Systems, 4, 175, DOI=10.3389/fsufs.2020.583367.

Rayman, M.P., (2012). *Selenium and human health*. Lancet, 379 (9822), 1256–1268.

Rayman, M. P., (2000). *The importance of selenium to human health*. e Lancet 356, 233–241.

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

Ros, G.H., Van Rotterdam, A.M.D., Bussink, D.W., Bindraban, P.S., (2016). *Selenium fertilization strategies for bio-fortification of food: An agro-ecosystem approach*. Plant Soil, 2016, 404, 99–112.

Ryan, L. Thondre, P.S., Henry, C.J.K., (2011). *Oat-based breakfast cereals are a rich source at polyphenols and high in antioxidant potential.* Journal of Food Composition and Analysis, 24: 929–934.

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

KAYNAKLAR DİZİNİ

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

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

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

Schiavon, M., Nardi, S., Vecchia, F.D., Ertani, A., (2020). *Selenium biofortification in the 21 st century: Status and challenges for healthy human nutrition.* Plant Soil. 2020, 1–26.

Shewry, P. R., Hey, S. J., (2015). *The contribution of wheat to human diet and health*. Food Energy Secur. 4, 178–202. doi: 10.1002/fes3.64.

Sillanpaa, M., (1982). *Micronutrients and the nutrient status of soils.* A global study. FAO Soils Bulletin, No: 48. Rome, Italy.

Sindelarova, K., Szakova, J., Tremlova, J., Mestek, O., Praus, L., Kana, A., Najmanova, J., Tlustos, P., (2015). *The response of broccoli (Brassica oleracea convar. italica) varieties on foliar application of selenium: uptake, translocation, and speciation*. Food Addit. Contam., Part A 2015, 32, 2027−2038.

Solak, B., (2020). *Yöresel Ekşi Hamurlardan Saccharomyces Cerevisiae Suşlarının İzolasyonu, Tanımlanması ve Multifonksiyonel Özelliklerinin Belirlenerek Endüstriyel Öneme Sahip Suşların Saptanması*, [Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara].

Spaggiari, M., Calani, L., Folloni, S., Ranieri, R., Dall'Asta, C., Galaverna, G., (2020). *The impact of processing on the phenolic acids, free betaine and choline in Triticum spp. L. whole grains and milling by-products*. Food Chemistry, 311, 125940. https://doi. org/10.1016/j.foodchem.2019.125940

Sun, X., Wang, Y., Han, G., Ye, S., Zhou, X., (2020). *Effects of different selenium forms on selenium accumulation, plant growth, and physiological parameters of wild peach*. S. Afr. J. Bot. 2020, 131, 437−442.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Sun, X., Wu, S., Koksel, F., Xie, M., Fang, Y., (2023). *Effects of ingredient and processing conditions on the rheological properties of whole wheat flour dough during breadmaking-A review*, Food Hydrocolloids, 135, 108123,https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108123

Şahin, E., (2020). *Gerçek ekmek*., Hayy Kitap. ISBN: 978-605-4325-90-0, 18 sayfa. . https://hayykitap.com/kitap/gercek-ekmek-2/.

Taşçı, R., Karabak, S., Bolat, M., Acar, O., Şanal, T., Pehlivan, A., Külen, S., Güneş, E., Albayrak, M., (2017). *Ankara İlinde ekmekte tüketici tercihleri*, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 2017, 26 (1):75-85.

Tatham, A,S., Shewry, P.R., (2008). *Allergens to wheat and related cere- als*. Clin Exp Allergy, 38:1712–1726.

Thomson, C. D., (2004). *Assessment of requirements for selenium and adequacy of selenium status: a review*. Eur. J. Clin. Nutr., 58 (3), 391–402.

Tsuzuki, W., Mogushi, H., Kawahara, S., Kotake-Nara, E., Komba, S., Kanai, Y., Yamada, S., Horigane, A., (2017). *The content and distribution of steryl ferulates in wheat produced in Japan*. Bioscience, Biotechnology and Biochemistry, 81(3), 573–580. https://doi.org/10.1080/ 09168451.2016.1259549.

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

Ünal, S., Boyacıoğlu, H., (1984). *Hamurun reolojik özellikleri*. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 9 (1), 13-20.

Ünal, S.S., (1991). *Hububat Teknolojisi*. EÜ. Müh. Fak. Yayın No:29, Bornova, İzmir.

Ünal, S.S., (2002). *Buğdayda kalitenin önemi ve belirlenmesinde kullanılan yöntemler*. Hububat 2002. Hububat ürünleri.

Veraverbeke, W.S., Delcour, J.A., (2002). *Wheat protein composition and properties of wheat glutenin in relation to breadmaking functionality.* Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 42, 179-208.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Yu, L., Nanguet, A.-L., Beta, T., (2013). *Comparison of antioxidant properties of refined and whole wheat flour and bread.* Antioxidants, 2(4), 370–383. https://doi.org/10.3390/antiox2040370.

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

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

Welch, R.M., Graham R.D., (2004). *Breeding for micronutrients in staple food crops from a human nutrition perspective,* Journal of Experimental Botany, 55: 353–364.

Welch, R. M., Graham, R. D., Cakmak, I. , (2013). *Linking agricultural production practices to improving human nutrition and health.* Expert paper written for ICN2 Second International Conference on Nutrition Preparatory Technical Meeting, Rome, Italy, November 13−15 , 2013; http://www.fao.org/3/a-as574e.pdf.

Verheyen, C., Albrecht, A., Elgeti, D., Jekle, M., Becke, T., (2015). *Impcat of gas formatiion kinetics on dough development and bread quality*. Food Research International, 76, 860–866.

Whanger, P.D., (2002). *Selenocompounds in plants and animals and their biological sig- ni cance*. J. Am. Coll. Nutr. 3, 223–232.

White, P.J., Broadley, M. R., (2005). *Biofortifying crops with essential mineral elements,* Trends in Plant Science 10: 586–593.

White, P. J., (2016). *Selenium accumulation by plants*. Ann. Bot. (Oxford, U. K.) 2016, 117, 217−235.

WHO, World Health Organisation, (2019). *Biofortification of staple crops.* https://www.who.int/elena/titles/ biofortification/en/ Accessed 15 Mar 2019.

WHO, World Health Organization, (2020). *Biofortification of staple crops*, e-Library of Evidence for Nutrition Actions (eLENA), www.who.int/elena/titles/biofortification/en/.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Williams, P.C., El-Haramein, F.J., Nakkaoul, H. and Rihawi, S., (1986). *Crop Quality Evaluation Chemistry and Technology*. *Ed by Y. Methods and Guidelines*. ICARDA. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Syria, 13-16 pp.

Wu, Y., Yang, P., Chen, J., Shao, J.F., Renyi Gui,R., (2021). *Selenium Biofortification of Bamboo Shoots by Liquid Se Fertilization in the Culm Pith Cavity*. ACS Food Science & Technology, 2021 (1), 27-34. DOI: 10.1021/acsfoodscitech.0c00026.

Xu, J. G., Tian, C. R., Hu, Q. P., Luo, J. Y., Wang, X. D., Tian, X. D., (2009). *Dynamic changes in phenolic compounds and antioxidant activity in oats (Avena nuda L.) during steeping and germination.* Journal of Agricultural Food Chemistry, 57, 10392–10398.

Xu, D., Zhang,Y., Tang, K., Hu,Y., Xu, X., Ganzle, M.G., (2019). *Effect of mixed cultures of yeas and lactobacilli on the quality of wheat sourdough bread*, Front Microbiol., 10 september 2019. https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02113.

Yıldız, G., (2009). *Karabuğday (Fagopyrum Esculentum Moench) Ununun Geleneksel Türk Ekmeklerinde Kullanılma İmkanları Üzerine Araştırmalar*, [Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya].

Yiğit, A.H., Doğan, İ.S., (2010). *Ağrı İlindeki ekmek fırınlarının bazı özelliklerinin değerlendirilmesi üzerine bir anket çalışması*. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 20(2): 75-87.

Yu, S.Y., Zhu, Y.J., Li, W.G., (1997). *Protective role of selenium against hepatitis b virus and primary liver cancer in Qidong*, Biological Trace Element Research, 56: 117–124.

Yu, M.W., Horng, I.S., Chiang, Y.C., Liaw, Y.F., and Chen, C.J., (1999). *Plasma selenium levels and the risk of hepatocellular carcinoma among men with chronic hepatitis virus infection*. American Journal of Epidemiology 150, 367–374.

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

KAYNAKLAR DİZİNİ

Yurdatapan, S., (2014). *Türkiye'de Ekmek Sanayi ve Ekmek Tüketim Eğilimleri: Edirne İli Merkez İlçe Örneği,* [Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı].

Zeidan, M.S., Mohamed, M.F., Hamouda, H.A., (2010). *Effect of Foliar Fertilization of Fe, Mn and Zn on Wheat Yield and Quality in Low Sandy Soils Fertility*, World Journal of Agricultural Sciences, 6: 696–699.

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

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

Zhu, Y. G., Pilon-Smits, E. A., Zhao, F. J., Williams, P. N., Meharg, A. A., (2009). *Selenium in higher plants: understanding mechanisms for biofortification and phytoremediation.* Trends Plant Sci. 2009, 14, 436−442.

Žilić, S., Serpen, A., Akıllıoğlu, G., Janković, M., Gökmen, V., (2012). *Distributions of phenolic compounds, yellow pigments and oxidative enzymes in wheat grains and their relation to antioxidant capacity of bran and debranned flour*. Journal of Cereal Science, 56(3), 652–658. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.07.014.

Zou, C. Q., Zhang, Y. Q., Rashid, A., Ram, H., Savasli, E., Arisoy, R. Z., Ortiz-Monasterio, I., Simunji, S., Wang, Z. H., Sohu, V., Hassan, M., Kaya, Y., Onder, O., Lungu, O., Mujahid, M.Y., Joshi, A.K., Zelenskiy,Y., Zhang, F.S., Cakmak, I., (2012). *Biofortification of wheat with zinc through zinc fertilization in seven countries*. Plant Soil, 361, 119−130.

Zou C., Du, Y., A. Rashid, A., Ram, H., Savasli, E., Pieterse, P. J., Ortiz-Monasterio, I., Yazici, A., Kaur, C., Mahmood, K., Singh, S., Le Roux, M. R., Kuang, W., Onder, O., Kalayci, M., Cakmak, I., (2019*). Simultaneous Biofortification of Wheat with Zinc, Iodine, Selenium, and Iron through Foliar Treatment of a Micronutrient Cocktail in Six Countries*, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 67 (29), 8096-8106, DOI: 10.1021/acs.jafc.9b01829.

EK AÇIKLAMALAR

Ek Açıklama-A : Ekmek Üretim Aşamalarının Görüntüleri



Ek Açıklama-B : Ekmek Görüntüleri

A Maya Kombinasyonu Ekmekler




B Maya Kombinasyonu Ekmekler