Ekmeklik Un Üretiminde Farklı Tavlama Uygulamaları İle Uygun Paçal Oranlarının Belirlenmesi

Filiz ŞAHİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Kasım 2024

Determination of Appropriate Blending Ratios With Different Tempering Applications in Bread Flours

Filiz ŞAHİN

MASTER OF SCIENCE

Department of Food Engineering

November 2024

Ekmeklik Un Üretiminde Farklı Tavlama Uygulamaları İle Uygun Paçal Oranlarının Belirlenmesi

Filiz ŞAHİN

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

Danışman: Doç. Dr. Yaşar KARADUMAN
İkinci Danışman: Dr. Arzu AKIN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi Tarafından FYL-2023-2834 Proje Kodu İle Desteklenmiştir.

Kasım 2024

ONAY

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı YÜKSEK LİSANS öğrencisi Filiz ŞAHİN' in YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Ekmeklik Un Üretiminde Farklı Tavlama Uygulamaları İle Uygun Paçal Oranlarının Belirlenmesi" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek oybirliği ile kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Yaşar KARADUMAN

İkinci Danışman : Dr. Arzu AKIN

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye : Doç. Dr. Yaşar KARADUMAN

Üye : Doç. Dr. İlyas ATALAR

Üye : Doç. Dr. Ayşe Neslihan DÜNDAR

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

Prof. Dr. Fatma TÜMSEK
Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Doç. Dr. Yaşar KARADUMAN ve Dr. Arzu AKIN danışmanlığında hazırlamış olduğum "Ekmeklik Un Üretiminde Farklı Tavlama Uygulamaları İle Uygun Paçal Oranlarının Belirlenmesi" 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. 11/11/2024

Filiz ŞAHİN
İmza

ÖZET

Bu çalışmada istenilen kalitede ekmeklik un üretimi için bölgede en fazla yetiştirilen Esperia ve Rumeli 1. sınıf buğday unlarına en uygun 2. sınıf buğday kombinasyonu ve paçal oranlarını ultrason destekli kısa süreli ve klasik tavlama uygulaması ile belirleyebilmek amaçlanmıştır. Merkezi yanıt yüzey metoduna göre Ultrason işleminde 70 genlik ve 30 saniye optimum koşullar olmuştur. Esperia ve Rumeli buğday unlarına klasik ve ultrason destekli tavlama uygulanan KateA *x* Nacibey ve Ahmetağa *x* Ekiz kombinasyonu unları %20, 30, 40 oranlarında paçal edilmiştir. Paçal unlarda fiziko-kimyasal, gluten agregasyon ve hamur reolojik özellikleri ayrıntılı belirlenmiştir. Öne çıkan 8 paçal unda ekmek pişirme denemeleri yapılmıştır. Unların ve ekmeklerin teknolojik kalite özellikleri kontrol ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Çalışmada KateA x Nacibey kombinasyonunun STK-laktik asit, GSI ve makro-SDS sedimantasyon değerleri daha yüksek bulunmuştur. Ultrason destekli tavlamada alveograf T değeri daha yüksek bulunurken (60,75 mm); A ve Ex ve enerji değerleri klasik tavlamada daha yüksektir (sırasıyla 64,88 mm; 17,73; 131,56 10^{-4} x J) olmuştur. Hamurun gluten dengesinin ultrason destekli tavlama ile daha olumlu bir seviyeye gelmesi olduukça önemli bir bulgu olmuştur (1,18). Ultrason tavlamada farinograf stabilite klasik tavlamaya göre daha yüksek olmuştur (sırasıyla 13,32 ve 11,86 dak.). Ekmek kabuğunda Paçal-3, Paçal-9, Paçal-4 ve Paçal-12'nin kahverengilik indeksi değerleri kontrol ekmeğe benzerdir (>80,0). Çalışmada Paçal-15 en yüksek hacim değeri vermiştir (457,5 ml). Paçal-3, Paçal-4 ve Paçal-16'nın hacim değerleri 450,0 ml ve üzerinde yüksek bulunmuştur. Paçal-3 ve Paçal-4 Rumeli çeşidi ile ve Paçal-15 ve Paçal-16 Esperia çeşidi ile yapılan unlardır. Paçal-3, Paçal-4, Paçal-15 ve Paçal-16 KateA *x* Nacibey kombinasyonudur. Paçal-4 ve Paçal-16 ultrason destekli tavlama ile elde edilen unlardır. Paçal-3, Paçal-4, Paçal-12 ve Paçal-16 en yüksek genel beğeni puanı alması ile dikkat çekmiştir. Paçal-4, Paçal-12 ve Paçal-16 ultrason destekli tavlama ile elde edilmişlerdir. Paçal-4 ve Paçal-12 Rumeli ve Paçal-16 Esperia için yapılmış paçallardır. Paçal-4 ve Paçal-16 KateA x Nacibey kombinasyonu olurken; Paçal-12 Ahmetağa *x* Ekiz kombinasyonudur.

Anahtar kelimeler: Tavlama işlemi; buğday paçalı; ultrason uygulama; un teknolojik kalitesi; ekmek-yapım kalitesi

SUMMARY

In this study, it was aimed to determine the most suitable 2nd class wheat combination and blend ratios for Esperia and Rumeli 1st class wheat flours, which are the most grown in the region, for the production of bread flour with the desired quality by ultrasound-assisted short-term and classical tempering application. According to the central response surface method, 70 amplitude and 30 seconds were the optimum conditions in the ultrasound process. KateA *x* Nacibey and Ahmetağa *x* Ekiz combination flours, which were applied to Esperia and Rumeli wheat flours by classical and ultrasound-assisted tempering, were blended at 20, 30, and 40% rates. Physico-chemical, gluten aggregation, and dough rheological properties of blended flours were determined in detail. Bread baking experiments were carried out on the 8 prominent blended flours. Technological quality properties of flours and breads were evaluated by comparing them with control. In the study, SRC-lactic acid, GSI, and macro-SDS sedimentation values of the KateA *x* Nacibey combination were found to be higher. While the alveograph T value was found to be higher in ultrasound-assisted tempering (60,75 mm), A and Ex and energy values were higher in classical tempering (64,88 mm; 17,73; 131,56 10^{-4} *x* J, respectively). It was a quite important finding that the gluten balance of the dough reached a more positive level with ultrasound-assisted tempering (1,18). Farinograph stability was higher in ultrasound tempering than in classical tempering (13,32 and 11,86 min., respectively). The browning index values of Paçal-3, Paçal-9, Paçal-4, and Paçal-12 in the bread crust were similar to the control bread (>80,0). Paçal-15 gave the highest volume value in the study (457,5 ml). The volume values of Paçal-3, Paçal-4, and Paçal-16 were found to be high at 450,0 ml and above. Paçal-3 and Paçal-4 are flours made with Rumeli variety, and Paçal-15 and Paçal-16 are flours made with Esperia variety. Paçal-3, Paçal-4, Paçal-15, and Paçal-16 are KateA *x* Nacibey combination. Paçal-4 and Paçal-16 are flours obtained by ultrasound-assisted tempering. Paçal-3, Paçal-4, Paçal-12, and Paçal-16 had the highest general approval score. Paçal-4, Paçal-12, and Paçal-16 are flours made for Rumeli and Paçal-16 for Esperia. Paçal-4 and Paçal-16 are KateA *x* Nacibey combination; Paçal-12 is Ahmetağa *x* Ekiz combination.

Keywords: Tempering process; wheat blending; ultrasound application; flour technological quality; bread-making quality

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamda değerli görüş ve katkılarıyla beni yönlendiren, azmiyle beni motive eden, her koşulda araştırmaya, öğrenmeye ve öğretmeye teşvik eden, hoşgörüsünü asla esirgemeyen, araştırma bulgularının yorumlanması ve tezin yazılmasında tüm desteğini gösteren, öğrencisi olmaktan her zaman gurur duyacağım, saygıdeğer danışman hocam Doç. Dr. Yaşar KARADUMAN' a, sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

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

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

Ticari un teminin de yardımcı olan İmamoğlu Un Sanayi ve Anonim Şirketi sahibi Sayın Muhammed İMAMOĞLU' na ve çeşitlere ait tane numunelerin teminini sağlayan NBC TARIM Ltd. Şti yöneticisi Dr. Necmettin BOLAT' a desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Hayatım boyunca desteğini hep hissettiğim şefkatiyle ve sabrıyla her zaman yanımda olan ve dualarını esirgemeyen , haklarını asla ödeyemeyeceğim başta annem Nuray ŞAHİN' e, maddi ve manevi tüm fedakarlıkları için babam Halil ŞAHİN' e, tahıl sektörü ile tanışmama vesile olan, bilgi ve tecrübeleriyle varlığını eksik etmeyen ablam Ziraat Yüksek Mühendisi Yeliz SÜZEN' e, moral ve motivasyon desteğini eksik etmeyen hem mesai arkadaşlığı hem de ablalığı için çok değerli Emel ÇELİK'e, laboratuvar analiz sürecindeki çalışmalarımda yardımları için Gıda Mühendisliği Bölümü lisans öğrencileri ve yüksek lisans öğrencilerine, tezin yazılmasında, düzenlenmesinde yardımlarını esirgemeyen, çalışmalarım boyunca desteklerini hep kalpten hissettiğim, varlığı ile güç veren sevdiklerime ve arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **vi**
SUMMARY ..... **vii**
TEŞEKKÜR ..... **viii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **xiii**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **xiv**
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... **xvii**
1. GİRİŞ VE AMAÇ **1**
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI **3**
2.1 Paçal 4
2.2. Tavlama 7
2.3. Ultrason tekniği 9
3. MATERYAL VE YÖNTEM **13**
3.1. Materyal 13
3.2. Yöntem 13
3.2.1. Dokaj işlemi 13
3.2.2. Tane analizleri 14
3.2.3. Ultrason Tavlama İşlemi Optimizasyonu 15
3.2.4. Klasik ve Ultrason Destekli Tavlama Uygulaması 17
3.2.5. Öğütme İşlemi 17
3.2.6. Paçal Un Kombinasyonlarının Oluşturulması 18
3.2.7. Kırma Analizleri 20
3.2.7.1. Rutubet analizi 20
3.2.7.2. Protein oranı 20
3.2.7.3. Makro-SDS sedimantasyon (MSDS) değeri 20
3.2.7.4. Gecikmeli makro SDS sedimantasyon (MSDS) değeri 20
3.2.8. Paçal Unların Fizikokimyasal Özelliklerinin Analizleri 21
3.2.8.1. Su aktivitesi değeri 21
3.2.8.2. Kül miktarı 21
3.2.8.3. Rutubet analizi 21
3.2.8.4. Protein oranı 21
3.2.8.5. Yaş gluten (öz) miktarı 21
3.2.8.6. Gluten indeks değeri 22

İÇİNDEKİLER

Sayfa

3.2.8.7. Glutenin şişme indeksi 22
3.2.8.8. Makro-SDS sedimantasyon (MSDS) değeri 22
3.2.8.9. Laktik asit, su, sakkaroz, sodyum karbonat solvent tutma kapasitesi değeri 22
3.2.9. Gluten Reolojik Özellikleri (GlutoPeak) 23
3.2.10. Hamur Reolojik Özellikleri 23
3.2.10.1. Alveograf analizi 23
3.2.10.2. Farinograf analizi 23
3.2.11. Laboratuvar Tipi Ekmeklerin Eldesi 23
3.2.12. Ekmek Analizleri 24
3.2.12.1. Renk analizi 24
3.2.12.2. Ekmek hacmi değerleri 24
3.2.12.3. Tekstür özellikleri 24
3.2.12.4. Duyusal özellikler 24
3.2.13. İstatistiki Analizler 25
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 26
4.1.Tane Fiziksel Özellikleri 26
4.1.1. Hektolitre ağırlığı ve tane sertlik değeri 26
4.1.2. Camsı, unsu ve dönmeli tane 27
4.1.3. Tane renk özellikleri 30
4.2. Tane Öğütme Özellikleri 31
4.2.1. Klasik tavlama sonrası öğütme özellikleri 32
4.2.2. Ultrason destekli tavlama sonrası öğütme özellikleri 34
4.3. Kırma Özellikleri 36
4.3.1. Rutubet miktarı ve protein oranı 36
4.3.2. Sedimantasyon değeri ve gecikmeli sedimantasyon değeri 38
4.4. Paçal Un Analizleri 40
4.4.1. Protein oranı, nem miktarı ve kül miktarı 40
4.4.2. Renk analizi 46
4.4.3. Yaş gluten miktarı, gluten indeks değeri ve su aktivitesi analizi 52
4.4.4. Solvent tutma kapasitesi, glutenin şişme indeksi ve makro-SDS sedimantasyon (MSDS) değeri 56
4.4.5. Gluten agregasyon özellikleri (GlutoPeak) 68

İÇİNDEKİLER

Sayfa

4.4.6. Alveograf özellikleri 75
4.4.7. Farinograf analizi 87
4.5. Ekmek Analizleri 98
4.5.1. Renk analizleri 98
4.5.2. Ekmek hacmi özellikleri 102
4.5.3. Ekmeklerin dokusal özellikleri 105
4.5.4. Ekmeklerin duyusal özellikleri 108
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 112
KAYNAKLAR DİZİNİ 120
EK AÇIKLAMALAR 137
Ek Açıklama-A: Resimler 137

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil **Sayfa**

3.1. Ultrason cihazı (Bandelin HD 4400 Ultrasonic Processor) uygulaması ve uygulama yüksekliği 16
3.2. Klasik tavlama ve ultrason destekli tavlama sonrası laboratuvar tipi valsli değirmende (Chopin Moulin CD1) öğütme işlemi..... 18
4.1. Paçal un örneklerinin protein miktarı bakımından "*kombinasyon x ikame oranı*" etkileşimi. 44
4.2. Paçal un örneklerinin nem miktarı bakımından "*tavlama yöntemi x ikame oranı*" etkileşimi. 44
4.3. Paçal un örneklerinin nem miktarı bakımından "*kombinasyon x ikame oranı*" etkileşimi. 45
4.4. Paçal un örneklerinin L* değeri bakımından "*tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi. 49
4.5. Paçal un örneklerinin L* değeri bakımından "*kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi. 49
4.6. Paçal un örneklerinin a* değeri bakımından *"tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi. 50
4.7. Paçal un örneklerinin a* değeri bakımından *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi. 50
4.8. Paçal un örneklerinin b* değeri bakımından *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi. 51
4.9. Paçal un örneklerinin makro-SDS sedimantasyon değeri bakımından *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi..... 62
4.10. Paçal un örneklerinin makro-SDS sedimantasyon değeri bakımından *"tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi. 62
4.11. Paçal un örneklerinin STK-sakkaroz değeri bakımından *"tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi. 63
4.12. Paçal un örneklerinin STK-laktik asit değeri bakımından *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi. 64
4.13. Paçal un örneklerinin STK-su değeri bakımından *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi. 65
4.14. Paçal un örneklerinin STK-sodyum karbonat değeri bakımından *"tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi..... 66
4.15. Paçal un örneklerinin STK-sodyum karbonat değeri bakımından *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi..... 66
4.16. Paçal un örneklerinin gluten performans indeksi (GPI) değeri bakımından *"tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi. 67
4.17. Paçal un örneklerinin GlutoPeak BEM değeri bakımından *"tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi..... 72
4.18. Paçal un örneklerinin GlutoPeak BEM değeri bakımından *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi. 73
4.19. Paçal un örneklerinin GlutoPeak PMT değeri bakımından *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi. 73
4.20. Paçal un örneklerinin GlutoPeak PM değeri bakımından *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi. 74

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil **Sayfa**

4.21. Paçal un örneklerinin direnç değeri bakımından *"tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi. 80
4.22. Paçal un örneklerinin direnç değeri bakımından *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi. 80
4.23. Paçal un örneklerinin uzama kabiliyeti değeri bakımından *"tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi. 81
4.24. Paçal un örneklerinin uzama kabiliyeti değeri bakımından *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi. 82
4.25. Paçal un örneklerinin elastikiyet indeksi değeri bakımından *"tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi 83
4.26. Paçal un örneklerinin elastikiyet indeksi değeri bakımından *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi 83
4.27. Paçal un örneklerinin enerji değeri bakımından *"tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi. 84
4.28. Paçal un örneklerinin enerji değeri bakımından *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi. 84
4.29. Paçal un örneklerinin gluten dengesi değeri bakımından *"tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi. 85
4.30. Paçal un örneklerinin gluten dengesi değeri bakımından *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi. 86
4.31. Paçal un örneklerinin su absorbsiyonu değeri bakımından *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi. 92
4.32. Paçal un örneklerinin gelişme süresi bakımından *"tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi. 93
4.33. Paçal un örneklerinin gelişme süresi bakımından *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi. 93
4.34. Paçal un örneklerinin stabilite değeri bakımından *"tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi. 94
4.35. Paçal un örneklerinin stabilite değeri bakımından *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi. 95
4.36. Paçal un örneklerinin yumuşuma derecesi bakımından *"tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi. 96
4.37. Paçal un örneklerinin yumuşuma derecesi bakımından *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi. 96

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge **Sayfa**

3.1. Ultrason işlemi için merkezi yanıt yüzey deneysel tasarım yöntemine göre optimizasyon çalışmaları 16
3.2. Rumeli ve Esperia çeşitleri unları için klasik ve ultrason destekli tavlama sonrası iki farklı diğer kırmızı çeşit kombinasyonu unların farklı ikame oranları ile oluşturulan paçal unlar 19
4.1. Buğday örneklerinin hektolitre ağırlığı ve tane sertlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları 26
4.2. Çeşitlerin hektolitre ağırlığı ve tane sertlik değerlerine ait analiz ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 27
4.3. Çeşitlerin camsı, unsu ve dönmeli tane miktarlarına ait varyans analiz sonuçları 28
4.4. Çeşitlerin camsı, unsu ve dönmeli tane miktarlarına ait çoklu karşılaştırma test sonuçları 29
4.5. Çeşitlerin tane L*, a* ve b* renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları 30
4.6. Çeşitlerin L* değeri , a* değeri , b* renk değerlerine ait analiz ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 31
4.7. Buğday örneklerinin klasik tavlama sonrası öğütme özelliklerine ait varyans analiz sonuçları 33
4.8. Buğday çeşitlerinin klasik tavlama sonrası öğütme değerlerine ait analiz ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 33
4.9. Buğday örneklerinin ultrason destekli tavlama sonrası öğütme özelliklerine ait varyans analiz sonuçları 34
4.10. Buğday çeşitlerinin ultrason destekli tavlama sonrası öğütme değerlerine ait analiz ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 35
4.11. Kırma örneklerinin rutubet miktarı ve protein oranına ait varyans analiz sonuçları 36
4.12. Kırma örneklerinin rutubet miktarı ve protein oranına ait analiz ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 37
4.13. Kırma örneklerinin sedimantasyon değeri ve gecikmeli sedimantasyon değerlerine ait varyans analiz sonuçları 38
4.14. Kırma örneklerinin sedimantasyon değeri ve gecikmeli sedimantasyon değerlerine ait analiz ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 39
4.15. Paçal un örneklerinin protein oranı, nem miktarı ve kül miktarlarına ait varyans analiz sonuçları 41
4.16. Paçal un örneklerinin protein oranı, nem ve kül miktarlarına ait çoklu karşılaştırma test sonuçları 43
4.17. Paçal un örneklerinin kombinasyon ve ikame oranlarına ait protein oranı, nem ve kül miktarı değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 43
4.18. Paçal un örneklerinin L*, a*, b* renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları 47
4.19. Paçal un örneklerinin L*, a*, b* renk değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları 48
4.20. Paçal un örneklerinin kombinasyon ve ikame oranlarına ait L*, a*, b* renk değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 48
4.21. Paçal un örneklerinin yaş gluten miktarı, gluten indeks değeri ve su aktivitesine ait varyans analiz sonuçları 54

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge **Sayfa**

4.22. Paçal un örneklerinin yaş gluten miktarı, gluten indeks değeri ve su aktivitesine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları 55
4.23. Paçal un örneklerinin kombinasyon ve ikame oranlarına ait yaş gluten miktarı , gluten indeks ve su aktivitesi değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 55
4.24. Paçal un örneklerinin solvent tutma özellikleri, makro-SDS sedimantasyon değeri, gluten performans indeksi ve gluten şişme indeksi değeri özelliklerine ait varyans analiz sonuçları 59
4.25. Paçal un örneklerinin solvent tutma özellikleri, makro-SDS sedimantasyon değeri, gluten performans indeksi (GPI) ve gluten şişme indeksi (GSI) değeri özelliklerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları 60
4.26. Paçal un örneklerinin kombinasyon ve ikame oranlarına ait solvent tutma özellikleri, makro-SDS sedimantasyon değeri, gluten performans indeksi ve glutenin şişme indeksi değeri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 61
4.27. Paçal un örneklerinin GlutoPeak değerlerine ait varyans analiz sonuçları 69
4.28. Paçal un örneklerinin GlutoPeak değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları .. 71
4.29. Paçal un örneklerinin kombinasyon ve ikame oranlarına ait GlutoPeak değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 72
4.30. Paçal un örneklerinin hamur reolojik özelliklerine ait alveograf varyans analiz sonuçları 77
4.31. Paçal un örneklerinin hamur reolojik özelliklerine ait alveograf çoklu karşılaştırma test sonuçları 78
4.32. Paçal un örneklerinin kombinasyon ve ikame oranlarına ait hamur reolojik özellikleri alveograf değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 79
4.33. Paçal un örneklerinin farinograf değerlerine ait varyans analiz sonuçları 89
4.34. Paçal un örneklerinin farinograf değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları ... 90
4.35. Paçal un örneklerinin kombinasyon ve ikame oranlarına ait farinograf değerleri ortalamalarını çoklu karşılaştırma test sonuçları 91
4.36. Ekmek-yapım denemeleri için seçilen paçal unlar 98
4.37. Paçal unlara ait ekmeklerin kabuk ve iç L*, a*, b* renk değerlerine ve indekslerine ait varyans analiz sonuçları 100
4.38. Paçal unlara ait ekmeklerin kabuk ve iç L*, a*, b* renk değerlerine ve indekslerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları 101
4.39. Paçal unlara ait ekmeklerin ağırlık ve hacim değerlerine ait varyans analiz sonuçları 103
4.40. Paçal unlara ait ekmeklerin ağırlık ve hacim değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları 104
4.41. Paçal unlara ait ekmeklerin dokusal özelliklerine ait varyans analiz sonuçları 106
4.42. Paçal unlara ait ekmeklerin dokusal özelliklerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları 107
4.43. Paçal unlara ait ekmeklerin duyusal özelliklerine ait varyans analiz sonuçları 110
4.44. Paçal unlara ait ekmeklerin duyusal özelliklerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları 111

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar	Açıklama
a_w	Su aktivitesi
dak	Dakika
s	Saniye
km	Kuru madde
VK	Varyasyon kaynağı
SD	Serbestlik derecesi
KT	Kareler toplamı
KO	Kareler ortalaması
PMT	GlutoPik pik maksimum zaman
BEM	GlutoPik maksimum tork
BM	GlutoPik maksimum torktan 15 s önceki tork
PM	GlutoPik maksimum torktan 15 s sonraki tork
GPI	Gluten perfomans indeksi
GSI	Gluten şişme indeks değeri
FKN	Farinograf kalite sayısı
FU	Yumuşama derecesi
T	Alveograf elastikiyet
A	Alveograf uzama kabiliyeti
T/A	Gluten dengesi
Ex	Alveograf elastikiyet indeksi
Fb	Alveograf enerji değeri
STK	Solvent tutma kapasitesi
SDS	Sedimantasyon
MSDS	Makro SDS sedimantasyon
TPA	Tekstür profil analizi
SDS	Sodyum dodesil sülfat
TY	Tavlama yöntemi
İO	İkame oranı
KOMB	Kombinasyon
KN	KateA x Nacibey
AE	Ahmetağa x Ekiz
TMO	Toprak Mahsülleri Ofisi
W	Alveograf enerji değeri
L	Litre

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Ekmeklik buğday ülkemizde üretimi yapılan tahılların başında gelmektedir (Aydoğan vd., 2020). Tahıllar grubunda değerlendirildiğinde, ekonomik, tarihi, toplumsal ve kültürel açıdan oldukça önem arz etmektedir. Beslenmemizde tahıllar içerisinde en çok tüketilen buğday, başta ekmek olmak üzere unlu mamullerin ana hammaddesidir. Dünya nüfusunun günlük enerji ve protein ihtiyacının karşılanmasında buğday ve buğda ürünleri temel kaynakları oluşturmaktadır (Dede, 2007; Olgun vd., 2018; Maryami vd., 2018; Meenu vd., 2024).Ülkemizde farklı bölgelerdeki iklim koşullarına uygun kalite ve verimleri farklı çeşitler ve nitelikte buğdaylar yetiştirilmektedir. Buğday işleme endüstrileri spesifik ve farklı viskoelastik protein kompleksine sahip özelliklerdeki çeşitleri talep etmektedir. Dolayısıyla buğdayın pazar değeri işleme kalitesiyle ilişkili özelliklerine bağlı olarak belirlenmektedir (Guzman vd., 2016).

Buğday çeşitlerinin ülkemizde sınıflandırmasında Toprak Mahsulleri Ofisi (TMO) Alım Baremi'nde belirlenen kriterler kullanılmaktadır. Tez çalışmasının tamamlanmasından sonra TMO çeşit bazlı alım yerine kırmızı ekmeklik buğday, beyaz ekmeklik buğday,düşük vasıflı ekmeklik buğday ve barem dışı ekmeklik buğday şeklinde sınıflandırmaya geçmiştir (Anon., 2024a). Bu durumda da yine Rumeli, Esperia gibi yüksek kaliteli çeşitlere ki daha önce 1. sınıf çeşitlerdir daha yüksek fiyat ile alınmaktadır. Bu yüzden yapılan çalışmamız daha önceki Bareme göre olsa da mevcut kriterler ile uyumlu daha detaylı bir değerlendirmedir. Ekmeklik buğday alımlarında tane nem miktarı, hektolitre ağırlığı, protein oranı, süne-kımıl tahribatı, yabancı madde miktarı kullanılmaktadır. Son yıllarda da özellikle tane protein oranına dayanılarak alım yapılmaktadır. Tane protein oranı %13.0 ve üzeri ve hektolitre ağırlığı 78.0 kg ve üzerinde olan buğdaylar 1. sınıf ekmeklik olarak "kırmızı/beyaz-sert"; tane protein oranı %12.0-12.9 ve hektolitre ağırlığı 76.0-77.9 kg arasında olanlar 2. sınıf ekmeklik olarak "diğer kırmızı/beyaz"; tane protein oranı %10.5-11.9 ve hektolitre ağırlığı 73.0-75.9 kg arasında olan buğdaylar 2. sınıf ekmeklik olarak "Diğer Kırmızı/Beyaz" şeklinde değerlendirilmektedir. Daha düşük özellikteki buğdaylar ise düşük vasıflı veya barem dışı şeklinde değerlendirilmektedir (Anon., 2022). Lakin; fiyatlandırmada yukarıdaki parametreler dikkate alınırken Ülkesel Ekmeklik Buğday Alım Baremi sınıflandırmasında aslolan ekmeklik buğdayın gluten kalitesinin düzeyidir. Baremde

yer alan “beyaz/kırmızı-sert” olarak ifade edilen 1. sınıf buğday çeşitlerinin gluten kalitesi yüksek; diğer buğdayların ise gluten kalitesi düşüktür. Baremde çeşitlerin yer alacağı sınıf belirlenirken tane fiziksel özellikleri ve protein oranı yanında, alveograf enerji değeri (W) ve sedimantasyon değeri gibi gluten kalite özellikleri de temel faktör olmaktadır. Son yıllarda ülkemizde yürütülen çeşit geliştirme çalışmaları sonucunda tescil edilen ve yurtdışından getirip tescil edilen çeşitler ile birlikte yüzlerce çeşit ekim alanlarında yer almaktadır . Bu çeşitlerden her geçen yıl daha yüksek fiyat ile temin edilen “kırmızı/beyaz-sert” buğdayların hedef son ürün yapımına uygun hamur viskoelastik özellikleri sağlayacak şekilde “diğer kırmızı/beyaz” çeşit/ler ile paçal edilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada ; ekmeklik un üretiminde özellikle güçlü gluten kalitesi ile elastikiyet (tenacity) gereksinimi karşılayan Esperia ve Rumeli buğdaylarının her biri için en uygun hamur uzama kabiliyeti ile gluten dengesini sağlayacak 2. sınıf buğdayların kuru ve sulu yetiştirme koşulları dikkate alınarak en uygun paçal oranları ile ultrason destekli ve klasik uygulamasının etkinliği araştırılmıştır. Esperia ve Rumeli buğday unlarının %20, 30, 40 kullanım oranlarına, kuru koşullarda en fazla yetiştirilen KateA x Nacibey çeşitlerinin ve sulu koşullarda yetiştirilen Ahmetağa x Ekiz çeşitleri unları ile paçal yapılmıştır. 2 kırmızı sert buğday çeşidi (Rumeli ve Esperia) için 2 tavlama uygulaması (klasik ve ultrason destekli), 2 diğer kırmızı buğday kombinasyonu (KateA x Nacibey ve Ahmetağa x Ekiz) ve 3 ikame oranı (%20, 30, 40) ile elde edilen paçal unlarda ve kontrol ekmeklik unda teknolojik kalite özellikleri, gluten agregasyon ve hamur reolojik özellikleri belirlenerek laboratuvar tipi ekmekler elde edilmiştir. Böylece yapılan bu çalışmayla “(i) kırmızı-sert ekmeklik buğdaylar için ekmeklik un üretimi için Diğer Kırmızı buğdaylar ile en optimum paçal kombinasyonları belirlenebilecek; (ii) proses koşulları optimize edilen ultrason ıslatma tekniği ile paçal yapılması un teknolojik özelliklerini geliştirebilecek; (iii) kırmızı-sert ekmeklik buğdaylar için düşük ve yüksek hacim ağırlığında kuru ve sulu üretim bölgeleri için en uygun paçal kombinasyonu ortaya koyulabilecek, (iv) bu kapsamda yapılacak diğer çalışmalara da öncü bir çalışma olacaktır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Ekmek üretiminde buğday kalitesi temel faktör olarak ununun bileşimindeki depo proteinleri olarak bilinen gluten proteinleri, gliadin ve glutenin, ve bu proteinlerin diğer un bileşenleri ile interaksiyonları hamurun viskoelastik özelliklerini ve ekmek yapımında hacim, tekstür, gözenek yapısı üzerinde belirleyici etkiye sahiptir (Guzman vd., 2016).

Ekmeklik buğdayın herhangi bir son ürün yapımına uygunluğu belirleyen temel faktör gluten proteinin yapısal özellikleri yani vikoelastik yapısı olup; elastikiyet ve uzama kabiliyeti arasında oluşan gluten dengesinin gösteren bu yapı farklı unlu mamuller kalitesini ortaya çıkarmaktadır (Veraberbeke ve Delcour, 2002).

Buğday kalitesi değerlendirilirken iyi veya düşük kaliteli tanımlamasından ziyade çeşit veya çeşit adayının hangi buğday sınıfından olduğu veya hangi son ürün için potansiyelinin uygun olduğu değerlendirmesinin yapılması gerekmektedir. Buğdayın teknolojik kalite kriterlerinden tane protein oranı ve gluten miktarı genotipik faktörlerin yanısıra gübreleme ve ön bitki, toprak özellikleri ve iklim koşulları gibi çevresel faktörlerden daha çok etkilenirken (Bushuk vd., 1998) gluten kalitesi daha çok buğday çeşitlerinin genetik özelliklerinden etkilenmekte (Payne vd., 1987; Troccoli vd., 2000) lakin çevresel koşullarında etkisi olmaktadır (Hernandes-Espinose vd., 2018).

Gluten kalitesinin belirlenmesinde sedimantasyon testleri oldukça önemli bilgiiler sağlayabilmekte (Guzman vd., 2019), ekmek-yapım kalitesi yüksek unların sedimantasyon değerleri de yüksek olmaktadır (Aydoğan vd., 2020). Gluten kalitesinin agregasyon özellikleri ne bakılarak ortaya koyulduğu GlutoPeak analizi az örnek kullanımı, analiz süresi kıssalığı, kontrollü koşullar sağlamasının kolaylığı gibi nedenler ile yaygın bir şekilde tercih edilmektedir (Karaduman. vd., 2019a; Güçbilmez vd., 2019; Chandi ve Seetharaman, 2012, Wang vd., 2018; Karaduman vd., 2020b; Çeliker ve Dizlek, 2020). Diğer reolojik testler olarak adlandırılan farinograf, miksograf, alveograf ve ekstensograf ise yine unlu mamuller sektöründe hamur viskoelastik yapısı hakkında bilgi vermek amacıyla kullanıllmaktadır (Atlı, 1999).

Buğday kalitesinin değerlendirilmesinde uluslararası kabul gören ve ülkemizde TMO Ekmeklik Buğday Alım Barem sınıflandırmasında da esas olan alveograf enerji (W) değeri ve protein oranına göre yapılan sınıflandırmadır. Bunun yanında alveograf gluten dengesi (P/L) diğer önemli bir parametre olarak göz önüne alınmaktadır. P/L değeri gluten elastikiyet değerinin uzama kabiliyetine bölünmesi ile elde edilmektedir (Karaduman vd., 2019b).

Guzman vd. (2016) yaptıkları değerlendirmede sert ekmeklik buğdayları 1, 2, 3. kod numarası ile sınıflandırmışlardır. Değerlendirmede alveograf enerji değeri ne olursa olsun P/L değerinin < 1.3 olması istenmektedir. Aksi halde sıkı (tenacious) gluten dolayısıyla bu ekmeklik buğdaylar evde genel kullanım veya düz ekmek eldesinde önerilmektedir. 1a ve 1b kodunda buğdaylara ait unların enerji değeri > 300 J, P/L değeri < 1.3 ve tane protein oranı >%12.5 (%12,5 neme göre)'tur ve tava ekmek üretimine uygundur. Enerji değeri 200-300 J, P/L değeri < 1.2 ve tane protein oranı >11,5 (%12,5 neme göre) ise orta-güçlü gluten yapısında olup 2a ve 2b kodu verilmiştir.

Buğday alımında en etkili faktör fiyat olduğundan 1.sınıf buğdaylar yüksek fiyata alınırken; 2.sınıf ve diğer sınıf buğdaylar daha düşük fiyatlara temin edilebilmektedir. Bu durumda da 2. sınıf buğdayların hem hamur özellikleri hem de maliyet açısından paçal yapımında kullanılmasına neden olmaktadır.

2.1 **Paçal**

Paçal, ihtiyaç duyulan kalitenin doğrudan temin edilemediği durumlarda, belli özellikte bir ürün eldesi için uygulanan, farklı kalitedeki buğdayların karıştırılması işlemidir. Değirmende uygulanan işlemler dizisi içindeki yerini, ürün özellikleri tayin eder. Oldukça yakın karakterdeki partilerin paçalı kaba temizlikten sonrada yapılabilir. Farklı özellikteki çok sert ve yumuşak özellik arz eden partilerin mevcudiyetinde ise paçal, tavlamadan sonraya ertelenir. İşletmenin farklı aşamalarından elde edilen un pasajlarının ya bir kısmı ya da tamamı birleştirilerek istenilen hedefe uygun bir şekilde unun elde edilmesi gerekir. Bu yolla istenen randıman ve özellikte un elde edilebilir. Paçal yapımında en önemli basamaklardan biri de; buğday çeşidiyle sağlanan protein miktar ve kalitesi ile sertlik derecesi önem arz eder. Kalitatif özellikleri çok farklı olan bu un pasajlarını, istenilen ve hedef un standardına uygun bir şekilde paçal elde edebilmek için teoride her bir pasajın

bileşim ve kalitesini bilmek, un özelliklerini optimize edecek şekilde bir araya getirmekle mümkündür (Tanase, 2014; Elgün vd., 2011; Dündar ve Zerenler, 2011; Ünver, 2005; Özkaya ve Özkaya, 2005; Posner ve Hibbs, 2005). Kül veya diyagram esası baz alınarak un paçalı gerçekleştirilir. Buğday ve unun belirli bir amaca göre kullanılabilmesi kimyasal bileşimi ile yakından ilgilidir. Buğday veya un paçalı yapılırken gerekli maddelerin yasal özelliklerinin belirlenmesinde kimyasal ölçümler kullanılır. Buğday veya un paçalına yapılacak olan kimyasal analizler; nem miktarı (nem), kül miktarı, protein miktarı ve serbest asitlik tayinidir. Numune alımında paçal unlardan örnek alırken numunenin çok iyi derecede karıştırılarak homojen hale getirilmesi gerekir. Paçal numune en çok 100 kg, temsili numune ise 3 kg olmalıdır. Numunelerin ambalajlanması, mühürlenmesi, etiketlenmesi buğday numunesinin alınmasında belirtilen kurallara dikkat edilmelidir. Türk Gıda Kodeksi (TGK) Yönetmeliği numune alma ile ilgili kurallar dikkate alınmalıdır. Buğday çeşitleri ve çeşit özellikle gluten kalitesi paçal yapmada kullanılan asıl unsurlardır.

Ekmeklik un paçalında yaygın şekilde kullanılan kriterler bulunduğu; buğday tanesindeki protein miktarının (unda istenenden %1 fazla olmalıdır) %12 ve üzerinde, gluten miktarının %27'nin üstünde; Zeleny sedimantasyon değerinin 25 ml'nin üstünde, amilaz aktivitesi amilografda 500 konsistens ve düşme sayısı analizinde 250 s istendiği belirtilmektedir. Paçal yapımı öğütme kalitesine etkili en önemli faktörlerden olduğundan farklı buğdayların paçallanmasında tav süreleri farklı olduğundan ve daha çok çeşidin paçallanmasını gerektirdiğinden daha çok tav silosuna ihtiyaç olduğu da vurgulanmıştır (Anon., 2024b).

Değirmencilikte paçal dört farklı noktada yapılabilir. Birinci nokta günlük silolar çekişinde temizleme ve birinci tavlama işlemlerinden önce, ikinci nokta ise birinci yaş silolar çekişinde yani birinci tavlama işleminden sonra ve ikinci tavlama işleminden önce, Üçüncü nokta ise ikinci tavlama işleminden sonra yani ikinci tavlama yaş silolar çekişinde ve öğütme sistemine giden buğday karıştırılır, Dördüncü nokta ise un silolar çekişinde ve paketlemeye giden un karıştırılır. Bazı durumlarda paçal işlemi tavlamadan önceye alınabilmektedir. Örneğin; birbirine özellik bakımından oldukça yakın ve ayrı temizleme ve tavlama işleminin gereksiz olduğu durumlarda paçal, tavlamadan önce kaba temizlikten sonra da yapılabilir (Elgün vd., 2011; Özkaya ve Özkaya, 2005; Anon, 2016). Değişik özellikteki çok sert ve yumuşak buğdaylar, değişik tavlama koşulları gerektirdiğinden paçal işlemini buğdaylar ayrı

ayrı temizlenmiş, tavlanmış buğdaylarla karıştırılıp öğütmeye gönderilirken yapılması daha doğrudur (Elgün vd., 2011; Özkaya ve Özkaya, 2005; Ünver, 2005; Posner, 2009; Anon, 2016). Bu sadece fazla sayıda dinlendirme silolarına (yaş silo) sahip işletmelerde gerçekleşebilir (Ünver, 2005). Değişik özellikteki buğdaylarda paçallamanın tavlamadan önce yapılması durumunda buğdayın kalite özelliklerinin değerleri tutmaz ve bu yüzden öğütülmeye alınan buğdaydan, öğütme sonucunda kalitesiz ve bozuk un elde edilir. Halbuki tavlama işleminden sonra öğütmeye geçerken yapılacak paçallamada, unun kalite özelliklerinin değerleri korunabilir. Bu değerlerde olası bir hata payı olsa dahi, kısa zaman içerisinde yapılan paçallama oranları farklılaştırılarak ürün kalitesinin bozulması önlenebilir (Anon, 2016).

Paçallama işlemini tavlama işleminden sonra yapmanın önemi büyüktür. Çünkü kullanılan buğday yapısının sertliğine uygun oranda katılacak su miktarı ile suyun tanenin merkezine doğru işleme süresini kontrol edebilmek mümkün olabilmektedir. Buna karşı, farklı iki çeşit buğdayın birlikte tavlanma işlemi yapılırsa nemlilikte büyük oranlarda farklılaşmalar görülebilir. Yani bir çeşit buğday çok yumuşaklık kazanırken, diğer çeşit buğday kuru kalabilir (Posner ve Hibbs, 2005; Anon, 2016). Öte yandan, yeterli sayıda un siloları ve silolardan değişik oranlarda un alınarak karıştırma donanımına sahip değirmenlerde, buğdayların karıştırılması yerine, öğüttükten sonra un paçal yapılmaktadır. Paketlemeden önce un kalitesini sağlamadaki son aşama; ayrı ayrı öğütülmüş buğday çeşidi unların karıştırılması veya müşterinin özelliklerinden sapmayı düzeltmek için unun karıştırılmasıdır. Böylelikle, kalite standardı ve sürekliliğini ve mevzuata uygunluk kolay bir şekilde gerçekleşmektedir. En önemli dikkat edilmesi gereken aşamalardan biri de; buğday paçallaması doğrusal olmamakla birlikte , unların paçallanarak karıştırılması doğrusal ve daha kesindir. (Ünver, 2005; Posner, 2009). Buğdayın paçallanması akan buğdayın miktarı, ağırlığa veya hacme göre ayarlanabilir. Hacme göre ayarlama volumetrik ölçücülerle, ağırlığa göre ayarlama da otomatik kantarlarla ya da gravimetrik dozajlama makineleri ile yapılır (Özkaya ve Özkaya, 2005; Tanase, 2014). Buğdayın miktarını ölçme doğruluğunu etkileyen faktörler; cihazın çalışma prensibine, buğdayda bulunan yabancı madde miktarına, yoğunluğuna ve akışının düzgünlüğüne bağlıdır (Posner, 2009). Paçallama, yoğunluğu eşit veya birbirine yakın olan buğdaylarda volumetrik ölçücülerle yapılsa da çoğunlukla daha hassas bir ölçüm sağlamak için senkronize otomatik gravimetrik makineler kullanılmaktadır (Özkaya ve Özkaya, 2005). Gravimetrik dozajlama sürekli

tartım ile yapılan, otomatik çalıştırılan ve elektronik olarak yönetilebilen dozajlama cihazlarıdır. Hacimsel dozajlama sistemi ile karşılaştırıldığında nem, hektolitre ağırlığı veya buğdayın akış karakteristiklerindeki değişikliklerden bağımsız olarak akış ayarı sürekli olduğundan daha yüksek dozaj doğruluğuna sahiptir. Bunun yanında, geçirilen buğday miktarı tamamen ya da kısmen kaydedildiği için stok mutabakatında daha doğru sonuçlar verir. Modern tam otomasyon ve dijitallenen değirmenlerde bilgisayar aracılığı ile tam otomasyon imkânı vermesinden dolayı tercih edilir. Böyle merkezi bilgisayar ya da özel sistemine bağlı çoklu makinelere sahip bir sistem kurarak, programlanan tarif veri tabanına dayanarak karışımlar hazırlanabilir (Tanase, 2014). Değirmenci paçal yaparken ekmek üretiminine uygun hamur viskolelastik özelliklerini elde etme yanında paçala katacağı buğdayın istediği en yakın çevrede mevcut olup olmadığı, fiyatı gibi faktörleri de göz önüne almaktadır (Türker ve Elgün, 1997).

2.2. Tavlama

Buğday tanesi esas olarak üç kısımdan meydana gelmekte olup tanenin %13-16'sını kabuk, %83-85'ini endosperm ve %2,5-3,5'ini embriyo oluşturmaktadır (Özkaya ve Özkaya, 2005). Kabuk tabakasında meyve kabuğu (perikarp) ve tohum kabuğu (testa) birbirine yapışık olduğu için tohum ve meyvenin aynı olduğunu belirten "karyopsis" veya "tane"ifadesi kullanılmaktadır (Akkaya, 1994).

Buğday tanesini yaklaşık olarak %83-84'ünü endosperm, %3'ünü embriyo ve % 13-14'ünü kepek tabakası meydana getirmektedir.Tavlama mekanizması iki aşamalı gerçekleşmektedir. Birinci aşama suyun taneye alınarak yayılması ve ikinci aşama mozaikleşmedir. Suyun taneye alınması ve yayılması: Tavlamada verilen suyun, buğday kabuğundan içeri girmesi yavaş yavaş olmaktadır (Lock Wood, 1962). Hızlı su alma evresinde taneye verilen suyun, 3-4 dakika içinde, hiyalin tabakası yardımıyla yaklaşık %25'i alöron tabakasında birikir. Kabuk ile unsu endosperm arasında bir kayma tabakası oluşturur. Yavaş yayılma evresinde, yaklaşık 20 saatlik süreyi kapsayan suyun alörondan, unsu endosperme yayıldığı süreçtir. Pentozan bakımından zengin hücre duvarlarından su hareket eder. Endospermin dış tabakalarında, hücre duvarları kalın olduğundan suyun yayılması daha etkilidir. İnce hücre duvarlı merkezi endosperme doğru, yayılma etkinliği

düşer (Elgün, 2008). Taneye suyun penetrasyonu esas olarak difüzyon yoluyla olur ve sıcaklıkla artar (Kent-Jones ve Amos, 1967; Ziegler ve Greer, 1971; Posner ve Hibbs, 1997). Tane suyu dağılışı, dinlendirme süresi, ısıl değişim ve mekanik etkenler gibi fiziki müdahalelere bağlı olarak, tanenin unsu endospermi alınan su ile yumuşayan hücre duvarlarından çatlayarak, sert-camsı tane iç yapısının unsu bir görünüş almasına neden olur. Buna mozaikleşme denir. Bu çatlaklar un taneciklerinin oluşum sınırlarını tayin eder. Mozaikleşmenin derecesi, öğütmede un tanecik iriliğini tayin eder. Bu sebeple; ince granüllü lüks un üretiminde; tavlama süresi uzun (24 saat), irmik değirmenciliğinde ve ekmeklik iri granüllü un talep edildiğinde, dinlendirme süresi kısa (4-8 saat) tutulur (Elgün ve Ertugay, 1995).

Buğdayın tavlanmasında en önemli hedef buğday tanesinde optimum tane suyunun sağlanmasıdır. Tanenin fiziksel özelliklerini öğütmeye elverişli hale getirmek ve özellikle unun ekmeklik değerini yükseltmek hedeflenerek tanede optimum tane suyunun sağlanır. Bunun için buğday tanesini öğütmeden önce özellikle buğdayın sertlik derecesine göre değişmekle beraber, optimum tane suyu düzeyini sağlamak için yapılan taneye su verme veya tanedeki fazla suyu kurutarak taneden uzaklaştırma işlemlerine tavlama denir. Buğday tavlama işleminin istenilen başarıya ulaşılabilmesinde uygulama yönteminin, sıcaklığın ve dinlenme süresinin tanenin su almasında ve alınan suyun bütün taneye yayılmasında büyük önemi vardır. Buğday tavlamada amaç buğday kabuğunun su ile daha elastik hale gelmesini sağlamaktır. Tavlama işleminin etkilerinden biri de buğday kabuğundaki elastikiyeti artırarak kabuğun ufalanmasını engellemektedir. Böylece randıman uygun değerlerde olup, yaklaşık % 80-82 un elde edilirken, %18-20' sinin de kepek olduğunu ifade eder. Tavlamada olması gereken değerlerden daha farklı neme sahip olan buğdaylar, randımanda önemli ölçülerde farklılıklara sebep olur. Buğday neminin fazla olması, kabuğa yakın bölgelerdeki unun, kabuğa yapışarak ayrılmasına engel olur. Bu sebeple de elde edilen un yüzdesi azalırken kepek miktarı artar. Bunun tersi olarak buğday neminin az olması, kabuktaki kırılganlığın artmasına ve elde edilecek un miktarı artarken kepek miktarının düşmesine sebep olur. Buğdayda öğütme ve eleme, tanenin içerdiği su oranından önemli oranda etkilenmektedir. Tane suyu optimum düzeyin üzerinde ise kepek tabakası çok sert, endosperm yumuşak karakter kazanarak aralarındaki kohezyon artar. Özellikle endosperm adeta kabuğa sıvanır. Sonuç olarak kepek- endosperm ayrışımı zorlaşır ve eleme güçleşir, un verimi düşer. Tanedeki suyun

düşük olduğu durumlarda ise kabuk ve endospermin her ikisi de sert ve kolay kırılabilir. Öğütmede birlikte parçalanarak aralarındaki ayrışma yeteneği düşer. Tane suyu optimum düzeyde olduğu zaman, tanenin kepek tabakası elastik kuvvetli, buna karşılık endosperm gevrek – kırılgan bir yapı kazanır. Optimum tane suyu buğday tanesinin özellikle sertlik derecesine bağlı olarak değişmekte olup, yumuşak unsu tane yapısında olan buğdayda %14 -15, sert ve camsı tane yapısında olan buğdayda ise %16-17 civarındadır. Sert buğdaylar yumuşak buğdaylara oranla daha fazla optimum su düzeyine sahip olmaları yanında, suyun taneye alınması ve yayılması da daha uzun süreye ihtiyaç duyar. Bu nedenle sert ve yumuşak buğdaylar ayrı ayrı tavlanmalıdırlar. Tanenin tavlanması sırasında sıcaklık yükseldikçe suyun taneye giriş ve tane içinde yayılış hızı da birlikte artmaktadır. Böylece tavlama işlemi hızlandırılmaktadır. Normal şartlarda suyun tane içine alınması, 3-5 dakikalık bir zaman alırken, suyun tane içinde yayılışı 24-72 saatlik bir dinlenme periyoduna ihtiyaç duyar. Sert buğdaylar yumuşak buğdaylara oranla daha uzun dinlenme süresine ihtiyaç duyarlar. Tanenin alabileceği en yüksek su miktarı ağırlığının % 40'ı kadar olmaktadır. Paçallama, öğütme kalitesine etkili en önemli faktörlerden olduğundan farklı buğdayların paçallanması, tav süreleri farklı olmaktadır (Elgün vd., 2011; Özkaya ve Özkaya, 2005).

2.3. Ultrason tekniği

Ultrason; iyonize olmayan, invaziv olmayan ve kirletmeyen bir mekanik enerji şekli olup akustik bir enerjidir. (Chemat, Huma ve Khan, 2011). Ultrason, insan kulağının (16- 18 kHz) duyulabildiği maksimum frekanstan daha yüksek bir frekansta katı veya akışkan içinde bir mekanik titreşim enerjisidir. En düşük ultrasonik frekans 20 kHz olup üst sınır gazlar için 5MHz, sıvılar ve katılar için 500MHz olarak kabul edilmektedir (Mason ve Lorimer, 2002).

Ultrason kullanımları genel olarak iki gruba ayrılmaktadır. Düşük güçlü ultrason uygulamaları, genellikle düşük güçte (10 W'a kadar) yüksek frekansların (2-10MHz) kullanılmasını içermektedir. Düşük güçlü ultrason tahribatsız olup tıp ve kimyasal analizlerde teşhis aracı olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır (Florosand ve Liang, 1994). Düşük ultrason (yoğunluk 1 W/m² den düşük, frekans 100 kHz'den yüksek) uygulaması gıdanın fizikokimyasal özelliklerini tanılamada, yüzey temizliğinde, enzim

inaktivasyonunda, kristalizasyon, emülsifikasyon, filtrasyon, dondurma ve etlerin olgunlaştırılması gibi uygulamalarda başarı ile kullanılmaktadır (Thakurand ve Nelson,1997). Diğer grup ise, yüksek güç seviyelerini (10 kW-100 W) ve düşük frekansları (20 kHz ve 100 kHz) kullanan güç ultrasonikleridir. Bu aralıktaki ultrasonik dalgaların fiziksel, mekanik veya kimyasal etkileri, içinde bulunduğu ortamdaki basınç, kayma ve sıcaklık gradyanını oluşturup yayarak (örneğin fiziksel bütünlüğü bozma, bazı kimyasal reaksiyonların hızlanması) malzeme özelliklerini değiştirebilmektedir (Mason ve Lorimer, 2002).

Ultrason tekniği gıda endüstrisinde; oksidasyonun hızlandırılmasında, enzim inaktivasyonunda, mikroorganizma inhibisyonunda, kurutmada, filtrasyon işleminde, homojenizasyonda, emülsifiye işleminde, ekstraksiyonda, depolimerizasyon, pişirme, ekstrüzyon, kesme, köpük giderici, sterilizasyon-pastörizasyon, kristalizasyon, marinasyon, gaz ve hava giderme gibi birçok işlemin gerçekleştirilmesinde kullanılmaktadır (Chen vd., 2020; Astrain-Redin, 2019; Li vd., 2019; Bayraktaroğlu ve Obuz, 2019). Yüksek frekans, düşük yoğunluklu ultrason teknolojisinin yıkıcı olmayan özelliğinden dolayı, gıdaların değerlendirilmesi amacıyla kullanımı giderek artmaktadır (MacKay, 1998). Gıdaların sıcaklık (Richardson ve Povey, 1990), viskozite (Mcclements ve Povey, 1987) ve gevreklik (Povey ve Harden, 1981) özellikleri ultrason uygulamalı sistemlerle belirlenmiştir. Ultrason tekniği, kavitasyon etkisi ile baklagillerin ıslatılmasında (Yıldırım vd. 2006), enzimatik aktiviteyi etkilemede kullanıldığına dair literatür bilgileri mevcuttur (Malcolm vd., 1998; Dolatowski vd., 2007; Yang vd., 2008). Yüksek enerjili ultrason dalgaları kavitasyon etkisi ile yüzey gerilimini kırıp suyun organik materyale nüfuzunu yükselterek su absorbsiyon hızını artırmakta ve kepek endosperm ayrışmasını olumlu yönde etkilemektedir (Yüksel ve Elgün, 2020). Örneğin mısır ve pirinç nişastası üretiminde, ıslatma süresinin kısaltılmasında kullanılmıştır (Mulet vd., 2003; Li vd., 2018). Yüksek ve düşük enerjili ultrason uygulamalarının etkileri de olmaktadır (Sing ve MacRitchie, 2001). Yüksek enerjili ultrasonun sistein aminoasitlerindeki serbest sülfidril gruplarının (SH) oksidasyonunu hızlandırmakta yeni disülfit (SS) köprülerinin oluşumunu teşvik ederek gluten yapısını güçlendirmektedir (Yüksel ve Elgün, 2020; Sing ve MacRitchie, 2001).

Hamurun viskoelastik özellikleri, son ürünün kalitesini etkileyen ve fırın ürünleri endüstrisinde en çok araştırılan konulardan biridir. Yapılan bir çalışmada, ultrason

yönteminin; fiziksel gıda karakteristiklerinin ölçümünde, gıdaya zarar vermeyen, gıdanın besinsel değerinde kalite kayıplarına neden olmayan, zamandan kazanmamızı sağlayan, hızlı ve aşırı pahalı olmayan bir teknik olduğu belirlenmiştir (Garcia-Alvarez vd., 2006). Yüksek enerjili ultrason teknolojisi nişasta solüsyonlarının viskozitesini kontrol etmede ümit verici bir işlem olarak belirlenmiştir. Ultrason uygulaması, jelatinizasyondan sonra nişasta solüsyonlarının viskozitesini etkili bir şekilde azaltmıştır. Yüksek nişasta konsantrasyonlu (%20-30) nişasta jeli, sonikasyon tarafından sıvılaştırılabilmektedir. Ultrason işlemi uygulanmış nişasta solüsyonu daha sonra bir sprey kurutucu tarafından etkili bir şekilde toz haline getirilebilmektedir. Ultrason uygulamasının etkinliği, viskozitedeki değişiklikleri ölçerek değerlendirilmektedir. Ultrason uygulamasının, birçok çeşit nişastanın (buğday, pirinç, mısır, patates, tapyoka ve tatlı patates) viskozitesini kontrol etmede ve nişasta yapısındaki polisakkaritlerin oranını tespit etmede uygulanabilir olduğu belirtilmektedir (Lida vd., 2008). Fırıncılık endüstrisinde hamur özelliklerinin kontrolü, son ürün kalitesi ve stabilitesi açısından gereklidir. Hamurun test edilmesindeki geleneksel metotlar yavaş, zaman alıcı ve temel reolojik bilgiyi sağlamamaktadır. Ultrason gıdanın fiziksel özelliklerinin ölçümünde düşük maliyetli, hızlı ve yıkıcı olmayan niteliktedir. Yapılan bir çalışmada, hamurun su içeriği ultrason teknikleri kullanılarak tespit edilmiştir. Chopin alveograf ve Brabender ekstensograf kullanılarak 30'dan daha fazla un çeşidi reolojik olarak karakterize edilmiştir. Bu unlardan hazırlanan hamurların ultrason uygulamalı ölçümleri de yapılmıştır. Sonuçlar ultrason uygulamasının, farklı amaçlar için kullanılan un tiplerinin birbirlerinden ayrılmasında, alternatif bir ölçüm metodu olabileceğini göstermiştir (Alava vd., 2007).

Son zamanlarda gelişen bir teknik olan ultrason, oda sıcaklığında depolanan buğday nişastasının retrogradasyonu üzerine depolama süresinin etkisinin incelemesinde kullanılmıştır. Özel olarak dizayn edilen deney düzeneği ile 25 °C depo sıcaklığı ve yaklaşık %34 depo neminde birkaç gün sürekli olarak ultrason dalgaları uygulanmıştır. Ultrason dalgalarının hızı ve gücü, depolama süresince buğday nişastası örneklerindeki amilopektin moleküllerinin rekristalizasyonunun bir sonucu olarak değişmiştir. Nişasta retrogradasyonunun ultrasonik görüntüleme sonuçları, X-ray ışınımı ve diferansiyel kolorimetrik taramadan elde edilenlerle ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma, konsantre nişasta sistemlerinin fiziksel özelliklerindeki değişimlerin tespitinde ultrason tekniğinin önemli bir potansiyel oluşturduğunu ortaya koymuştur (Lionetto vd., 2006).

Bisküvilerin gevrekliklerinin belirlenmesi için yapılan bir araştırmada, ultrasonik ses dalgalarının hızından yararlanılmıştır. 1.5 Mhz frekanstaki ultrasonik dalgalar kullanılmış ve dalga hızı ile gevreklik oranı arasında doğrusal bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Povey ve Harden, 1981).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışma kapsamında Rumeli, Esperia, KateA, Nacibey, Ekiz ve Ahmetağa çeşitleri Eskişehir Ticaret Borsası ve NBC Tarım Ltd. Şti'den temin edilmiştir. Çalışmanın ana hedefi yüksek kaliteli ekmeklik un üretimi için bölgemizde yetiştiriciliği yapılan 1. sınıf buğdaylar olan Rumeli ve Esperia ekmeklik buğday unlarına kuru ve sulu yetiştirme koşulları için en uygun paçal oranlarının belirlenmesidir. Çalışmamızda iki yetiştirme koşulu içinde öneri yapabilmek amacıyla kuru koşulları temsil için 76.0-78.0 kg arasında daha düşük hacim ağırlığında ve kuru koşullarda üretimi tercih edilen KateA x Nacibey çeşitleri, sulu koşulları temsil için 79.0 kg ve üzerinde yüksek hacim ağırlığında ve sulu koşullarda üretimi tercih edilen Ekiz x Ahmetağa çeşitleri unları Rumeli ve Esperia çeşitleri unları ile paçal yapılarak kullanılmıştır.

Öncelikle çalışmada kullanılacak çeşitlere ait tane örnekleri laboratuvar tipi temizleme makinası (Brabender Labofix90) ile temizlenmiştir. Sonrasında süne veya kımıl zarar olup olmadığını tespit etmek amacıyla normal Zeleny sedimantasyon değeri ve gecikmeli Zeleny sedimentasyon değeri analizleri yapılmıştır. Yapılan değerlendirme sonucunda süne zararı olmadığı belirlenen örnekler ile çalışmaya devam edilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Dokaj işlemi

Çeşitlere ait tane örneklerinde safsızlıkların temizlenmesi için laboratuvar tipi temizleme makinası (Brabender Labofix90) kullanılmıştır. Kırık taneler, yabancı ot tohumları, kavuz ve kabuk parçaları, buruşuk ve cılız taneler ayrılmıştır.

3.2.2. Tane analizleri

3.2.2.1. Hektolitre ağırlığı

Bir litrelik Nilemalitre hektolitre tayin cihazı kullanılmıştır (Anon., 2024c). Ekipmanda üst ve alt hazne birbirine bıçak kısmı koyulmadan kapatılmıştır. Örneğin koyulacağı üst haznenin alt kısmındaki kilit kapatılmıştır. Üst hazneninin çizgisine kadar numune doldurulduktan sonra parmak ucu ile kilit kısmına dokunularak kendi ağırlığı ile örneğin standart bir hız ve sürede alt hazneye (1 L lik) akması sağlanmıştır. Daha sonra bıçak alt hazne tam olarak dolunca yerine takılmıştır. Üst hazne yerinden çıkarılmış, bıçağın üstünde kalan taneler örnek kaplarına konulmuştur. Bıçak kısmı yerinden çıkarıldıktan sonra tam 1 L hacmindeki örnek tartılmış ve bulunan değer 100 ile çarpılarak sonucu hektolitre ağırlığı bulunmuştur. Analiz 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür.

3.2.2.2. Renk analizi

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

3.2.2.3. Camsılık değeri

Camsılık tayini, buğday örneklerinde Grobecker kesit aleti kullanılarak belirlenmiştir. Buğdaylar camsılığın saptanması için üzerinde 50 adet oyuk bulunan bir alt levha üzerine konulmuş ve alet sallanarak tanelerinin iyice yerleşmesi sağlanmıştır. Aletin kapağı kapatılıp üstten bastırılarak buğdaylar kesilmiştir. Kesildikten sonra üstte kalan kısımlar dökülmüş. Üst levha ve bıçak açılarak alt levha çıkartılmış ve tane kesitleri incelenmişir. Camsı, unsu ve dönmeli taneler sayılmış ve sonuçlar 2 ile çarpılarak % miktarları bulunmuştur (Özkaya ve Özkaya, 2005).

3.2.2.4. Sertlik değeri

Un örneklerinin tane sertlik değeri miktarı American Association of Cereal Chemist International method 55-30.01'e göre Tek Tane Karakterizasyon Cihazı (SKCS Perten 4100)

sonuçlarına göre kalibre edilmiş (AACCI, 2010) Near Infrared (Foss, NIRS 6500, ABD) cihazı kullanılarak belirlenmiştir.

3.2.3. Ultrason Tavlama İşlemi Optimizasyonu

Ultrason uygulamalarında, 600 W gücünde, 20 kHz frekansta çalışan, prob tipi cihazı kullanılmıştır. Ultrason işleminin optimizasyonu için proses koşullarından genlik düzeyi (60-100%), süre (20-60 s) koşul aralıklarının belirlenmesinde literatür çalışmaları esas alınmıştır (Yüksel, 2013). Örnek miktarı tüm denemelerde 200 g olarak sabit tutulmuştur. Üstte bahsedilen aralık değerleri kullanılarak Merkezi Yanıt Yüzey Deneysel Tasarımına göre Deneme Planı elde edilmiştir. Tüm çeşitlerin tane sertlik değerleri yakın olduğundan Esperia çeşidi kullanılarak optimizasyon çalışması uygulanmış bu aşamada 13 adet numuneyle çalışılmıştır (Çizelge 3.1). Optimizasyonda tanede %16.0 nem içeriği için işlem koşulları tespit edilmiştir. Tanelerin ultrason uygulaması sonrasında kurutma kağıdı ile yüzey suyu alınarak ardından nem miktarı belirlenmiştir (Yüksel, 2013).Nem ölçümü yapılırken örnek yığınının alt, orta ve üst olarak homojen şekilde 3'er kez tekrarlanarak yapılmıştır. Optimum noktanın tespitinde istenirlik (desirability) fonksiyonu kullanılmış olunup, optimum noktada üretimler gerçekleştirilerek elde edilecek modellerin validasyonları gerçekleştirilmiştir ve herbir yanıta ait sapma değeri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$D = \frac{(X_2 - X_1)}{X_1}$$

D: Ortalamadan sapma, X_1 : Tahmin edilen optimum değer, X_2 : Deneysel değerler

Optimizasyon çalışmasında yapılan hesaplama ile ile ultrason işleminde 70 genlik düzeyi ve 30 s tavlama işlemi için en uygun uygulama koşulları olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu koşullar çalışmada kullanılacak ultrason tavlama işleminde kullanılacaktır.



Şekil 3.1. Ultrason cihazı (Bandelin HD 4400 Ultrasonic Processor) uygulaması ve uygulama yüksekliği

Çalışmada kullanılan Ultrason cihazı ve uygulama yüksekliği Şekil 3.1'de gösterilmiştir.Ultrason uygulaması ile ıslatma işlemi su ile doldurulan 1000 ml'lik beher içinde 200 gramlık buğday örneklerine cihazın probu 800 ml'e denk gelecek şekilde sabitlenerek tüm örneklere aynı yükseklikte uygulanmıştır.

Çizelge 3.1. Ultrason işlemi için merkezi yanıt yüzey deneysel tasarım yöntemine göre optimizasyon çalışmaları

Koşul	Faktör 1	Faktör 2	Yanıt 1
	A : Genlik	B : Süre	Rutubet miktarı
1	80	20	16,37
2	80	40	15,90
3	65	55	15,70
4	80	60	15,77
5	80	40	15,73
6	95	25	15,63
7	60	40	16,07
8	95	55	15,57
9	100	40	15,83
10	80	40	15,63
11	65	25	16,00
12	80	40	15,53
13	80	40	15,53

3.2.4. Klasik ve Ultrason Destekli Tavlama Uygulaması

Klasik tavlama için taneler sert tane yapısında olduklarrı için Rumeli , Esperia, Katea , Nacibey, Ahmetağa, Ekiz çeşitleri tane rutubetlerini %16,0 (w/w)'e getirecek aşağıda verilen formüle uygun olarak hesaplanan su verilip plastik tavlama kaplarına konulmuş, kapların ağzı sıkıca kapatılmış, kaplar tane kapların kenarlarına yapışmayacak şekilde yaklaşık 5 dak alt üst karıştırılmıştır. Tavlama kapları belirli aralıklarla karıştırılarak 72 saat oda sıcaklığında suyun tanenin her tarafında yayılmasını sağlayacak şekilde tavlama işlemi uygulanmıştır. (Özkaya ve Özkaya, 2005).

$$W = \frac{A \quad (R_2 \square R_1)}{(100 \square R_2)}$$

W: İlave edilecek su miktarı (ml); R_1: buğdayın nemi (%); R_2: tavlama nemi (%); a: tavlanacak buğday miktarı (g)

Belirlenen ultrason uygulama koşullarında (70 genlik düzeyi ve 30 s) ile ıslatma işlemi su ile doldurulan 1000 ml 'lik beher içinde 200 gramlık her çeşide ait buğday örneklerine ultrason işlemi uygulanmış; ıslatma işlemi sonunda dışarı alınan buğdaylar bir kurutma kâğıdı ile yüzey suyu alındıktan sonra takiben ağzı sıkıca kapatılabilen plastik torbalara alınarak, oda sıcaklığında 16 saat tavlamanın etkinliği için dinlendirilmiştir (Yüksel, 2013).

3.2.5. Öğütme İşlemi

Belirlenen sürelerde dinlendirilen buğday örnekleri laboratuvar tipi valsli değirmende (Chopin Moulin CD1, Fransa) öğütülmüştür. Bu değirmen kırma ve redüksiyon olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Temizlenmiş ve tavlanmış buğdaylar önce kırma sistemine verilerek kırılmış, buğday kırmasından irmik, kaba kepek ve kırma unu ayrılmıştır. Ana ürün olarak elde edilen irmik, redüksiyon sisteminde öğütülerek una indirgenmekte ve ince kepek yan ürün olarak ayrılmaktadır. Ayrılan ince kepek ikinci defa redüksiyon sisteminden geçirilerek toplam un (kırma unu + 1. redüksiyon unu + 2. redüksiyon unu) elde edilmiştir. Kırma ve redüksiyon sistemlerinden geçirilerek elde edilen un örnekleri tartılarak, öğütülen temizlenmiş ve tavlanmış buğday miktarına göre, kırma unu verimi, irmik unu

verimi ve toplam un verimi % olarak hesaplanmıştır (Elgün vd., 2005). Değirmende elde edilen kırma ve redüksiyon unların partikül iriliği değirmene ait standart elekten geçecek boyutta (<160 μ) olmuştur (Anon., 2023).



Şekil 3.2. Klasik tavlama ve ultrason destekli tavlama sonrası laboratuvar tipi valsli değirmende (Chopin Moulin CD1) öğütme işlemi

Klasik tavlama ve ultrason destekli tavlama sonrası laboratuvar tipi valsli değirmende öğütme işlemi Şekil 3.2'de gösterilmiştir.Tam un (kırma) örneklerinin elde edilmesinde çekiçli değirmen kulllanılmış (Perkin Elmer, Lab Mill 3100). Değirmende 0.8 μm partikül iriliğinde tam tane unu elde edilmiştir.

3.2.6. Paçal Un Kombinasyonlarının Oluşturulması

Çalışmada oluşturulan paçal kombinasyonları Çizelge 2'de verilmiştir. Rumeli ve Esperia çeşitleri unları ayrı ayrı %20, 30 ve 40 oranları için (3 ikame oranı) x 2 tavlama uygulaması x 2 diğer kırmızı grup (2.sınıf) olacak şekilde çalışma planlanmıştır. Rumeli ve Esperia çeşitleri gluten kalitesi (strength) yüksek çeşitler olup bu çeşitlerin ekmek hacim artışı için gerekli olan hamur uzama kabiliyetleri düşüktür. Çalışmada bu çeşitlerin kullanılacak ikame oranlarını 100'e tamamlayacak şekilde eşit oranda KateA x Nacibey veya Ahmetağa x Ekiz kombinasyonları kullanılmıştır.Oluşturulan un paçalları yaklaşık 15 gün süreyle bekletilmiştir. Un fabrikaları gluten kalitesi yüksek kırmızı sert buğday unlarını paçalda %20 ila 40 arasında kullandıklarını belirtmekte, daha yüksek oranlar ekmeklik un üretimi için uygun olmayan çok güçlü ve uzama kabiliyeti (L) düşük bir hamur yapısı ile sonuçlanmaktadır. Aynı zamanda paçalda Kırmızı Sert buğday oranı paçalda %40'ı geçtiğinde un fabrikaları için bu buğdayların alım fiyatları yüksek olduğundan un maliyetini yükseltmektedir. Dolayısıyla ekmeklik un üretimi için en uygun paçal oranının belirlenmesi gerekmektedir.

Çizelge 3.2. Rumeli ve Esperia çeşitleri unları için klasik ve ultrason destekli tavlama sonrası iki farklı diğer kırmızı çeşit kombinasyonu unların farklı ikame oranları ile oluşturulan paçal unlar

Örnek	Kırmızı-sert (KS)	KS çeşitlerin ikame Oranı %	Tavlama uygulaması	Diğer kırmızı sert (DK)	DK çeşitlerin ikame Oranı %	Toplam %
1	Rumeli	20	K	KateA *x* Nacibey	40 + 40	100
2	Rumeli	30	K	KateA *x* Nacibey	35 + 35	100
3	Rumeli	40	K	KateA *x* Nacibey	30 + 30	100
4	Rumeli	20	U	KateA *x* Nacibey	40 + 40	100
5	Rumeli	30	U	KateA *x* Nacibey	35 + 35	100
6	Rumeli	40	U	KateA *x* Nacibey	30 + 30	100
7	Rumeli	20	K	Ahmetağa *x* Ekiz	40 + 40	100
8	Rumeli	30	K	Ahmetağa *x* Ekiz	35 + 35	100
9	Rumeli	40	K	Ahmetağa *x* Ekiz	30 + 30	100
10	Rumeli	20	U	Ahmetağa *x* Ekiz	40 + 40	100
11	Rumeli	30	U	Ahmetağa *x* Ekiz	35 + 35	100
12	Rumeli	40	U	Ahmetağa *x* Ekiz	30 + 30	100
13	Esperia	20	K	KateA *x* Nacibey	40 + 40	100
14	Esperia	30	K	KateA *x* Nacibey	35 + 35	100
15	Esperia	40	K	KateA *x* Nacibey	30 + 30	100
16	Esperia	20	U	KateA *x* Nacibey	40 + 40	100
17	Esperia	30	U	KateA *x* Nacibey	35 + 35	100
18	Esperia	40	U	KateA *x* Nacibey	30 + 30	100
19	Esperia	20	K	Ahmetağa *x* Ekiz	40 + 40	100
20	Esperia	30	K	Ahmetağa *x* Ekiz	35 + 35	100
21	Esperia	40	K	Ahmetağa *x* Ekiz	30 + 30	100
22	Esperia	20	U	Ahmetağa *x* Ekiz	40 + 40	100
23	Esperia	30	U	Ahmetağa *x* Ekiz	35 + 35	100
24	Esperia	40	U	Ahmetağa *x* Ekiz	30 + 30	100
25	Kontrol Ekmeklik Un					

*%100 ikame oranına her bir kırmızı-sert örnek grubu için bu grupta yer alan çeşitler aynı oranda kullanılacaktır. K: klasik tavlama uygulaması; U: ultrason destekli tavlama uygulaması; DK: diğer kırmızı; KS: kırmızı-sert

3.2.7. Kırma Analizleri

3.2.7.1. Rutubet analizi

American Association of Cereal Chemist International method 44-15.02'ye göre (AACCI, 2010) kalibre edilmiş Near Infrared (Foss, NIRS 6500, ABD) cihazı kullanılarak örneklerin rutubet (nem) miktarı belirlenmiştir.

3.2.7.2. Protein oranı

Dumas yakma yöntemiyle AACC Metot 46-30 (AACCI, 2010) göre çalışan azot (N) analizatörü (LECO FP628) kullanılarak ölçülecek ve N x 5.7 faktörü kullanılarak hesaplanan değerlere göre kalibre edilen FOSS NIRS 6500 cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar kurumadde üzerinden düzeltilerek verilmiştir.

3.2.7.3. Makro-SDS sedimantasyon (MSDS) değeri

Williams vd. (1986)'de belirtilen metoda göre 100 ml standart test tüpleri kullanılarak 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 s içinde 12 kere çalkalanarak un ile çözeltinin iyice karışması sağlanmıştır.Ardından 5 dakika süreyle sedimantasyon sallama cihazında çalkalanmıştır. 5 dakika sonunda üzerine 50 ml sodyum dodesil sülfat -laktik asit çözeltisinden ilave edilip mekanik çalkalayıcı da tekrar 5 dakika daha çalkalanmış, düz bir zeminde 5 dakika bekletildikten sonra dibe çöken miktar ölçü silindirinden okunmuştur.

3.2.7.4. Gecikmeli makro SDS sedimantasyon (MSDS) değeri

Makro SDS sedimantasyon analizinde brom fenol mavisi ilave edildikten sonra 5 dak karıştırma uygulanmış ve çözelti 37 ^{0}C de 2 saat bekletildikten sonra analize yukarıda belirtildiği gibi devam edilmiştir.

3.2.8. Paçal Unların Fizikokimyasal Özelliklerinin Analizleri

3.2.8.1. Su aktivitesi değeri

Ölçüm işlemi 25℃'de gerçekleştirilecek şekilde, WaterLab (Steroglass S.r.l., Perugia, İtalya) marka cihaz kullanılarak su aktivitesi değeri belirlenmiştir.

3.2.8.2. Kül miktarı

AACCI Metot No:08.01'e (AACCI, 2010)' e göre belirlenmiştir.

3.2.8.3. Rutubet analizi

American Association of Cereal Chemist International method 44-15.02'ye göre (AACCI, 2010) kalibre edilmiş Near Infrared (Foss, NIRS 6500, ABD) cihazı kullanılarak örneklerin rutubet(nem) miktarı belirlenmiştir.

3.2.8.4. 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 hesaplanan değerlere göre kalibre edilen FOSS NIRS 6500 cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar kurumadde üzerinden düzeltilerek verilmiştir.

3.2.8.5. Yaş gluten (öz) miktarı

Yaş gluten (öz) miktarı, American Association of Cereal Chemist International (AACCI) method 38-12.02 (AACCI, 2010)'e göre Glutomatik 2100 Gluten yıkama cihazı (Perten Instruments, Sweden) kullanılarak belirlenmiştir.

3.2.8.6. Gluten indeks değeri

Gluten indeks değeri, American Association of Cereal Chemist International (AACCI) method 38-12.02 (AACCI, 2010)'e göre Glutomatik 2100 Gluten yıkama cihazı (Perten Instruments, Sweden) kullanılarak belirlenmiştir.

3.2.8.7. Glutenin şişme indeksi

Wang ve Kovacs (2002)'ye göre belirtilen metod ile 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 kağıt havlu ile silindikten sonra tartılmıştır. Sonuçlar aşağıdaki formülle %14 rutubete göre düzeltme yapılarak verilmiştir.

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

3.2.8.8. Makro-SDS sedimantasyon (MSDS) değeri

3.2.7.3'de belirtildiği gibi yapılmıştır.

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

Guzman vd. (2015)'e göre ve Karaduman (2020)'de çalışılan metoda göre yapılmıştır.

3.2.9. Gluten Reolojik Özellikleri (GlutoPeak)

GlutoPik cihazında Brabender (Brabender® GmbH ve Co. KG) tarafından önerilen hızlı un test metoduna göre (Rapid Flour Check) çalışma yürütülmüştür. Buna göre 9 g paçal un (%14 rutubete göre) 9 g saf su kullanılmştır. Örnek haznesi sıcaklığı 36 ^{0}C, pedal dönüş hızı 2750 rpm ve analiz süresi 5 dak olmuştur (Wiertz, 2018). Analiz iki tekrarlamalı olarak yapılmıştır.

3.2.10. Hamur Reolojik Özellikleri

3.2.10.1. Alveograf analizi

Alveo-link (Chopin Technologies France) kullanılarak American Association of Cereal Chemist International(AACCI) method 54.30.02 (AACCI, 2010) modifiye edilmiş şekilde hamur reolojik özellikleri yapılmıştır.

3.2.10.2. Farinograf analizi

Farinograf özellikleri farinograf cihazında (Brabender OHG, Duisburg, Almanya) 50 g un (%14 rutubete göre ayarlanmıştır) mikseri kullanılarak AACCI method 54.21.01'e göre belirlenmiştir (AACCI, 2010).

3.2.11. Laboratuvar Tipi Ekmeklerin Eldesi

Çalışmada Rumeli ve Esperia çeşitleri için tane, kırma ve un analizleri sonucunda her iki tavlama yöntemi ve kombinasyonlar göz önünde tutularak 4'er adet olmak üzere toplam 8 adet paçal ununda ekmek pişirme yapılarak kontrol ekmeklik undan yapılan ekmek ile karşılaştırılarak değerlendirme yapılmıştır. Ekmeklerin eldesinde AACC Metot No:10-10A (AACCI, 2010) modifiye edilerek uygulanmıştır.

3.2.12. Ekmek Analizleri

3.2.12.1. Renk analizi

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

3.2.12.2. Ekmek hacmi değerleri

Elde edilen ekmekler oda sıcaklığında iki saat soğutularak ekmek hacimleri ölçülmüştür. Hacim ölçme aleti ile kolza tohumu kullanılarak yer değiştirme Standart Metot No 10-05A (AACCI,2010)' ya göre ekmek hacimleri belirlenmiştir. Djordjevic vd (2019)'a göre ekmek içi beyazlık indeksi (BI) ve kabuk için kahverengilik indeksi (KI) hesaplanmıştır.

3.2.12.3. Tekstür özellikleri

Tekstür profil analizi (TPA) ile tekstür analiz cihazı (Stable Microsystems, TA, XT plus, Goldaming, Surrey, İngiltere) ile ekmeklerin tekstürel özellikleri belirlenmiştir. Ekmek içinde sertlik, yapışkanlık, esneklik, çiğnenebilirlik, sakızımsılık, koheziflik, elastikiyet değerleri ölçülmüştür. Analizde 25 mm kalınlığında özel laboratuvar bıçağı ile kesilen ekmek diliminde 35 mm' lik prob (P/35) ile ölçüm yapılmıştır. Cihazda 5 kg' lık yük hücresi kullanılmıştır. Analizin yürütüldüğü koşullar ön test hızı: 1,0 mm/s, test hızı: 2,0 mm/s, test sonrası hız: 2,0 mm/s, sıkıştırma oranı: %40, tetikleme gücü: 20 g, zaman: 5 s olarak kullanılmıştır.

3.2.12.4. Duyusal özellikler

Gıda bilimi ve teknolojisi alanında uzman olan 15 gönüllü panelistten (20-55 yaş grubunda 8 erkek ve 7 kadın) oluşan bir grup tarafından duyusal analiz gerçekleştirilmiştir. Panelistlere çalışmanın amacı ile ilgili bilgilendirme yapılmıştır. Her duyusal oturum için rastgele sayılarla kodlanan ekmek örnekleri, ağzı çalkalamak için bir bardak saf su ile birlikte plastik bir tabak üzerinde 20 °C'de değerlendirme için panelistlere verilmiştir (Onoğur Altuğ ve Elmacı, 2011; Karaduman vd., 2023). Kabuk rengi, iç rengi, görünüş,

gözenek yapısı, ekmek içi yapı, lezzet, çiğnenebilirlik ve genel beğeni gibi duyusal öğeler, 1 ila 9 arasında bir aralık sağlayan hedonik bir ölçekte puanlanmıştır (1 = hiç beğenmedim, 5 = orta derecede beğendim, 9 = çok beğendim.)

3.2.13. İstatistiki Analizler

Tane, kırma ve ekmek analizleri tam şansa bağlı deneme deseninde; un analizleri ise tam şansa bağlı deneme deseninde 3 faktörlü (tavlama yöntemi, ikame oranı, kombinasyon) olarak yürütülmüştür. Çalışma sonucunda elde edilen veriler istatistiksel analiz programı JMP 13.0.0 (SAS Institute Inc. Cary, NC, USA) kullanılarak varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır. Ortalamalar arasındaki önemli fark %95 ($p<0.05$) anlamlılık düzeyindeki Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi kullanılarak analiz edilmiştir (SAS, 1998).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1.Tane Fiziksel Özellikleri

4.1.1. Hektolitre ağırlığı ve tane sertlik değeri

Çeşitlerin hektolitre ağırlığı ve tane sertlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1.'de verilmiştir. Hektolitre ağırlığı ve tane sertlik değeri bakımından çeşitler arasında istatistiki olarak çok önemli düzeyde *(p<0,01*) farklılık olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.1. Buğday örneklerinin hektolitre ağırlığı ve tane sertlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	Hektolitre ağırlığı kg			Tane sertlik değeri HI		
		KT	KO	F	KT	KO	F
Çeşit	5	16,918	3,384	148,513**	462,525	92,505	69,604**
Hata	12	0,273	0,023		15,948	1,329	
Toplam	17	17,191			478,473		

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

Buğday çeşitlerinin hektolitre ağırlığı ve tane sertlik değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.2'de verilmiştir. Çeşitlerin genel olarak hektolitre ağırlığı istenilen şekilde 80,0 kg'ın üzerinde yüksek olup 81,0-83,0 kg arasında değişmiştir (Anon., 2022). Diğer sınıf çeşitlerden Nacibey ve 1. sınıf çeşitlerden Rumeli'nin 83,0 kg ın üzerinde hektolitre ağırlığı dikkat çekicidir. Hektolitre ağırlığı birim hacimdeki buğdayın ağırlığı olup, yüksek olması tanenin dolgun, karın çukurunun ve kepek tabakasının daha az ve sonuçta daha yüksek un verimi elde edileceğinin göstergesidir (Guzman vd., 2016; Karaduman vd., 2020). Ekmeklik un üretiminde kullanılacak çeşitlerin tane sertliği yüksek olması (yüksek SKCS sertlik ve düşük PSI sertlik değeri) istenir (Nucia vd., 2021). SKCS sertlik değerlerine göre >60 sert ve 40-60 arası orta-sert tane yapısını göstermektedir (Lagner vd., 2009; Ma vd., 2017). Yüksek sertlik değerinde öğütme sırasında değirmencilikte öğütme valslerine gösterilen mukavemet sonucunda zedelenmiş nişasta miktarı artmaktadır. Normal nişasta granülleri yaklaşık %30 civarı su absorplarken; zedelenmiş nişasta granülleri kendi ağırlığı kadar suyu absorplarlar (Barack vd., 2014; Ali vd., 2014). Optimum bir nişasta

zedelenmesi daha fazla su absorpsiyonu hamur yoğurma sırasında suyun gluten tarafından tutularak gluten gelişmesini teşvik eder ve ekmek üretiminde yeterli gaz üretimi ve fermentasyon sonucu ekmeğin son ürün özelliklerinin oluşmasına katkı sağlar (Bushuk ve Scanlon, 1993; Betge vd., 1989; Arya vd., 2015). Çeşitlerden Ahmetağa ve KateA orta-sert (<60,0) iken diğer çeşitler sert tane yapısındadır (>60,0). Çalışmada çeşitler orta-sert ve sert tane yapısında oldukları ve zedelenmiş nişasta miktarı bakımından ekmeklik un için istenen özellikte unu verebilecekleri belirlenmiştir.

Çizelge 4.2. Çeşitlerin hektolitre ağırlığı ve tane sertlik değerlerine ait analiz ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

Çeşit	n	Hektolitre ağırlığı kg	Tane sertlik değeri HI
Ahmetağa	3	81,65 ± 0,14^{d}	52,90 ± 0,56^{b}
Ekiz	3	82,39 ± 0,21^{c}	64,74 ± 2,49^{a}
Esperia	3	81,15 ± 0,02^{e}	63,29 ± 0,73^{a}
KateA	3	81,08 ± 0,13^{e}	52,71 ± 0,66^{b}
Nacibey	3	83,57 ± 0,15^{a}	62,91 ± 0,67^{a}
Rumeli	3	83,24 ± 0,18^{b}	62,97 ± 0,25^{a}

Farklı harflerle işaretlenmiş aynı sütundaki tane örneklerine ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (*p<0,01*)

4.1.2. Camsı, unsu ve dönmeli tane

Çeşitlerin camsı, unsu ve dönmeli tane miktarı varyans analiz sonuçları Çizelge 4.3'de verilmiştir. Çeşitler arasında her üç özellik bakımından istatistiki olarak çok önemli düzeyde farklılık bulunmuştur *(p<0,01*).

Çizelge 4.3. Çeşitlerin camsı, unsu ve dönmeli tane miktarlarına ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	Camsı %			Unsu %			Dönmeli %		
		KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F
Çeşit	5	396,444	79,289	22,300**	195,778	39,156	22,025**	222,444	44,489	22,244**
Hata	12	42,667	3,556		21,333	1,778		24,000	2,000	
Toplam	17	439,111			217,111			246,444		

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

Buğday çeşitlerinin camsı, unsu ve dönmeli tane miktarlarına ait çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.4'de verilmiştir. Tane endospermi çeşit özellikleri (Morris vd., 2008), yeterli azotlu gübreleme ve yetişme periyodunda iklim koşullarına bağlı olarak camsı, unsu ve dönmeli özellik göstermekte ve bu özellikler değişebilmektedir (Evers ve Bectel, 1988; Samson vd., 2005; Gül vd., 2012; Brankovic vd., 2014). Ekmeklik buğdaylarda tane camsılık değerinin yüksek olması istenmekte olup; camsılık arttıkça buna bağlı olarak dönmeli ve unsuluk azaldıkça tanenin daha yüksek protein içeriğine sahip olduğu ve tanede gluteninler yerine tercihen gliadinlerin biriktirildiğini göstermiştir (Samson vd., 2005). Camsılık ve tane sertliği önemli oranda ilişkilidir (Bilgiçli ve Soylu, 2016). Bu yüzden ekmeklik buğday unlarında ekmek yapımı için istenenilen yeterli bir nişasta zedelenmesi ve daha yüksek protein oranı için camsı tane oranının yüksek olması istenir. Çalışmamızda özellikle tüm çeşitlerin camsılık değerinin %75'in üzerine çıkması çeşitlerin camsılık değerlerinin yeterli olduğunu göstermiştir. 1. sınıf buğday olan Rumeli çeşidinde camsılık değerinin %90,0 olması dikkat çekicidir. Esperia ve Ekiz çeşitlerinde de yine %85,0 civarındadır. Camsılık değeri en yüksek olan Rumeli çeşidi yine en düşük unsu ve dönmeli tane vermiştir. Ekiz ve Esperia çeşitlerinin unsuluk ve dönmeli tane düzeyi de diğer çeşitler ile karşılaştırıldığında orta düzeydedir. En yüksek unsuluk değeri Nacibey (%13,33) ve en yüksek dönmeli tane oranı KateA çeşitlerinden (%17,33) elde edilmiştir. Bu nedenle bu iki çeşidin yetişme periyodu içerinde yeterli azotlu gübreleme uygulaması ve uygun toprak ve iklim koşullarına sahip lokasyonlar için tavsiye edilmesi camsı tane oranlarının yükseltilmesi ve un kalitesinin artması bakımından önemli görülmüştür.

Çizelge 4.4. Çeşitlerin camsı, unsu ve dönmeli tane miktarlarına ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Çeşit	n	Camsı %	Unsu %	Dönmeli %
Ahmetağa	3	$78,00 \pm 2,00^{c}$	$7,33 \pm 1,15^{b}$	$14,67 \pm 1,15^{b}$
Ekiz	3	$84,00 \pm 2,00^{b}$	$4,67 \pm 1,15^{cd}$	$11,33 \pm 2,31^{c}$
Esperia	3	$84,00 \pm 2,00^{b}$	$6,67 \pm 1,15^{bc}$	$9,33 \pm 1,15^{cd}$
KateA	3	$76,67 \pm 1,15^{c}$	$6,00 \pm 2,00^{bc}$	$17,33 \pm 1,15^{a}$
Nacibey	3	$78,00 \pm 2,00^{c}$	$13,33 \pm 1,15^{a}$	$8,67 \pm 1,15^{d}$
Rumeli	3	$90,00 \pm 2,00^{a}$	$2,67 \pm 1,15^{d}$	$7,33 \pm 1,15^{d}$

Farklı harflerle işaretlenmiş aynı sütundaki tane örneklerine ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,01$)

4.1.3. Tane renk özellikleri

Çeşitlerin tane L*, a* ve b* değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.5.'de verilmiştir. L*, a* ve b* değerleri bakımından çeşitler arasında istatistiki olarak önemli düzeyde farklılık bulunmuştur *(p<0,05*).

Çizelge 4.5. Çeşitlerin tane L*, a* ve b* renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	L*			a*			b*		
		KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F
Çeşit	5	21,488	4,298	9,228**	1,693	0,339	4,875*	5,754	1,151	9,226**
Hata	12	5,588	0,466		0,834	0,069		1,497	0,125	
Toplam	17	27,076			2,527			7,250		

*: *p<0,05* düzeyinde önemli; **: *p<0,01* düzeyinde önemli; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması. L*: parlaklık; a*: +kırmızı/-yeşil; b*: +sarı/-mavi

Buğday tane örneklerinin L* , a* ve b* renk değerlerine ait analiz ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir. Buğdayda tane rengi genetik olup veren kepek tabakasındaki flavanoid grubu pigmentlerden kaynaklanmaktadır (Garg vd., 2016). Çalışmada kullanılan çeşitler kırmızı tane rengindedir. Kırmızı renk, tohum kabuğunda (testa) bulunan kateşin-tanen ve antosiyaninlerin kaynaklanmaktadır (Ficco vd., 2014). Çeşitler arasında istatistiki olarak fark bulunsa da L*, a* ve b* değerleri bakımından bu farklar sınırlı aralıktadır. Çeşitlerin L* değerleri genel olarak 46,0-48,5; a* değerleri 9,0-10,0 ve b* değerleri. 22,5-24,0 arasında değişmiştir. Rumeli ve Nacibey çeşitlerinin tane rengi daha koyu ve sarı rengi (b*) daha düşüktür. KateA, kırmızı renk değeri en düşük çeşit olmuştur (9,23).

Çizelge 4.6. Çeşitlerin L* değeri , a* değeri , b* renk değerlerine ait analiz ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

Çeşit	n	L*	a*	b*
Ahmetağa	3	$48,69 \pm 0,72^{a}$	$10,14 \pm 0,53^{a}$	$23,91 \pm 0,44^{a}$
Ekiz	3	$48,68 \pm 0,60^{a}$	$9,71 \pm 0,18^{ab}$	$22,82 \pm 0,30^{bc}$
Esperia	3	$48,69 \pm 0,69^{a}$	$9,88 \pm 0,22^{ab}$	$23,89 \pm 0,57^{a}$
KateA	3	$47,57 \pm 0,79^{ab}$	$9,23 \pm 0,06^{c}$	$23,36 \pm 0,33^{ab}$
Nacibey	3	$46,37 \pm 0,48^{bc}$	$9,59 \pm 0,19^{bc}$	$22,48 \pm 0,15^{c}$
Rumeli	3	$46,13 \pm 0,76^{c}$	$10,06 \pm 0,10^{ab}$	$22,71 \pm 0,11^{c}$

Farklı harflerle işaretlenmiş aynı sütundaki tane örneklerine ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$). L*: parlaklık; a*: +kırmızı/-yeşil ve b*: +sarı/-mavi renk değerleri

4.2. Tane Öğütme Özellikleri

Buğdayların kalitelerinin değerlendirilmesinde kullanılan parametreler içerisinde herşeyden önce öğütülen buğdaydan alınan un miktarı önemli olmaktadır (Guzman vd., 2016). Öğütme kalitesi bakımından tane morfolojisi ve yoğunluğu (Matsuo ve Dexter, 1980) ve tane sertliği (Edwards vd., 2010) en önemli parametrelerdir (Guzman vd., 2016). Buğdayın sağlıklı, iri, dolgun (tane oluşumu sırasında nişasta birikimi iyi) ve homojen boyut dağılımına sahip olması; gerek tavlama ve öğütme işlemlerinin etkinliği ve gerekse un veriminin yüksek olması bakımından değirmenciler için önemli görülmektedir (Dziki ve Laskowski, 2005) . Çalışmada tavlanmış örnekler Chopin CD1 değirmeninde öğütülmüştür. Yalnız bu değirmen deneysel un verimini vermektedir. Normal koşullarda değirmenlerde birçok aşamadan geçilerek öğütme yapıldığından (Özkaya ve Özkaya, 2005) un verimleri daha da yükselmektedir. Yumuşak buğdayların endosperminde proteinler ile nişasta arasındaki bağ zayıf olduğundan kolay kırılabilmekte (Hooseney vd., 1988; Faridi vd., 1994) ve kırma sisteminde sert buğdaylara göre daha fazla kırma unu oluşmaktadır (Posner ve Hibbs,1997). Tavlama işlemi buğdayın öğütme performansını (randıman) etkilemektedir (Kweon vd., 2009). Çalışma kapsamında daha uzun süren ve buna göre daha depolama maliyeti getiren klasik tavlama ile, suyun taneye girişini ve dağılımını hızlandıran ultrason destekli tavlamanın (Yüksel ve Elgün, 2020) öğütme özelliklerine (kırma unu, irmik unu ve toplam un verimleri) etkisi ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

4.2.1. Klasik tavlama sonrası öğütme özellikleri

Buğday örneklerinin klasik tavlama sonrası öğütme özelliklerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.7'de gösterilmiştir. Kırma unu verimi, irmik unu verimi, toplam un verimi bakımından çeşitler arasında istatiksel çok önemli düzeyde ($p<0,01$) farklılık bulunmuştur.

Buğday çeşitlerinin klasik tavlama sonrası öğütme değerlerine ait analiz ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.8'de verilmiştir. Tavlama işlemi öğütme öncesinde kepek tabakasına elastikiyet ve endosperme gevreklik vererek un randımanını ve kalitesini etkileyen kritik bir değirmencilik aşamasıdır (Kweon vd., 2009). Tavlama öğütme için gerekli enerji miktarını düşürmek ve un verimini arttırmaktadır (Dziki vd., 2012). Tavlama işlemi taneye sertliğine uygun miktarda suyun verilerek dağılması ve verilen bu suyun tanede arzu edilen kepek ve endosperm ayrışmasını sağlayacak şekilde dinlendirilmesi işlemlerinden oluşur (Delcour ve Hoseney, 2010). Tanede tavlama sırasında suyun regülasyonundan hiyalin tabakası sorumludur (Elgün ve Ertugay, 2002). Klasik tavlama yönteminde kaliteli ekmeklik un üretimi için sert buğdaylarda bu süre oldukça uzun olarak 72 saate kadar çıkabilmektedir (Dizlek ve Kurt, 2021). Çalışmada çeşitlerin kırma unu verimi %19,11-24,43; irmik unu verimi %36,82-41,15 ve toplam un verimi %57,70-61,05 arasında değişim göstermiştir. Ahmetağa ve KateA çeşitleri diğer çeşitlere göre tane sertliği daha az olup; Ahmetağa yumuşak buğdaylar gibi yüksek kırma unu verimi verirken (%24,43), KateA'nın yüksek olmamıştır. Ahmetağa çeşidi hariç diğer çeşitlerin kırma unu verimi yaklaşık %20,0 civarındadır. Kırma unu verimi en yüksek olan Ahmetağa ve Rumeli'nin irmik unu verimi düşüktür (%37,0 civarında). Ekiz ve KateA yüksek irmik unu verimi vermiştir (>%40,0). Toplam un verimlerine bakıldığında özellikle 1. sınıf çeşitler (Esperia ve Rumeli) %60,0'ın altında un verimi vermişlerdir. Ahmetağa en yüksek toplam un verimine sahip iken (%61,05), diğer çeşitlerin %60,0 civarındadır.

Çizelge 4.7. Buğday örneklerinin klasik tavlama sonrası öğütme özelliklerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	Kırma unu verimi %			İrmik unu verimi %			Toplam un verimi %		
		KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F
Çeşit	5	36,129	7,226	<,0001**	32,839	6,568	0,001**	20,438	4,088	0,007**
Hata	6	0,062	0,010		1,966	0,328		2,453	0,409	
Toplam	11	36,191			34,805			22,891		

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

Çizelge 4.8. Buğday çeşitlerinin klasik tavlama sonrası öğütme değerlerine ait analiz ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

Çeşit	n	Kırma unu verimi %	İrmik unu verimi %	Toplam un verimi %
Ahmetağa	2	$24,43 \pm 0,17^{a}$	$36,82 \pm 0,28^{d}$	$61,05 \pm 0,45^{a}$
Ekiz	2	$19,11 \pm 0,11^{d}$	$41,15 \pm 0,53^{a}$	$60,25 \pm 0,65^{a}$
Esperia	2	$19,11 \pm 0,01^{d}$	$38,82 \pm 0,05^{c}$	$57,92 \pm 0,04^{b}$
KateA	2	$20,08 \pm 0,06^{c}$	$40,65 \pm 0,10^{ab}$	$60,73 \pm 0,04^{a}$
Nacibey	2	$20,22 \pm 0,07^{c}$	$39,46 \pm 1,26^{bc}$	$59,68 \pm 1,34^{a}$
Rumeli	2	$20,73 \pm 0,11^{b}$	$36,98 \pm 0,09^{d}$	$57,70 \pm 0,21^{b}$

Farklı harflerle işaretlenmiş aynı sütundaki kırma örneklerine ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (*p<0,05*)

4.2.2. Ultrason destekli tavlama sonrası öğütme özellikleri

Buğday örneklerinin ultrason destekli tavlama sonrası öğütme değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.9'da verilmiştir. Kırma unu verimi, irmik unu verimi, toplam un verimi bakımından çeşitler arasında istatistiksel çok önemli düzeyde ($p<0,01$) farklılık bulunmuştur.

Çizelge 4.9. Buğday örneklerinin ultrason destekli tavlama sonrası öğütme özelliklerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	Kırma unu verimi %			İrmik unu verimi %			Toplam un verimi %		
		KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F
Çeşit	5	29,677	5,935	<,0001**	63,044	12,609	0,001**	65,969	13,194	0,001**
Hata	6	0,653	0,109		3,689	0,615		3,248	0,541	
Toplam	11	30,330			66,733			69,218		

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

Buğday çeşitlerinin ultrason destekli tavlama sonrası öğütme değerlerine ait analiz ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir. Tavlama işlemi taneye sertliğine uygun miktarda suyun verilerek dağılması ve verilen bu suyun tanede arzu edilen kepek ve endospserm ayrışmasını sağlayacak şekilde dinlendirilmesi işlemlerinden oluşur (Delcour ve Hoseney, 2010). Tanede tavlama sırasında suyun regülasyonundan hiyalin tabakası sorumludur (Elgün ve Ertugay, 2002). Özellikle ekmeklik un üretiminde kullanılan sert buğdaylarda suyun tanede dağılması daha uzun süre gerektirmektedir (Dizlek ve Kurt, 202). Klasik tavlamada olduğu gibi tavlama süresi uzadığında daha fazla sayıda silolaya ihtiyaç duyulur, bu silolara buğdayın nakli, buradan tekrar öğütme sistemine geçişi daha fazla sayıda iş güçü ve ekipman gerektirmekte bu da maliyeti arttırmaktadır (Yüksel ve Elgün 2013, 2020). Çalışmada ultrason işlemi su ile ıslatmada uygulanmış ve ultrasonun kavitasyon etkisi tanede hücre duvarlarını tahrip ederek (Suslic, 1998; Toma vd., 2001; Mason, 1998) ve suyun kütle transferini hızlandırarak (Mulet vd., 2003; Bhaskaracharya vd., 2009) tavlama süresini önemli oranda kısaltmakta bu masrafları önemli oranda azaltmaktadır (Yüksel ve Elgün 2013, 2020). Bu çalışmanın en önemli amaçlarından birisi daha kısa sürede ıslatma suyuna ultrason tavlama uygulandığında öğütme ve diğer teknolojik kalite özelliklerindeki değişimi belirlemektir. Çalışmada ultrason

destekli tavlama uygulaması ile çeşitlerin kırma unu verimi %19,66-24,21; irmik unu verimi %34,45-41,83 ve toplam un verimi %55,56-62,27 arasında değişim göstermiştir. Diğer çeşitlere göre tane sertliği daha az olan Ahmetağa klasik tavlamada olduğu gibi yüksek kırma unu verimi verirken (%24,21), KateA'nın yüksek olmamıştır. Diğer çeşitlerin kırma unu verimi yaklaşık %20,0 civarındadır ve yine Ekiz ve KateA yüksek irmik unu verimi vermiştir (>%40,0). Toplam un verimlerine bakıldığında 1. sınıf çeşitler (Esperia ve Rumeli) klasik tavlamada olduğu gibi %60,0'ın altında un verimine sahiplerdir. Çalışmada dikkat çeken bulgulardan birisi klasik tavlama ile kıyaslandığında ultrason destekli tavlama uygulamasının çeşitlere göre toplam un verimi üzerinde farklı etkilere sahip olmasıdır. Ahmetağa ve Ekiz çeşitlerinin toplam un verimi ultrason destekli tavlamada %1'in üzerinde; Rumeli'de %2 civarında düşüş ve diğer çeşitlerde önemli bir değişiklik olmamıştır. Bu durum Rumeli çeşidi hariç kısa sürede yapılan ultrason destekli tavlamanın un verimi üzerinde olumsuz etkisinin olmadığı hatta olumlu etkisinin olabileceğini göstermiştir. Rumeli çeşidinin tane yapısından dolayı ultrason destekli tavlama uygulaması için uygulama genlik düzeyi veya süresinin daha detaylı olarak çalışılması gerekmektedir.

Çizelge 4.10. Buğday çeşitlerinin ultrason destekli tavlama sonrası öğütme değerlerine ait analiz ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

Çeşit	n	Kırma unu verimi %	İrmik unu verimi %	Toplam un verimi %
Ahmetağa	2	$24,21 \pm 0,45^{a}$	$38,07 \pm 0,13^{c}$	$62,27 \pm 0,33^{a}$
Ekiz	2	$19,66 \pm 0,35^{d}$	$41,83 \pm 1,27^{a}$	$61,49 \pm 0,93^{ab}$
Esperia	2	$19,72 \pm 0,35^{cd}$	$37,41 \pm 0,44^{c}$	$57,13 \pm 0,08^{d}$
KateA	2	$20,06 \pm 0,05^{cd}$	$40,06 \pm 1,20^{ab}$	$60,12 \pm 1,25^{bc}$
Nacibey	2	$20,47 \pm 0,44^{bc}$	$38,94 \pm 0,04^{bc}$	$59,41 \pm 0,40^{c}$
Rumeli	2	$21,12 \pm 0,09^{bc}$	$34,45 \pm 0,64^{d}$	$55,56 \pm 0,74^{d}$

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

4.3. Kırma Özellikleri

4.3.1. Rutubet miktarı ve protein oranı

Kırma örneklerinde yapılan rutubet miktarı ve protein oranına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.11'de verilmiştir. Her iki parametre bakımından çeşitler arasında istatiksel çok önemli düzeyde ($p<0,01$) farklılık bulunmuştur.

Çizelge 4.11. Kırma örneklerinin rutubet miktarı ve protein oranına ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	Rutubet miktarı %			Protein oranı %		
		KT	KO	F	KT	KO	F
Çeşit	5	8,325	1,665	128,187**	9,216	1,843	223,116**
Hata	12	0,156	0,013		0,099	0,008	
Toplam	17	8,481			9,315		

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

Kırma örneklerinin rutubet miktarı ve protein oranına ait analiz ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.12'de verilmiştir. Kırma özellikleri tanenin tamamının öğütülmesi ile elde edildiğinden tanenin özelliklerini göstermektedir. Rutubet miktarı depolama stabilitesi bakımından önemlidir (Dizlek, 2014). Tane rutubet oranı depolamada %140'ün altında olması istenir (Hoseney, 1986). Örneklerde rutubet miktarları %9,17-11,07 arasında düşük bulunmuştur. İyi ekmeklik buğdaylarda protein oranının %12,0 ve üzerinde olması istenir (Olgun vd., 2013; Guzman vd., 2016; Karaduman vd., 2017). Nacibey %14,17 ile en yüksek tane protein oranına sahiptir. Bu nedenle çalışmada KateA x Nacibey kombinasyonunun un protein miktarı Ahmetağa x Ekiz kombinasyonundan daha yüksek bulunmuştur (bakınız Çizelge 4.17). Rumeli'de %12,87 ile yüksek ekmeklik kalite için diğer çeşitlerin üzerinde yüksek tane protein oranına sahiptir. Diğer çeşitlerin tane protein oranı %12,0-12,5 arasındadır.

Çizelge 4.12. Kırma örneklerinin rutubet miktarı ve protein oranına ait analiz ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

Çeşit	n	Rutubet miktarı %	Protein oranı[1] %
Ahmetağa	3	$9,17 \pm 0,07^{e}$	$12,07 \pm 0,08^{d}$
Ekiz	3	$11,07 \pm 0,15^{a}$	$12,67 \pm 0,09^{c}$
Esperia	3	$10,15 \pm 0,07^{c}$	$12,02 \pm 0,03^{d}$
KateA	3	$10,97 \pm 0,15^{a}$	$12,55 \pm 0,14^{c}$
Nacibey	3	$10,64 \pm 0,12^{b}$	$14,17 \pm 0,08^{a}$
Rumeli	3	$9,74 \pm 0,10^{d}$	$12,87 \pm 0,09^{b}$

[1] Kurumadde üzerinden düzeltilmiştir.Farklı harflerle işaretlenmiş aynı sütundaki kırma örneklerine ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır($p<0,01$).

4.3.2. Sedimantasyon değeri ve gecikmeli sedimantasyon değeri

Kırma örneklerinin normal sedimantasyon değeri ve gecikmeli sedimantasyon değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.13'de gösterilmektedir. Sedimantasyon değeri ve gecikmeli sedimantasyon değerleri bakımından çok önemli düzeyde (*p<0,01*) istatiksel farklılık bulunmuştur.

Çizelge 4.13. Kırma örneklerinin sedimantasyon değeri ve gecikmeli sedimantasyon değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	Sedimantasyon değeri ml			Gecikmeli sedimantasyon değeri ml		
		KT	KO	F	KT	KO	F
Çeşit	5	2803,069	560,614	776,235**	3167,667	633,5333	1572,910**
Hata	12	8,667	0,722		4,8333	0,403	
Toplam	17	2811,736			3172,5		

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

Kırma örneklerinin sedimantasyon değeri ve gecikmeli sedimantasyon değerlerine ait analiz ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.14'de verilmiştir. Gluten kalitesinin tahmin edilmesinde sedimantasyon analizi sıklıkla kullanılmakta (Guzman vd., 2019; Karaduman vd., 2024), ekmek-yapım kalitesi yüksek buğday genotiplerinin sedimantasyon değerleri yüksektir (Aydoğan vd., 2020). Gecikmeli sedimentasyon değeri süne zararını tespiti ve gluten kalitesini belirleyebilmek amacıyla yapılmakta olup normal sedimantasyondan değerler önemli oranda düşerse süne zararı olduğunu göstermektedir (Akın vd., 2024). Çalışmada sedimantasyon ve gecikmeli sedimantasyon değerleri bakımından en yüksek değerler ile ön plana çıkan Nacibey çeşidi olmuştur (71,33 ml ve 64,33 ml). Nacibey gibi 2. sınıf bir çeşit olsa da Ekiz'inde sedimantasyon değerleri yüksektir (57,0 ml ve 52,67 ml). Diğer 2. sınıf çeşitlerin (Ahmetağa ve KateA) sedimantasyon değeri orta düzeydedir. Çalışmada kullanılan 1. sınıf çeşitler beklendiği gibi 50,0 ml nin üzerinde ekmeklik un üretimi için yüksek sedimantasyon değeri vermişlerdir. Gecikmeli sedimantasyon değerlerin bakıldığında bekleme ile sedimantasyon değerleri un kalitesini etkileyecek önemli oranda değişmemiştir. KateA çeşidinde 36,0 ml'den 26,0 ml'ye düşse de 2. sınıf bir çeşide ait bir un için kabul edilebilir düzeydir. Sonuçta bu değerler hamur ve ekmek yapımı için örneklerde süne zararından bir olumsuzluk görülmeyeceği anlamına gelmektedir.

Çizelge 4.14. Kırma örneklerinin sedimantasyon değeri ve gecikmeli sedimantasyon değerlerine ait analiz ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

Çeşit	n	Sedimantasyon değeri ml	Gecikmeli sedimantasyon değeri ml
Ahmetağa	3	$36,67 \pm 0,58^{e}$	$34,50 \pm 0,50^{d}$
Ekiz	3	$57,00 \pm 1,00^{c}$	$52,67 \pm 0,58^{c}$
Esperia	3	$52,17 \pm 0,29^{d}$	$57,00 \pm 0,50^{b}$
KateA	3	$36,00 \pm 1,00^{e}$	$26,00 \pm 1,00^{e}$
Nacibey	3	$71,33 \pm 1,15^{a}$	$64,33 \pm 0,58^{a}$
Rumeli	3	$58,67 \pm 0,76^{b}$	$52,50 \pm 0,50^{c}$

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

4.4. Paçal Un Analizleri

Çalışmada Rumeli ve Esperia çeşitleri unları ayrı ayrı %20, 30 ve 40 oranları için (3 ikame oranı) *x* 2 tavlama uygulaması *x* 2 diğer kırmızı grup (2.sınıf) olacak şekilde un paçal kombinasyonları oluşturulmuştur. Rumeli ve Esperia çeşitleri gluten kalitesi (strength) yüksek çeşitler olup bu çeşitlerin ekmek hacim artışı için gerekli olan hamur uzama kabiliyetleri düşüktür. Çalışmada bu çeşitlerin kullanılacak ikame oranlarını 100'e tamamlayacak şekilde eşit oranda KateA *x* Nacibey veya Ahmetağa *x* Ekiz kombinasyonları kullanılmıştır.Oluşturulan paçal unlar yaklaşık 15 gün süreyle bekletilmiştir. Kontrol ekmeklik unda dahil oluşturulan toplam 25 paçal un örneğinin teknolojik kalite özellikleri belirlenmiştir.

4.4.1. Protein oranı, nem miktarı ve kül miktarı

Paçal unların protein oranı, nem miktarı ve kül miktarlarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.15'de verilmiştir. Çalışmada tavlama yöntemi (TY) yalnız kül miktarı üzerinde önemli ($p<0,05$); ikame oranı (İO) ve kombinasyon (KOMB) üç özellik üzerinde %1 düzeyinde önemli etkili olmuştur. Nem miktarı bakımından "*TY x İO"* etkileşimi ve protein oranı ve kül miktarı bakımından "*KOMB x İO*" etkileşimi çok önemli düzeyde etkili bulunmuştur ($p<0,01$). "*TY x KOMB x İO"* etkileşimi özellikler üzerinde önemli etkili bulunmamıştır.

Çizelge 4.15. Paçal un örneklerinin protein oranı, nem miktarı ve kül miktarlarına ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	Protein oranı %			Nem miktarı %			Kül miktarı %		
		KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F
TY	1	0,001	0,001	0,135	0,003	0,003	0,135	0,004	0,004	4,389*
İO	3	7,599	2,533	339,142**	51,542	17,181	692,997**	0,070	0,023	27,939**
KOMB	1	0,298	0,298	39,856**	3,853	3,853	155,429**	0,001	0,001	0,761
TY *x* İO	3	0,001	0,000	0,064	0,588	0,196	7,910**	0,002	0,001	0,829
KOMB *x* İO	3	0,152	0,051	6,786**	1,512	0,504	20,325**	0,000	0,000	0,181
TY *x* KOMB	1	0,000	0,000	0,001	0,003	0,003	0,135	0,000	0,000	0,002
TY *x* KOMB *x* İO	3	0,055	0,018	2,460	0,022	0,007	0,291	0,000	0,000	0,176
Hata	32	0,239	0,007		0,793	0,025		0,027	0,001	
Toplam	47	8,345			58,317			0,103		

**: *p<0,01* düzeyinde önemli; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması; TY: tavlama yöntemi; İO: ikame oranı; KOMB: kombinasyon

Çizelge 4.15'de önemlilik düzeyleri verilen "*tavlama yöntemi*", "*ikame oranı*", "*kombinasyon"* a ait paçal un örneklerinin protein oranı, nem miktarı ve kül miktarları ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.16'da verilmiştir. Türk Gıda Kodeksi Un Tebliği'ne göre ekmeklik unda protein oranı en az %10,5 (k.m), nem miktarı en çok %14,5 ve kül miktarı 0,70-0,80 arasında olmalıdır. Klasik tavlama uygulaması ile elde edilen unların ultrason tavlama unlarına göre kül miktarı bir miktar daha yüksektir (%0,673 ve %0,656). Tavlamanın en önemli amacı endosperme gevreklik ve kepek tabakasına elastikiyet kazandırarak kepek partiküllerinin ufalanmadan iri partiküller halinde ayrılmasıdır (Elgün ve Ertugay, 2002). Kepek tabakası ne kadar az una karışır ise unun kül miktarı da düşmektedir. Bu durum ultrason uygulaması ile kepek endosperm ayrışmasının daha iyi gerçekleştiğini ve kepek tabakasının daha büyük partikül halinde rafine una karışmadan ayrıldığını göstermektedir. Tavlama uygulamaları arasında un proteini bakımından önemli bir farklılık bulunmaması daha kısa sürede uygulanan ultrason uygulamasının etkisi bakımından olumlu olarak değerlendirilmiştir (Çizelge 4.16). Çalışmada "*ikame oranı*" arttıkça kontrol ekmeklik unun protein oranı ve nem miktarı artarken kül miktarı azalmıştır. Un protein oranı her ikame oranında istatistiki olarak birbirinden farklı olacak şekilde %10,44-11,50 arasında değişmiştir. En yüksek un protein oranı %40 ikame oranında elde edilmiştir. Nem miktarı ise tüm ikame oranlarında istatistiki olarak benzer ve kontrol ekmeklik unun üzerindedir. Kül miktarı ise tüm ikame oranlarında istatistiki olarak benzer ve kontrol ekmeklik unun altındadır. KateA x Nacibey (KN) kombinasyonunun un protein oranı Ahmetağa x Ekiz (AE) kombinasyonuna göre daha yüksektir (%11,10 ve %11,16). Ahmetağa x Ekiz kombinasyonunun nem miktarı ise yaklaşık %0,5 daha fazla bulunmuştur (%14,68) (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.16. Paçal un örneklerinin protein oranı, nem ve kül miktarlarına ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

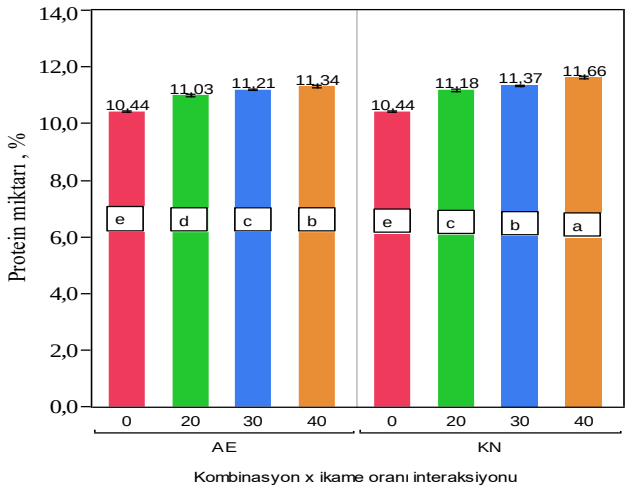
TY	KOMB	İO	Protein oranı[1] %	Nem miktarı %	Kül miktarı[1] %
Klasik tavlama	Ahmetağa *x* Ekiz	0	10,44 ± 0,03	12,60 ± 0,20	0,730 ± 0,05
		20	10,98 ± 0,06	15,37 ± 0,06	0,664 ± 0,03
		30	11,22 ± 0,07	15,57 ± 0,06	0,642 ± 0,01
		40	11,40 ± 0,17	15,17 ± 0,06	0,671 ± 0,02
		Ortalama	11,01 ± 0,39	14,68 ± 1,26	0,677 ± 0,04
	KateA *x* Nacibey	0	10,44 ± 0,03	12,60 ± 0,20	0,730 ± 0,05
		20	11,23 ± 0,12	14,57 ± 0,12	0,659 ± 0,02
		30	11,38 ± 0,06	14,63 ± 0,06	0,639 ± 0,01
		40	11,62 ± 0,04	14,57 ± 0,12	0,652 ± 0,02
		Ortalama	11,17 ± 0,47	14,09 ± 0,91	0,670 ± 0,04
	Ortalama		11,09 ± 0,43	14,38 ± 1,12	0,673 ± 0,04^{A}
Ultrason destekli tavlama	Ahmetağa *x* Ekiz	0	10,44 ± 0,03	12,60 ± 0,20	0,730 ± 0,05
		20	11,08 ± 0,12	15,13 ± 0,21	0,649 ± 0,00
		30	11,20 ± 0,06	15,43 ± 0,15	0,631 ± 0,01
		40	11,28 ± 0,05	15,53 ± 0,25	0,629 ± 0,01
		Ortalama	11,00 ± 0,35	14,68 ± 1,27	0,660 ± 0,05
	KateA *x* Nacibey	0	10,44 ± 0,03	12,60 ± 0,20	0,730 ± 0,05
		20	11,14 ± 0,07	14,50 ± 0,20	0,625 ± 0,01
		30	11,35 ± 0,05	14,43 ± 0,15	0,629 ± 0,04
		40	11,70 ± 0,18	14,97 ± 0,06	0,625 ± 0,03
		Ortalama	11,16 ± 0,49	14,13 ± 0,95	0,652 ± 0,05
	Ortalama		11,08 ± 0,42	14,40 ± 1,14	0,656 ± 0,05^{B}

[1] Kurumadde üzerinden düzeltilmiştir. Aynı sütunda büyük harf ile işaretlenmiş TY, italik harf ile işaretlenmiş *"TY x KOMB"* interaksiyonu ve küçük harf ile gösterilen "*TY x KOMB x İO*" interaksiyonuna ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (*p<0,05*).

Çizelge 4.17. Paçal un örneklerinin kombinasyon ve ikame oranlarına ait protein oranı, nem ve kül miktarı değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

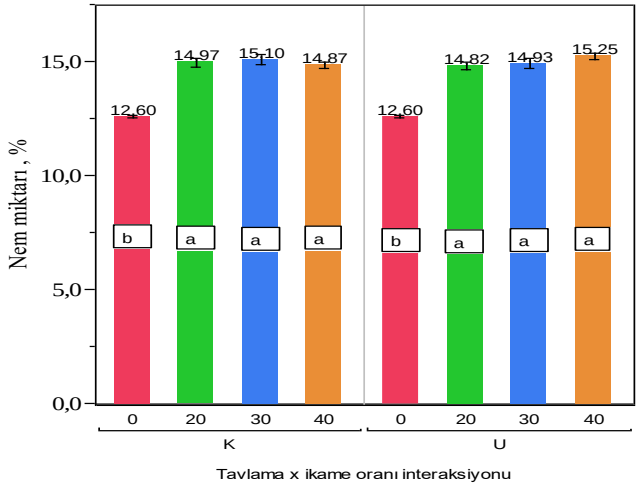
KOMB	İO	Protein miktarı[1] %	Nem miktarı %	Kül miktarı[1] %
	0	10,44 ± 0,03^{d}	12,60 ± 0,17^{b}	0,730 ± 0,04^{a}
	20	11,11 ± 0,12^{c}	14,89 ± 0,41^{a}	0,649 ± 0,02^{b}
	30	11,29 ± 0,10^{b}	15,02 ± 0,52^{a}	0,635 ± 0,02^{b}
	40	11,50 ± 0,21^{a}	15,06 ± 0,38^{a}	0,644 ± 0,03^{b}
Ahmetağa *x* Ekiz		11,10 ± 0,36^{b}	14,68 ± 1,24^{a}	0,668 ± 0,04
KateA *x* Nacibey		11,16 ± 0,47^{a}	14,11 ± 0,91^{b}	0,661 ± 0,05

[1] Kurumadde üzerinden düzeltilmiştir. Aynı sütundaki farklı küçük harflerle işaretlenmiş ikame oranlarına ve farklı italik harfler ile işaretlenmiş kombinasyon ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (*p<0,05*); İO: ikame oranı; KOMB: kombinasyon



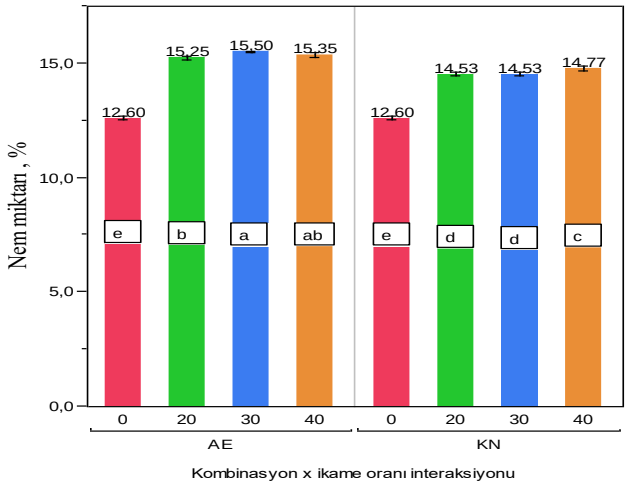
Şekil 4.1. Paçal un örneklerinin protein miktarı bakımından "*kombinasyon x ikame oranı*" etkileşimi.

Farklı harfler ile işaretlenmiş ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$); AE: Ahmetağa *x* Ekiz; KN: KateA *x* Nacibey



Şekil 4.2. Paçal un örneklerinin nem miktarı bakımından "*tavlama yöntemi x ikame oranı*" etkileşimi.

Farklı harfler ile işaretlenmiş ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$); U: ultrason destekli tavlama; K: klasik tavlama



Şekil 4.3. Paçal un örneklerinin nem miktarı bakımından "*kombinasyon x ikame oranı*" etkileşimi.

Farklı harfler ile işaretlenmiş ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$); AE: Ahmetağa *x* Ekiz; KN: KateA *x* Nacibey

Paçal un örneklerinin protein miktarı bakımından "*kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi Şekil 4.1 'de, nem miktarı bakımından "*tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi ve "*kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'de gösterilmiştir. Ahmetağa *x* Ekiz ve KateA *x* Nacibey kombinasyonlarının ikame oranlarında kontrol ekmeklik una göre protein oranı istatistiki olarak daha yüksek bulunmuştur. Ahmetağa *x* Ekiz kombinasyonu ikame oranlarında un protein oranı %11,03 ile %11,34 ve KateA *x* Nacibey kombinasyonu ikame oranlarında %11,18 ile %11,66 arasında değişmiştir. Her iki tavlama yönteminde elde edilen unların ikame oranlarınında nem miktarı kontrol una göre bariz şekilde yüksektir. Çalışmada kullanılan kontrol ekmeklik un daha uzun süre beklediğinden dolayı nem kaybı ile nem miktarı daha düşük çıkmıştır. İki tavlama yöntemi ikame oranları arasında nem miktarı bakımından istatistiki olarak önemli bir farklılık bulunmamıştır. KateA *x* Nacibey kombinasyonunun tüm ikame oranlarının nem miktarı %15,0'ın altında iken Ahmetağa *x* Ekiz kombinasyonunun üzerindedir ve %30 ikame oranında %15,50 olarak bulunmuştur.

4.4.2. Renk analizi

Paçal un örneklerinin L*, a*, b* renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.18'de verilmiştir. Çalışmada tüm faktörler ve etkileşimleri L* değeri üzerinde çok önemli düzeyde etkili bulunmuştur (*p<0,01*). "*İkame oranı (İO*)" ve "*kombinasyon (KOMB)"* a* değeri bakımından istatistiki olarak çok önemli (*p<0,01*); *tavlama yöntemi (TY)*, " *TY x İO* " etkileşimi ve "*KOMB x İO*" etkileşimi ise önemli (*p<0,05*) düzeyde etkilidir. b* değeri bakımından ise "*KOMB*", "*İO*" ve " *KOMB x İO* " etkileşimi çok önemli düzeyde (*p<0,01*), "*TY x KOMB x İO*" etkileşimi önemli düzeyde (*p<0,05*) etkili bulunmuştur.

Paçal un örneklerinin L*, a*, b* renk değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.19 ve Çizelge 4.20'de verilmiştir. Ultrason destekli tavlama ununun L* değeri daha yüksek olup un rengi daha açıktır (93,68). Çalışmada ultrason destekli tavlama unlarının kül miktarı da daha düşüktür. Kepek tabakası una karıştıkça unun kül miktarı artmakta ve kepek tabakası renk bileşenleri unda pike oluşumuna neden olarak un daha koyu renkli olmaktadır (Li vd., 2018; Ma vd., 2020). Renk tüketici tercihleri için önemli olup (Yan vd., 2022) ultrason tavlama ile daha açık renkli unların elde edilmesi öğütmede kepek tabakasının yeterli elastikiyete kavuştuğunu, endosperme gevreklik kazandırıldığını ve daha iyi bir kepek endosperm ayrışması sağlanabildiğini göstermiştir (Elgün ve Ertugay, 2002) ve bu durum tüketici tercihleri için olumlu bulunmuştur. Yine ultrason tavlama ile elde edilen unların a* değer ortalaması daha düşüktür. Polifenoller ve karotenoidler gibi pigmentler ve lignin kepek tabakasından una geçen renk bileşenleridir (Yan vd., 2022). Ultrason destekli tavlamaya ait Ahmetağa x Ekiz kombinasyonlarının tüm ikame oranlarında L* değeri bakımından diğer unlardan yüksek bulunmuştur (94,32-94,36 arasında). Ahmetağa x Ekiz kombinasyonlarının her iki tavlama yönteminde de düşük b* değerlerine sahip olması bu kombinasyon ile daha açık renkli un elde edileceğini göstermiştir. Sonuç olarak kombinasyonlar karşılaştırıldığında Ahmetağa x Ekiz kombinasyonunun KateA x Nacibey kombinasyonuna göre L* değeri daha yüksek; a* ve b* değerleri daha düşüktür. Çalışmada ikame oranlarını L* değerleri kontrole göre yükselse de istatistiki olarak önemli farklılık %40 ikame oranında görülmüştür (%94,02). Elde edilen unların kül miktarına paralel olarak artan ikame oranı ile a* ve b* değerlerinde bariz şekilde düşmüştür. b* değeri %40 ikame oranında en düşük değere sahiptir (10,18).

Çizelge 4.18. Paçal un örneklerinin L*, a*, b* renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	L*			a*			b*		
		KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F
TY	1	0,872	0,872	971,251**	0,002	0,002	9,797*	0,002	0,002	1,248
İO	3	31,613	10,538	11735,730**	1,023	0,341	1387,141**	23,663	7,888	4916,923**
KOMB	1	0,266	0,266	295,705**	0,004	0,004	16,407**	11,437	11,437	7129,414**
TY *x* İO	3	0,336	0,112	124,884**	0,002	0,001	2,904*	0,011	0,004	2,329
KOMB *x* İO	3	0,122	0,041	45,459**	0,003	0,001	3,638*	4,061	1,354	843,859**
TY *x* KOMB	1	0,031	0,031	33,970**	0,001	0,001	2,746	0,044	0,044	27,305
TY *x* KOMB *x* İO	3	0,018	0,006	6,660**	0,002	0,001	2,090	0,018	0,006	3,714*
Hata	32	0,029	0,001		0,008	0,000		0,051	0,002	
Toplam	47	33,287			1,044			39,287		

*: *p<0,05* düzeyinde önemli; **: *p<0,01* düzeyinde önemli; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması. L*: parlaklık; a*: +kırmızı/-yeşil; b*: +sarı/-mavi; TY:tavlama yöntemi; İO:ikame oranı; KOMB: kombinasyon

Çizelge 4.19. Paçal un örneklerinin L*, a*, b* renk değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

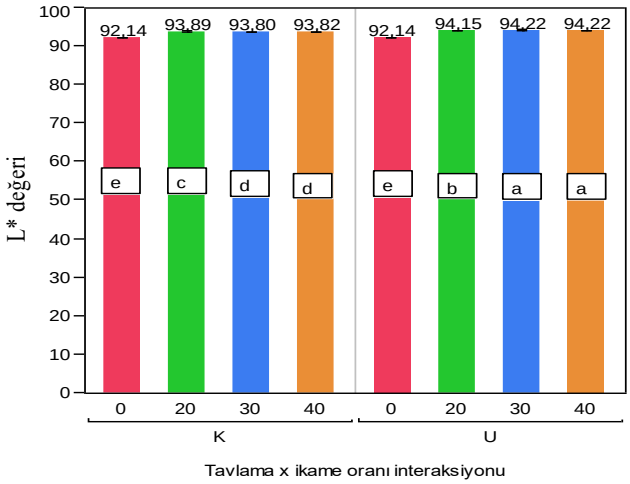
TY	KOMB	İO	L*	a*	b*
Klasik tavlama	Ahmetağa *x* Ekiz	0	92,14 ± 0,04^{g}	0,80 ± 0,02	11,87 ± 0,03^{a}
		20	93,97 ± 0,01^{c}	0,44 ± 0,01	9,61 ± 0,03^{g}
		30	93,90 ± 0,04^{d}	0,46 ± 0,01	9,62 ± 0,03^{g}
		40	93,82 ± 0,02^{e}	0,49 ± 0,01	9,72 ± 0,03^{f}
		Ortalama	93,46 ± 0,80^{c}	0,55 ± 0,15	10,21 ± 1,00^{c}
	KateA *x* Nacibey	0	92,14 ± 0,04^{g}	0,80 ± 0,02	11,87 ± 0,03^{a}
		20	93,80 ± 0,00^{e}	0,45 ± 0,02	11,01 ± 0,04^{c}
		30	93,69 ± 0,02^{f}	0,50 ± 0,01	10,91 ± 0,04^{d}
		40	93,82 ± 0,01^{e}	0,48 ± 0,01	10,69 ± 0,03^{e}
		Ortalama	93,36 ± 0,74^{d}	0,56 ± 0,15	11,12 ± 0,47^{b}
	Ortalama		93,41 ± 0,75^{B}	0,55 ± 0,15^{A}	10,66 ± 0,90
Ultrason destekli tavlama	Ahmetağa *x* Ekiz	0	92,14 ± 0,04^{g}	0,80 ± 0,02	11,87 ± 0,03^{a}
		20	94,30 ± 0,03^{a}	0,44 ± 0,02	9,57 ± 0,03^{gh}
		30	94,36 ± 0,02^{a}	0,43 ± 0,02	9,53 ± 0,10^{h}
		40	94,32 ± 0,02^{a}	0,43 ± 0,02	9,56 ± 0,06^{gh}
		Ortalama	93,78 ± 0,99^{a}	0,52 ± 0,17	10,13 ± 1,05^{d}
	KateA *x* Nacibey	0	92,14 ± 0,04^{g}	0,80 ± 0,02	11,87 ± 0,03^{a}
		20	94,00 ± 0,05^{c}	0,46 ± 0,02	11,12 ± 0,02^{b}
		30	94,08 ± 0,01^{b}	0,47 ± 0,02	10,94 ± 0,04^{d}
		40	94,11 ± 0,01^{b}	0,48 ± 0,01	10,75 ± 0,02^{e}
		Ortalama	93,58 ± 0,87^{b}	0,55 ± 0,15	11,17 ± 0,44^{a}
	Ortalama		93,68 ± 0,92^{A}	0,54 ± 0,15^{B}	10,65 ± 0,95

Aynı sütunda büyük harf ile işaretlenmiş TY, italik harf ile işaretlenmiş *"TY x KOMB"* etkileşimi ve küçük harf ile gösterilen "*TY x KOMB x İO*" etkileşimine ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır($p<0,05$). L*: parlaklık; a*: +kırmızı/-yeşil; b*: +sarı/-mavi; TY: tavlama yöntemi; İO: ikame oranı; KOMB: kombinasyon

Çizelge 4.20. Paçal un örneklerinin kombinasyon ve ikame oranlarına ait L*, a*, b* renk değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

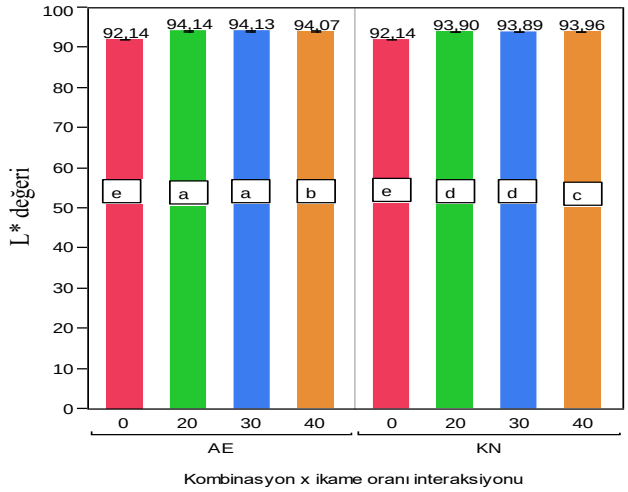
KOMB	İO	L*	a*	b*
	0	92,14 ± 0,04^{a}	0,80 ± 0,02^{a}	11,87 ± 0,03^{a}
	20	94,02 ± 0,19^{a}	0,45 ± 0,02^{c}	10,33 ± 0,77^{b}
	30	94,01 ± 0,26^{a}	0,46 ± 0,03^{b}	10,25 ± 0,71^{c}
	40	94,02 ± 0,22^{b}	0,47 ± 0,02^{b}	10,18 ± 0,57^{d}
Ahmetağa *x* Ekiz		93,62 ± 0,89^{a}	0,54 ± 0,16^{b}	10,17 ± 1,01^{b}
KateA *x* Nacibey		93,47 ± 0,80^{b}	0,55 ± 0,14^{a}	11,15 ± 0,45^{a}

Aynı sütundaki farklı küçük harflerle işaretlenmiş ikame oranlarına ve farklı italik harfler ile işaretlenmiş kombinasyon ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır($p<0,05$); İO: ikame oranı; KOMB: kombinasyon; L*: parlaklık; a*: +kırmızı/-yeşil; b*: +sarı/-mavi



Şekil 4.4. Paçal un örneklerinin L* değeri bakımından "*tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi.

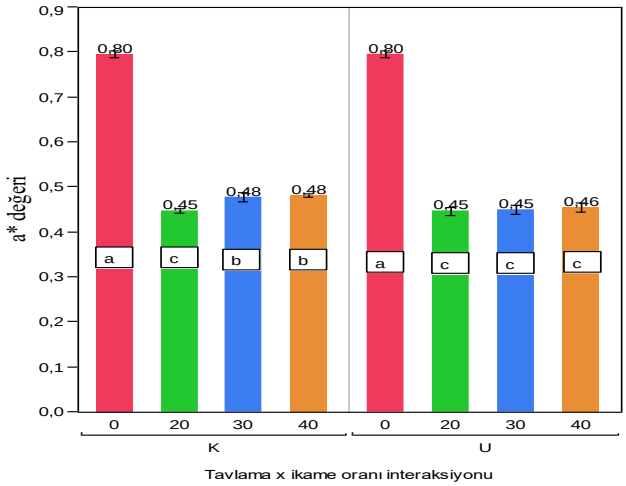
Farklı harfler ile işaretlenmiş ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$); U: ultrason destekli tavlama; K: klasik tavlama



Şekil 4.5. Paçal un örneklerinin L* değeri bakımından "*kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi.

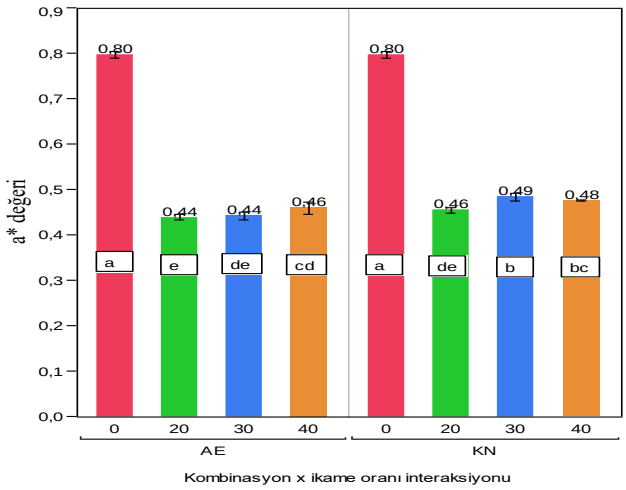
Farklı harfler ile işaretlenmiş ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$); AE: Ahmetağa *x* Ekiz; KN: KateA *x* Nacibey

Paçal un örneklerinin L* değeri bakımından *"tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi ve *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi sırasıyla Şekil 4.4 ve Şekil 4.5' de gösterilmiştir. Çalışmada ultrason uygulaması ve Ahmetağa *x* Ekiz (AE) kombinasyonu ile elde edilen tüm ikame oranları unları %94'ün üzerinde L* değeri ile dikkat çekmişlerdir.



Şekil 4.6. Paçal un örneklerinin a* değeri bakımından *"tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi.

Farklı harfler ile işaretlenmiş ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$); U: ultrason destekli tavlama; K: klasik tavlama

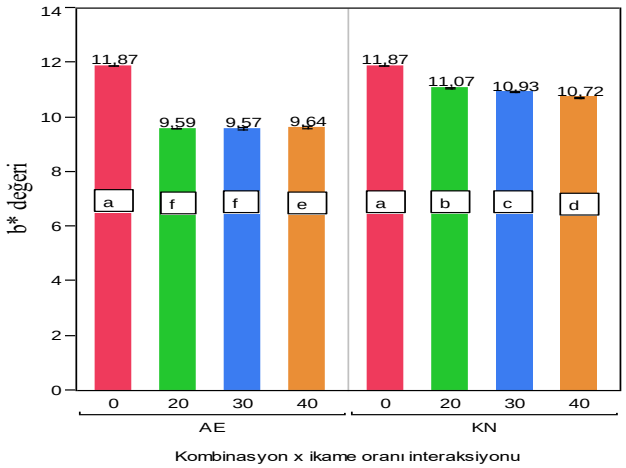


Şekil 4.7. Paçal un örneklerinin a* değeri bakımından *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi.

Farklı harfler ile işaretlenmiş ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$); AE: Ahmetağa *x* Ekiz; KN: KateA *x* Nacibey

Paçal un örneklerinin a* değeri bakımından *"tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi ve *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi sırasıyla Şekil 4.6 ve Şekil 4.7' de gösterilmiştir. İkame oranlarının a* değerleri kontrol ekmeklik unun oldukça altındadır.

Klasik tavlama uygulaması %30 ve %40 oranları hariç diğer unların a* değerleri düşüktür (Şekil 4.6). Yine KateA *x* Nacibey kombinasyonu %30, %40 ikame oranlarında a* değerleri 0,49 ve 0,48'e yükselirken diğer unların a* değeri daha düşük bulunmuştur (Şekil 4.7).



Şekil 4.8. Paçal un örneklerinin b* değeri bakımından *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi.

Farklı harfler ile işaretlenmiş ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$); AE: Ahmetağa *x* Ekiz; KN: KateA *x* Nacibey

Paçal un örneklerinin b* değeri bakımından *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi Şekil 4.8' de gösterilmiştir. Çalışmada Ahmetağa *x* Ekiz (AE) kombinasyonu ile elde edilen tüm ikame oranları unları 9,5 civarında ve KateA *x* Nacibey kombinasyonu tüm ikame unlarının altında a* değerine sahiptirler.

4.4.3. Yaş gluten miktarı, gluten indeks değeri ve su aktivitesi analizi

Paçal un örneklerinin yaş gluten miktarı, gluten indeks değeri ve su aktivitesi özelliklerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.21' de verilmiştir. Çalışmada *ikame oranı (İO)* yaş gluten miktarı bakımından çok önemli düzeyde etkili bulunmuştur($p<0,01$). Su aktivitesi bakımından *kombinasyon (KOMB)* ve *ikame oranı (İO)* çok önemli düzeyde etkili olmuştur($p<0,01$). Gluten indeks bakımından ise faktörlerin önemli bir etkisi olmamıştır.

Paçal un örneklerinin yaş gluten miktarı,gluten indeks değeri ve su aktivitesi özelliklerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.22 ve Çizelge 4.23' de verilmiştir. Buğday ununun glutenin ve gliadin proteinlerinin su ile yoğurulması ile bir araya gelmesi ile oluşan viskoelastik yapıdır (Shewry, 2009; Karaduman vd., 2015). Bu viskoelastik yapı uzama kabiliyeti yüksek gladin ve elatikiyeti veya uzamaya karşı direnci yüksek glutenin tarafından sağlanır (Mayrami vd., 2020). Yaş gluten miktarı tuzlu suda elle yıkama veya gluten yıkma makineleri ile gluten indeks metodları ile sağlanmaktadır (Ionescu vd., 2010).Yaş gluten eldesinde glutomatik cihazında %45-50 civarında su verilerek hamur oluşturulur, oluşturulan hamur %2 tuzlu su çözeltisinde standart bir karıştırma ve tuzlu su akış hızında yıkanır ve cihazın eleğinden tuzlu suda çözünen gluten harici proteinler, nişasta ve diğer çözünür bileşenler ayrılır (Mis, 2000). Geriye lastik gibi uzayabilir karakterde gluten kalır (Ionescu vd., 2010). Toplam gluten miktarı buğday tane ve un proteini ile ilişkilidir (Perten vd. ,1992). Endosperm depo proteini olan gluten un proteinlerinin %80-85'ini oluşturur (Çetiner vd., 2021) ve gluten miktarının fazla ve gluten indeks değerinin yüksek olması dolaylı olarak unların ekmek-yapım kalitesinin yüksekliğini gösterir (Çağla ve Ünal, 2020; Çetiner vd., 2021). Yaş gluten miktarının tane proteinine oranının 2,7-3,0 olması yüksek ekmek-yapım kalitesi ile ilişkili olarak gösterilmiştir (Simic vd., 2006). Yaş gluten elde edildikten sonra santrifüj eleklerine yerleştirilir Elekten geçmeyen gluten miktarının, toplam gluten miktarına oranı gluten indeks değerini verir. Gluten indeks değeri yükseldikçe unun gluten kalitesi artar. %95 ve üzeri gluten indeks değerleri çok güçlü ve %60 zayıf gluten yapısını gösterir (Ionescu vd., 2010). Yüksek ekmek yapım kalitesi için %60-90 arasında değerlerin olması arzu edilir (Curic vd., 2001). Buğday unları gluten indeks değerlerine göre zayıf yapı (<%30), normal yapı (%30-80) ve sıkı yapı (>%80) olarak değerlendirilebilmektedir (Cubadda vd., 1992). Su aktivitesi değerleri

mikrobiyal faaliyetler ve özellikle unlarda küf gelişimi için önemlidir (Syamaladevi vd., 2016).

Çalışmada kontrol ekmeklik una göre ikame oranı unların protein oranı artarken yaş gluten miktarı azalmıştır. Protein miktarı yüksek olsa da 2. sınıf çeşitlerden oluşturulan kombinasyonların toplam protein içerisinde gluten oluşturma kabiliyetindeki gliadin ve glutenin proteinlerini daha düşük oranda taşıdığı ve bu nedenle ikame unların gluten miktarının düştüğü düşünülmüştür. Bu azalmaya rağmen ikame unların gluten indeks değerinin yükselmiş ve unların gluten yapısı güçlenmiştir (Ionescu vd., 2010). Çalışmada "*tavlama yöntemleri*" arasında gluten miktarı ve gluten indeks değeri arasında fark oluşmaması ultrason destekli tavlama için olumlu olarak değerlendirilmiştir. "*İkame oranı*" artışı ile unların su aktivitesi değeri istatistiki olarak artmıştır. Tane sertliğine ve tavlama rutubetine göre unların su aktivitesi değerinin 0,640-0,751 arasında değiştiği ve 0,62-0,68 arasındaki değerlerin kabul edilebilir değerler olduğu belirtilmiştir (Carter vd., 2015). Un nem miktarı daha yüksek olan Ahmetağa x Ekiz kombinasyonunun (%14,68) su aktivitesi değeri de KateA x Nacibey kombinasyonuna göre daha yüksek bulunmuştur. "*Tavlama yöntemleri*" arasında yine su aktivitesi bakımından istatistiki olarak önemli bir farklılık bulunmamıştır.

Çizelge 4.21. Paçal un örneklerinin yaş gluten miktarı, gluten indeks değeri ve su aktivitesine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	Yaş gluten miktarı %			Gluten indeks değeri %			Su aktivitesi değeri		
		KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F
TY	1	2,205	2,205	0,914	16,675	16,675	0,596	4,28E-05	0	0,039
İO	3	64,916	21,639	8,965**	3565,527	1188,509	42,484	0,22	0,073	65,927**
KOMB	1	0,845	0,845	0,35	1,163	1,163	0,042	0,014	0,014	12,581**
TY *x* İO	3	8,763	2,921	1,21	14,036	4,679	0,167	0,002	0,001	0,605
KOMB *x* İO	3	5,033	1,678	0,695	72,713	24,238	0,866	0,007	0,002	2,168
TY *x* KOMB	1	0,281	0,281	0,117	9,79	9,79	0,35	3,13E-08	0	0
TY *x* İO *x* KOMB	3	0,386	0,129	0,053	48,511	16,17	0,578	0	0	0,143
Hata	16	38,62	2,414		447,607	27,975		0,018	0,001	
Toplam	31	121,049			4176,023			0,261		

*:*p<0,05* düzeyinde önemli; **: *p<0,01* düzeyinde önemli; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması.TY: tavlama yöntemi; İO: ikame oranı; KOMB: kombinasyon

Çizelge 4.22. Paçal un örneklerinin yaş gluten miktarı, gluten indeks değeri ve su aktivitesine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

TY	KOMB	İO	Gluten miktarı %	Gluten indeks değeri %	Su aktivitesi %
Klasik tavlama	Ahmetağa x Ekiz	0	30,60 ± 2,83	67,30 ± 1,90	0,457 ± 0,024
		20	26,25 ± 0,07	88,55 ± 2,76	0,682 ± 0,046
		30	26,85 ± 0,64	92,25 ± 4,03	0,674 ± 0,001
		40	29,00 ± 0,14	92,60 ± 7,07	0,675 ± 0,002
		Ortalama	28,18 ± 2,15	85,17 ± 11,65	0,622 ± 0,104
	KateA x Nacibey	0	30,60 ± 2,83	67,30 ± 1,90	0,457 ± 0,024
		20	27,25 ± 0,92	95,70 ± 6,08	0,660 ± 0,045
		30	28,25 ± 0,64	86,50 ± 3,82	0,601 ± 0,018
		40	28,65 ± 0,49	88,30 ± 12,02	0,603 ± 0,039
		Ortalama	28,69 ± 1,75	84,45 ± 12,42	0,580 ± 0,084
	Ortalama		28,43 ± 1,91	84,81 ± 11,64	0,601 ± 0,094
Ultrason destekli tavlama	Ahmetağa x Ekiz	0	30,60 ± 2,83	67,30 ± 1,90	0,457 ± 0,024
		20	26,85 ± 1,63	91,15 ± 3,18	0,666 ± 0,052
		30	26,60 ± 0,14	92,10 ± 0,00	0,673 ± 0,018
		40	27,30 ± 0,71	91,50 ± 4,38	0,683 ± 0,065
		Ortalama	27,84 ± 2,14	85,51 ± 11,46	0,620 ± 0,106
	KateA x Nacibey	0	30,60 ± 2,83	67,30 ± 1,90	0,457 ± 0,024
		20	27,95 ± 0,64	93,90 ± 0,85	0,630 ± 0,040
		30	27,35 ± 0,64	90,80 ± 10,89	0,588 ± 0,025
		40	26,00 ± 0,85	96,00 ± 3,82	0,636 ± 0,001
		Ortalama	27,98 ± 2,13	87,00 ± 13,09	0,578 ± 0,080
	Ortalama		27,91 ± 2,07	86,26 ± 11,91	0,599 ± 0,093

Aynı sütunda büyük harf ile işaretlenmiş TY, italik harf ile işaretlenmiş *"TY x KOMB*" etkileşimi ve küçük harf ile gösterilen "*TY x KOMB x İO"* etkileşimine ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır($p<0,05$).

Çizelge 4.23. Paçal un örneklerinin kombinasyon ve ikame oranlarına ait yaş gluten miktarı , gluten indeks ve su aktivitesi değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

KOMB	İO	Gluten miktarı %	Gluten indeks değeri %	Su aktivitesi %
	0	$30,60 \pm 2,14^{a}$	$67,30 \pm 1,44^{b}$	$0,457 \pm 0,018^{b}$
	20	$27,08 \pm 1,00^{b}$	$92,33 \pm 4,04^{a}$	$0,659 \pm 0,040^{a}$
	30	$27,26 \pm 0,79^{b}$	$90,41 \pm 5,25^{a}$	$0,634 \pm 0,045^{a}$
	40	$27,74 \pm 1,35^{b}$	$92,10 \pm 6,42^{a}$	$0,649 \pm 0,045^{a}$
Ahmetağa x Ekiz		28,01 ± 2,08	85,34 ± 11,16	$0,621 \pm 0,101^{a}$
KateA x Nacibey		28,33 ± 1,92	85,72 ± 12,40	$0,579 \pm 0,079^{b}$

Aynı sütundaki farklı küçük harflerle işaretlenmiş ikame oranlarına ve farklı italik harfler ile işaretlenmiş kombinasyon ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır($p<0,05$); İO: ikame oranı; KOMB: kombinasyon.

4.4.4. Solvent tutma kapasitesi, glutenin şişme indeksi ve makro-SDS sedimantasyon (MSDS) değeri

Paçal un örneklerinin solvent tutma kapasittesi ve makro SDS sedimantasyon (MSDS) değeri ve glutenin şişme indeksi değeri özelliklerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.24' de verilmiştir. Çalışmada "*kombinasyon (KOMB)*", "*ikame oranı (İO*)", "*KOMB x İO*" etkileşimi STK-laktik asit değeri bakımından çok önemli düzeyde etkili (*p<0,01*), "*TY x İO*" etkileşimi önemli düzeyde (*p<0,05*); STK-su değeri bakımından "*kombinasyon (KOMB)*", *ikame oranı (İO*)" , "*KOMB x İO*" etkileşimi ve "*TY x KOMB*" etkileşimi çok önemli etkili (*p<0,01*), üçlü etkileşimi önemli düzeyde (*p<0,05*); STK-sakkaroz değeri bakımından "*tavlama yöntemi (TY)"*, "*TY x İO*" etkileşimi ve üçlü etkileşimi önemli (*p<0,05*), "*ikame oranı (İO)*" ise %1 düzeyinde önemli; STK-sodyum karbonat değeri bakımından "*TY x KOMB*" etkileşimi %5, diğer faktörler %1 düzeyinde önemli; makro SDS sedimantasyon değeri bakımından ise yine "*tavlama yöntemi (TY)"* hariç, diğer faktörler önemli etkili *(p<0,01*); glutenin şişme indeksi (GSI) değeri üzerinde yalnız "*ikame oranı* (İO)"; gluten performans indeks (GPI) değeri bakımından "*TY x KOMB*" etkileşimi ve üçlü etkileşimi hariç diğer faktörler %1 düzeyinde önemli etkili bulunmuştur.

Paçal un örneklerinin solvent tutma özellikleri, makro-SDS sedimantasyon değeri, gluten performans indeksi ve gluten şişme indeksi değerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.25 ve Çizelge 4.26' da verilmiştir. Solvent tutma kapasitesi testleri Slade ve Levine (1994) tarafından un bileşenlerinin ayrı ayrı unun kalite özelliklerine etkisinin değerlendirilmesi için geliştirilen testlerdir ve daha sonra American Association of Cereal Chemists (AACC) metodu olmuştur (AACC Metod 56-11.02). Unun yapısındaki polimerik bileşenlerin su tutma özellikleri değerlendirilmektedir (Kweon vd., 2011). Testte kullanılan laktik asit (%5'lik) ile gluten gücü ve glutenin ağ yapısı; sodyum karbonat undaki zedelenmiş nişasta miktarı; sakkaroz (%50'lik) arobinoksilan (AX) içeriği ve su ile tüm bileşenler tarafından tutulan su miktarı ile ilişkilidir (Slade ve Levine, 1994; Haynes vd., 2009, Guzman vd., 2015; Karaduman, 2020). Birçok araştırmacı tarafından unların kalite değerlendirmesinde kullanılmaktadır (Duyvejonk vd., 2012; Hammed vd., 2015; Lindgren ve Simsek, 2016; Wessels vd., 2020; Karaduman vd., 2023, 2024ab). Solvent tutma kapasitesi laktik asit değerinin sakkaroz ve sodyum karbonat değerleri toplamına bölünmesi ile elde edilen Gluten performans indeksi, gluten kalite değerlendirmesi açısından

önerilmektedir (Kweon vd., 2011). Sulu zayıf asitlerde gluten proteinlerinin su alıp şişerek, belli bir süre sonunda çökme değerlerinin ölçüldüğü sedimantasyon analizi unların kalite değerlendirmesinde çok sıklıkla kullanılmaktadır (Guzman ve Ibba, 2013; Karaduman vd., 2023). SDS sedimantasyon değeri gluten miktar ve kalitesi ilişkili olup unların son kullanım kalitesinin tahminlenmesinde oldukça yarayışlı bir parametredir (Axford vd., 1979; Dick ve Quck, 1983; Guzman vd., 2016; Yüksel ve Elgün, 2020). Glutenin şişme indeksi (GSI) oldukça az miktarda örnekte (yaklaşık 40 mg) %70'lik alkolde çözünmeyen ve hamurun elastikiyetinden sorumlu gluteninin şişme özelliklerini değerlendirmekte ve yüksek değerler unların ekmek-yapım kalitesinin yüksekliğini göstermektedir (Wang ve Kovacs, 2002; Wessels, 2020; Karaduman, 2020; Akman ve Karaduman, 2021; Gong vd., 2023; Karaduman vd., 2023, 2024ab). Çalışmada tavlama yöntemleri arasında gluten kalite değerleri olan makro-SDS sedimantasyon, STK-laktik asit ve GSI değerleri bakımından istatistiki olarak önemli bir fark bulunmamıştır. STK-sakkaroz ve STK-sodyum karbonat değeri bakımından ultrason destekli tavlama klasik tavlamaya göre daha yüksek değerlere sahiptir. STK-sakkaroz undaki arobinoksilan içeriği ile ve STK-sodyum karbonat zedelenmiş nişasta içeriği ile ilişkilidir (Slade ve Levine, 1994; Haynes vd., 2009; Guzman vd., 2015; Karaduman, 2020). Arobinoksilanlar endosperm hücre duvarı bileşenleri olup (Toole vd., 2009) suyu tutma ve yüksek jel oluşturma, gluten ile interaksiyonu ile ağ yapısını güçlendirerek hamur reolojik özelliklerini ve ekmek hacmini olumlu etkileme ve bayatlamayı geciktirici özellikleri vardır (Boz, 2015). Çalışmada ultrason destekli tavlama öğütmede daha iyi bir kepek endosperm ayrışması sağlamış ve kepek tabakası daha az una karıştığından unun kül miktarı düşerken endosperm kaynaklı pentozan içeriği daha artmıştır. Bunun yanında ultrason destekli tavlama ile gluten yapısında S-S bağlarının artışı teşviki (Yüksel ve Elgün, 2020; Sing ve MacRitchie, 2001) ve endospermde yer alan arobinoksilanların gluten ile yaptıkları interaksiyonlar ile (Pomeranz, 1988) tane yapısı nisbeten dayanıklı hale getirmiş ve bunun sonucu değirmende öğütme sırasında valslere gösterilen direncin artışı ile zedelenmiş nişastanın artarak (Wang vd., 2020) STK-sodyum karbonat değerlerinin yükseldiği görülmüştür. Çalışmada ultrason destekli tavlamada daha yüksek STK-sakkaroz ve STK-sodyum karbonat değerleri gluten performans indeksini daha düşük olmasına neden olmuştur. Çalışmada ultrason destekli tavlama KateA x Nacibey kombinasyonunun ortalama makro-SDS sedimantasyon değeri istatistiki olarak en yüksek bulunmuştur (62,33 ml). Bu kombinasyonun klasik tavlama uygulamasında sedimantasyon değeri ise bunu takip etmiştir (60,00 ml). Ahmetağa x Ekiz kombinasyonunda ise KateA x

Nacibey kombinasyonuna göre daha düşük olmakla birlikte klasik tavlamada sedimantasyon değerleri daha yüksektir (55,83 ml). STK-sodyum karbonat değeri bakımından da ultrason destekli tavlama uygulaması KateA x Nacibey kombinasyonu %75,96 ile diğer uygulamalardan ayrılmıştır. Sedimantasyon değeri bakımından ultrason destekli tavlama KateA x Nacibey kombinasyonu %40 ikame oranı (67,0ml) öne çıkmış olup; %20 ve %30 ikame oranlarında da 65,0 ml civarında yüksektir. Bu kombinasyonun klasik tavlamada %30 ve %40 oranları bu düzeyde sedimantasyon değerine sahiptir. Ahmetağa x Ekiz kombinasyonu ise ultrason destekli tavlamada ikame unlarda 51,67-57,67 ml arasında; klasik tavlamada ise ikame unlarda 54,33-60,67 ml arasında sedimantasyon değeri vermiştir. Bu durum ultrason tavlamanın gluten kalitesine etkisinin çeşitlerin hücre duvarı özellikleri, polimerik ve monomerik protein alt birimleri farklılıkları gibi genetik farklılıklara göre değişebildiğini göstermiştir. Kontrol ekmeklik una göre tüm ikame unların STK-sodyum karbonat değeri düşüktür. Kontrol ekmeklik un değirmen birçok kademeden geçerek öğütüldüğü ve valslerin basıncına maruz kaldığı için yapısında nişasta daha fazla zedelenmiş (Morrisson ve Tester, 1994) ve STK-sodyum karbonat değerleri daha yüksek elde edilmiştir (%85,66). Genel olarak unlarda %70-75 arasında STK-sodyum karbonat değerleri değişmiştir. "*İkame oranı*" arttıkça gluten kalitesi ile ilişkili STK-laktik asit, GSI ve GPI değeri ve makro-SDS sedimantasyon değeri kontrol ekmeklik unda istatistiki olarak önemli düzeyde ($p<0,01$) artmıştır. Bu durum çeşitlere ait unların genotipik etkileri olduğu kadar ultrasonun olumlu etkisi ile de gluten yapısının güçlenmesinin bir etkisi olarak da değerlendirilebilir (Yüksel ve Elgün, 2020; Sing ve MacRitchie, 2001). Diğer STK parametreleri ise ikame oranı arttıkça azalmıştır. Bu durum yine kontrol una göre ikame unların muhtemelen daha düşük zedelenmiş nişasta içeriğinden kaynaklanmaktadır. Çalışmada KateA x Nacibey kombinasyonunun gluten kalitesi ile ilişkili STK-laktik asit, GSI ve makro-SDS sedimantasyon değerleri istatistiki olarak Ahmetağa x Ekiz kombinasyonuna göre daha yüksektir. Sonuçta; KateA x Nacibey kombinasyonunun ekmek-yapım kalitesi daha yüksek olarak değerlendirilebilir.

Çizelge 4.24. Paçal un örneklerinin solvent tutma özellikleri, makro-SDS sedimantasyon değeri, gluten performans indeksi ve gluten şişme indeksi değeri özelliklerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	STK-laktik asit %			STK-su %			Glutenin şişme indeksi (GSI)			Makro-SDS sedimantasyon değeri, ml		
		KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F
TY	1	5,234	5,234	2,074	1,411	1,411	1,555	0,011	0,011	1,659	1,333	1,333	2,783
İO	3	211,245	70,415	27,909**	161,035	53,678	59,148**	1,656	0,552	82,479**	662,167	220,722	460,638**
KOMB	1	483,807	483,807	191,755**	23,843	23,843	26,2723**	0,019	0,019	2,809	456,333	456,333	952,348**
TY *x* İO	3	23,655	7,885	3,125*	0,651	0,217	0,239	0,039	0,013	1,958	8,833	2,944	6,145**
KOMB *x* İO	3	169,816	56,605	22,4352**	38,323	12,774	14,0762**	0,025	0,008	1,233	159,167	53,056	110,725**
TY *x* KOMB	1	5,287	5,287	2,095	21,507	21,507	23,699**	0,006	0,006	0,942	48,000	48,000	100,174**
TY *x* İO *x*	3	5,803	1,934	0,767	9,952	3,317	3,655*	0,010	0,003	0,504	26,500	8,833	18,435**
Hata	32	80,738	2,523		29,041	0,908		0,214	0,007		15,333	0,479	
Toplam	47	985,583			285,763			1,981			1377,667		

VK	SD	STK-sakkaroz %			STK-sodyum karbonat %			Gluten performans indeksi (GPI)		
		KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F
TY	1	13,420	13,420	7,201*	28,939	28,939	31,040**	0,003	0,003	27,025**
İO	3	737,513	245,838	131,911**	2030,834	676,945	726,094**	0,130	0,043	364,995**
KOMB	1	0,010	0,010	0,006	8,126	8,126	8,716**	0,017	0,017	145,856**
TY *x* İO	3	23,929	7,977	4,280*	11,182	3,727	3,998*	0,003	0,001	7,657**
KOMB *x* İO	3	10,506	3,502	1,879	17,088	5,696	6,109**	0,007	0,002	19,326**
TY *x* KOMB	1	4,344	4,344	2,331	6,939	6,939	7,443*	0,000	0,000	1,092
TY *x* İO *x*	3	16,703	5,568	2,987*	16,569	5,523	5,924**	0,000	0,000	0,136
Hata	32	59,637	1,864		29,834	0,932		0,004	0,000	
Toplam	47	866,062			2149,510			0,165		

*: *p<0,05* düzeyinde önemli; **: *p<0,01* düzeyinde önemli; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi, KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması; GPI: Gluten performans indeks değeri: STK-laktik asit/((STK-sakkaroz+STK-sodyum karbonat)); GSI: Glutenin şişme indeksi değeri; TY:tavlama yöntemi; İO:ikame oranı, KOMB: kombinasyon

Çizelge 4.25. Paçal un örneklerinin solvent tutma özellikleri, makro-SDS sedimantasyon değeri, gluten performans indeksi (GPI) ve gluten şişme indeksi (GSI) değeri özelliklerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

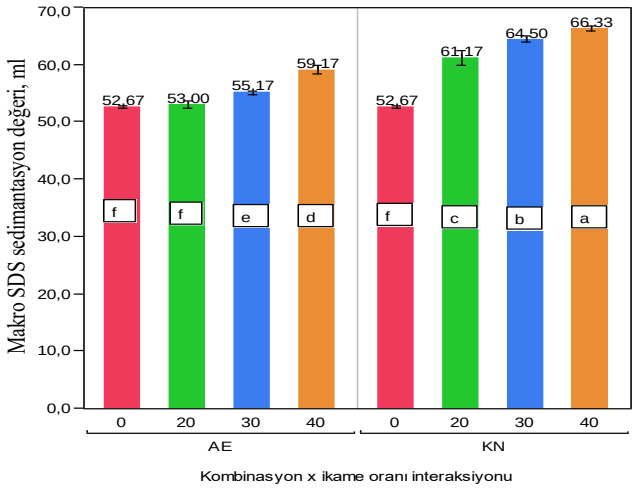
TY	KOMB	İO	Makro-SDS sedimantasyon değeri	STK-sakkaroz %	STK-laktik asit %	STK-su %	STK-sodyum karbonat %	Gluten performans indeksi	Glutenin şişme indeksi
Klasik tavlama	Ahmetağa *x* Ekiz	0	52,67 ± 0,58^{h}	88,97 ± 1,92^{a}	100,91 ± 0,29	66,35 ± 0,39^{a}	85,66 ± 0,65^{a}	0,58 ± 0,01	3,21 ± 0,10
		20	54,33 ± 0,58^{g}	80,09 ± 0,25^{c-f}	100,23 ± 0,93	63,56 ± 0,62^{b-d}	68,85 ± 0,79^{fg}	0,67 ± 0,00	3,52 ± 0,05
		30	55,67 ± 0,58^{f}	78,26 ± 0,58^{f}	101,74 ± 0,53	60,19 ± 1,25^{g}	68,69 ± 0,67^{fg}	0,69 ± 0,00	3,50 ± 0,10
		40	60,67 ± 0,58^{d}	79,06 ± 0,33^{ef}	103,88 ± 1,78	62,75 ± 0,58^{c-e}	71,16 ± 0,83^{c-e}	0,69 ± 0,01	3,70 ± 0,06
		Ortalama	55,83 ± 3,16^{c}	81,60 ± 4,58	101,69 ± 1,69	63,21 ± 2,39	73,59 ± 7,38^{b}	0,66 ± 0,05	3,48 ± 0,20
	KateA *x* Nacibey	0	52,67 ± 0,58^{h}	88,97 ± 1,92^{a}	100,91 ± 0,29	66,35 ± 0,39^{a}	85,66 ± 0,65^{a}	0,58 ± 0,01	3,21 ± 0,10
		20	58,33 ± 1,15^{e}	78,05 ± 0,61^{f}	108,28 ± 0,56	61,12 ± 0,66^{fg}	69,96 ± 0,37^{ef}	0,73 ± 0,01	3,55 ± 0,04
		30	63,33 ± 0,58^{c}	79,76 ± 1,53^{d-f}	109,26 ± 2,60	62,03 ± 0,72^{d-f}	71,15 ± 0,63^{c-e}	0,72 ± 0,02	3,62 ± 0,03
		40	65,67 ± 1,15^{b}	82,12 ± 0,80^{bc}	111,04 ± 1,73	63,63 ± 0,43^{bc}	67,84 ± 0,65^{g}	0,74 ± 0,01	3,81 ± 0,15
		Ortalama	60,00 ± 5,27^{b}	82,23 ± 4,49	107,38 ± 4,26	63,28 ± 2,13	73,65 ± 7,36^{b}	0,69 ± 0,07	3,55 ± 0,24
	Ortalama		57,92 ± 4,75	81,91 ± 4,45^{B}	104,53 ± 4,30	63,25 ± 2,22	73,62 ± 7,21^{B}	0,68 ± 0,06^{A}	3,51 ± 0,22
Ultrason destekli tavlama	Ahmetağa *x* Ekiz	0	52,67 ± 0,58^{h}	88,97 ± 1,92^{a}	100,91 ± 0,29	66,35 ± 0,39^{a}	85,66 ± 0,65^{a}	0,58 ± 0,01	3,21 ± 0,10
		20	51,67 ± 0,58^{h}	78,84 ± 0,76^{f}	97,63 ± 3,25	61,79 ± 1,10^{ef}	69,81 ± 0,20^{ef}	0,66 ± 0,02	3,46 ± 0,04
		30	54,67 ± 0,58^{fg}	81,28 ± 1,35^{c-e}	102,55 ± 0,48	58,55 ± 2,85^{h}	70,87 ± 0,35^{de}	0,67 ± 0,01	3,55 ± 0,01
		40	57,67 ± 0,58^{e}	83,92 ± 1,79^{b}	100,37 ± 3,14	62,17 ± 0,71^{c-f}	71,18 ± 1,04^{c-e}	0,65 ± 0,02	3,69 ± 0,03
		Ortalama	54,17 ± 2,44^{d}	83,25 ± 4,14	100,37 ± 2,68	62,22 ± 3,19	74,38 ± 6,84^{b}	0,64 ± 0,04	3,48 ± 0,19
	KateA *x* Nacibey	0	52,67 ± 0,58^{h}	88,97 ± 1,92^{a}	100,91 ± 0,29	66,35 ± 0,39^{a}	85,66 ± 0,65^{a}	0,58 ± 0,01	3,21 ± 0,10
		20	64,00 ± 0,00^{c}	77,97 ± 1,09^{f}	109,26 ± 0,40	63,48 ± 0,75^{b-d}	72,62 ± 0,40^{bc}	0,73 ± 0,00	3,45 ± 0,07
		30	65,67 ± 0,58^{b}	81,90 ± 1,97^{b-d}	110,44 ± 0,70	64,96 ± 0,04^{ab}	72,45 ± 2,93^{b-d}	0,72 ± 0,01	3,66 ± 0,13
		40	67,00 ± 1,00^{a}	81,89 ± 0,71^{b-d}	108,91 ± 2,09	65,07 ± 0,35^{ab}	73,12 ± 0,73^{b}	0,70 ± 0,01	3,65 ± 0,08
		Ortalama	62,33 ± 5,96^{a}	82,68 ± 4,35	107,38 ± 4,06	64,97 ± 1,13	75,96 ± 6,00^{a}	0,68 ± 0,06	3,49 ± 0,21
	Ortalama		58,25 ± 6,10	82,97 ± 4,16^{A}	103,87 ± 4,92	63,59 ± 2,73	75,17 ± 6,35^{A}	0,66 ± 0,06^{B}	3,48 ± 0,20

Aynı sütunda büyük harf ile işaretlenmiş "TY", italik harf ile işaretlenmiş *"TY x KOMB"* etkileşimi ve küçük harf ile gösterilen "*TY x KOMB x İO"* etkileşimine ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır($p<0,05$), TY:Tavlama yöntemi; İO:İkame oranı, KOMB: Kombinasyon

Çizelge 4.26. Paçal un örneklerinin kombinasyon ve ikame oranlarına ait solvent tutma özellikleri, makro-SDS sedimantasyon değeri, gluten performans indeksi ve glutenin şişme indeksi değeri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

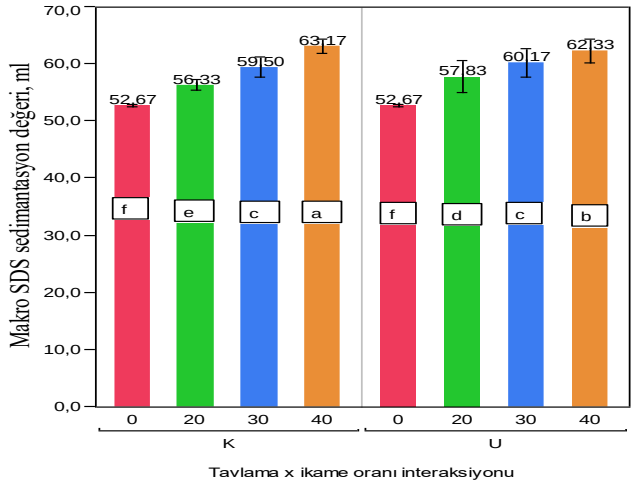
KOMB	İO	Makro-SDS sedimantasyon değeri	STK-sakkaroz %	STK-laktik asit %	STK-su %	STK-sodyum karbonat %	Gluten performans indeksi	Glutenin şişme indeksi
	0	52,67 ± 0,49^{d}	88,97 ± 1,64^{a}	100,91 ± 0,25^{c}	66,35 ± 0,33^{a}	85,66 ± 0,55^{a}	0,58 ± 0,01^{b}	3,21 ± 0,08^{d}
	20	57,08 ± 4,89^{c}	78,74 ± 1,09^{d}	103,85 ± 5,44^{b}	62,49 ± 1,30^{c}	70,31 ± 1,52^{b}	0,70 ± 0,04^{a}	3,50 ± 0,06^{c}
	30	59,83 ± 4,99^{b}	80,30 ± 1,92^{c}	106,00 ± 4,23^{a}	61,43 ± 2,83^{d}	70,79 ± 1,93^{b}	0,70 ± 0,02^{a}	3,58 ± 0,10^{b}
	40	62,75 ± 4,00^{a}	81,75 ± 2,03^{b}	106,00 ± 4,78^{a}	63,40 ± 1,23^{b}	70,83 ± 2,11^{b}	0,70 ± 0,04^{a}	3,71 ± 0,10^{a}
Ahmetağa *x* Ekiz		55,00 ± 2,89^{b}	82,42 ± 4,35	101,30 ± 2,30^{b}	62,71 ± 2,80^{b}	73,98 ± 6,97^{b}	0,65 ± 0,05^{b}	3,48 ± 0,19
KateA *x* Nacibey		61,17 ± 5,63^{a}	82,45 ± 4,33	107,38 ± 4,07^{a}	64,12 ± 1,88^{a}	74,81 ± 6,67^{a}	0,69 ± 0,07^{a}	3,52 ± 0,22

Aynı sütundaki farklı küçük harflerle işaretlenmiş ikame oranlarına ve farklı italik harfler ile işaretlenmiş kombinasyon ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır($p<0,05$); İO: ikame oranı; KOMB: kombinasyon



Şekil 4.9. Paçal un örneklerinin makro-SDS sedimantasyon değeri bakımından *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi**.**

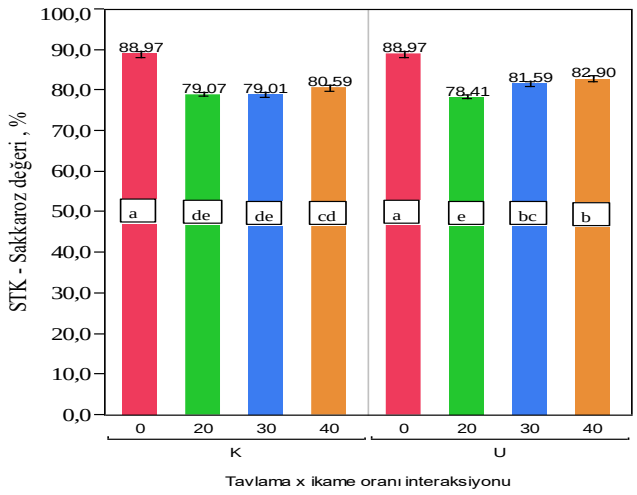
Farklı harfler ile işaretlenmiş ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$); AE: Ahmetağa *x* Ekiz; KN: KateA *x* Nacibey



Şekil 4.10. Paçal un örneklerinin makro-SDS sedimantasyon değeri bakımından *"tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi.

Farklı harfler ile işaretlenmiş ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$); U: ultrason destekli tavlama; K: klasik tavlama

Paçal un örneklerinin makro-SDS sedimantasyon değeri bakımından "*kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi ve "*tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da sırasıyla gösterilmiştir. Kontrole göre ikame oranlarının sedimantasyon değeri yüksek bulunmuş ve ikame oranına paralel olarak artmıştır. KateA *x* Nacibey kombinasyonu bariz şekilde tüm ikame oranlarında Ahmetağa *x* Ekiz kombinasyonların üzerinde sedimantasyon değerine sahip olmuştur. KateA *x* Nacibey kombinasyonunun %40 ikame oranı makro-SDS sedimentasyon değeri 62,33 ml ile en yüksek değere sahiptir. Sedimantasyon değeri Ahmetağa *x* Ekiz kombinasyonun %40 ikame oranında en fazla 59,17 ml olmuştur (Şekil 4.9). Klasik tavlamanın %40 oranında en yüksek sedimantasyon değeri elde edilse de (63,17 ml); ultrason destekli tavlama uygulaması ile %30 ve %40 ikame oranlarında da 60,0 ml'nin üzerinde makro-SDS sedimantasyon değerleri elde edilmesi dikat çekmiştir. Klasik tavlama uygulamasının %30 ikame oranında ise sedimantasyon değeri 59,50 ml'dir (Şekil 4.9).

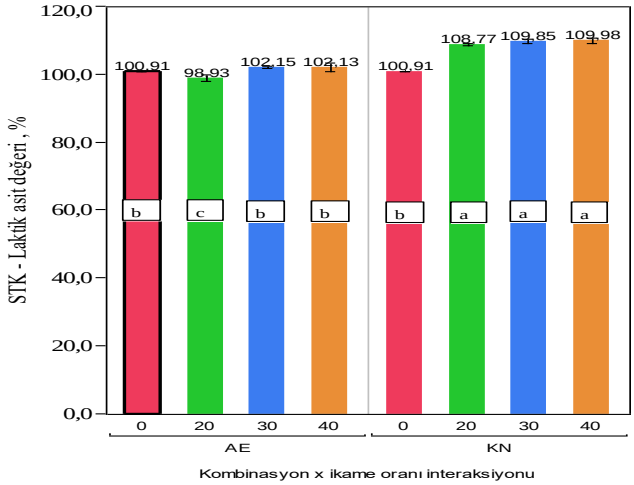


Şekil 4.11. Paçal un örneklerinin STK-sakkaroz değeri bakımından *"tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi.

Farklı harfler ile işaretlenmiş ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$); U: ultrason destekli tavlama; K: klasik tavlama

Paçal un örneklerinin STK-sakkaroz değeri bakımından *"tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi Şekil 4.11' de gösterilmiştir. Kontrole göre her iki tavlama yönttеminde de STK-sakkaroz değerleri düşük olarak elde edilmiştir. Ultrason destekli tavlama (U) %30 ve %40 ve klasik tavlama yöntemi (K) %40 ikame oranlarında STK-sakkaroz değerleri

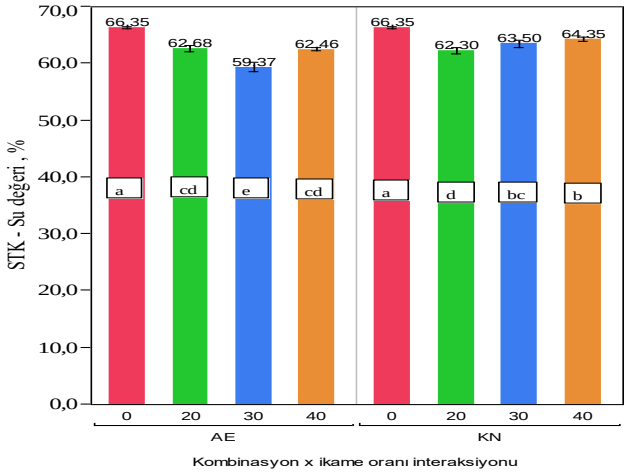
%80,0 ve üzerindedir. STK-sakkaroz değeri endosperm arobinoksilan içeriği ile ilişkilidir (Kweon vd., 2011), ultrason uygulamasının endosperm hücre duvarlarında arobinoksilanlara etki ederek serbest hale geçmesini hızlandırdığı düşünülmektedir. Arobinoksilanlar hamur viskoelastik yapısının iyileşmesinde olumlu etki yaptıklarından bu durum ultrason destekli tavlama için olumlu bir etki olarak değerlendirilmiştir (Pomeranz, 1988).



Şekil 4.12. Paçal un örneklerinin STK-laktik asit değeri bakımından *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi.

Farklı harfler ile işaretlenmiş ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$); AE: Ahmetağa *x* Ekiz; KN: KateA *x* Nacibey

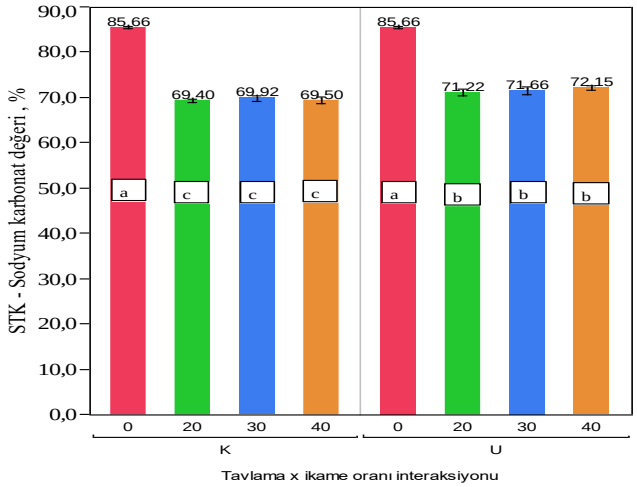
Paçal un örneklerinin STK-laktik asit değeri bakımından *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi Şekil 4.12'de gösterilmiştir. STK-laktik asit değeri gluten kalitesi ile ilişkili olup yüksek değerler yüksek gluten gücünü gösterir (Karaduman vd., 2019; Guzman vd., 2016; Wessels vd., 2020). KateA *x* Nacibey kombinasyonunda kontrole göre STK-laktik asit değerlerinin tüm ikame oranlarında yüksek olması ve %110'lar civarı gerçekleşmesi dikkat çekmiştir. Ahmetağa *x* Ekiz kombinasyonunda %30 ve %40 ikame oranlarında sınırlı bir artış olmuştur (%102,0 civarında). Bu durum çeşitlerin genetik yapısı yanında ultrason destekli tavlamanın KateA *x* Nacibey kombinasyonunda gluten kalitesinin arttırılması üzerinde daha olumlu etkisi olarak değerlendirilmiştir (Yüksel ve Elgün, 2020; Sing ve MacRitchie, 2001).



Şekil 4.13. Paçal un örneklerinin STK-su değeri bakımından *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi.

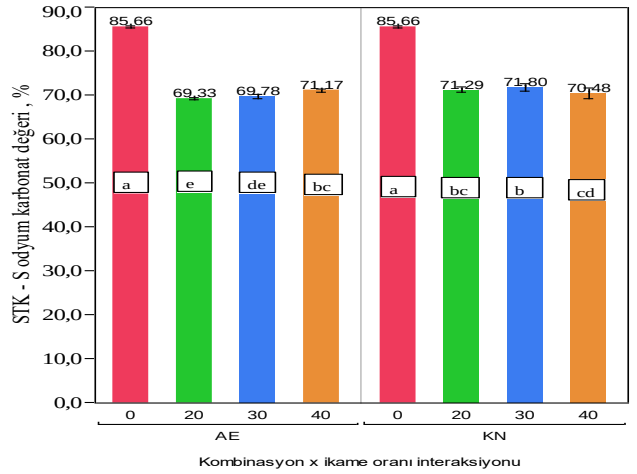
Farklı harfler ile işaretlenmiş ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$); AE: Ahmetağa *x* Ekiz; KN: KateA *x* Nacibey

Paçal un örneklerinin STK-su değeri bakımından *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi Şekil 4.13'de gösterilmiştir. Kontrol ekmeklik un üretimi sırasında daha fazla vals basıncına maruz kaldığından zedelenmiş nişasta miktarının fazlalığı STK-su değerini yükseltmiştir (Morrisson ve Tester, 1994). Çalışmada çeşitlerin tane sertlik özelliklerinin benzer olması KateA *x* Nacibey kombinasyonunda daha yüksek STK-su değerinin ortaya çıkması ultrason destekli tavlamanın bu çeşitler üzerinde gluten kalitesinin arttırılması üzerinde daha olumlu etkisi olduğunu ve iyileşen gluten yapısı ile daha fazla suyun tutulduğu şeklinde değerlendirilmiştir (Yüksel ve Elgün, 2020; Sing ve MacRitchie, 2001).



Şekil 4.14. Paçal un örneklerinin STK-sodyum karbonat değeri etkileşimi *"tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi.

Farklı harfler ile işaretlenmiş ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$); U: ultrason destekli tavlama; K: klasik tavlama

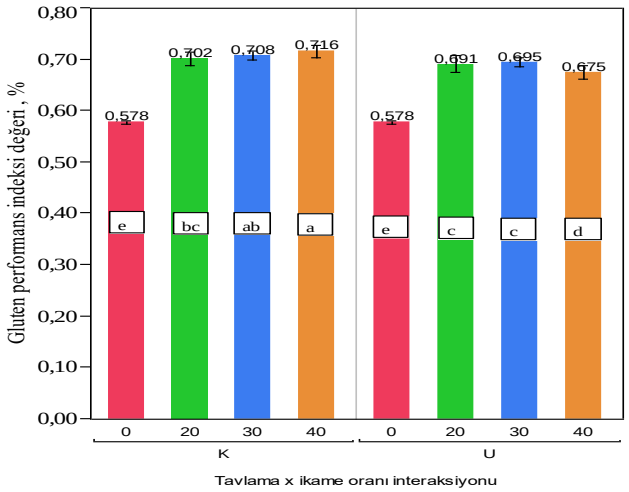


Şekil 4.15. Paçal un örneklerinin STK-sodyum karbonat değeri bakımından *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi.

Farklı harfler ile işaretlenmiş ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$); AE: Ahmetağa *x* Ekiz; KN: KateA *x* Nacibey

Paçal un örneklerinin STK-sodyum karbonat değeri bakımından "*tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi ve "*kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi Şekil 4.14 ve Şekil 4.15'da sırasıyla gösterilmiştir. STK-sodyum karbonat değeri zedelenmiş nişasta miktarı ile ilgilidir. STK-su değerinde olduğu gibi kontrol ekmeklik un üretimi sırasında daha fazla vals

basıncına maruz kaldığından zedelenmiş nişasta miktarının fazlalığı STK-sakkaroz değerini yükseltmiştir (Morrisson ve Tester, 1994). Çalışmada ultrason destekli tavlamanın gluten yapısını güçlendirme ile tane sertlik artışına bir miktar neden olduğu ve öğütmede zedelenmiş nişasta artışına bağlı olarak tüm ikame oranlarında %70,0'ın üzerinde ve klasik tavlamanın üzerinde STK-sodyum karbonat değerlerine ulaşıldığı düşünülmektedir. STK-su değerinde olduğu gibi KateA *x* Nacibey kombinasyonunda da daha yüksek STK-sodyum karbonat değerleri bulunmuştur (>%70,0).



Şekil 4.16. Paçal un örneklerinin gluten performans indeksi (GPI) değeri bakımından *"tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi.

Farklı harfler ile işaretlenmiş ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$); U: ultrason destekli tavlama; K: klasik tavlama

Paçal un örneklerinin gluten performans indeksi değeri bakımından *"tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi Şekil 4.16'da gösterilmiştir. Gluten performans indeksi (GPI) gluten kalitesinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. STK-laktik asit değerinin STK-sakkaroz ve STK-sodyum karbonat bölünmesi ile elde edilmektedir. Yüksek değerler güçlü gluten kalitesi gösterse de (Jeon vd., 2019; Kweon vd., 2011) kontrol ekmeklik unda oldukça düşük değerler (0,578) ve ultrason destekli tavlamada GPI değerlerinin daha düşük (0,70'e yakın) olmasının nedeni STK-sakkaroz ve sodyum karbonat değerlerinin daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.

4.4.5. Gluten agregasyon özellikleri (GlutoPeak)

Paçal un örneklerinin gluetn agregasyon (GlutoPeak) değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.27'de verilmiştir. Çalışmada "*ikame oranı (İO)"* BM değeri bakımından çok önemli düzeyde etkili bulunmuştur (*p<0,01*). "*Kombinasyon (KOMB)"*, "*İkame oranı (İO*)", ve "*KOMB x İO*" etkileşimi BEM değeri bakımından %1 düzeyinde önemli etkili, "tavlama yöntemi (TY)" ve "*TY x İO* " etkileşimi önemli düzeyde etkili bulunmuştur (*p<0,05*). *"Kombinasyon (KOMB)"*, "*İkame oranı (İO)"*, ve " *KOMB x İO* " etkileşimi PMT değeri ve PM değeri bakımından çok önemli düzeyde etkili olduğu bulunmuştur (*p<0,01*).

Çizelge 4.27. Paçal un örneklerinin GlutoPeak değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	GlutoPeak BM değeri GPU			GlutoPeak BEM değeri GPU			GlutoPeak PMT değeri s			GlutoPeak PM değeri GPU		
		KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F
TY	1	2,083	2,083	0,571	5,333	5,333	6,564*	9,188	9,188	1,275	1,333	1,333	1,939
İO	3	748,917	249,639	68,472**	1741,333	580,444	714,393**	4284,396	1428,132	198,122**	187,500	62,500	90,909**
KOMB	1	5,333	5,333	1,463	90,750	90,750	111,692**	581,021	581,021	80,604**	140,083	140,083	203,758**
TY *x* İO	3	1,583	0,528	0,145	7,333	2,444	3,009*	28,229	9,410	1,305	4,167	1,389	2,020
KOMB *x* İO	3	18,000	6,000	1,646	32,250	10,750	13,231**	209,063	69,688	9,668**	50,417	16,806	24,444**
TY *x* KOMB	1	5,333	5,333	1,463	0,083	0,083	0,103	17,521	17,521	2,431	0,750	0,750	1,091
TY *x* İO *x*	3	13,333	4,444	1,219	3,583	1,194	1,470	48,896	16,299	2,261	1,417	0,472	0,687
Hata	32	116,667	3,646		26,000	0,813		230,667	7,208		22,000	0,688	
Toplam	47	911,250			1906,667			5408,979			407,667		

*: *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; BM: maksimum torktan 15 s önceki tork; PM: maksimum torktan 15 s sonraki tork; TY: tavlama yöntemi; KOMB: kombinasyon; İO: ikame oranı

Paçal un örneklerinin GlutoPeak değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.28 ve Çizelge 4.29'da sırasıyla verilmiştir.

GlutoPeak cihazı gluten oluşum zamanı, oluşumundan önceki, oluşum tamamlandığındaki gücü ve daha sonra zayıflaması ve oluşan eğrinin alanının hesaplanması ile enerji değeri gibi gluten özelliklerinin belirlenmesini sağlamakta; bu amaçla hızlı ve çok az numuneye ihtiyaç duyarak un kalite özelliklerini ortaya koymaktadır (Melnky vd., 2011; Chandi ve Seetharaman, 2012; Marti vd., 2013; Karaduman vd., 2015; Wang vd., 2018; Rakita vd., 2018; Malegori vd., 2018; Savaşlı vd., 2019; Çeliker, 2019; Karaduman vd., 2019; Şahin vd., 2020; Türksoy ve Onar, 2022; Karaduman vd., 2023; 2024a,b). GlutoPeak cihazında elde edilen maksimum tork (BEM); gluten maksimum torka ulaşmak için geçen zamanı (PMT); maksimum torktan 15 s önceki tork (BM) ve maksimum torktan 15 s sonraki tork (PM) değerleri ile elde edilen parametreler ile un, hamur ve son ürün kalitesi ile ilişkileri ortaya koyacak bir çok araştırma yapılmıştır. PMT değeri ile alveograf indeks değeri arasında pozitif ilişki belirtilmiştir (Marti vd., 2019). GlutoPeak BEM, PMT ve PM değerinin yüksek olması yüksek ekmek-yapım kalitesinin göstergesi olduğu vurgulanmıştır (Karaduman vd., 2019). PMT değerinin yüksek olması gluten gücü için iyi bir gösterge olduğu (Sissons, 2016) ve BEM değerinin yüksek ekmeklik kaliteyi gösterdiği ifade edilmiştir (Rakita vd., 2018). Karaduman vd. (2019) yaptıkları çalışmada tam buğday unlarının gluten kalitesinin tahminlenmesinde GlutoPeak parametrelerinden özellikle BEM ve PM değerlerinin etkisini önemli düzeyde görmüşlerdir. Karaduman vd. (2020) yine yaptıkları çalışmada çok zayıf gluten gücüne sahip bisküvilik hamurlarda PMT ve BM değerleri ayırt edici olmuş; zayıf hamurlarda gluten kalitesi yükseldiğinde bu iki değerin yükseldiği görülmüştür. Mu vd. (2022) yaptıkları çalışmada PMT değeri farinograf hamur gelişme süresi ve ekstensograf uzama kabiliyeti ile BEM değeri ise farinograf su absorpsiyonu ve stabilitesi ve ekstensograf uzama kabiliyeti, maksimum direnç ve alanı ile önemli bir ilişki göstermiştir. Tüm bu çalışmalara bakıldığında un türü, çeşitler arasındaki genetik potansiyel farklılıkları, GlutoPeak cihazında kullanılan çözeltilere göre bazı araştırmacılar tarafından GlutoPeak parametreleri farklı bir şekilde değerlendirilebilmektedir. Çalışmada maksimum tork (BEM) bakımından ultrason destekli tavlamada bir miktar düşüş gözlenmiştir (68,3 GPU). GlutoPeak BM, PMT ve PM değerleri bakımından tavlama uygulamaları arasında önemli bir farklılık bulunmamış; daha kısa sürede ıslatma suyuna uygulanan ultrason tavlama işlemi için bu durum olumlu olarak

değerlendirilmiştir. Çalışmada "*ikame oranı*" arttıkça GlutoPeak BM, BEM ve PM değerleri makro-SDS sedimantasyon (MSDS), STK-laktik asit ve GPI ve GSI değerlerinin aksine ikame unlarda kontrole göre düşüktür. İkame oranı artışı ile PMT değeri bu parametrelere benzer şekilde artması cihazda elde edilen PMT değerinin gluten kalite değerlendirmesinde önemini göstermiştir. Çalışmada MSDS değeri ve STK-laktik asit değeri Ahmetağa x Ekiz kombinasyonuna göre daha yüksek olarak bulunan KateA x Nacibey kombinasyonunun yine BEM ve PM değerleri yüksek, PMT değeri ise daha kısadır (41,5 s) (Çizelge 4.29). Çalışmada GlutoPeak BEM ve PM değerleri gluten agregasyon özellikleri için ayırt edici bir özellik göstermiştir.

Çizelge 4.28. Paçal un örneklerinin GlutoPeak değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

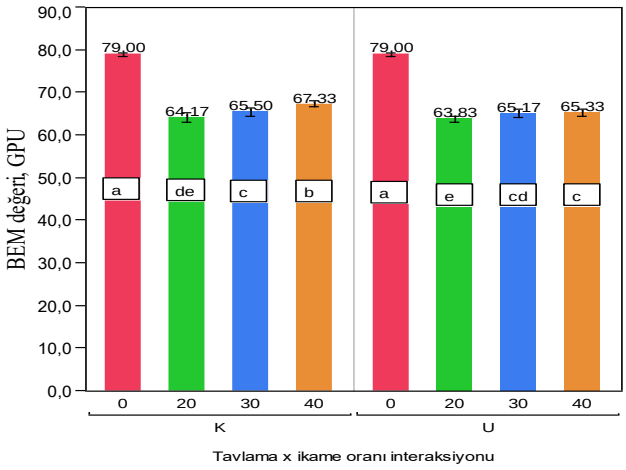
TY	KOMB	İO	GlutoPeak BM değeri GPU	GlutoPeak BEM değeri GPU	GlutoPeak PMT değeri s	GlutoPeak PM değeri GPU
Klasik tavlama	Ahmetağa x Ekiz	0	33,3 ± 1,53	79,0 ± 1,00	28,6 ± 0,58	53,3 ± 0,58
		20	22,0 ± 0,00	61,6 ± 0,58	57,0 ± 2,00	45,3 ± 0,58
		30	24,0 ± 1,00	63,6 ± 0,58	54,3 ± 1,53	46,3 ± 1,15
		40	26,3 ± 1,15	66,0 ± 1,00	53,3 ± 1,53	48,6 ± 0,58
		Ortalama	26,4 ± 4,56	67,5 ± 7,10	48,3 ± 12,01	48,4 ± 3,29
	KateA x Nacibey	0	33,3 ± 1,53	79,0 ± 1,00	28,6 ± 0,58	53,3 ± 0,58
		20	25,0 ± 1,73	66,6 ± 0,58	47,6 ± 2,08	50,6 ± 0,58
		30	25,3 ± 3,06	67,3 ± 1,53	48,0 ± 4,58	52,0 ± 2,00
		40	27,3 ± 0,58	68,6 ± 1,15	46,0 ± 3,61	52,3 ± 0,58
		Ortalama	27,7 ± 3,86	70,4 ± 5,32	42,5 ± 8,84	52,0 ± 1,38
	Ortalama		27,0 ± 4,19	69,0 ± 6,30^{A}	45,4 ± 10,72	50,2 ± 3,10
Ultrason destekli tavlama	Ahmetağa x Ekiz	0	33,3 ± 1,53	79,0 ± 1,00	28,6 ± 0,58	53,3 ± 0,58
		20	22,3 ± 0,58	62,3 ± 0,58	54,0 ± 4,58	45,6 ± 0,58
		30	23,0 ± 1,00	63,0 ± 1,00	57,0 ± 2,00	47,0 ± 0,00
		40	28,0 ± 5,29	63,6 ± 0,58	55,0 ± 4,58	47,3 ± 0,58
		Ortalama	26,6 ± 5,21	67,0 ± 7,29	48,6 ± 12,46	48,3 ± 3,11
	KateA x Nacibey	0	33,3 ± 1,53	79,0 ± 1,00	28,6 ± 0,58	53,3 ± 0,58
		20	22,6 ± 0,58	65,3 ± 0,58	45,3 ± 3,06	50,6 ± 0,58
		30	25,6 ± 1,15	67,3 ± 0,58	41,3 ± 3,06	51,0 ± 1,00
		40	25,0 ± 1,73	67,0 ± 1,00	46,6 ± 1,53	51,0 ± 1,00
		Ortalama	26,6 ± 4,33	69,6 ± 5,73	40,5 ± 7,68	51,5 ± 1,31
	Ortalama		26,6 ± 4,69	68,3 ± 6,55^{B}	44,5 ± 10,95	49,9 ± 2,84

Aynı sütunda büyük harf ile işaretlenmiş "TY", italik harf ile işaretlenmiş *"TY x KOMB"* etkileşimi ve küçük harf ile gösterilen "*TY x KOMB x İO"* etkileşimine ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır($p<0,05$), TY:Tavlama yöntemi; İO: İkame oranı, KOMB: Kombinasyon; PMT: pik maksimum zaman; BEM: maksimum tork; BM: maksimum torktan 15 s önceki tork; PM: maksimum torktan 15 s sonraki tork

Çizelge 4.29. Paçal un örneklerinin kombinasyon ve ikame oranlarına ait GlutoPeak değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

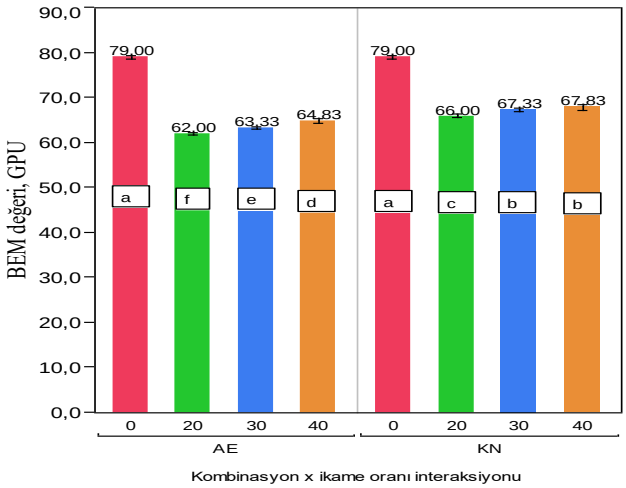
KOMB	İO	GlutoPeak BM değeri GPU	GlutoPeak BEM değeri GPU	GlutoPeak PMT değeri s	GlutoPeak PM değeri GPU
	0	33,3 ± 1,30^{a}	79,0 ± 0,85^{a}	28,6 ± 0,49^{b}	53,3 ± 0,49^{a}
	20	23,0 ± 1,48^{c}	64,0 ± 2,22^{d}	51,0 ± 5,58^{a}	48,0 ± 2,75^{d}
	30	24,5 ± 1,88^{c}	65,3 ± 2,27^{c}	50,1 ± 6,83^{a}	49,0 ± 2,78^{c}
	40	26,6 ± 2,71^{b}	66,3 ± 2,06^{b}	50,2 ± 4,92^{a}	49,8 ± 2,12^{b}
Ahmetağa *x* Ekiz		26,5 ± 4,79	67,2 ± 7,04^{b}	48,5 ± 11,97^{a}	48,3 ± 3,13^{b}
KateA *x* Nacibey		27,2 ± 4,05	70,0 ± 5,42^{a}	41,5 ± 8,17^{b}	51,7 ± 1,35^{a}

Aynı sütundaki farklı küçük harflerle işaretlenmiş ikame oranlarına ve farklı italik harfler ile işaretlenmiş kombinasyon ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$); PMT: peak maksimum zaman; BEM: maksimum tork; BM: maksimum torktan 15 s önceki tork; PM: maksimum torktan 15 s sonraki tork; İO: ikame oranı; KOMB: kombinasyon



Şekil 4.17. Paçal un örneklerinin GlutoPeak BEM değeri bakımından *"tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi.

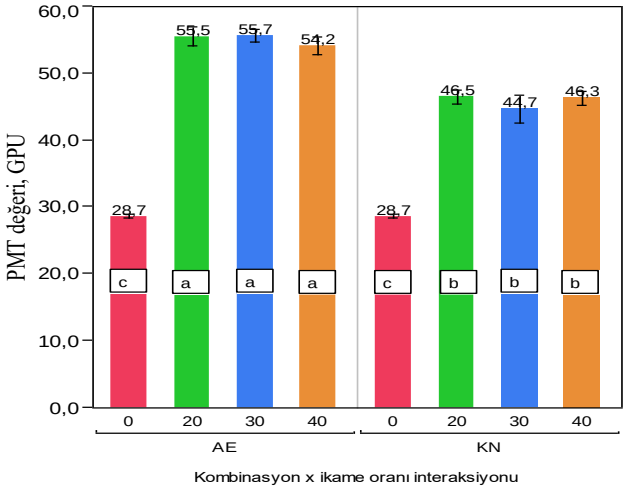
Farklı harfler ile işaretlenmiş ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$); U: ultrason destekli tavlama; K: klasik tavlama



Şekil 4.18. Paçal un örneklerinin GlutoPeak BEM değeri bakımından *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi.

Farklı harfler ile işaretlenmiş ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$); AE: Ahmetağa *x* Ekiz; KN: KateA *x* Nacibey

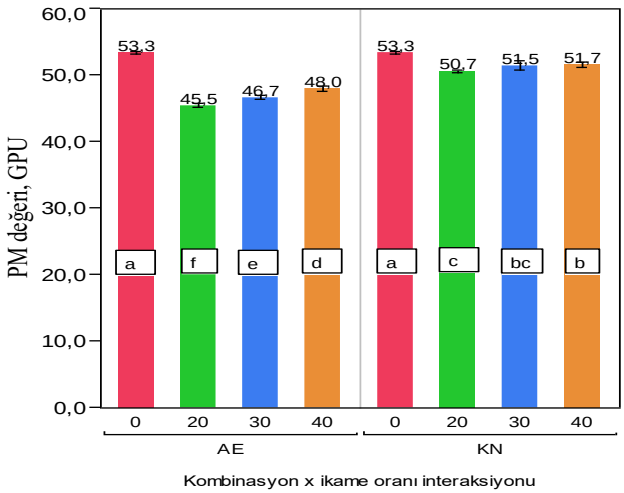
Paçal un örneklerinin GlutoPeak BEM değeri bakımından *"tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi ve *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi Şekil 4.17 ve Şekil 4.18'de sırasıyla gösterilmiştir. Çalışmada klasik tavlama uygulaması %40 ikame oranında BEM değeri 67,33 GPU ile diğer örneklerden daha yüksek değer vermiştir. Diğer unlarda ise BEM değeri yaklaşık 64,0-65,0 GPU arasında benzer olmuştur. STK-laktik asit değerleri yüksek olan KateA *x* Nacibey kombinasyonu ikame oranlarının BEM değerlerinin de yüksek olması BEM değerinin ayırt edici özelliğini göstermiştir (66,0-68,0 GPU arasında).



Şekil 4.19. Paçal un örneklerinin GlutoPeak PMT değeri bakımından *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi.

Farklı harfler ile işaretlenmiş ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$); AE: Ahmetağa *x* Ekiz; KN: KateA *x* Nacibey

Paçal un örneklerinin GlutoPeak PMT değeri bakımından *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi Şekil 4.19'da gösterilmiştir. Çalışmamızda KateA *x* Nacibey kombinasyonu ikame oranları PMT değerleri BEM değerlerinin aksine düşük olarak elde edilmiştir. Gluten kalite fizikokimyasal özellikleri daha düşük olan Ahmetağa *x* Ekiz kombinasyonunda ikame oranlarında PMT değerleri 55,0 s civarında iken; KateA *x* Nacibey kombinasyonu ikame oranlarında 45,0 s civarına düşmüştür. Bu durum gluten kalitesi iyileştikçe gluten oluşumunu hızlandığı ve bunun için PMT değerinin düştüğünü göstermiştir.



Şekil 4.20. Paçal un örneklerinin GlutoPeak PM değeri bakımından *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi.

Farklı harfler ile işaretlenmiş ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$); AE: Ahmetağa *x* Ekiz; KN: KateA *x* Nacibey

Paçal un örneklerinin GlutoPeak PM değeri bakımından *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi Şekil 4.20'de gösterilmiştir. PM değeri BEM değerinden 15 s sonraki gluten gücündeki düşmeyi ifade etmektedir. Dolayısıyla BEM değeri yükseldikçe genellikle düşme daha sınırlı olup PM değerleri daha yüksek olmaktadır. PM değerleri BEM değerlerine benzer şekilde KateA *x* Nacibey kombinasyonunda daha yüksek olmuştur (50,5-53,5 GPU arasında).

4.4.6. Alveograf özellikleri

Paçal un örneklerinin hamur reolojik özelliklerine ait alveograf varyans analiz sonuçları Çizelge 4.30'da verilmiştir. Çalışmada "*tavlama yöntemi (TY)*", "*kombinasyon (KOMB)", "ikame oranı (İO)", "KOMB x İO*" etkileşimi direnç değeri (T) bakımından çok önemli düzeyde etkili ($p<0,01$), "*TY x İO*" etkileşimi ve üçlü etkileşimi önemli düzeyde etkili ($p<0,05$) olduğu bulunmuştur. Uzama yeteneği (A) ve elastikiyet indeksi (Ex) bakımından "*ikame oranı*" hariç, enerji değeri (Fb) bakımından "*TY x KOMB*" etkileşimi hariç tüm faktörler %1 düzeyinde önemli etkili bulunmuştur. Gluten dengesi (T/A) üzerinde "*TY x KOMB*" etkileşimi ve üçlü etkileşimi %5 düzeyinde diğer faktörler %1 düzeyinde önemli etkili bulunmuştur.

Paçal un örneklerinin hamur reolojik özelliklerine ait alveograf çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.31 ve Çizelge 4.32'de verilmiştir. Hamurun direnci, viskozitesi ve uzayabilirlik gibi özellikleri reolojik özellikleri olarak ifade edilmektedir (Faridi ve Faubion, 2012). Farinograf, alveograf, miksograf, ekstensograf ve miksolab gibi cihazlar ile hamura uygulanan bir deformasyon ile ekmek hacmi ve doku özellikleri ortaya koyulmaktadır (Guo vd., 2021; Sun vd., 2022, 2023; Hernandez-Lopez, 2023). Alveograf cihazında hamurun standart bir basınç ile çok yönlü gelişmesi ile yapısal özelliklerindeki değişim gözlemlenmektedir (Dubois ve Dubat, 2016). Ekmek-yapım özellikleri yüksek bir hamur yüksek enerji (Fb), elastikiyet indeksi (Ex), yeterli bir direnç (T) ve uzama kabiliyetinin (A) olması yanında yüksek bir ekmek hacmi için özellikle gluten dengesi olarak ifade edilen ve makul bir direnç ile uzama yeteneğinin balansını gösteren T/A değerinin 1,0-1,3 arasında olması gerekmektedir (Guzman vd., 2016; Joodal ve Larsen, 2021). Çalışmada tavlama yöntemleri karşılaştırıldığında ultrason destekli tavlamada alveograf T değeri daha yüksek bulunurken (60,75 mm); A ve Ex ve enerji değerleri klasik tavlamada daha yüksektir (sırasıyla 64,88 mm; 17,73; 131,56 10^{-4} *x* J). Bu durum ultrason destekli tavlama ile hamurun direncinin arttığını lakin uzama kabiliyetinin azaldığını göstermektedir. Klasik tavlama ile elde edilen hamur daha fazla uzayabilir bir karakter kazanmıştır. Lakin dikkat edilmesi gereken önemli bir husus hamurun gluten dengesidir. Özellikle gluten dengesi (T/A) değerinin 1,0-1,3 arasında olması gerekmektedir (Guzman vd., 2016; Joodal ve Larsen, 2021). Her ne kadar ekmek-yapım özellikleri için istenen yüksek enerji değeri ve yeterli bir A değeri klasik tavlama ile sağlansa da; hamurun gluten dengesinin ultrason destekli tavlama

ile daha olumlu bir seviyeye gelmesi çalışmamızda elde edilen önemli bulgulardan birisi olmuştur (1,18). Bu durum ekmek hacmi ve diğer yapısal özelliklerinin ultrason destekli tavlama ile elde edilen hamurlar ile de sağlanabileceğini göstermiştir.

Çalışmada klasik tavlama KateA x Nacibey kombinasyonunun A ve Ex değeri en yüksek olmuştur (76,25 mm ve 19,20). Diğer tavlamalara ait kombinasyonlarda ise 53,0 mm ve 16,0 civarında benzerdir. Lakin klasik tavlama KateA x Nacibey kombinasyonunun gluten dengesi (T/A) düşüktür (0,74). Aynı kombinasyonun ultrason destekli tavlamada T/A değeri 1,18 ile istenen sınırlarda olması (1,0-1,3) ultrason destekli tavlamanın olumlu etkisinin görülmesi bakımından oldukça önemli görülmüştür. Ahmetağa x Ekiz kombinasyonu her iki tavlama yönteminde de istenen sınırlarda gluten dengesindedir. İstatistiki olarak farklı olmasa da ultrason destekli tavlama da Ahmetağa x Ekiz kombinasyonu 1,3 ile en uygun gluten dengesine ulaşmıştır. Çalışmada ikame oranlarının birbirine benzer ve kontrol ekmeklik una göre direnç ve enerji değeri oldukça yüksektir. İkame unların gluten dengesi belirgin şekilde kontrol ekmeklik ununda üzerinde bulunmuştur. İkame unların kontrol ekmek una göre makro-SDS sedimantasyon, STK-laktik asit, GSI ve GPI değerleri de yüksek; GlutoPeak PMT değeri daha uzun BM, BEM ve PM değerleri daha düşüktür. Çalışmada Ahmetağa x Ekiz kombinasyonunun alveograf T, enerji değeri daha yüksek ve gluten dengesi istenen sınırlardadır. Ahmetağa x Ekiz kombinasyonunun GlutoPeak PMT değeri daha uzundur. KateA x Nacibey kombinasyonunun A ve Ex değerleri daha yüksek, lakin; T ve T/A değerleri daha düşük bulunmuştur. Bu kombinasyonun makro-SDS sedimantasyon, STK-laktik asit ve gluten performans indeksi değerleri ile GlutoPeak BEM ve PM değerleri daha yüksektir.

Çizelge 4.30. Paçal un örneklerinin hamur reolojik özelliklerine ait alveograf varyans analiz sonuçları

VK	SD	Direnç değeri (T), mm			Uzama yeteneği (A), mm			Elastikiyet indeksi (Ex)		
		KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F
TY	1	185,281	185,281	9,548**	1212,781	1212,781	81,703**	23,805	23,805	68,136**
İO	3	5168,594	1722,865	88,779**	127,844	42,615	2,871	2,198	0,733	2,097
KOMB	1	1638,781	1638,781	84,446**	1046,531	1046,531	70,503**	20,161	20,161	57,707**
TY *x* İO	3	231,094	77,031	3,969*	2340,594	780,198	52,561**	40,128	13,376	38,285**
KOMB *x* İO	3	1206,594	402,198	20,725**	1531,844	510,615	34,399**	24,671	8,224	23,539**
TY *x* KOMB	1	9,031	9,031	0,465	1023,781	1023,781	68,971**	14,851	14,851	42,508**
TY *x* İO *x* KOMB	3	189,344	63,115	3,252*	1463,594	487,865	32,867**	30,111	10,037	28,729**
Hata	16	310,500	19,406		237,5	14,844		5,590	0,349	
Toplam	31	8939,219			8984,4688			161,515		
VK	SD	Enerji değeri (Fb), 10^{-4} *x* J			Gluten dengesi (T/A)					
		KT	KO	F	KT	KO	F			
TY	1	1891,125	1891,130	18,586**	0,283	0,283	11,290**			
İO	3	33107,250	11035,750	108,460**	2,154	0,718	28,636**			
KOMB	1	1035,125	1035,130	10,173**	1,084	1,084	43,230**			
TY *x* İO	3	3323,625	1107,880	10,888**	0,870	0,290	11,561**			
KOMB *x* İO	3	2006,125	668,710	6,572**	1,568	0,523	20,847**			
TY *x* KOMB	1	2,000	2,000	0,020	0,121	0,121	4,836*			
TY *x* İO *x* KOMB	3	4002,250	1334,080	13,111**	0,338	0,113	4,493*			
Hata	16	1628,000	101,750		0,401	0,025				
Toplam	31	46995,500			6,820					

*: *p<0,05* düzeyinde önemli **: *p<0,01* düzeyinde önemli. VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması.T: direnç, A: uzama kabiliyeti; Ex: elastikiyet indeksi; Fb: enerji değeri; T/A: gluuten dengesi; TY: tavlama yöntemi; KOMB: kombinasyon; İO: ikame oranı

Çizelge 4.31. Paçal un örneklerinin hamur reolojik özelliklerine ait alveograf çoklu karşılaştırma test sonuçları

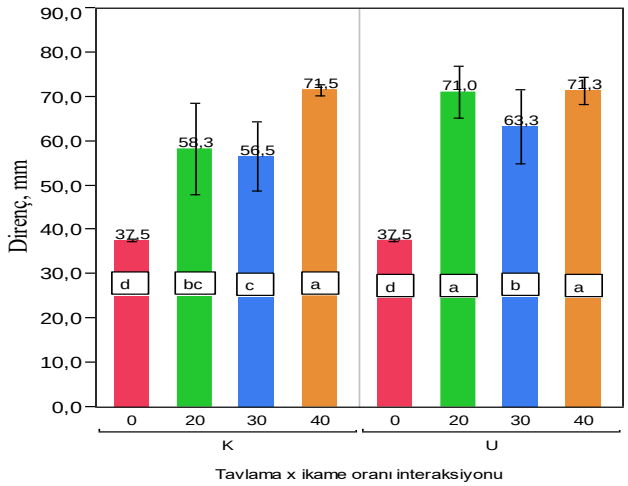
TY	KOMB	İO	Direnç (T) mm	Uzama yeteneği (A)	Elastikiyet indeksi (Ex)	Enerji (Fb) 10^{-4} x J	Gluten dengesi (T/A)
Klasik tavlama	Ahmetağa x Ekiz	0	37,50 ± 0,71^{f}	58,00 ± 2,83^{bc}	16,95 ± 0,35^{bc}	68,50 ± 0,71^{h}	0,65 ± 0,02^{e}
		20	76,00 ± 0,00^{a-c}	42,00 ± 1,41^{d}	14,45 ± 0,21^{f}	139,50 ± 4,95^{de}	1,81 ± 0,06^{a}
		30	69,00 ± 7,07^{b-d}	57,00 ± 0,00^{bc}	16,80 ± 0,00^{bc}	170,00 ± 15,56^{ab}	1,21 ± 0,13^{cd}
		40	72,00 ± 1,41^{a-c}	57,00 ± 0,00^{bc}	16,80 ± 0,00^{bc}	172,00 ± 0,00^{a}	1,27 ± 0,02^{cd}
		Ortalama	63,63 ± 16,57	53,50 ± 7,21^{b}	16,25 ± 1,12^{b}	137,50 ± 45,18	1,23 ± 0,44^{a}
	KateA x Nacibey	0	37,50 ± 0,71^{f}	58,00 ± 2,83^{bc}	16,95 ± 0,35^{bc}	68,50 ± 0,71^{h}	0,65 ± 0,02^{e}
		20	40,50 ± 0,71^{ef}	95,50 ± 2,12^{a}	21,75 ± 0,21^{a}	127,50 ± 3,54^{ef}	0,43 ± 0,01^{e}
		30	44,00 ± 7,07^{ef}	103,00 ± 0,00^{a}	22,60 ± 0,00^{a}	163,00 ± 25,46^{a-c}	0,43 ± 0,07^{e}
		40	71,00 ± 4,24^{a-d}	48,50 ± 2,12^{d}	15,50 ± 0,28^{d-f}	143,50 ± 20,51^{c-e}	1,47 ± 0,02^{bc}
		Ortalama	48,25 ± 14,60	76,25 ± 25,06^{a}	19,20 ± 3,25^{a}	125,65 ± 39,73	0,74 ± 0,46^{c}
	Ortalama		55,94 ± 17,05^{B}	64,88 ± 21,34^{A}	17,73 ± 2,80^{A}	131,56 ± 41,55^{A}	0,99 ± 0,50^{B}
Ultrason destekli tavlama	Ahmetağa x Ekiz	0	37,50 ± 0,71^{f}	58,00 ± 2,83^{bc}	16,95 ± 0,35^{bc}	68,50 ± 0,71^{h}	0,65 ± 0,02^{e}
		20	79,50 ± 7,78^{a}	47,00 ± 7,07^{d}	15,25 ± 1,20^{d-f}	156,00 ± 2,83^{a-d}	1,72 ± 0,42^{ab}
		30	77,50 ± 0,71^{ab}	45,00 ± 2,83^{d}	14,95 ± 0,49^{ef}	149,00 ± 5,66^{b-d}	1,73 ± 0,12^{ab}
		40	75,00 ± 4,24^{a-c}	60,00 ± 0,00^{b}	16,40 ± 0,57^{b-d}	113,00 ± 9,90^{fg}	1,10 ± 0,14^{d}
		Ortalama	67,38 ± 18,82	52,50 ± 7,67^{b}	15,89 ± 1,03^{b}	121,63 ± 37,40	1,30 ± 0,52^{a}
	KateA x Nacibey	0	37,50 ± 0,71^{f}	58,00 ± 2,83^{bc}	16,95 ± 0,35^{bc}	68,50 ± 0,71^{h}	0,65 ± 0,02^{e}
		20	62,50 ± 7,78^{d}	50,00 ± 2,83^{cd}	15,75 ± 0,49^{c-e}	124,00 ± 11,31^{ef}	1,26 ± 0,23^{cd}
		30	49,00 ± 2,83^{e}	42,50 ± 0,71^{d}	14,50 ± 0,14^{ef}	93,50 ± 2,12^{g}	1,15 ± 0,08^{cd}
		40	67,50 ±6,36^{cd}	60,00 ± 11,31^{b}	17,25 ± 1,63^{b}	157,00 ± 2,83^{a-d}	1,16 ± 0,32^{cd}
		Ortalama	54,13 ± 13,16	52,63 ± 8,70^{b}	16,11 ± 1,34^{b}	110,75 ± 35,73	1,05 ± 0,30^{b}
	Ortalama		60,75 ± 17,12^{A}	52,56 ± 7,92^{B}	16,00 ± 1,16^{B}	116,19 ± 35,78^{B}	1,18 ± 0,43^{A}

Aynı sütunda büyük harf ile işaretlenmiş "TY", italik harf ile işaretlenmiş *"TY x KOMB"* etkileşimi ve küçük harf ile gösterilen "*TY x KOMB x İO* " etkileşimine ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır($p<0,05$). T: direnç, A: uzama kabiliyeti; Ex: elastikiyet indeksi; Fb: enerji değeri; T/A: gluten dengesi, TY: tavlama yöntemi; İO: ikame oranı; KOMB: kombinasyon

Çizelge 4.32. Paçal un örneklerinin kombinasyon ve ikame oranlarına ait hamur reolojik özellikleri alveograf değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

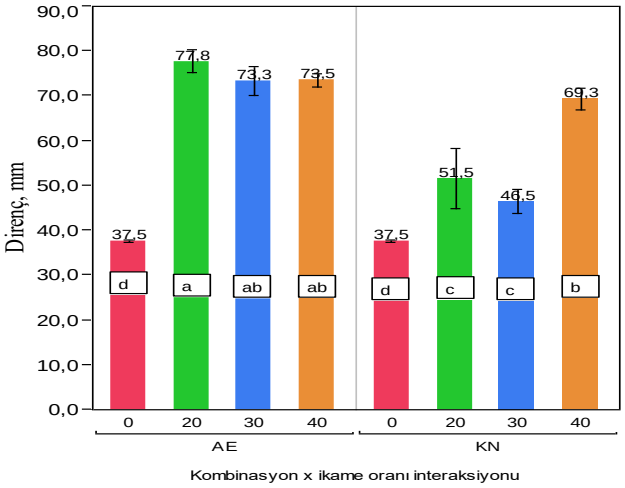
KOMB	İO	Direnç (T) mm	Uzama yeteneği (A) mm	Elastikiyet indeksi (Ex)	Enerji (Fb) 10^{-4} x J	Gluten dengesi (T/A)
	0	37,50 ± 0,53^{d}	58,00 ± 2,14	16,95 ± 0,27	68,50 ± 0,53^{b}	0,65 ± 0,02^{c}
	20	64,63 ± 16,89^{b}	58,63 ± 23,16	16,80 ± 3,14	136,75 ± 14,27^{a}	1,30 ± 0,61^{a}
	30	59,88 ± 15,29^{c}	61,88 ± 26,07	17,21 ± 3,46	143,88 ± 34,12^{a}	1,13 ± 0,50^{b}
	40	71,38 ± 4,41^{a}	56,38 ± 6,65	16,49 ± 0,95	146,38 ± 24,81^{a}	1,25 ± 0,20^{ab}
Ahmetağa x Ekiz		65,50 ± 17,24^{a}	53,00 ± 7,21^{b}	16,07 ± 1,06^{b}	129,56 ± 40,90^{a}	1,27 ± 0,47^{a}
KateA x Nacibey		51,19 ± 13,77^{b}	64,44 ± 21,84^{a}	17,66 ± 2,88^{a}	118,19 ± 37,30^{b}	0,90 ± 0,41^{b}

Aynı sütundaki farklı küçük harflerle işaretlenmiş ikame oranlarına ve farklı italik harfler ile işaretlenmiş kombinasyon ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$); T: direnç, A: uzama kabiliyeti; Ex: elastikiyet indeksi; Fb: enerji değeri; T/A: gluten dengesi ; İO: ikame oranı; KOMB: kombinasyon



Şekil 4.21. Paçal un örneklerinin direnç değeri bakımından *"tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi.

Farklı harfler ile işaretlenmiş ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$); U: ultrason destekli tavlama; K: klasik tavlama

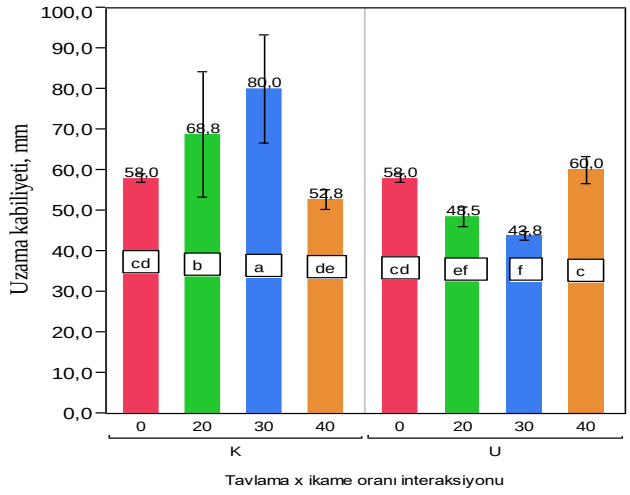


Şekil 4.22. Paçal un örneklerinin direnç değeri bakımından *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi.

Farklı harfler ile işaretlenmiş ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$); AE: Ahmetağa *x* Ekiz; KN: KateA *x* Nacibey

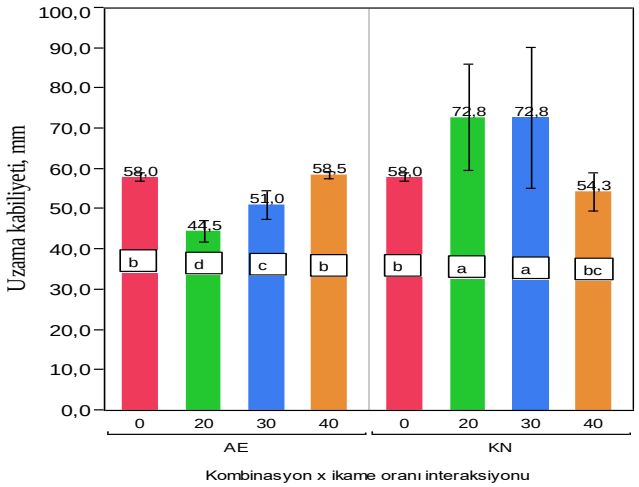
Paçal un örneklerinin direnç değeri bakımından *"tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi ve *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi sırasıyla Şekil 4.21 ve Şekil 4.22'de gösterilmiştir. Ultrason tavlama ikame oranlarında genel olarak alveograf direnç (T) değerleri klasik tavlamaya göre daha yüksektir. Her iki uygulamada tüm ikame oranlarında

direnç değerleri kontrol ekmeklik una göre bariz şekilde yükselmiştir. Ultrason destekli tavlama uygulamasında benzer şekilde STK-laktik asit ve makro-SDS sedimantasyon değerlerinin de yüksek elde edilmesi bu değerlerin ilişkisini göstermektedir. Çalışmada her iki kombinasyona ait ikame oranlarının yine T değerleri bariz şekilde yüksektir. Ahmetağa x Ekiz kombinasyonunun tüm ikame oranlarının T değeri, KateA x Nacibey kombinasyonunun üzerindedir (75,0 mm civarında). Ahmetağa x Ekiz kombinasyonunun ikame oranlarının GlutoPeak PMT değerleri de daha uzundur.



Şekil 4.23. Paçal un örneklerinin uzama kabiliyeti değeri bakımından *"tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi.

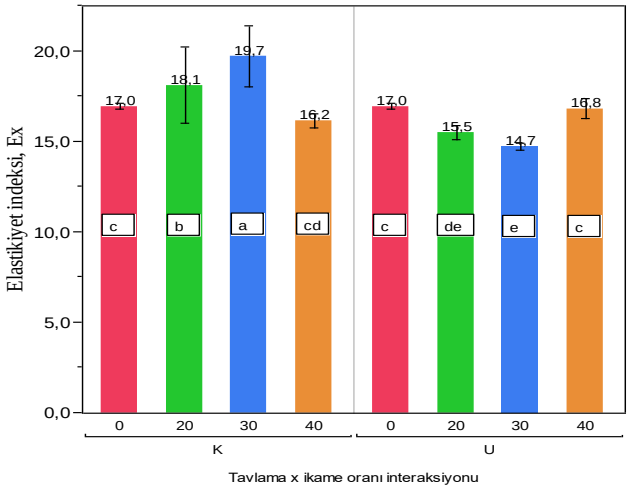
Farklı harfler ile işaretlenmiş ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$); U: ultrason destekli tavlama; K: klasik tavlama



Şekil 4.24. Paçal un örneklerinin uzama kabiliyeti değeri bakımından *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi.

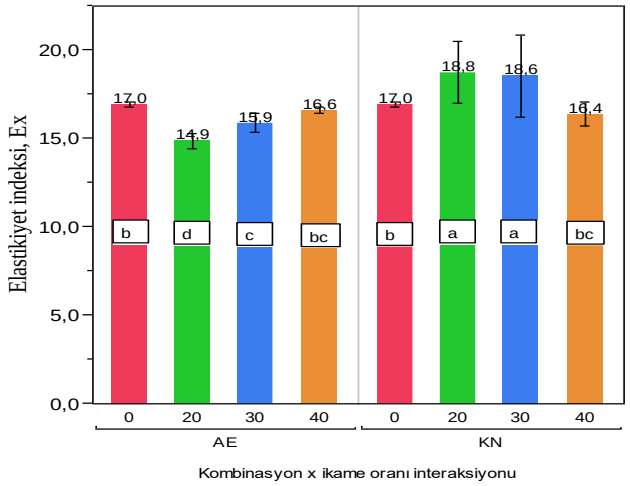
Farklı harfler ile işaretlenmiş ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$); AE: Ahmetağa *x* Ekiz; KN: KateA *x* Nacibey

Paçal un örneklerinin uzama kabiliyeti değeri bakımından *"tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi ve *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi sırasıyla Şekil 4.23 ve Şekil 4.24'de gösterilmiştir. Klasik tavlama ikame oranlarında genel olarak uzama kabiliyeti (A) değerleri ultrason destekli tavlamaya göre daha yüksektir. Klasik tavlamada %20 ikame oranında 68,8 mm ve %30 ikame oranında 80,0 mm ye çıkarken; %40 ikame oranında 52,8 mm'ye düşmüştür. Ultrason tavlamanın %20 ve %30 ikame oranlarında yaklaşık 45-50 mm arasında olan A değerleri %40 uygulamasında 60,0 mm'dir. Çalışmada yine KateA *x* Nacibey kombinasyonunun %20 ve %30 ikame oranlarının A değeri %72,8 mm iken; %40 ikame oranında 54,3 mm düşmüştür. Ahmetağa *x* Ekiz kombinasyonunda ikame oranlarında uzama kabiliyeti değeri artarak sırasıyla 44,5 mm; 51,0 mm ve 58,5 mm olmuştur.



Şekil 4.25. Paçal un örneklerinin elastikiyet indeksi değeri bakımından *"tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi.

Farklı harfler ile işaretlenmiş ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$); U: ultrason destekli tavlama; K: klasik tavlama

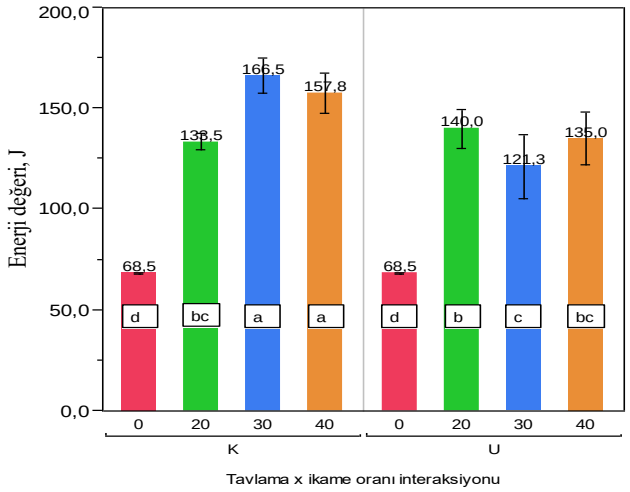


Şekil 4.26. Paçal un örneklerinin elastikiyet indeksi değeri bakımından *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi.

Farklı harfler ile işaretlenmiş ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$); AE: Ahmetağa *x* Ekiz; KN: KateA *x* Nacibey

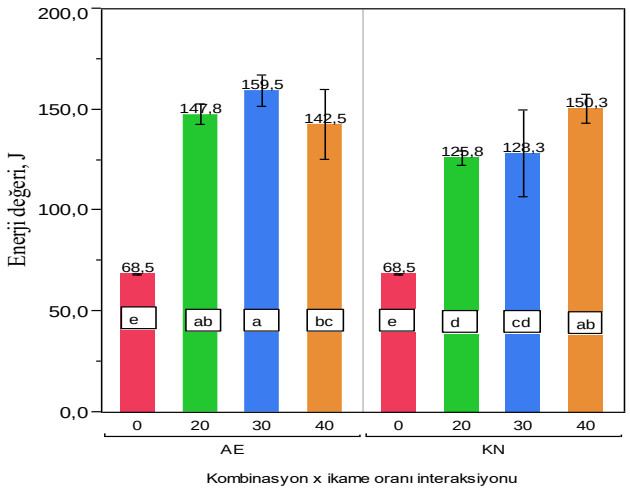
Paçal un örneklerinin elastikiyet indeksi (Ex) değeri bakımından *"tavlama x ikame oranı"* etkileşimi ve *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi sırasıyla Şekil 4.25 ve Şekil 4.26'da gösterilmiştir. Elastikiyet indeksi (Ex) değerlerinde hem tavlama yöntemleri hem de kombinasyonlara ait ikame oranlarında tamamen benzer bir değişim görülmüştür. Klasik tavlamada %20 ve %30 ikame oranlarında (18,0-20,0 arasında) ve KateA *x* Nacibey

kombinasyonunun %20 ve %30 ikame oranlarında (19,0 civarı) en yüksek Ex değerleri elde edilmiştir



Şekil 4.27. Paçal un örneklerinin enerji değeri bakımından *"tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi.

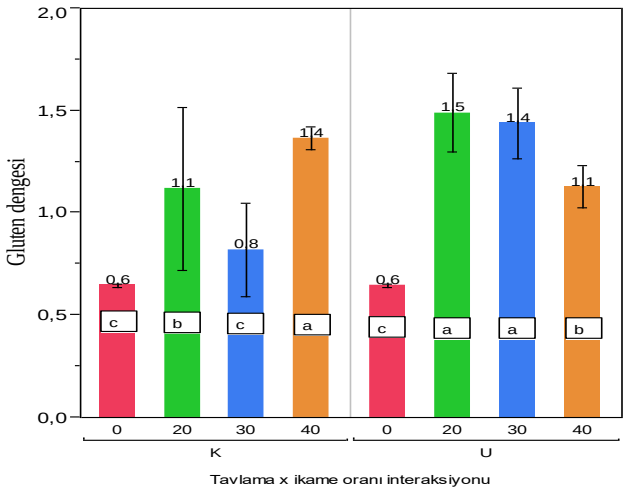
Farklı harfler ile işaretlenmiş ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$); U: ultrason destekli tavlama; K: klasik tavlama



Şekil 4.28. Paçal un örneklerinin enerji değeri bakımından *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi.

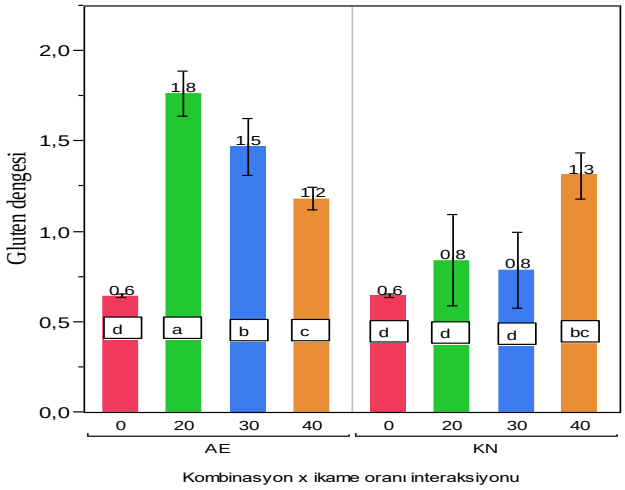
Farklı harfler ile işaretlenmiş ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$); AE: Ahmetağa *x* Ekiz; KN: KateA *x* Nacibey

Paçal un örneklerinin enerji değeri bakımından *"tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi ve *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi sırasıyla Şekil 4.27 ve Şekil 4.28'de gösterilmiştir. Her iki tavlama uygulamasına ait ikame oranlarında alveograf enerji değeri kontrol una göre bariz şekilde yüksektir. Klasik tavlama uygulamasında genel olarak enerji (Fb) değerleri ultrason destekli tavlamaya göre daha yüksektir. %30 ve %40 ikame oranlarında 166,5 10^{-4} x J ve 157,8 10^{-4} x J ile en yüksek değere ulaşmıştır. Ultrason destekli tavlama işleminde %30 ikame oranında 121,3 10^{-4} x J ile en düşük değer elde edilmiş; diğer ikame oranları ile klasik tavlama %20 ikame oranına benzer enerji değerleri vermişlerdir. Ahmetağa x Ekiz kombinasyonunda ikame oranlarında enerji değerleri genel olarak daha yüksektir. %30 ikame oranında 159,5 10^{-4} x J ile en yüksek değere ulaşmıştır. KateA x Nacibey kombinasyonunun %20 ve %30 ikame oranlarında 125,8 10^{-4} x J ve 128,3 10^{-4} x J'a düşmüştür. Ahmetağa x Ekiz kombinasyonu ikame oranlarında GlutoPeak PMT değerleri uzun; KateA x Nacibey kombinasyonunda daha kısadır.



Şekil 4.29. Paçal un örneklerinin gluten dengesi değeri bakımından *"tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi.

Farklı harfler ile işaretlenmiş ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$); U: ultrason destekli tavlama; K: klasik tavlama



Şekil 4.30. Paçal un örneklerinin gluten dengesi değeri bakımından *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi.

Farklı harfler ile işaretlenmiş ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$); AE: Ahmetağa *x* Ekiz; KN: KateA *x* Nacibey

Paçal un örneklerinin gluten dengesi (T/A) değeri bakımından *"tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi ve *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi sırasıyla Şekil 4.29 ve Şekil 4.30'da gösterilmiştir. Yüksek ekmek-yapım kalitesi için hamurların gluten dengesi (T/A) değerinin 1,0-1,3 arasında olması gerekmektedir (Guzman vd., 2016; Joodal ve Larsen, 2021). Her iki tavlama yöntemi ve kombinasyona ait ikame oranlarının T/A değeri kontrol ekmeklik unun (0,6) üzerindedir. Ultrason destekli tavlamada tüm ikame oranlarında hamurların T/A değeri istenen sınırlardadır. Klasik tavlamada %30 ikame oranında 0,8 olmuştur. Çalışmada Ahmetağa *x* Ekiz kombinasyonu %30 ve %40 ikame oranlarında ve KateA *x* Nacibey kombinasyonu %40 ikame oranında istenilen hamur gluten dengesine ulaşılmış olarak kabul edilebilir. KateA *x* Nacibey kombinasyonu %20 ve %30 ikame oranlarında gluten dengesi 1,0'in altında uzama kabiliyeti yüksek ve Ahmetağa *x* Ekiz kombinasyonu %20 ikame oranında 1,8 ile direnci yüksek bir hamur elde edilmiştir.

4.4.7. Farinograf analizi

Paçal un örneklerinin farinograf değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.33'de verilmiştir. Çalışmada "*kombinasyon (KOMB)",* "*ikame oranı (İO*)", "*KOMB x İO*" etkileşimi su absorbsiyonu bakımından çok önemli düzeyde etkili olmuştur (*p<0,01*). Gelişme süresi bakımından "*İO*" ve "*KOMB x İO*" etkileşimi %1 düzeyinde önemli; "*TY x İO*" etkileşimi ve "*TY x KOMB*" etkileşimi önemli düzeyde etkili bulunmuştur (*p<0,05*). Stabilite değeri bakımından *"KOMB"* önemsiz, "*KOMB x İO*" etkileşimi önemli (*p<0,05*) diğer faktörler çok önemli (*p<0,01*) düzeyde etkili olmuştur. Yumuşama derecesi bakımından "*İO*" ve "*TY x KOMB*" etkileşimi %1 düzeyinde önemli etkili; "*TY x İO* " ve "*KOMB x İO* " etkileşimleri %5 düzeyinde önemli etkili bulunmuştur.

Paçal un örneklerinin farinograf değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.34 ve Çizelge 4.35' de verilmiştir. Farinograf hamur kalite değerlendirilmesi çalışmalarında en fazla kullanılan fiziksel hamur test aletlerindendir (Wrigley vd., 2022; Bock ve Don, 2022). Farinograf aleti, unun belirli konsistensde hamur meydana getirmesi için gerekli su miktarının (su absorpsiyonu) saptanmasında ve yoğurma sırasında hamurun yoğurucu paletlere gösterdiği direncin grafik olarak belirlenmesinde kullanılır (Karaduman vd., 2024, Ciu vd., 2023). Elde edilen parametreler hamur kalite özelliklerini ve son ürün ürüne uygunluğun belirlenmesinde önemli bilgiler sağlamaktadır (Bartell vd., 2022; Bock ve Don, 2022). Farinograf cihazında hamur yoğurma yapılırken cihazın mikser kollarına karşı hamurun gösterdiği direnç ölçülmektedir. Halihazırda unun su absorpsiyonunun belirlenmesinde en geçerli yöntem olan farinograf analizinde hamurun gluten ağı oluşumunun tamamlandığı ve hamurun olgunlaştığı süre (gelişme süresi); grafiğin 500 konsistens çizgisinde devam etttiği (stabilite) ve 12. veya 20. dakikalarda grafiğin düşme düzeyi (yumuşama değeri veya yoğurma tolerans değeri) belirlenerek hamur dayanıklılığı belirlenmektedir. Daha düşük yumuşama değerleri ve daha yüksek stabilite ekmek-yapım kabiliyeti yüksek güçlü hamurların karakteristiği olarak değerlendirilmektedir (Dobrazsczyk, 2003; Aydoğan vd., 2022; Ağırbaş vd., 2021).

Çalışmada elde edilen önemli bulgulardan birisi ultrason destekli tavlamanın farinograf stabilite değeri bakımından olumlu etkisidir. Ultrason destekli tavlama farinograf stabilite ortalamalası 13,32 dak. olurken; klasik tavlama oratalaması 11,86 dakikadır. Çalışmada ultrason destekli tavlama unlarının klasik tavlamaya göre alveograf direnç ve gluten dengesi de daha yüksek bulunmuştur. Bu durum özellikle gluten dengesinin istenen sınırları içinde bulunmasının önemini göstermiştir. Ultrason destekli tavlamada Ahmetağa x Ekiz kombinasyonunun stabilite değeri ve gelişme süresi uzun ve istenildiği gibi yumuşama derecesi daha düşüktür (sırasıyla 14,29 dak; 4,45 dak; 60,13 FU). KateA x Nacibey kombinasyonunun ise klasik tavlamada farinograf değerleri daha iyidir (sırasıyla 13,63 dak; 5,49 dak; 68,88 FU). KateA x Nacibey kombinasyonu ultrason destekli tavlamada (sırasıyla 12,35 dak; 4,25 dak; 78,50 FU); Ahmetağa x Ekiz kombinasyonunun klasik tavlamada daha düşük değerler verdiği görülmüştür (sırasıyla 10,09 dak; 3,69 dak; 79,75 FU). Tavlama yöntemlerinin farklı çeşit kombinasyonlarında hamur reolojik özellikleri bakımından etkisi farklı olmuştur. Çalışmada ikame oranı arttıkça su absorpsiyonu azalsa da hamurları stabilite değerleri kontrol ekmeklik una göre önemli oranda artmıştır (yaklaşık 2 kat). Benzer şekilde ikame unların STK-su değerleri kontrol ekmeklik undan daha düşük bulunmuştur. İkame oranlarına ait unların yumuşama derecesi düşme ve gelişme sürelerinde artış olumlu olarak değerlendirilmiştir. %40 ikame oranı gelişme süresi 6,01 dakika ile en yüksek ve yumuşama derecesi 69,94 FU ile en düşük değere sahip olarak dikkat çekmiştir. İkame oranlarında kontrol ekmeklik una göre benzer şekilde alveograf Fb, gluten dengesi ve T değeri; GlutoPeak PMT; makro-SDS sedimantasyon değeri, STK-laktik asit, GPI ve GSI değerleri; gluten indeks değeri ve protein oranı artarken; GlutoPeak BM, BEM ve PM değerleri düşmüştür. KateA x Nacibey kombinasyonunun diğer kombinasyona göre su absorpsiyon değeri daha yüksektir. KateA x Nacibey kombinasyonunun STK-su, laktik asit ve sodyum karbonat değerleri de Ahmetağa x Ekiz kombinasyonuna göre daha yüksek olmuştur.

Çizelge 4.33. Paçal un örneklerinin farinograf değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	Su absorbsiyonu %			Gelişme süresi dak			Stabilite dak		
		KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F
TY	1	0,005	0,005	0,009	0,451	0,451	0,363	17,111	17,111	13,414**
İO	3	36,981	12,327	22,567**	31,621	10,540	8,488**	359,255	119,752	93,877**
KOMB	1	15,680	15,680	28,705**	5,120	5,120	4,123	5,120	5,120	4,014
TY *x* İO	3	0,858	0,286	0,523	15,781	5,260	4,236*	40,114	13,371	10,482**
KOMB *x* İO	3	9,793	3,264	5,976**	79,098	26,366	21,231**	15,870	5,290	4,147*
TY *x* KOMB	1	0,061	0,061	0,112	8,000	8,000	6,442*	59,951	59,951	46,998**
TY *x* İO *x* KOMB	3	3,031	1,010	1,850	9,948	3,316	2,670	26,984	8,995	7,051**
Hata	16	8,740	0,546		19,870	1,242		20,410	1,276	
Toplam	31	75,149			169,889			544,815		

VK	SD	Yumuşama derecesi FU		
		KT	KO	F
TY	1	200,000	200,000	1,120
İO	3	18617,125	6205,708	34,742**
KOMB	1	112,500	112,500	0,630
TY *x* İO	3	2602,250	867,417	4,856*
KOMB *x* İO	3	1950,750	650,250	3,640*
TY *x* KOMB	1	1711,125	1711,125	9,579**
TY *x* İO *x* KOMB	3	857,125	285,708	1,600
Hata	16	2858,000	178,630	
Toplam	31	28908,875		

*: *p<0,05* düzeyinde önemli; **: *p<0,01* düzeyinde önemli VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi, KT: kareler toplamı; TY: tavlama yöntemi; KOMB: kombinasyon; İO: ikame oranı

Çizelge 4.34. Paçal un örneklerinin farinograf değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

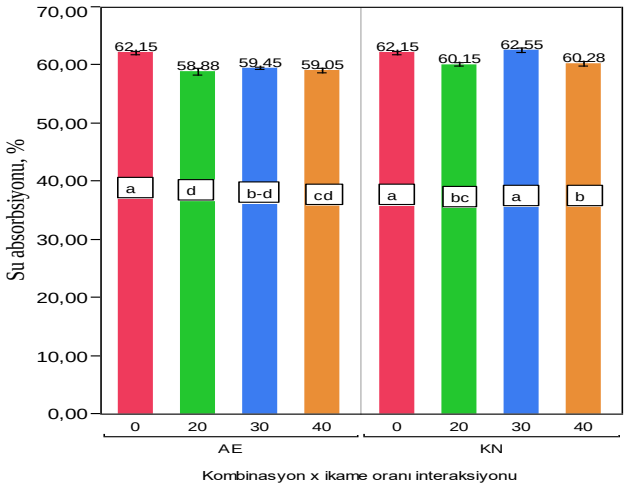
TY	KOMB	İO	Su absorbsiyonu %	Gelişme süresi dak	Stabilite dak	Yumuşama derecesi FU
Klasik tavlama	Ahmetağa x Ekiz	0	62,15 ± 0,64	3,45 ± 0,07	6,80 ± 0,42^{f}	111,50 ± 2,12
		20	59,20 ± 1,84	1,40 ± 0,00	10,35 ± 1,34^{e}	89,00 ± 26,87
		30	59,30 ± 0,14	1,85 ± 0,21	10,05 ± 1,34^{e}	83,00 ± 22,63
		40	59,00 ± 1,41	8,05 ± 0,92	13,15 ± 0,49^{cd}	35,50 ± 14,85
		Ortalama	59,91 ± 1,66	3,69 ± 2,84^{b}	10,09 ± 2,52^{c}	79,75 ± 32,91^{a}
	KateA x Nacibey	0	62,15 ± 0,64	3,45 ± 0,07	6,80 ± 0,42^{f}	111,50 ± 2,12
		20	59,55 ± 0,21	5,60 ± 0,14	15,20 ± 2,40^{a-c}	66,50 ± 3,54
		30	63,20 ± 0,00	6,35 ± 0,49	15,25 ± 0,21^{a-c}	61,00 ± 2,83
		40	60,00 ± 0,57	6,55 ± 0,21	17,25 ± 0,64^{a}	36,50 ± 2,12
		Ortalama	61,23 ± 1,64	5,49 ± 1,33^{a}	13,63 ± 4,41^{a}	68,88 ± 29,02^{ab}
	Ortalama		60,57 ± 1,73	4,59 ± 2,33	11,86 ± 3,92^{B}	74,31 ± 30,50
Ultrason destekli tavlama	Ahmetağa x Ekiz	0	62,15 ± 0,64	3,45 ± 0,07	6,80 ± 0,42^{f}	111,50 ± 2,12
		20	58,55 ± 0,49	1,75 ± 0,07	16,25 ± 2,05^{ab}	45,00 ± 2,83
		30	59,60 ± 0,42	4,70 ± 3,96	17,10 ± 0,57^{ab}	57,00 ± 1,41
		40	59,10 ± 0,14	7,90 ± 0,14	17,00 ± 0,42^{ab}	27,00 ± 1,41
		Ortalama	59,85 ± 1,51	4,45 ± 2,83^{ab}	14,29 ± 4,71^{a}	60,13 ± 33,74^{b}
	KateA x Nacibey	0	62,15 ± 0,64	3,45 ± 0,07	6,80 ± 0,42^{f}	111,50 ± 2,12
		20	60,75 ± 0,21	6,30 ± 0,14	14,80 ± 0,99^{bc}	53,00 ± 5,66
		30	61,90 ± 0,14	5,70 ± 1,70	17,00 ± 0,00^{ab}	63,00 ± 19,80
		40	60,55 ± 0,92	1,55 ± 0,21	10,80 ± 1,98^{de}	86,50 ± 30,41
		Ortalama	61,34 ± 0,86	4,25 ± 2,12^{b}	12,35 ± 4,26^{b}	78,50 ± 27,88^{a}
	Ortalama		60,59 ± 1,42	4,35 ± 2,42	13,32 ± 4,45^{A}	69,31 ± 31,37

Aynı sütunda büyük harf ile işaretlenmiş "TY", italik harf ile işaretlenmiş *"TY x KOMB"* etkileşimi ve küçük harf ile gösterilen "*TY x KOMB x İO"* etkileşimine ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$). TY: tavlama yöntemi; İO: ikame oranı; KOMB: kombinasyon

Çizelge 4.35. Paçal un örneklerinin kombinasyon ve ikame oranlarına ait farinograf değerleri ortalamalarını çoklu karşılaştırma test sonuçları

KOMB	İO	Su absorbsiyonu %	Gelişme süresi dak	Stabilite dak	Yumuşama derecesi FU
	0	62,15 ± 0,48^{a}	3,45 ± 0,05^{c}	6,80 ± 0,32^{b}	115,50 ± 1,60^{a}
	20	59,51 ± 1,12^{c}	3,76 ± 2,36^{bc}	14,15 ± 2,77^{a}	63,38 ± 20,69^{b}
	30	61,00 ± 1,74^{b}	4,65 ± 2,46^{b}	14,85 ± 3,12^{a}	66,00 ± 15,68^{b}
	40	59,66 ± 0,96^{c}	6,01 ± 2,85^{a}	14,55 ± 3,01^{a}	46,38 ± 28,17^{c}
Ahmetağa *x* Ekiz		59,88 ± 1,53^{b}	4,07 ± 2,77	12,79 ± 4,25	69,94 ± 33,75
KateA *x* Nacibey		61,28 ± 1,27^{a}	4,87 ± 1,82	12,99 ± 4,24	73,69 ± 27,93

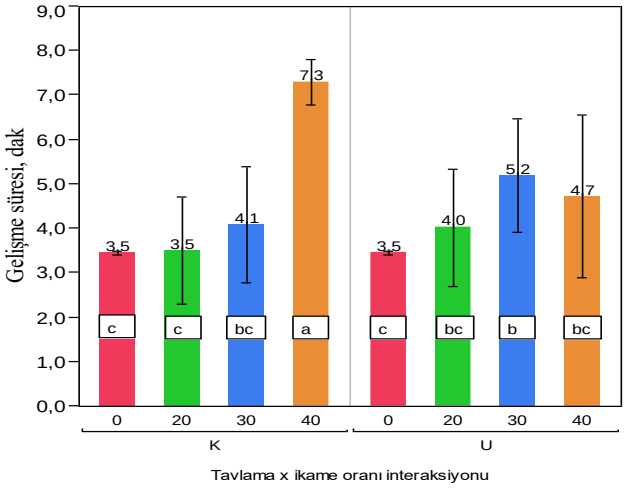
Aynı sütundaki farklı küçük harflerle işaretlenmiş ikame oranlarına ve farklı italik harfler ile işaretlenmiş kombinasyon ortalamaları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$); *: $p<0,05$ düzeyinde önemli; **: $p<0,01$ düzeyinde önemli; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması; İO: ikame oranı; KOMB: kombinasyon



Şekil 4.31. Paçal un örneklerinin su absorbsiyonu değeri bakımından *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi.

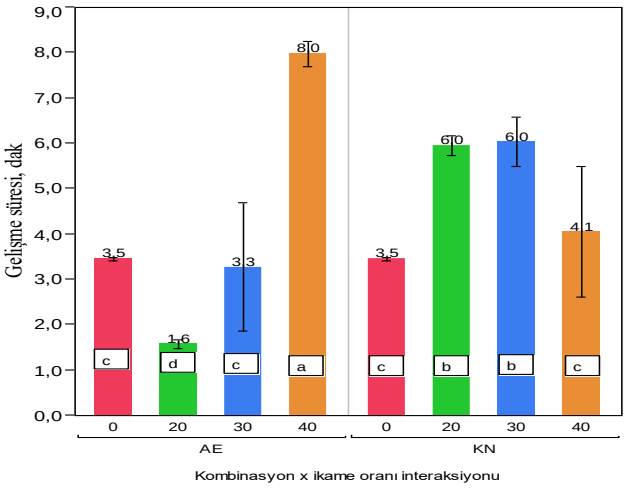
Farklı harfler ile işaretlenmiş ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$); AE: Ahmetağa *x* Ekiz; KN: KateA *x* Nacibey

Paçal un örneklerinin su absorbsiyonu değeri bakımından *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi Şekil 4.31'de gösterilmiştir. Çalışmada KateA *x* Nacibey kombinasyonunun üç ikame oranında da farinograf su absorpsiyon değerleri %60,0'ın üzerindedir. Bu kombinasyonun %30 ve %40 ikame oranlarında %63,0'ın üzerinde STK-su ve %81'in üzerinde STK-sakkaroz değeri, tüm ikame oranlarında yüksek STK-laktik asit değeri elde edilmiştir.



Şekil 4.32. Paçal un örneklerinin gelişme süresi bakımından *"tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi.

Farklı harfler ile işaretlenmiş ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$); U: ultrason destekli tavlama; K: klasik tavlama

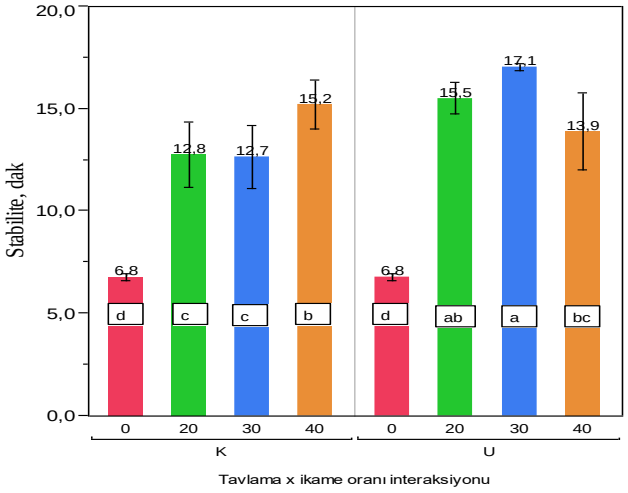


Şekil 4.33. Paçal un örneklerinin gelişme süresi bakımından *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi.

Farklı harfler ile işaretlenmiş ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$); AE: Ahmetağa *x* Ekiz; KN: KateA *x* Nacibey

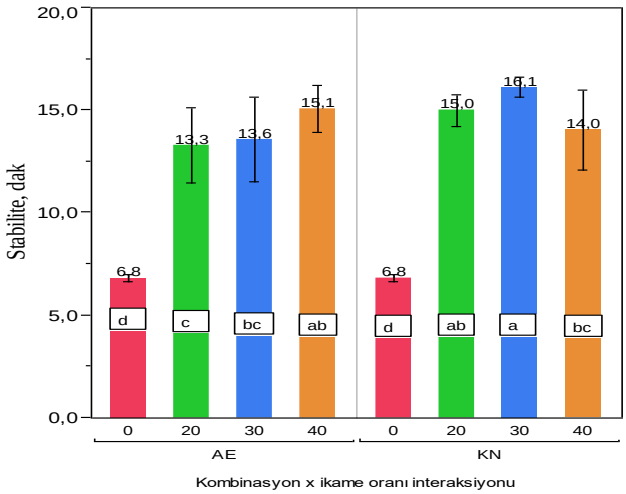
Paçal un örneklerinin gelişme süresi bakımından *"tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi ve *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi sırasıyla Şekil 4.32 ve Şekil 4.33'de gösterilmiştir. Çalışmada genel olarak her iki tavlama uygulamasına ait ikame oranlarının gelişme süresi kontrol unun üzerindedir. Klasik tavlama uygulamasının %40 ikame oranında en uzun gelişme süresi elde edilmiştir (7,3 dak). Diğer ikame oranlarında daha düşüktür.

Genel olarak ultrason destekli tavlama uygulamasına ikame oranlarının gelişme süresi 4,0-5,0 dakika arasında değişmekte ve klasik tavlama uygulamasının diğer ikame oranlarına göre daha yüksektir. Yine Ahmetağa x Ekiz kombinasyonunun %20 ve %30 ikame oranlarında kontrol ekmeklik unun (3,5 dak) altında gelişme süresi vermişlerdir (1,6 dak ve 3,3 dak). KateA x Nacibey kombinasyonunun tüm ikame oranlarının ve özellikle %20 ve %30 ikame oranlarının gelişme süresi kontrol ekmeklik una göre daha yüksek bulunmuştur (6,0 dak).



Şekil 4.34. Paçal un örneklerinin stabilite değeri bakımından *"tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi.

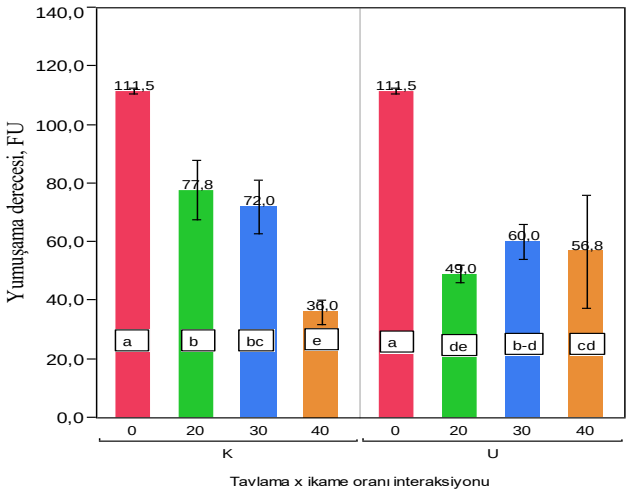
Farklı harfler ile işaretlenmiş ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$); U: ultrason destekli tavlama; K: klasik tavlama



Şekil 4.35. Paçal un örneklerinin stabilite değeri bakımından *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi.

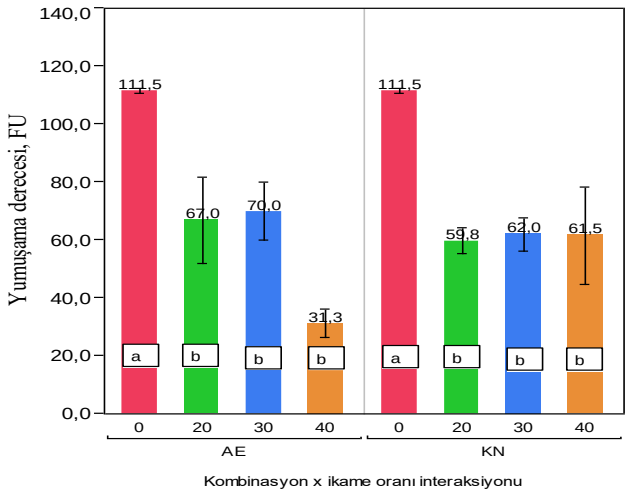
Farklı harfler ile işaretlenmiş ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$); AE:Ahmetağa *x* Ekiz; KN:KateA *x* Nacibey

Paçal un örneklerinin stabilite değeri bakımından *"tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi ve *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi sırasıyla Şekil 4.34 ve Şekil 4.35'de gösterilmiştir. Çalışmada iki tavlama yöntemi ve iki kombinasyona ait tüm ikame oranlarının stabilite değerleri belirgin şekilde kontrol ekmeklik unun üzerindedir. Ultrason destekli tavlama %20, %30 ikame oranlarını stabilite değerleri en yüksek bulunmuştur (15,0 dak ve 16,1 dak). %40 ikame oranında ise stabilite değeri yine iyi düzeydedir (14,0 dak). Klasik tavlama uygulaması %40 ikame oranında stabilite değeri 15,2 dakika ile yüksek olsa da diğer ikame oranlarında daha düşüktür (12,8 dak ve 12,7 dak). Yine KateA *x* Nacibey kombinasyonunun üç ikame oranında stabilite değerleri 14,0-16,0 dakika arasında yüksek düzeydedir. Ahmetağa *x* Ekiz kombinasyonunun %40 ikame oranı 15,1 dakika ile iyi düzeyde stabilite değerine sahip iken; diğer ikame oranında stabilite değerleri daha düşüktür (13,3 dak ve 13,6 dak).



Şekil 4.36. Paçal un örneklerinin yumuşuma derecesi bakımından *"tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi.

Farklı harfler ile işaretlenmiş ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$); U: ultrason destekli tavlama; K: klasik tavlama



Şekil 4.37. Paçal un örneklerinin yumuşuma derecesi bakımından *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi.

Farklı harfler ile işaretlenmiş ikame oranlarına ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$); AE: Ahmetağa *x* Ekiz; KN: KateA *x* Nacibey

Paçal un örneklerinin yumuşuma derecesi bakımından *"tavlama yöntemi x ikame oranı"* etkileşimi ve *"kombinasyon x ikame oranı"* etkileşimi sırasıyla Şekil 4.36 ve Şekil 4.37'de gösterilmiştir. Farinograf parametrelerinden stabilite değeri ile yumuşama derecesi değerleri ters orantılıdır. Çalışmada iki tavlama yöntemi ve iki kombinasyona ait tüm ikame oranlarının yumuşama derecesi değerleri olumlu bir şekilde belirgin olarak kontrol ekmeklik

unun altındadır. Klasik tavlama uygulaması %20 ve %30 ikame oranları hem en düşük stabilite hem de yüksek yumuşama derecesi elde edilmiştir (77,8 FU ve 72,0 FU). Ahmetağa x Ekiz kombinasyonunun %20 ve %30 ikame oranlarında stabilite değerleri düşük gibi farinogaf yumuşama derecesi değerleri de yüksektir (67,0 FU ve 70,0 FU). Ahmetağa x Ekiz kombinasyonunun %40 ikame oranı en düşük yumuşama derecesi ile dikkat çekmiştir (31,3 FU). KateA x Nacibey kombinasyonunun tüm ikame oranlarında yumuşama derecesi değerleri 60,0 FU civarında olmuştur.

4.5. Ekmek Analizleri

Çalışmada Rumeli ve Esperia çeşitleri için tane, kırma ve un analizleri sonucunda her iki tavlama yöntemi ve kombinasyonlar göz önünde tutularak 4'er adet olmak üzere toplam 8 adet paçal ununda ekmek pişirme yapılarak kontrol ekmeklik undan yapılan ekmek ile karşılaştırılarak değerlendirme yapılmıştır.

Çizelge 4.36. Ekmek-yapım denemeleri için seçilen paçal unlar

Paçal	Kırmızı-sert (KS)	KS çeşitlerin ikame Oranı %	Tavlama uygulaması	Diğer kırmızı sert (DK)	DK çeşitlerin ikame Oranı %	Toplam %
3	Rumeli	40	K	KateA *x* Nacibey	30 + 30	100
4	Rumeli	20	U	KateA *x* Nacibey	40 + 40	100
9	Rumeli	40	K	Ahmetağa *x* Ekiz	30 + 30	100
12	Rumeli	40	U	Ahmetağa *x* Ekiz	30 + 30	100
15	Esperia	40	K	KateA *x* Nacibey	30 + 30	100
16	Esperia	20	U	KateA *x* Nacibey	40 + 40	100
21	Esperia	40	K	Ahmetağa *x* Ekiz	30 + 30	100
22	Esperia	20	U	Ahmetağa *x* Ekiz	40 + 40	100
Kontrol ekmeklik un						

K: klasik tavlama uygulaması; U: ultrason destekli tavlama uygulaması; DK: diğer kırmızı; KS: kırmızı-sert

4.5.1. Renk analizleri

Laboratuvar tipi elde edilen ekmeklerin kabuk ve iç L*, a*, b* renk değerlerine ve indekslerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.37'de verilmiştir. Ekmeklerin kabuk ve içi L*, a* ve b*, kahverengilik ve beyazlık indeksi değerleri arasında istatistiki olarak önemli düzeyde farklılık bulunmuştur ($p<0,01$).

Elde edilen ekmeklerin kabuk ve iç L*, a*, b* renk değerlerine ve kahverengilik ve beyazlık indeksi değerleri indekslerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.38'de verilmiştir. Ekmeklerin dış görünüşü satın alma tercihlerini belirleyen en önemli özelliklerden birisidir (Purlis ve Salvadori, 2007). Ekmek-yapımında pişirme aşamasında hamurda oluşan fizikokimyasal ve organoleptik değişiklikler ile tekstür oluşur, hacim artışı gerçekleşir, kabuk oluşur ve son aşamada ise kabuk rengi meydana gelir (Paquet-Durand vd., 2012). Ekmek rengi pişirmenin son aşamasında maillard reaksiyonları ile oluşur

(Abdullah, 2008; Mildner-Szkudllarz vd., 2023). L* değeri ekmek kabuğunda rengin oluşmasında pişirme koşullarının ortaya koyulmasında temel parametredir (Onishi vd., 2011). Maillard reaksiyonlarının oluşum hızı pişirme koşullarının sıcaklığına, pH'sına, su aktivitesine (a_w) ve reaksiyona girecek şekerin yapısal özelliiklerine bağlıdır (Walker vd., 2012). Çalışmada tüm paçallara ait unların L* değeri kontrol undan yapılan ekmeğe göre daha yüksek yani daha açık renkli olarak bulunmuştur. Çalışmada ikame unların L* değeri kontrol una göre daha yüksektir. Unların b* ve a* değerleri ise daha düşük bulunmuştur. Aynı zamanda paçal unların su aktivitesi değeri kontrol ekmeklik unun üzerindedir. L* değerlerindeki farklılık yanında su aktivitesinin azalmasına bağlı olarak maillard reaksiyon hızının artması kontrol undan yapılan ekmeklerin daha koyu renkli olmasını sağladığı düşünülmüştür. Çalışmada paçal unlara ait ekmeklerin L* değerleri istatistiki olarak daha yüksektir ($p<0,01$). Ekmeklerin kontrole göre daha açık renkli ekmekler tüketici tarafından olumlu karşılanıp karşılanmayacağı duyusal değerlendirme ile ortaya koyulacaktır. Özellikle Paçal-15, Paçal-16 ve Paçal-21 ekmekleri >67,0 L* değerleri ile kontrol ekmeğine göre (L*=56,77) en açık renkli ekmekleri veren unlar olmuştur. Paçal-3, Paçal-4 ve Paçal-12 nin L* değerleri daha düşüktür. Paçal-3 klasik, Paçal-4 ve Paçal-12 ultrason destekli tavlama ile elde edilmiştir. Üç ekmek grubu da Rumeli unu için yapılan paçallardır. a* (kırmızılık) renk değeri bakımından Paçal-3 ve Paçal-4 ekmekleri; b* (sarılık) bakımından Paçal-15, Paçal-21, Paçal-16 ve Paçal-22 ekmekleri kontrol ekmeğe istatistiki olarak benzer sonuç vermişlerdir. b* sarı renk değeri kontrole yakın örnekler Esperia için yapılan paçallardır. Ekmek içinde ise tüm paçallara ait ekmeklerin L* değerlerinin kontrole göre istatistiki olarak yüksek olması ekmeklerin daha açık renkli olduğunu göstermesi bakımından avantaj olarak görülebilir. Ekmek içinde a* değerleri yine tüm paçal unlara ait ekmeklerin yüksektir. Kahverengilik indeksi ekmek kabuğunda; beyazlık indeksi ise içinde renk değişimini göstermesi bakımından oldukça önemli indeks değerleridir. Ekmek kabuğunda Paçal-3, Paçal-9, Paçal-4 ve Paçal-12'nin kahverengilik indeksi değerinin kontrol ile istatistiki olarak aynı grupta yer alması önemli bulunmuştur (>80,0). Bu paçal unlar Rumeli için yapılan paçallardır. Ekmek içinde ise tüm unlara ait paçal unlarının beyazlık indeksi yüksek olması daha beyaz unlar elde edildiğini göstermesi bakımından önemli bulunmuştur (65,0-70,0 arasında).

Çizelge 4.37. Paçal unlara ait ekmeklerin kabuk ve iç L*, a*, b* renk değerlerine ve indekslerine ait varyans analiz sonuçları

Ekmek kabuğu												
VK	L*				a*				b*			
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
Paçal	8	254,696	31,837	35,272**	8	23,524	2,940	5,578**	8	109,805	13,726	8,099**
Hata	18	16,247	0,903		18	9,489	0,527		18	30,506	1,695	
Toplam	26	270,943			26	33,013			26	140,312		
Ekmek içi												
VK	L*				a*				b*			
	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
Paçal	8	266,262	33,283	5,928**	8	4,641	0,580	17,439**	8	29,971	3,746	2,040
Hata	18	101,055	5,614		18	0,599	0,033		18	33,060	1,837	
Toplam	26	367,317			26	5,240			26	63,031		

Kahverengilik indeksi					Beyazlık indeksi			
VK	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
Paçal un	8	1636,889	204,611	7,916**	8	264,497	33,062	10,199**
Hata	18	465,236	25,846		18	58,351	3,242	
Toplam	26	2102,125			26	322,848		

*: *p<0,05* düzeyinde önemli; **: *p<0,01* düzeyinde önemli; L*: parlaklık; a*: +kırmızı/-yeşil; b*: +sarı/-mavi; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması

Çizelge 4.38. Paçal unlara ait ekmeklerin kabuk ve iç L*, a*, b* renk değerlerine ve indekslerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Paçal	Tavlama yöntemi	Ekmek kabuğu			Ekmek içi		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*
Paçal-3	Klasik	64,49	9,44 ± 1,04^{ab}	35,11 ± 1,22^{a}	69,54 ± 2,93^{a}	2,14 ± 0,09^{cd}	13,66 ± 1,38
Paçal-9	Klasik	66,44	8,88 ± 0,62^{b}	34,87 ± 1,89^{a}	72,13 ± 1,11^{a}	1,76 ± 0,06^{b}	13,57 ± 1,26
Paçal-15	Klasik	67,36	7,55 ± 0,44^{c}	31,31 ± 1,78^{b}	69,77 ± 2,85^{a}	1,80 ± 0,10^{b}	14,49 ± 1,14
Paçal-21	Klasik	68,85	8,93 ± 0,63^{b}	32,07 ± 1,55^{b}	68,59 ± 1,85^{a}	1,80 ± 0,10^{b}	12,59 ± 1,40
Paçal-4	Ultrason destekli	64,49	9,46 ± 0,62^{ab}	35,06 ± 0,50^{a}	69,66 ± 4,56^{a}	2,31 ± 0,08^{d}	14,25 ± 1,68
Paçal-12	Ultrason destekli	65,63	9,19 ± 0,82^{b}	34,33 ± 0,22^{a}	71,05 ± 0,53^{a}	1,98 ± 0,09^{bc}	13,09 ± 1,12
Paçal-16	Ultrason destekli	67,30	7,51 ± 0,67^{c}	29,97 ± 1,07^{b}	71,65 ± 1,09^{a}	2,45 ± 0,09^{d}	15,08 ± 0,84
Paçal-22	Ultrason destekli	66,69	8,46 ± 0,33^{bc}	30,99 ± 1,77^{b}	69,53 ± 1,86^{a}	1,91 ± 0,13^{bc}	13,28 ± 1,37
Kontrol		56,77	10,68 ± 1,03^{a}	30,44 ± 0,20^{b}	60,86 ± 1,87^{b}	0,95 ± 0,48^{a}	16,22 ± 1,77

Paçal	Tavlama yöntemi	Kahverengilik indeksi (KI)	Beyazlık indeksi (BI)
Paçal-3	Klasik	84,98 ± 6,39^{a}	66,50 ± 2,35^{a}
Paçal-9	Klasik	80,83 ± 7,36^{ab}	68,92 ± 0,47^{a}
Paçal-15	Klasik	68,41 ± 6,46^{cd}	66,36 ± 2,17^{a}
Paçal-21	Klasik	73,97 ± 4,84^{bc}	66,08 ± 1,60^{a}
Paçal-4	Ultrason destekli	85,33 ± 4,78^{a}	66,29 ± 3,53^{a}
Paçal-12	Ultrason destekli	80,84 ± 2,51^{ab}	68,15 ± 0,26^{a}
Paçal-16	Ultrason destekli	64,94 ± 4,09^{d}	67,79 ± 0,66^{a}
Paçal-22	Ultrason destekli	69,41 ± 4,95^{cd}	66,67 ± 1,14^{a}
Kontrol		86,89 ± 1,42^{a}	57,58 ± 1,37^{b}

Farklı harflerle işaretlenmiş aynı sütundaki ekmeklere ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,05$).L*: parlaklık; a*: +kırmızı/-yeşil; b*: +sarı/-mavi

4.5.2. Ekmek hacmi özellikleri

Elde edilen ekmeklerin ağırlık ve hacim değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.39'da gösterilmiştir. Çalışmada örneklerde hamur ağırlığı, ekmek ağırlığı, ekmek hacmi ve spesifik hacim üzerinde çok önemli düzeyde etkili bulunmuştur ($p<0,01$).

Elde edilen ekmeklerin ağırlık ve hacim değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.40'da verilmiştir. Elde edilen ekmeklerin fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik, duyusal özellikleri ve ekmeğin boyutları, spesifik hacmi, kabuk rengi, şekil ve simetrisi gibi dış görünüm ile ilgili; kabuk kalınlığı, iç rengi, oluşan gözenek sayısı ve boyutları ve için dokusal özellikleri gibi içi ile ilgili faktörleri ekmek kalitesini meydana getirir (Monteiro vd., 2021). Ekmek hacmi unların ekmeklik kalitesinin değerlendirilmesinde en önemli özelliktir, yüksek hacim istenir ve tüketici tercihlerini belirler (Çelik vd., 2001; Mondal ve Datta, 2008; Monteiro vd., 2021; Mirosavljević, 2020; Karaduman vd., 2021). Birim ağırlık başına hacmi gösteren yüksek spesifik hacim değeri de ekmek kalitesi için önemli bir parametredir (Cardone vd., 2021; Schopf ve Scherf, 2021; Yıldız vd., 2021). Paçal unlardan elde edilen ekmeklerin hamur ve ekmek ağırlıkları kontrol ekmeklik una göre daha düşüktür. Kontrol ekmeklik unun hamur ve ekmek ağırlığı sırasıyla 170,0 g ve 147,2 g iken; paçal unların hamur ağırlığı 164,5 g-167,1 g ve 141,9-146,4 g arasında değişmiştir. Paçal-3 en yüksek ekmek ve hamur ağırlığına sahip örnektir (167,1 g ve 146,4 g). Paçal-9 ve Paçal-16'nın ekmek ağırlğı 145,0 g'ın üzerindedir. Çalışmada tüm ekmeklerin spesik hacmi kontrol ekmeğin (2,96 ml/g) üzerindedir. Paçal unlara ait ekmeklerin spesik hacimleri 3,02 ml/g-3,17 ml/g arasında değişirken; Paçal-4 ve Paçal-15 3,17 ml/g ve 3,18 ml/g ile en yüksek spesifik hacim değerine sahiptirler. Paçal-3, Paçal-12 ve Paçal-16 yine yüksek spesifik hacim değeri ile dikkat çekmişlerdir. Çalışmada kontrol ekmeğin hacmi 435,0 ml'dir. Paçal-21 hariç ki spesifik hacim yüksektir paçal unların ekmek hacim değerleri kontrol ekmeğin üzerindedir (3,10 ve üzerinde). Paçal-15 en yüksek hacim değeri vermiştir (457,5 ml). Paçal-3, Paçal-4 ve Paçal-16'nın hacim değerleri 450,0 ml ve üzerinde yüksek bulunmuştur. Paçal-3 ve Paçal-4 Rumeli çeşidi ile ve Paçal-15 ve Paçal-16 Esperia çeşidi ile yapılan paçal unlardır. Paçal-3, Paçal-4, Paçal-15 ve Paçal-16 KateA x Nacibey kombinasyonlarıdır. Paçal-4 ve Paçal-16 ultrason destekli tavlama ile elde edilen unlardır. Paçal-3 ve Paçal-4 kahverengilik indeksi değerleri yüksektir. Ahmetağa x Ekiz kombinasyonundan Esperia için Paçal-22 ve Rumeli için Paçal-12 daha yüksek hacim ile seçilebilir. Burada yine dikkat çeken konu iki un ultrason destekli tavlama ile elde edilmiştir.

Çizelge 4.39. Paçal unlara ait ekmeklerin ağırlık ve hacim değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Hamur ağırlığı g					Ekmek ağırlığı g			
VK	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
Paçal	8	47,244	5,906	2126,000**	8	43,424	5,428	305,328**
Hata	9	0,025	0,003		9	0,160	0,018	
Toplam	17	47,269			17	43,584		
	Ekmek hacmi ml				Spesifik hacim ml/g			
VK	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
Paçal	8	1361,111	170,139	24,500**	8	0,089	0,011	37,576**
Hata	9	62,500	6,944		9	0,003	0,000	
Toplam	17	1423,611			17	0,091		

*: *p<0,05* düzeyinde önemli; **: *p<0,01* düzeyinde önemli; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması

Çizelge 4.40. Paçal unlara ait ekmeklerin ağırlık ve hacim değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Paçal	Tavlama yöntemi	Hamur ağırlığı g	Ekmek ağırlığı g
Paçal-3	Klasik	167,1 ± 0,00^{b}	146,4 ± 0,07^{b}
Paçal-9	Klasik	165,5 ± 0,00^{d}	145,9 ± 0,14^{c}
Paçal-15	Klasik	166,4 ± 0,07^{c}	144,0 ± 0,21^{f}
Paçal-21	Klasik	165,3 ± 0,07^{e}	143,3 ± 0,21^{g}
Paçal-4	Ultrason destekli	164,5 ± 0,07^{f}	141,9 ± 0,14^{h}
Paçal-12	Ultrason destekli	165,5 ± 0,00^{d}	144,6 ± 0,14^{e}
Paçal-16	Ultrason destekli	165,4 ± 0,07^{e}	145,5 ± 0,07^{d}
Paçal-22	Ultrason destekli	164,5 ± 0,07^{f}	144,2 ± 0,00^{f}
Kontrol		170,0 ± 0,00^{a}	147,2 ± 0,00^{a}
Paçal	Tavlama yöntemi	Ekmek hacmi ml	Spesifik hacim ml/g
Paçal-3	Klasik	452,5 ± 3,54^{a-c}	3,10 ± 0,02^{b}
Paçal-9	Klasik	440,0 ± 0,00^{d}	3,02 ± 0,01^{c}
Paçal-15	Klasik	457,5 ± 3,54^{a}	3,18 ± 0,02^{a}
Paçal-21	Klasik	432,5 ± 3,54^{e}	3,02 ± 0,03^{c}
Paçal-4	Ultrason destekli	450,0 ± 0,00^{bc}	3,17 ± 0,00^{a}
Paçal-12	Ultrason destekli	447,5 ± 3,54^{c}	3,10 ± 0,02^{b}
Paçal-16	Ultrason destekli	455,0 ± 0,00^{ab}	3,13 ± 0,00^{b}
Paçal-22	Ultrason destekli	437,5 ± 3,54^{de}	3,04 ± 0,02^{c}
Kontrol		435,0 ± 0,00^{de}	2,96 ± 0,00^{d}

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

4.5.3. Ekmeklerin dokusal özellikleri

Elde edilen ekmeklerin dokusal özelliklerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.41'de verilmiştir. Çalışmada örneklerde yalnızca esneklik üzerinde çok önemli düzeyde etkili($p<0,01$); koheziflik üzerinde önemli düzeyde etkili ($p<0,05$) bulunmuştur. Diğer özellikler üzerinde önemli etkili bulunmamıştır.

Elde edilen ekmeklerin dokusal özelliklerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.42'de gösterilmiştir. Çalışmada ekmeklerin tekstür profil analizleri (TPA) tekstürmetre ile belirlenmiştir. Sertlik, koheziflik, elastikiyet, çiğnenebilirlik, sakızımslık ve esneklik değerleri belirlenmiştir (Rahman vd., 2021). Sertlik, dişler tarafından kesme için gerekli gücü temsil eder (Monaco vd., 2008). Elastikiyet, deformasyon sonrası ekmeğin eski haline haline dönme hızıdır (Carocho vd., 2020). Çiğnenebilirlik, sertlik, koheziflik ve elastikiyet değerlerinin bileşkesi olup gıdayı parçalayıp yutabilmek için gerekli enerjidir (Chandra ve Shamasundar, 2015). Sertlik ve yapışkanlık değerlerinin çarpımıyla sakızımsılık hesaplanır. Katı bir gıdanın ısırıldığında kopmadan önceki deformasyon miktarı koheziflik olarak belirtmiştir (Gerçekaslan vd., 2007). Esneklik bir gıdanın deforme edici bir kuvvet kaldırıldığında geri kazanılmasında rol oynayan hız ve kuvvetler ile ilişkilidir (Chandra ve Shamasundar, 2015). Çalışmada kontrol ekmek en yüksek sertlik değerine sahiptir. Tüm paçal ekmeklerin sertlik değeri kontrol ekmeğe göre düşüktür. Paçal unlarda Paçal-21 en yüksek sertlik değerine sahip iken (746,25 g), Paçal-16'nın 600,0 g'ın üzerinde bulunmuştur. Paçal-3, Paçal-22 550,0 g'ın altında diğer örnekler 550,0-600,0 g arasında istenildiği şekilde düşük sertlik değerine sahip olmuşlardır. Sertlik değeri ekmek hacmi ile ters ilişkilidir, ekmeklerin hacim artışı daha fazla gözenek genişlemesi ve gözenek artışına bağlı olarak sertlik değeri düşmektedir (Armero ve Collar, 1997). Çalışmada sertlik değeri en yüksek olan kontrol ekmeğin koheziflik değeri en düşüktür (%0,85). Paçal-4 ve Paçal-15'de koheziflik değeri %0,90'a çıkmıştır. Paçal-9 hariç ekmeklerin esneklik değeri de olumlu şekilde kontrol ekmeğin üzerindedir. Esneklik değeri yine Paçal-4 ve Paçal-15'de sırasıyla %0,62 ve %0,63 ile en yüksektir.

Çizelge 4.41. Paçal unlara ait ekmeklerin dokusal özelliklerine ait varyans analiz sonuçları

Sertlik g					Koheziflik %			
VK	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
Paçal	8	201866,450	25233,310	1,929	8	0,003	0,000	4,234*
Hata	9	117746,630	13083,000		9	0,001	0,000	
Toplam	17	319613,080			17	0,004		
	Elastikiyet %				Çiğnenebilirlik g			
VK	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
Paçal	8	0,061	0,008	1,299	8	23463,671	2932,959	1,110
Hata	9	0,053	0,006		9	23790,635	2643,400	
Toplam	17	0,114			17	47254,306		
Sakızımsılık g					Esneklik %			
VK	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
Paçal	8	134749,400	16843,670	1,729	8	0,004	0,001	5,505**
Hata	9	87658,560	9739,800		9	0,001	0,000	
Toplam	17	222407,950			17	0,005		

*: *p<0,05* düzeyinde önemli; **: *p<0,01* düzeyinde önemli; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması

Çizelge 4.42. Paçal unlara ait ekmeklerin dokusal özelliklerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Paçal	Tavlama yöntemi	Sertlik g	Elastikiyet %	Koheziflik %	Sakızımsılık g	Çiğnenebilirlik g	Esneklik %
Paçal-3	Klasik	545,15 ± 148,28	0,32 ± 0,06	0,89 ± 0,01^{ab}	484,83 ± 127,92	153,25 ± 10,18	0,61 ± 0,00^{bc}
Paçal-9	Klasik	573,75 ± 153,09	0,26 ± 0,07	0,87 ± 0,01^{b-d}	497,83 ± 125,20	126,79 ± 2,49	0,57 ± 0,02^{d}
Paçal-15	Klasik	551,10 ± 127,42	0,38 ± 0,02	0,90 ± 0,00^{a}	493,07 ± 111,69	188,73 ± 51,70	0,63 ± 0,00^{a}
Paçal-21	Klasik	746,25 ± 102,46	0,22 ± 0,14	0,88 ± 0,00^{a-c}	655,35 ± 86,53	147,23 ± 111,97	0,60 ± 0,01^{bc}
Paçal-4	Ultrason destekli	573,40 ± 110,73	0,36 ± 0,03	0,90 ± 0,00^{a}	512,98 ± 96,72	183,33 ± 19,82	0,62 ± 0,00^{ab}
Paçal-12	Ultrason destekli	590,75 ± 101,61	0,38 ± 0,05	0,87 ± 0,01^{d}	510,28 ± 78,51	189,77 ± 5,14	0,60 ± 0,00^{b-d}
Paçal-16	Ultrason destekli	632,35 ± 140,36	0,34 ± 0,00	0,89 ± 0,00^{ab}	563,26 ± 127,72	184,42 ± 32,87	0,61 ± 0,01^{ab}
Paçal-22	Ultrason destekli	538,05 ± 26,09	0,23 ± 0,14	0,89 ± 0,02^{ab}	478,38 ± 61,63	112,61 ± 72,75	0,60 ± 0,01^{bc}
Kontrol		870,60 ± 51,19	0,32 ± 0,03	0,85 ± 0,01^{d}	744,48 ± 53,17	238,18 ± 40,97	0,59 ± 0,01^{cd}

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

4.5.4. Ekmeklerin duyusal özellikleri

Elde edilen ekmeklerin duyusal özelliklerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.43'de verilmiştir. Çalışmada örneklerde görünüm, gözenek yapısı, tad ve koku, genel beğeni düzeyi üzerinde çok önemli etkili ($p<0,01$) bulunurken diğer özellikler üzerinde önemli etkili bulunmamıştır.

Ekmeklerin duyusal özelliklerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.44'de gösterilmiştir. Duyusal özellikler ekmeklerin tüketici tarafından kabul edilebilirliğini belirleyen parametrelerdir (Couvain, 2012; Mollakhalili-Meybodi vd., 2023). Çalışmada kabuk rengi, ekmek iç rengi, görünüm, gözenek yapısı, ekmek içi yapısı, tat ve koku, çiğnenebilirliik ve genel beğeni bakımından paçal unlara ait ve kontrol ekmeğin 5.0 ve üzerinde duyusal değerlendirme puanı alması önemli bulunmuştur. İstatistiki olarak önemli olmasa da kabuk rengi bakımından kontrol ekmek 6,92 puan alırken; Paçal-4 ve Paçal-12 7,0'nin üzerinde en yüksek puanı almıştır. Bu ekmeklerin kabuğunda kahverengilik indeksi ve b* değerinin yüksek olması dikkat çekmiştir. Paçal-15, Paçal-22 6,17 ile en düşük kabuk rengi puanı almıştır. Paçal-16 ve Paçal-21'nin de kabuk rengi puanı düşüktür. Bu örneklerin ise kahverengilik indeksi ve b* değerinin düşüktür. Kahverengilik indeksi ve b* değeri tüketici tercihlerini renk yönü ile belirlemede önemli bir ekmek renk parametresi olmuştur. Ekmek içi rengi bakımından ise Paçal-21, Paçal-16 ve Paçal-22 düşük puan almıştır. Bu durum ekmeklerin beyazlık indeksi değerlerinin diğer ekmeklerden farklı olmadığı ve bu indeks değerinin ekmek içi değerlendirmesinde öneminin daha sınırlı olduğunu göstermiştir. Paçal-21'in b* değeri ekmek içinde en düşüktür (12,59). Görünüm puanı bakımından ekmekler arasında istatistiki fark bulunmuştur ($p<0,01$). Paçal-21 en düşük puanı almış ve Paçal-15, Paçal-16 ve Paçal-22'ninde görünüm puanı 7,0'den düşük olmuştur. Gözenek yapısı bakımından ekmekler arasında istatistiki fark bulunmuştur ($p<0,01$). Paçal-22, Paçal-15, Paçal-21, Paçal-16 kontrol ekmeğe göre daha düşük puana sahiptir. Paçal-21 ve Paçal-16 tekstürmetrede sertlik değeri daha yüksek ekmekleridir. Paçal-21 ve Paçal-22 nin ekmek hacmi kontrolün ve diğer ekmeklere göre daha düşüktür. İyi bir gözenek yapısı oluşmaması bu ekmeklerin hacim gelişmesini de olumsuz etkilemiştir. Ekmek içi yapısı bakımından yine Paçal-22 sertlik değeri en düşük olsa da en düşük duyusal puanı almıştır (6,25). Paçal-4 kontrol ekmeğin ve diğer ekmeklerin üzerinde ekmek içi yapısı puanı alması ile dikkat çekmiştir (7,50). Paçal-12, Paçal-16'da 7,0'nin üzerinde ekmek içi

yapısı puanı almışlar ve dikkat çeken nokta bu ekmeklerin ultrason destekli tavlama ile elde edilmiş olması olmuştur. Paçal-4 ve Paçal-16'nın koheziflik değeri de yüksektir. Tat ve koku bakımından Paçal-9 en düşük puanı almıştır (6,17). Çalışmada çiğnenebilirlik bakımından Paçal-9, Paçal-15 ve Paçal-22 en düşük; Paçal-3, Paçal-4, Paçal-12 ve Paçal-16 7,0'in üzerinde yüksek puan almıştır. Tekstürmetrede Paçal-9 ve Paçal-22'nn en düşük çiğnenebilirlik değeri vermesi cihazdaki bu parametrenin duyusal puan ile uyumunu göstermesi bakımından önemli görülmüştür. Bu iki örneğin ekmek hacimleri de daha düşüktür. Daha yüksek puan alan Paçal-4, Paçal-12 ve Paçal-16 >180,0 g ile ekmekler içerisinde tekstür profil analizinde (TPA) daha yüksek çiğnenebilirlik değerine sahiptir. Bu ekmeklerin ekmek hacim değerleri de iyi düzeydedir. Genel beğeni bakımından ekmekler arasında istatistiki fark bulunmuştur ($p<0,01$). Özellikle Paçal-9, Paçal-15 ve Paçal-22'nin genel beğeni puanları daha düşüktür. Paçal-3, Paçal-4, Paçal-12 ve Paçal-16 en yüksek puanı alması ile dikkat çekmiştir. Paçal-4, Paçal-12 ve Paçal-16 ultrason destekli tavlama ile elde edilmişlerdir. Paçal-4 ve Paçal-12 Rumeli ve Paçal-16 Esperia için yapılmış paçallardır. Paçal-4 ve Paçal-16 KateA x Nacibey kombinasyonu olurken; Paçal-12 Ahmetağa x Ekiz kombinasyonudur.

Çizelge 4.43. Paçal unlara ait ekmeklerin duyusal özelliklerine ait varyans analiz sonuçları

Kabuk rengi					Ekmek içi rengi				Görünüm			
VK	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
Paçal	8	21,630	2,704	1,773	8	9,907	1,238	1,026	8	18,352	2,294	3,008**
Hata	99	151,000	1,525		99	119,500	1,207		99	75,500	0,763	
Toplam	107	172,630			107	129,407			107	93,852		
Gözenek yapısı					Ekmek içi yapısı				Tad ve koku			
VK	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F
Paçal	8	31,296	3,912	3,246**	8	14,667	1,833	1,561	8	19,241	2,405	3,140**
Hata	99	119,333	1,205		99	116,250	1,174		99	75,833	0,766	
Toplam	107	150,630			107	130,917			107	95,074		
Çiğnenebilirlik					Genel beğeni							
VK	SD	KT	KO	F	SD	KT	KO	F				
Paçal	8	16,333	2,042	1,908	8,000	20,500	2,563	2,967**				
Hata	99	105,917	1,070		99,000	85,500	0,864					
Toplam	107	122,250			107,000	106,000						

*: *p<0,05* düzeyinde önemli; **: *p<0,01* düzeyinde önemli; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması

Çizelge 4.44. Paçal unlara ait ekmeklerin duyusal özelliklerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

Paçal	Tavlama yöntemi	Kabuk rengi	Ekmek içi rengi	Görünüm	Gözenek yapısı
Paçal-3	Klasik	6,83 ± 1,11	7,00 ± 0,85	7,08 ± 0,51^{a-c}	6,67 ± 1,23^{ab}
Paçal-9	Klasik	6,50 ± 0,67	7,00 ± 0,74	7,33 ± 0,65^{ab}	6,50 ± 1,00^{a-c}
Paçal-15	Klasik	6,17 ± 1,11	7,17 ± 0,83	6,92 ± 0,79^{a-d}	5,75 ± 1,06^{cd}
Paçal-21	Klasik	6,25 ± 0,75	6,42 ± 0,79	6,25 ± 0,97^{d}	6,17 ± 1,11^{b-d}
Paçal-4	Ultrason destekli	7,42 ± 0,90	7,33 ± 0,78	7,50 ± 0,52^{ab}	6,50 ± 1,17^{a-c}
Paçal-12	Ultrason destekli	7,25 ± 1,06	7,08 ± 1,08	7,25 ± 1,06^{a-c}	6,75 ± 1,29^{ab}
Paçal-16	Ultrason destekli	6,33 ± 0,98	6,67 ± 1,15	6,83 ± 0,83^{b-d}	6,08 ± 1,08^{b-d}
Paçal-22	Ultrason destekli	6,17 ± 0,83	6,50 ± 1,00	6,58 ± 0,90^{cd}	5,42 ± 1,00^{d}
Kontrol		6,92 ± 2,57	7,17 ± 2,04	7,58 ± 1,31^{a}	7,33 ± 0,89^{a}
Paçal	Tavlama yöntemi	Ekmek içi yapısı	Tat ve koku	Çiğnenebilirlik	Genel beğeni
Paçal-3	Klasik	6,92 ± 1,31	7,08 ± 0,67^{ab}	7,00 ± 1,21	7,17 ± 0,83^{ab}
Paçal-9	Klasik	6,75 ± 1,06	6,17 ± 1,11^{c}	6,42 ± 1,44	6,58 ± 1,00^{bc}
Paçal-15	Klasik	7,08 ± 1,00	6,67 ± 1,07^{bc}	6,42 ± 1,38	6,33 ± 1,30^{c}
Paçal-21	Klasik	6,58 ± 0,90	6,75 ± 1,06^{bc}	6,75 ± 0,75	6,83 ± 0,83^{bc}
Paçal-4	Ultrason destekli	7,50 ± 0,80	6,75 ± 0,97^{bc}	7,33 ± 0,78	7,33 ± 0,65^{ab}
Paçal-12	Ultrason destekli	7,17 ± 0,94	7,08 ± 0,90^{ab}	7,25 ± 0,97	7,17 ± 1,19^{ab}
Paçal-16	Ultrason destekli	7,17 ± 0,83	7,25 ± 0,45^{ab}	7,08 ± 0,90	7,17 ± 0,83^{ab}
Paçal-22	Ultrason destekli	6,25 ± 1,22	6,67 ± 0,65^{bc}	6,50 ± 0,80	6,58 ± 0,67^{bc}
Kontrol		7,33 ± 1,50	7,75 ± 0,75^{a}	7,50 ± 0,80	7,83 ± 0,83^{a}

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

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma kapsamında Ülkemizin en önemli ekmeklik buğday üretim bölgesi olan serin iklim ekmeklik buğday alanlarında en fazla yetiştirilen Esperia ve Rumeli buğdaylarının her biri için en uygun hamur uzama kabiliyeti ile gluten dengesini sağlayacak 2. sınıf buğday paçal kombinasyonlarının belirlenmesi ve projede proses koşulları optimize edilen ultrason destekli ıslatma uygulamasının klasik tavlama yöntemine göre etkinliğinin karşılaştırılması araştırılmıştır.

Çalışmada Rumeli ve Esperia için buğday unlarına 2 tavlama uygulaması (klasik ve ultrason destekli), 2 diğer kırmızı buğday kombinasyonu (KateA x Nacibey ve Ahmetağa x Ekiz) ve 3 ikame oranı (%20, 30, 40) ile elde edilen paçal unlarda ve kontrol ekmeklik unda teknolojik kalite özellikleri, gluten agregasyon ve hamur reolojik özellikleri belirlenmiştir. Çalışmada oluşturulan paçal örnekleri arasından 8 örnek ve kontrol ekmeklik un olmak üzere 9 örnek seçilerek ekmek pişirilmiştir. Ekmeklerde fizikokimyasal özellikler belirlenerek kontrole göre etkinliği değerlendirilmiştir. Öncelikli olarak buğday çeşitleri için ultrason uygulaması optimizasyon koşulları (genlik ve süre) belirlenmiş olup; belirlenen koşullarda buğday çeşitlerinin tanelerine ultrason işlemi uygulanmıştır. Paçal unlarda optimum ultrason koşulların teknolojik kalite, hamur reolojik özellikleri ve ekmek özellikleri üzerine etkisi klasik tavlama ile birlikte değerlendirilmiştir. Ultrason işlemi etkinliği için, Esperia 200 g tanede, 13 koşul ve %16 tane nemi için optimizasyon gerçekleştirilmiş olup optimum 70 genlik ve 30 saniye olarak belirlenmiştir.

Çalışmada elde edilen bulgular şu şekilde özetlenebilir:

Çalışmada tavlama uygulamaları arasında un proteini bakımından önemli bir farklılık bulunmamış; KateA x Nacibey (KN) kombinasyonunun un protein oranı Ahmetağa x Ekiz (AE) kombinasyonuna göre daha yüksek elde edilmiştir. İkame oranı arttıkça paçal unların protein oranı ve nem miktarı artarken kül miktarı azalmıştır.

Ultrason destekli tavlama ununun klasik tavlama ile kıyaslandığında L* değeri daha yüksek olup un rengi daha açıktır. Çalışmada ultrason destekli tavlama unlarının kül miktarı da daha düşük olması kepek endosperm ayrışmasının daha iyi gerçekleştiğini ve sonuçta

kepek tabakasının rafine una daha az karıştığını ve un renginin daha açık renkli olmasını sağladığını göstermiştir.

Ultrason destekli tavlamaya ait Ahmetağa *x* Ekiz kombinasyonlarının tüm ikame oranlarında L* değeri yüksektir. Ahmetağa *x* Ekiz kombinasyonunun KateA *x* Nacibey kombinasyonuna göre L* değeri daha yüksek; a* ve b* değerleri daha düşüktür. Bu Ahmetağa *x* Ekiz kombinasyonu ile daha açık renkli un elde edilebileceğini göstermiştir.

Çalışmada kontrol ekmeklik una göre yaş gluten miktarı ikame unların azalırken; gluten indeks değerinin yükselmiş ve unların gluten yapısı güçlenmiştir (%90,0 civarında). İkame unların su aktivitesi değeri 0,600'ün üzerine çıkmıştır. Ahmetağa *x* Ekiz kombinasyonunun su aktivitesi değeri KateA *x* Nacibey kombinasyonuna göre bir miktar daha yüksek bulunmuştur.

Çalışmada "*tavlama yöntemleri*" arasında gluten kalite değerleri bakımından istatistiki olarak önemli bir fark bulunmamıştır. STK-sakkaroz ve STK-sodyum karbonat değeri bakımından ultrason destekli tavlama klasik tavlamaya göre daha yüksek değerlere sahiptir. Bu durum muhtemelen ultrason destekli tavlama öğütmede daha iyi bir kepek endosperm ayrışması sağlanarak endosperm kaynaklı pentozan (arobinoksilan) içeriği daha artması ve aynı zamanda gluten yapısındaki S-S bağlarının ve gluuten arobinoksilan ineteraksiyonunun artışı ile yapının güçlenmesine bağlanmıştır.

Çalışmada ultrason destekli tavlama KateA *x* Nacibey kombinasyonunun ortalama makro-SDS sedimantasyon değeri daha yüksektir. KateA *x* Nacibey kombinasyonunun klasik tavlama uygulamasında sedimantasyon değeri de iyi düzeydedir. Ahmetağa *x* Ekiz kombinasyonunda klasik tavlamada sedimantasyon değerleri daha yüksektir. Ultrason destekli tavlama KateA *x* Nacibey kombinasyonu %40 ikame oranı sedimantasyon değeri bakımından en yüksek değeri vermiştir. Ultrason destekli tavlama KateA *x* Nacibey kombinasyonu %20 ve %30 ikame oranlarında da sedimantasyon değerleri yüksektir. Bu kombinasyonun klasik tavlamada %30 ve %40 oranları da düzeyde sedimantasyon değerine sahiptir. Ahmetağa *x* Ekiz kombinasyonunda ise iki tavlama ikame unlarda sedimantasyon değerleri daha düşüktür. Bu durum ultrason tavlamanın gluten kalitesine etkisinin çeşitlerin hücre duvarı özellikleri, polimerik ve monomerik protein alt birimleri farklılıkları gibi

genetik farklılıklara göre değişebildiğini göstermiştir. Ekmeklik una ikame oranı artışı ile gluten kalitesi ile ilişkili STK-laktik asit, GSI ve GPI değeri ve makro-SDS sedimantasyon değerleri artışı ultrasonun olumlu etkisi ile de gluten yapısının güçlenmesi olarak değerlendirilebilir. Çalışmada KateA x Nacibey kombinasyonunun gluten kalitesi ve sonuç olarak ekmek-yapım kalitesi daha yüksek olarak değerlendirilmiştir. KateA x Nacibey kombinasyonları tüm ikame oranlarında Ahmetağa x Ekiz kombinasyonların üzerinde sedimantasyon değerine sahip olmuştur. Ultrason destekli tavlama uygulamasının %20 ve 530 ikame oranlarında sedimantasyon değerleri daha yüksektir. KateA x Nacibey kombinasyonunda STK-laktik asit değerleri %110'lar civarı gerçekleşmesi dikkat çekmiştir. Ultrason destekli tavlamanın KateA x Nacibey kombinasyonunda gluten kalitesinin arttırılması üzerinde ultrason destekli tavlama daha olumlu etki yapmıştır.

Çalışmada GlutoPeak maksimum tork (BEM) bakımından değeri ultrason destekli tavlamada bir miktar düşüş gözlenmiştir. GlutoPeak BM, PMT ve PM değerleri bakımından tavlama uygulamaları arasında önemli bir farklılık bulunmamış; daha kısa sürede ıslatma suyuna uygulanan ultrason tavlama işlemi için bu durum olumlu olarak değerlendirilmiştir. GlutoPeak BM, BEM ve PM değerleri ikame unlarda kontrole göre düşüktür. İkame oranı artışı ile PMT değerinin artması değerinin gluten kalite değerlendirmesinde önemini göstermiştir. KateA x Nacibey kombinasyonunun BEM ve PM değerleri yüksek, PMT değeri ise daha düşüktür. Klasik tavlama uygulaması %40 oranında BEM değeri diğer örneklerden daha yüksektir. STK-laktik asit değerleri yüksek olan KateA x Nacibey kombinasyonu ikame oranlarının BEM ve PM değerlerinin de yüksek olması BEM ve PM değerlerinin ayrıt edici özelliğini göstermiştir. KateA x Nacibey kombinasyonu ikame oranları PMT değerleri BEM değerlerinin tersine düşük elde edilmiştir. Gluten kalitesi iyileştikçe gluten oluşumunu hızlandığı ve bunun için PMT değerinin düştüğü görülmüştür.

Çalışmada tavlama yöntemleri karşılaştırıldığında ultrason destekli tavlamada alveograf direnç (T) değeri daha yüksek bulunurken; uzama yeteneği (A), elastikiyet indeksi (Ex) ve enerji (Fb) değerleri klasik tavlamada daha yüksektir. Bu durum ultrason destekli tavlama ile hamurun direncinin arttığını lakin uzama kabiliyetiinin azaldığını göstermektedir. Klasik tavlama ile elde edilen hamur daha fazla uzayabilir bir karakter kazanmıştır. Ekmek-yapım özellikleri için istenen yüksek Fb değeri ve yeterli bir A değeri klasik tavlama ile sağlansa da; hamurun gluten dengesinin (T/A) ultrason destekli tavlama

ile daha olumlu bir seviyeye gelmesi çalışmamızda elde edilen önemli bulgulardan birisi olmuştur . Bu durum ekmek hacmi ve diğer yapısal özelliklerinin ultrason destekli tavlama ile elde edilen hamurlar ile de sağlanabileceğini göstermiştir. Çalışmada klasik tavlama KateA x Nacibey kombinasyonunun A ve Ex değeri en yüksek olmuştur. Lakin bu kombinasyonun gluten dengesi (T/A) düşüktür. Aynı kombinasyonun ultrason destekli tavlamada T/A değeri 1,18 ile istenen sınırlarda olması (1,0-1,3) ultrason destekli tavlamanın olumlu etkisinin görülmesi bakımından oldukça önemli görülmüştür. Ahmetağa x Ekiz kombinasyonu her iki tavlama yönetminde de istenen sınırlarda gluten dengesindedir. Çalışmada ikame unların birbirine benzer ve kontrol ekmeklik una göre direnç, enerji ve gluten dengesi değeri yüksektir. İkame unların kontrol ekmek una göre makro-SDS sedimantasyon, STK-laktik asit, GSI ve GPI değerleri yüksek; GlutoPeak PMT değeri daha uzun; BM, BEM ve PM değerleri daha düşüktür. Ahmetağa x Ekiz kombinasyonunun alveograf T, enerji değeri daha yüksek ve gluten dengesinin istenen sınırlardadır. KateA x Nacibey kombinasyonunun A ve Ex değerleri daha yüksek lakin T ve T/A değerleri daha düşük bulunmuştur. Ultrason tavlama ikame oranlarında genel olarak alveograf direnç (T) değerleri klasik tavlamaya göre daha yüksektir. Ultrason destekli tavlama uygulamasında benzer şekilde STK-laktik asit ve makro-SDS sedimantasyon değerlerinin de yüksek elde edilmesi bu değerlerin ilişkisini göstermektedir. Her iki kombinasyona ait ikame oranlarının T değerleri bariz şekilde yüksektir. Ahmetağa x Ekiz kombinasyonunun tüm ikame oranlarının T değeri, KateA x Nacibey kombinasyonunun üzerindedir. Ahmetağa x Ekiz kombinasyonunun ikame oranlarının GlutoPeak PMT değerleri de daha uzundur. Klasik tavlama ikame oranlarında genel olarak uzama kabiliyeti (A) değerleri ultrason destekli tavlamaya göre daha yüksektir. KateA x Nacibey kombinasyonunun ikame oranlarının A değerleri daha yüksektir. Her iki tavlama uygulamasına ait ikame oranlarında alveograf enerji değeri kontrol una göre bariz şekilde yüksektir. Klasik tavlama uygulamasında genel olarak enerji (Fb) değerleri ultrason destekli tavlamaya göre daha yüksektir. Ahmetağa x Ekiz kombinasyonunda ikame oranlarında enerji değerleri genel olarak daha yüksektir. Ahmetağa x Ekiz kombinasyonu ikame oranlarında GlutoPeak PMT değerleri uzun; KateA x Nacibey kombinasyonunda daha kısadır. Her iki tavlama yöntemi ve kombinasyona ait ikame oranlarının T/A değeri kontrol ekmeklik unun (0,6) üzerindedir. Ultrason destekli tavlamada tüm ikame oranlarında hamurların T/A değeri istenen sınırlardadır. Çalışmada Ahmetağa x Ekiz kombinasyonu %30 ve %40 ikame oranlarında ve KateA x Nacibey

kombinasyonu %40 ikame oranında istenilen hamur gluten dengesine ulaşılmış olarak kabul edilebilir.

Çalışmada elde edilen önemli bulgulardan birisi ultrason destekli tavlamanın farinograf stabilite değeri üzerindeki olumlu etkisidir. Ultrason destekli tavlama farinograf stabilite ortalamalası 13,32 dak. olurken; klasik tavlama oratalaması 11,86 dakikadır. Çalışmada ultrason destekli tavlama unlarının klasik tavlamaya göre alveograf direnç ve gluten dengesi de daha yüksek bulunmuştur. Bu durum özellikle gluten dengesinin istenen sınırları içinde bulunmasının önemini göstermiştir. Ahmetağa x Ekiz kombinasyonunun ultrason destekli tavlamada; KateA x Nacibey kombinasyonunun ise klasik tavlamada stabilite değeri ve gelişme süresi ve yumuşama derecesi daha iyidir. Tavlama yöntemlerinin farklı çeşit kombinasyonlarında hamur reolojik özellikleri bakımından etkisi farklı olmuştur. Çalışmada ikame oranı arttıkça su absorpsiyonu azalsa da hamurları stabilite değerleri kontrol ekmeklik una göre önemli oranda artmıştır. STK-su, laktik asit ve sodyum karbonat değerleri gibi KateA x Nacibey kombinasyonunun su absorpsiyon değeri Ahmetağa x Ekiz kombinasyonuna göre daha yüksektir. Her iki tavlama uygulamasına ait ikame oranlarının gelişme süresi kontrol unun üzerindedir. Klasik tavlama uygulamasının %40 ikame oranında en uzun farinograf gelişme süresi elde edilmiştir. Genel olarak ultrason destekli tavlama uygulaması ikame oranlarının gelişme süresi daha yüksektir. KateA x Nacibey kombinasyonlarının ikame oranlarının ve özellikle %20 ve %30 ikame oranlarının gelişme süresi daha yüksek bulunmuştur. İki tavlama yöntemi ve iki kombinasyona ait tüm ikame oranlarının stabilite değerleri belirgin şekilde kontrol ekmeklik unun üzerindedir. Ultrason destekli tavlama %20, %30 ikame oranlarını stabilite değerleri en yüksek bulunmuştur. KateA x Nacibey kombinasyonunun üç ikame oranında stabilite değerleri yüksek düzeydedir.

Çalışmada Rumeli ve Esperia çeşitleri için tane, kırma ve un analizleri sonucunda her iki tavlama yöntemi ve kombinasyonlar göz önünde tutularak 4'er adet olmak üzere toplam 8 adet paçal ununda ekmek pişirme yapılarak kontrol ekmeklik undan yapılan ekmek ile karşılaştırılarak değerlendirme yapılmıştır.

Çalışmada tüm paçallara ait unların L* değeri kontrol undan yapılan ekmeğe göre daha yüksek yani daha açık renkli olarak bulunmuştur. Özellikle Paçal-15, Paçal-16 ve

Paçal-21 ekmekleri >67,0 L* değerleri ile kontrol ekmeğine göre (L*=56,77) en açık renkli ekmekleri veren unlar olmuştur. Paçal-3, Paçal-4 ve Paçal-12'nin L* değerleri daha düşüktür. Paçal-3 klasik, Paçal-4 ve Paçal-12 ultrason destekli tavlama ile elde edilmiştir. Üç ekmek grubu da Rumeli unu için yapılan paçallardır

Paçal-3 ve Paçal-4 unları a* (kırmızılık) renk değeri bakımından; b* (sarılık) bakımından Paçal-15, Paçal-21, Paçal-16 ve Paçal-22 kontrol ekmeğe istatistiki olarak benzer sonuç vermişlerdir. b* sarı renk değeri kontrole yakın örnekler Esperia unu için yapılan paçallardır. b* sarı renk değeri kontrole yakın örnekler Esperia unu için yapılan paçallardır. Ekmek içinde ise tüm paçallara ait ekmeklerin L* değerlerinin kontrole göre istatistiki olarak yüksek olması ekmeklerin daha açık renkli olduğunu göstermesi bakımından avantaj olarak görülebilir. Ekmek içinde a* değerleri yine tüm paçal unlara ait ekmeklerin yüksektir.

Ekmek kabuğunda Paçal-3, Paçal-9, Paçal-4 ve Paçal-12'nin kahverengilik indeksi değerinin kontrol ile istatistiki olarak aynı grupta yer alması önemli bulunmuştur (>80,0). Bu paçal unlar Rumeli için yapılan paçallardır. Ekmek içinde ise tüm unlara ait paçal unlarının beyazlık indeksi yüksek olması daha beyaz unlar elde edildiğini göstermesi bakımından önemli bulunmuştur (65,0-70,0 arasında).

Paçal unlardan elde edilen ekmeklerin hamur ve ekmek ağırlıkları kontrol ekmeklik una göre daha düşüktür. Paçal-3 en yüksek ekmek ve hamur ağırlığına sahip örnektir. Paçal-9 ve Paçal-12'nin ekmek ağırlğı 145,0 g'ın üzerindedir.

Çalışmada en önemli bulgulardan birisi tüm ekmeklerin spesik hacmi kontrol ekmeğin (1,96 ml/g) üzerinde olmasıdır. Paçal unlara ait ekmeklerin spesik hacimleri 3,02 ml/g-3,17 ml/g arasında değişirken; Paçal-4 ve Paçal-15 3,17 ml/g ve 3,18 ml/g ile en yüksek spesifik hacim değerine sahiptirler. Paçal-3, Paçal-12 ve Paçal-16 yine yüksek spesifik hacim değeri ile dikkat çekmişlerdir.

Paçal unların ekmek hacim değerleri kontrol ekmeğe benzer veya üzerindedir. Paçal-4 en yüksek hacim değeri vermiştir (457,5 ml). Paçal-3, Paçal-15 ve Paçal-16'nın hacim değerleri 450,0 ml ve üzerinde yüksek bulunmuştur. Paçal-3 ve Paçal-4 Rumeli ve Paçal-15 ve Paçal-16 Esperia için yapılan paçal unlardır. Bu unlar KateA x Nacibey

kombinasyonlarıdır. Paçal-4 ve Paçal-16 ultrason destekli tavlama ile elde edilen unlardır. Paçal-4, Paçal-15 ve Paçal-16 ve kahverengilik indeksi değerleri yüksek ve dikkat çeken nokta tümü ultrason destekli tavlama ile elde edilmişlerdir. Ahmetağa *x* Ekiz kombinasyonundan Esperia için Paçal-22 ve Rumeli için Paçal-12 daha yüksek hacim ile seçilebilir. Burada yine dikkat çeken konu iki un ultrason destekli tavlama ile elde edilmiştir.

Çalışmada tüm paçal ekmeklerin sertlik değeri kontrol ekmeğe göre düşüktür. Paçal unlarda Paçal-21 en yüksek sertlik değerine sahip iken (746,25 g), Paçal-16'nın 600,0 g'ın üzerinde bulunmuştur. Paçal-3, Paçal-16 550,0 g'ın altında diğer örnekler 550,0-600,0 g arasında sertlik değerine sahip olmuşlardır. Çalışmada koheziflik değerleri kontrol ekmeğin en düşüktür (%0,85). Paçal-4 ve Paçal-15'de %0,90'a çıkmıştır. Paçal-9 hariç ekmeklerin esneklik değeri de kontrol ekmeğin üzerindedir. Esneklik değeri yine Paçal-4 ve Paçal-15'de sırasıyla %0,62 ve %0,63 ile en yüksektir.

Çalışmada kabuk rengi, ekmek iç rengi, görünüm, gözenek yapısı, ekmek içi yapısı, tat ve koku, çiğnenebilirliik ve genel beğeni bakımından paçal unlara ait ve kontrol ekmeğin 5.0 ve üzerinde duyusal değerlendirme puanı alması önemli bulunmuştur.

Kabuk rengi bakımından Paçal-4 ve Paçal-12 7,0'nin üzerinde en yüksek puanı almıştır. Bu ekmeklarin kabuğunda kahverengilik indeksi ve b* değerinin yüksek olması dikkat çekmiştir. Paçal-15, Paçal-22 6,17 puan ile en düşük kabuk rengi puanı almıştır. Paçal-16 ve Paçal-21'nin de kabuk rengi puanı düşüktür. Bu örneklerin ise kahverengilik indeksi ve b* değerinin düşüktür. Kahverengilik indeksi ve b* değeri tüketici tercihlerini renk yönü ile belirlemede önemli bir ekmek renk parametresi olmuştur.

Ekmek içi rengi bakımından ise Paçal-21, Paçal-16, Paçal-22 düşük puan almıştır. Bu ekmeklerin beyazlık indeksi değerlerinin diğer ekmeklerden farklı olmadığı ve bu indeks değerinin ekmek içi değerlendirmesinde çok önemli olmadığını göstermiştir. Paçal-21'in b* değeri ekmek içinde en düşüktür

Gözenek yapısı bakımından Paçal-22, Paçal-15, Paçal-21, Paçal-16 kontrol ekmeğe göre daha düşük puana sahptir. Paçal-21 ve Paçal-16 tekstürmetrede sertlik değeri daha yüksek ekmekleridir. Paçal-21 ve Paçal-22'nin ekmek hacmi kontrolün ve diğer ekmeklere

göre daha düşüktür. İyi bir gözenek yapısı oluşmaması bu ekmeklerin hacim gelişmesini daha olumsuz etkilediği şeklinde değerlendirilmiştir.

Ekmek içi yapısı bakımından yine Paçal-22 sertlik değeri en düşük olsa da en düşük duyusal puanı almıştır. Paçal-4 kontrol ekmeğin ve diğer ekmeklerin üzerinde ekmek içi yapısı puanı alması ile dikkat çekmiştir (7,50). Paçal-12, Paçal-16'da 7,0'nin üzerinde ekmek içi yapısı puanı almışlar ve dikkat çeken nokta bu ekmeklerin ultrason destekli tavlama ile elde edilmiş olması olmuştur. Paçal-4 ve Paçal-16'nın koheziflik değeri de yüksektir.

Çalışmada çiğnenebilirlik bakımından Paçal-9, Paçal-15 ve Paçal-22 en düşük; Paçal-3, Paçal-4, Paçal-12 ve Paçal-16 7,0'in üzerinde yüksek puan almıştır. Tekstürmetrede Paçal-9 ve Paçal-22'nn en düşük çiğnenebilirlik değeri vermesi cihazdaki bu parametrenin duyusal puan ile uyumunu göstermesi bakımından önemli görülmüştür. Bu iki örneğin ekmek hacimleri de daha düşüktür. Daha yüksek puan alan Paçal-4, Paçal-12 ve Paçal-16 >180,0 g ile ekmekler içerisinde daha yüksek çiğnenebilirlik değerine sahiptir. Bu ekmeklerin ekmek hacim değerleri de iyi düzeydedir.

Genel beğeni bakımından Paçal-9, Paçal-15 ve Paçal-22'nin genel beğeni puanları daha düşüktür. Paçal-3, Paçal-4, Paçal-12 ve Paçal-16 en yüksek puanı alması ile dikkat çekmiştir. Paçal-4, Paçal-12 ve Paçal-16 ultrason destekli tavlama ile elde edilmişlerdir. Paçal-4 ve Paçal-12 Rumeli ve Paçal-16 Esperia için yapılmış paçallardır. Paçal-4 ve Paçal-16 KateA x Nacibey kombinasyonu olurken; Paçal-12 Ahmetağa x Ekiz kombinasyonudur.

KAYNAKLAR DİZİNİ

AACCI, (2010). *Approved methods of American Association of Cereal Chemists*, St. Paul, MN.

Abdullah, M., (2008). *Quality Evaluation of Bakery Products. En Computer Vision Technology for Food Quality Evaluation*. Academic Press, Amsterdam, pp. 481e522.

Ağırbaş, H. E. T., Yavuz-Düzgün, M., Özçelik, B. (2021). *The effect of fruit seed flours on Farinograph characteristics of composite dough and shelf life of cake products.* Journal of Food Measurement and Characterization, 15(5), 3973-3984.

Akın,M., (2015).*Süne ve kımıl zararı görmüş buğday ununun askorbik asit ve kuvvetli buğday unu paçalıyla ''tırnaklı ekmek'' yapımına uygunluğunun belirlenmesi*.Yüksek Lisans Tezi .Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Akın, A., Karaduman, Y., Akan, T. (2024). *Improvement of the quality by the cold plasma on the sunn pest (Eurygaster Integriceps)-damaged wheat flour.* European Food Science and Engineering, 5(1), 20-25.

Akkaya, A., (1994). *Buğday yetiştiriciliği*, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Genel Yayın No: 1, Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:1, Ders Kitapları Yayın No:1, Kahramanmaraş, 1994.

Akman, H., Karaduman, Y. (2021). *Evaluating technological quality of cultivated Triticum species, interspecific, and intergeneric hybrids for wheat-based products and breeding programs*, Journal of Cereal Science, 99, 103188.

Alava, J.M., Sahi, S.S., Garcia-Alvarez, J., Turo, A., Chavez, J.A., Garcia, M.J., Salazar, J. (2007). *Use of Ultrasound For The Determination of Flour Quality*, Ultrasonics, 46, 270–276.

Ali, R., Khan, M. S., Sayeed, S. A., Ahmed, R., Saeed, S. M. G., Mobin, L. (2014). *Relationship of damaged starch with some physicochemical parameters in assessment of wheat flour quality.* Pakistan Journal of Botany, 46(6), 2217-2225.

Altan, A., (1986). *Tahıl İşleme Teknolojisi*, Çukurova Üniversitesi, Tarım Ürünleri Teknolojisi Bölümü,1986.

Anon .(2016), *Buğday Paçallama Ve Tavlama İşlemleri* , Miller Magazine, Yıl 10, Sayı 82, sayfa 45.

Anon,(2022).https://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/alim/2022/hubalimbaremi.pdf Erişim Tarihi: 14.02.2023.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Anon., 2024a. 2024 Dönemi Hububat Alım Esasları ve Barem Uygulamaları. https://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/alim/2023/hubalimesasvebaremuyg.pdf. Erişim tarihi: 29.10.2024.

Anon.,2024b. Değirmenci Dergisi, Sayı:144; Eylül-Ekim https://millermagazine.com/tr/blog/bugday-pacallama-ve-tavlama-islemleri-460. Erişim tarihi: 29.10.2024.

Anon, (2024c). AFNOR NF V03-719 (only the Nilema-litre) ve ISO 7971/2 standards.https://www.boutique.afnor.org/en-gb/standard/nf-v03719/cereals-determination-of-bulk-density-called-mass-per-hectolitre/fa024085/55211 (Erişim tarihi 25.09.2024).

Armero, E., Collar, C. (1997). *Texture properties of formulated wheat doughs Relationships with dough and bread technological quality: Relationships with dough and bread technological quality.* Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-forschung A, 204, 136-145.

Arya, S., Sadawarte, P., Ashish, W. (2015). *Importance of damaged starch in bakery products*-a review. Starch, 1, 2019.

Astráin-Redín, L., Raso, J., Condón, S., Cebrián, G., Álvarez, I. (2019). *Application of high-power ultrasound in the food industry.* In Sonochemical reactions. IntechOpen.

Atlı, A. (1999). *Buğday ve ürünleri kalitesi*, Orta Anadolu'da Hububat Tarımının Sorunları ve Çözüm Yolları Sempozyumu, 498-506, Konya, 8-11 Haziran 1999.

Atlı, A., Hayoğlu, İ., Koçak, C., Özer, B., Soyer, A. (2010). *Gıda sanayiinin hammadde gereksinimi ve yeterliliği.* Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi. Bildiriler (II): 1097-1112. 11-15 Ocak, Ankara.

Axford, D. W. E., Mcdermott, E. E., Redman, D. G. (1979). *Note on the Sodium dodecyl sulfate test of breadmaking quality: comparison with Pelshenke and Zeleny tests."* Cereal Chem 69: 229-230.

Aydoğan,S., Şahin, M., Akçacık, A. G., Demir, B.,Yıldırım T., Hamzaoğlu, S. (2020). "*Yağışa dayalı koşullarda bazı ekmeklik buğday çeşitlerinin (Triticum aestivum L.) verim ve bazı kalite özelliklerinin değerlendirilmesi*", KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi, vol. 23, no. 3, pp. 713-721.

Aydogan, S., Şahin, M., Akçacık, A., Demir, B., Hamzaoglu, S., Güçbilmez, Ç., Gür, S., Taner, S. (2022). *Effects of years on farinograph parameters and qualıty characterıstıcs.* J. Glob. Innov. Agric. Sci. 10, 25–35. https://doi.org/10.22194/JGIAS/10.965.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Barak, S., Mudgil, D., Khatkar, B. S. (2014). *Effect of flour particle size and damaged starch on the quality of cookies.* Journal of food science and technology, *51*, 1342-1348.

Bartell,C.,Anyieni, A., Guo, G. (2022). *The Farinograph as a tool for wheat-milling operations: Current and potential uses,* In The Farinograph Handbook (pp. 73-80). Woodhead Publishing vd., 2022; Bock ve Don, 2022).

Bayraktaroğlu, G., Obuz, E. (2006). *Ultrasound yönteminin ilkeleri ve gıda endüstrisinde kullanımı.* Gıda Kongresi, 24-26.

Bettge, A., Rubenthaler, G. L., Pomeranz, Y. (1989). *Alveograph algorithms to predict functional properties of wheat in bread and cookie baking*. Cereal Chem, 66(2), 81-86.

Bhaskaracharya, R. K., Kentish, S. and Ashokkumar, M. (2009). *Selected Applications of Ultrasonics in Food Processing*, Food Engineering Reviews,1: 31–49.

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

Bock, J. E., Don, C. (Eds.). (2022). *The Farinograph Handbook: Advances in Technology, Science, and Applications*. Elsevier.

Boz, H. (2015). *Tahıllarda Arabinoksilanlar*. Gıda, 40(6), 357-362.

Brankovic, G. R., Dodig, D., Zoric, M. Z., Surlan-Momirovic, G. G., Dragicevic, V., Duric, N. (2014*). Effects of climatic factors on grain vitreousness stability and heritability in durum wheat*. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, *38*(4), 429-4.

Bushuk W, Scanlon M. (1993). *In: Kamel B, Stauffer C (eds) Advances in baking technology.* Chapman & Hall, London, pp 1–19.

Bushuk, W. (1998). *Wheat breeding for end-product use.* Euphytica, 100: 137-145.

Büyük,F. (2018). *İki farklı buğdaydan hazırlanan un paçallarının etli ekmeklik kalite yönünden incelenmesi*.-Yüksek Lisans Tezi. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi.Fen Bilimleri Enstitüsü.

Cardone, G., Grassi, S., Scipioni, A., Marti, A. (2020). *Bread-making performance of durum wheat as affected by sprouting*. *LWT*, *134*, 110021.

Carocho, M., Morales, P., Ciudad-Mulero, M., Fernandez-Ruiz, V., Ferreira, E., Heleno, S., Ferreira, I. C. (2020). *Comparison of different bread types: Chemical and physical parameters*. Food Chemistry, 310, 125954.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Carter, B. P., Galloway, M. T., Morris, C. F., Weaver, G. L., Carter, A. H. (2015). *The case for water activity as a specification for wheat tempering and flour production.* Cereal Foods World, 60(4), 166-170.

Cauvain, S. (2012). *Breadmaking: an overview.* Breadmaking, 9-31.

Chandi, G.K., Seetharaman K. (2012). *Optimization of gluten peak tester*: A statistical approach. Journal of Food Quality, 35 (2012) 69-75.

Chandra, M. V., Shamasundar, B. A. (2015). *Texture profile analysis and functional properties of gelatin from the skin of three species of fresh water fish.* International Journal of Food Properties, 18, 572–584.

Chemat, F., Huma, Zill-e., Khan, M.K. (2011). *Applications of ultrasound in food technology: processing, preservation and extraction*. Ultrasonics Sonochemistry, 18, 813-835.

Chen, F., Zhang, M., Yang, C. H. (2020). *Application of ultrasound technology in processing of ready-to-eat fresh food:* A review. Ultrasonics sonochemistry, *63*, 104953.

Cubadda, R., Carcea, M., Pasqui, L.A. (1992). *Suitability of the gluten index method for assessing gluten strength in durum wheat and semolina,* Cereal Foods World, *37* (12), 866–869.

Ćurić, D., Karlović, D., Tušak, D., Petrović, B., Đugum, J. (2001). *Gluten as a standard of wheat flour quality*. Food Technology and Biotechnology, *4*(39), 353-361.

Çağla, Ö., Ünal, S. S. (2020). *Glutomatik 4+ 2 Sistemi İle Gluten İndeks Parametresine Yeni Bir Bakış,* Gıda, 45(6), 1237-1247.

Çelik, S., Sivri, D., Köksel, H. (2001). Bazı katkı maddelerinin ekmek özellikleri üzerine etkisi. *Gıda*, *26*(1).

Çeliker, G., Dizlek , H. (2020).“*Glutopik analizinin aynı kategoride yer alan ekmeklik buğday çeşitlerinin (Triticum aestivum L.) sınıflandırma ve değerlendirmesinde kullanılabilirliğinin belirlenmesi*”, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, vol. 20, pp. 409-424.

Çeliker, G. (2019). *TS 2974 buğday standardına göre aynı kategoride yer alan ekmeklik buğday çeşitlerinin farinograf ve ekstensograf özelliklerinin belirlenerek TMO hububat alım kriterleri ile uyumluluğunun incelenmesi ve GlutoPeak analizinin bu sınıflandırma ve değerlendirme çerçevesinde kullanılabilirliğinin belirlenmesi,* (Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü).

KAYNAKLAR DİZİNİ

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

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

Değer, Ö. (2012). *Bazı buğday çeşitlerinin ve paçallarının tandır ekmeği üretimine uygunluğunun belirlenmesi.* Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Delcour, J.A., Hoseney, R.C. (2010). *Principles of cereal science and technology*, 3rd ed.,AACC International, Inc., St. Paul, MN.

Dick, J. W., Quick, J. S. (1983). *A modified screening test for rapid estimation of gluten strength in early-generation durum wheat breeding lines.*

Dizlek, H. (2014). *Depolama Sırasında Tahıllarda Meydana Gelen Fiziksel Ve Kimyasal Değişiklikler.* Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi, (12).

Dizlek, H., Kurt, M. (2021). *Buğday Değirmenciliğinde Un Kalitesine Tesir Eden Kritik Bir İşlem Basamağı: Tavlama*. Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi, (26), 10-21.

Djordjević, M., Šoronja-Simović, D., Nikolić, I., Djordjević, M., Šereš, Z., Milašinović-Šeremešić, M. (2019). *Sugar beet and apple fibres coupled with hydroxypropylmethylcellulose as functional ingredients in gluten-free formulations: Rheological, technological and sensory aspects*. Food chemistry, 295, 189-197.

Dobraszczyk, B. J. (2003). *Measuring the rheological properties of dough.* Breadmaking Improving Quality. Woodhead Publishing. Cambridge, *UK*, 375-400.

Dolatowski Z.J., Stadnik J., Stasiak D. (2007), *Applications of ultrasound in food technology*, Acta Sci.Pol., Technol. Aliment, 6, 88-99.

Dubois, M., Dubat, A., Launay, B. (2016). *AlveoConsistograph handbook*. Elsevier.

Duyvejonck, A. E., Lagrain, B., Dornez, E., Delcour, J. A., Courtin, C. M. (2012). *Suitability of solvent retention capacity tests to assess the cookie and bread making quality of European wheat flours.* LWT-Food Science and Technology, 47(1), 56-63

Dündar, A., Zerenler, M. (2011), *Bir Un Fabrikasında Hedef Programlama Uygulaması*, Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 11 (21), 73-94.

Dziki, D., Laskowski, J. (2005). *Wheat kernel physical properties and milling process*. Acta agrophysica, *6*(1), 59-71

KAYNAKLAR DİZİNİ

Edwards, M.A., Osborne, B.G., Henry, R.J. (2010). *Puroindoline genotype, starch granule size distribution and milling quality of wheat*. J. Cereal Sci. 52, 314–320.

Elgün A, Ertugay, Z. (1990). *Tahıl İşleme Teknolojisi*, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 297 Erzurum.

Elgün, A., Ertugay, Z. (1995). *Tahıl İşleme Teknolojisi*. Atatürk Üni. Ziraat Fakültesi Yayınları No:718, 411 sayfa, Erzurum.

Elgün, A. , Ertugay, Z. (2002). *Tahıl İşleme Teknolojisi*, Atatürk Üniversitesi Yayınları No. 718. Ziraat Fakültesi No. 297. Ders Kitapları Serisi No. 52, Erzurum.

Elgün, A. (2008), *Tahıl İşleme Teknolojisi Ders Notları*, Selçuk Üniversitesi, 78 sayfa, Konya.

Evers, A.D., Bechtel, D.B. (1988). *Microscopic structure of the wheat grain.* In: Pomeranz, Y. (vd.), Wheat: Chemistry and Technology. American Association of Cereal Chemists, Minnesota, USA, pp. 47–95.

Faridi H., Gaines C., Finney P. (1994). *Soft wheat quality in production of cookies and crackers*. In Bushuk , W., Rasper , V. F. (Eds.), Wheat: Production, properties,and quality (1st ed.) (pp. 154–168). Glasgow: Chapman & Hall.

Faridi, H., Faubion, J. M. (2012). *Dough rheology and baked product texture*. Springer Science - Business Media.

Ficco, D. B., Mastrangelo, A. M., Trono, D., Borrelli, G. M., De Vita, P., Fares, C., Papa, R. (2014). *The colours of durum wheat*: a review. Crop and Pasture Science, 65(1), 1-15.

Florosand, J.D., Liang, H. (1994). *Acoustically assisted diffusion through membranes and biomaterials.* Food Technology, 48, 79-84.

Garcia-Alvarez, J., Alava, J.M., Chavez, J.A., Turo, A., Garcia, M.J., Salazar, J. (2006), *Ultrasonic characterisation of flour–water systems: A new approach to investigate dough properties*, Campden and Chorleywood Food Research Association, Chipping Campden, UK, Proceedings of Ultrasonics International (UI'05) and World Congress on Ultrasonics, 1051-1055.

Garg, M., Chawla, M., Chunduri, V., Kumar, R., Sharma, S., Sharma, N. K., Singh, S. P. (2016). *Transfer of grain colors to elite wheat cultivars and their characterization*. Journal of Cereal Science, 71, 138-144.

KAYNAKLAR DİZİNİ

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

Gong, W., Wang, X., Wang, F., Wang, J. (2023). *Correlation Analysis between Wheat Flour Solvent Retention Capacity and Gluten Aggregation Characteristics*. Foods, 12(9), 1879.

Guo, J., Wang, F., Zhang, Z., Wu, D., Bao, J. (2021). *Characterization of gluten proteins in different parts of wheat grain and their effects on the textural quality of steamed bread.* Journal of Cereal Science, 102, 103368.

Guzmán, C., Ibba, M. I. (2023). *Wheat quality testing in a breeding program*. In ICC Handbook of 21st Century Cereal Science and Technology (pp. 207-213). Academic Press.

Guzman C., Ammar, K., Govindan , V., Singh , R. (2019). "*Genetic improvement of wheat grain quality at CIMMYT", Frontiers of Agricultural Science and Engineering*, vol. 6, no. 3, pp. 265-272. https://doi.org/10.15302/J-FASE-2019260

Guzmán, C., Mondal, S., Govindan, V., Autrique, J. E., Posadas-Romano, G., Cervantes, F., Peña, R. J. (2016). *Use of rapid tests to predict quality traits of CIMMYT bread wheat genotypes grown under different environments*. LWT-Food Science and Technology, 69, 327-333.

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.

Guzmán, C., Posadas-Romano, G., Hernández-Espinosa, N., Morales-Dorantes, A., & Peña, 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.

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 flour quality, rheological properties and baking performance*", Journal of Cereal Science, vol. 90, pp. 102827. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.102827.

Gül, H., Acun, S., Türk, S., Öztürk, A.(2012). *Göller Bölgesi'nde yetiştirilen bazı buğday çeşitlerinin fiziksel özellikleri.* Derim, 29(2), 21-32.

Gül,H., Kara,B., Acun ,S., Öztürk, A., Türk Aslan, S.(2020). "*Türkiye'nin Göller Bölgesi'nde yetiştirilen buğday çeşitlerinin bazı kalite özellikleri*", Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, vol. 7, no. 3, pp. 586–595, doi: 10.30910/turkjans.663641.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Hammed, A. M., Ozsisli, B., Ohm, J. B., Simsek, S. (2015). *Relationship between solvent retention capacity and protein molecular weight distribution, quality characteristics, and breadmaking functionality of hard red spring wheat flour*. Cereal Chemistry, 92(5), 466-474.

Haynes, L. C., Bettge, A. D., Slade, L. (2009). *Soft wheat and flour products methods review: Solvent retention capacity equation correction*. Cereal Foods World, *54*(4), 174-175.

Hernández-López, I., Alamprese, C., Cappa, C., Prieto-Santiago, V., Abadias, M., Aguiló-Aguayo, I. (2023). *Effect of Spirulina in bread formulated with wheat flours of different alveograph strength.* Foods, 12(20), 3724.

Hernandes-Espinosa ,N., Mondal , S., Autrique, E., Santoyo, H. G., Crossa , J., Espino,J. H.,Guzman, C.(2018). Milling, *processing and end-use quality traits of CIMMYT spring bread wheat germ- plasm under drought and heat stress*, Field Crops Research, vol. 215, pp. 104–112, https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.10.003.

Hook,S.C.W.,Bone,G.T.,Fearn,T. (1984).*The Conditioning of Wheat.Moisture Migration between the Component of a Mixed Grist and its Effect on Milling Performance*.J.Sci.Food Agric 35:584.

Hoseney, R.C. (1986). *Principles of Cereal Science and Technology.* American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, 378 p, Minnesota.

Hooseney R.C., Wade, P. ve Fınney, J.W. (1988). *Soft wheat products*. In Y. Pomeranz (Ed.) Wheat Chemsitry and Technology (3 rd ed.) (pp. 407-456). St Paul, MN: American association of Cereal Chemists.

Ionescu, V., Stoenescu, G., Vasilean, I., Aprodu, I., Banu, I. (2010). *Comparative evaluation of wet gluten quantity and quality through different methods.* The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati. Fascicle VI-Food Technology, 34(2), 49-53.

Jeon, S., Baik, B. K., Kweon, M. (2019). *Solvent retention capacity application to assess soft wheat flour quality for making white‐salted noodles.* Cereal Chemistry, 96(3), 497-507.

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

İbanoğlu, Ş.(2001). *Influence of tempering with ozonated water on the selected properties of wheat flour*, Journal of Food Engineering, 48, 345-350.

Karaduman, Y., Gülbandılar, A., Akın, A., Doğan, S., Savaşlı, E. (2024a). *Zinc and Selenium Biofortification of Sourdough Breads with Agronomically Biofortified Whole Wheat Flour*. Journal of Cereal Science, 103952.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Karaduman, Y.., Çiçek, O., Sarsilmazer, N., Üstünkaya, Z., Kaymak, E.,Yüksel, M. (2024b). *Characterization of the Gluten Aggregation, Dough Rheological, and Physicochemical Properties of Flours Used in the Production of Flat Breads in Eskişehir.* European Food Science and Engineering, *5*(2).

Karaduman, Y., Gülbandılar, A., Akın, A., Doğan, S., Savaşlı, E. (2024). *Zinc and Selenium Biofortification of Sourdough Breads with Agronomically Biofortified Whole Wheat Flour.* Journal of Cereal Science, 103952.

Karaduman, Y., Özer, S. S., Akın, A. (2023). *Enrichment of a local sourdough bread with zinc and selenium through the use of biofortified whole wheat flour,* International Journal of Food Science & Technology, 58(9), 4562-4571.

Karaduman, Y., Akın, A., Yılmaz, E., Doğan, S., Belen, S. (2021). *Ekmeklik Buğday Islah Programlarında Gluten Kalitesinin Değerlendirilmesi.* Mühendislik Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi, *3*(1), 141-151.

Karaduman, Y., Belen ,S., Olgun, M., Ceyhan , M., Kartal , Y ., Özkan, K. (2020a). "*Ülkesel ekmeklik buğday alım bareminde ekmeklik buğday çeşitlerinin ayrımı: yapay zeka destekli örüntü tanıma uygulamalarının kullanılabilirliği* ", Research Journal of Biology Sciences Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi, E- ISSN: 1308-0261, vol. 13, no. 2, pp. 45-59.

Karaduman, Y., Sayaslan , A., Akın , A.. (2020b). *"GlutoPik parameters of whole wheat flours for gluten quality evaluation in soft wheat breeding programs"*, Journal of Cereal Science, vol. 95, no. 103031, pp. 1-11, https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.103031.

Karaduman, Y., Belen, S., Olgun, M., Ceyhan, M., Kartal, Y., Özkan, K. (2020). *Ülkesel Ekmeklik Buğday Alım Bareminde Ekmeklik Buğday Çeşitlerinin Ayrımı: Yapay Zeka Destekli Örüntü Tanıma.*

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.

Karaduman, Y., Önder, O., Sayaslan, A., Aydın, N. (2019). *Utilisation of GlutoPeak tester on whole-wheat flour for gluten quality assessment.* Quality assurance and safety of crops & foods, 11(3), 295-304.

Karaduman,Y.(2019). *Ekmeklik Buğday Islah Programları İçin Teknolojik Kalitenin Değerlendirilmesinde CIMMYT Modeli*. Türkiye 13. Ulusal I. Uluslararası Tarla Bitkileri Kongresi Kongre Kitabı s:33-38, sunulu bildiri. 01-04 Kasım 2019,Antalya. http://www.tarlabitkileri2019.org/

KAYNAKLAR DİZİNİ

Karaduman, Y., Önder, O., Sayaslan , A., Aydın, N. (2019). "*Utilization of GlutoPeak tester on whole wheat flour for gluten quality assessment"*, Quality Assurance & Safety of Crops & Foods, vol. 11, no. 3, pp. 295-304. https://doi.org/10.3920/QAS2018.1319.

Karaduman, Y., Akın, A., Türkölmez, S., Tunca, Z. S., Belen, S., Çakmak, M., Server, B. B. (2017). *Ekmeklik Buğday Islah Programında Teknolojik Kalite Parametreleri Yönü İle Yapılan Değerlendirmeler*. Poster Bildiri-XII. Tarla Bitkileri Kongresi, TAH04, Kahramanmaraş.

Karaduman, Y., Akın, A., Türkölmez, S.,Tunca, Z. Ş. (2015). *Ekmeklik Buğday Islah Programlarında Gluten Kalitesinin Değerlendirilmesi için GlutoPeak Parametrelerinin Kullanılabilirliğinin Araştırılması.* Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 24(1), 65-74.

Kent-Jones, D.W., Amos, A.J. (1967). *Modern Cereal Chemistry*, Food Trade Press Ltd. 7. Garric Street, W.C. 2, 730 pp.

Kent,N.L.(1983).*Technology of Cereals*.3rd Edition Pergomon Press Ltd.

Keskinoğlu, R., Elgün, A. ve Türker, S. (2001). *Bir un değirmeninde uygulanan farklı ılık tavlama işlemlerinin öğütme kalitesine etkisi*, Gıda, 26, 419-427.

Kınacı,E., Balcıoğlu,F., Buçak,M., Şahin,Y.,Yolal, O. (2019). Eskişehir İlinde Buğday Üretimi Ticareti ve Sorunları. Ulusal Hububat Konseyi. Bildiriler

Kweon,M.,Martin,R.,Souza,E.(2009).*Effect of tempering conditions on milling performance and flour functionality*,Cereal Chemistry,86(1),12-17

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(6), 537-552.

Langner, M., Salmanowicz, B. P. (2009). *Identification of puroindoline alleles in Polish wheat cultivars by molecular markers.*

Li, L., Wang, Z., Li, L. M., Zheng, X. L., Ma, S., Wang, X. X. (2018). *Effects of fermented wheat bran on flour, dough, and steamed bread characteristics.* Journal of Chemistry, 2018(1), 1597308

Li, M., Li, J., Zhu, C. (2018). *Effect of ultrasound pretreatment on enzymolysis and physicochemical properties of corn starch.* International Journal of Biological Macromolecules, 111, 848-856.

Lida, Y., Tuziuti, T., Yasui, K., Towata, A., Kozuka, T. (2008). *Control of viscosity in starch and polysamlharide solutions with ultrasound after gelatinization,* Shimoshidami, Moriyama-ku, Nagoya 463-8560, Japan, pp., 140-146.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Lindgren, A., Simsek, S. (2016). *Evaluation of hard red spring wheat mill stream fractions using solvent retention capacity test.* Journal of Food Processing and Preservation, 40(2), 131-139.

Lionetto, F., Maffezzoli, A., Ottenhof, M.A., Farhat, I.A., Mitchell, J.R. (2006). *Ultrasonic Investigation of Wheat Starch Retrogradation*, Journal of Food Engineering, 72, 258-266.

Liu, D., Ma, X., Wang, W., Zou, M., Wang, D., Ling, J. (2019). *Research Progress on Power Ultrasound Technology*. Advances in Food Processing Technology, 149-187.

Lockwood,J.F. (1960).*Flour Milling* 4thEdition,Northern Publ.Co.Ltd.,Liverpool.

Ma, S., Wang, Z., Liu, N., Zhou, P., Bao, Q., Wang, X. (2021). *Effect of wheat bran dietary fibre on the rheological properties of dough during fermentation and Chinese steamed bread quality*. International Journal of Food Science & Technology, 56(4), 1623-1630.

Ma, X., Sajjad, M., Wang, J., Yang, W., Sun, J., Li, X., Liu, D. (2017). *Diversity, distribution of Puroindoline genes and their effect on kernel hardness in a diverse panel of Chinese wheat germplasm.* BMC plant biology, 17, 1-12.

MacKay, F. (1998). *Applications of ultrasound to dough processing-literature review*, Quality Wheat CRC Project Report, QWCRC Report no: 8, 7-9.

Malcolm, J.W., Povey, T., Mason, J. (1998). *Ultrasound in Food Processing*, Thomson Sci., 115 Fifty Avenue, NY, pp. 127–143

Malegori, C., Grassi, S., Ohm, J. B., Anderson, J.,Marti, A. (2018). *GlutoPeak profile analysis for wheat classification: Skipping the refinement process,* Journal of Cereal Science, 79, 73-79.

Marti, A., Dreisoerner, J., Pagani, M. A. (2013). *Characterization of wheat flour by GlutoPeak*, Tecnica Molitoria, 64(12), 1088-1092.

Maryami, Z., Huertas-Garcia, A. B., Azimi , M. R., Hernandez-Espinosa , N., Payne , T., Cervantes, F., Govindan ,V., Ibba, M. I., Guzman, C. (2020). "*Variability for glutenins,gluten quality, iron, zinc and phytic acid in a set of one hundred and fifty-eight common wheat landraces from Iran*", Agronomy, vol. 10, no.11, pp. 1797,https://doi.org/10.3390/agronomy10111797.

Mason, J.T., Paniwnyk, L., Lorimer, J.P. (1996). *The Uses of Ultrasound in Food Technology*, Ultrasonics Sonochemistry, 3, 253-260.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Mason, T.J., Lorimer, J.P. (2002). *Applied sonochemistry: theuses of power ultrasound in chemistry and processing.* Weinheim: Wiley-VCH Verlag

Matsuo, R.R., Dexter, J.E., (1980). *Relationship between some durum wheat physical charac- teristics and semolina milling properties*. Can. J. Plant Sci. 60, 49–53.

Mcclements, D.J., Povey, M.J.W. (1987). *Solid fat content determination using ultrasonic velocity measurements*, Int. J. Food Sci. Technol., 22: 491-499.

Meenu, M., Kaur, S., Yadav, M., Sharma, A., Tiwari, V., Ali, U., Garg, M. (2024).*Impact of inherent chemical composition of wheat and various processing technologies on whole wheat flour and its final products.* Cereal Research Communications, 1-16.

Melnyk, J.P., Dreisoerner, J., Bonomi, F., Marcone, M.F., Seetharaman, K. (2011). *Effect of the Hofmeister series on gluten aggregation measured using a high shear-based technique*, Food Res. Int. 44, 893–896. https://doi.org/10.1016/j. foodres.2011.01.053.

Mildner-Szkudlarz, S., Różańska, M. B., Siger, A., Zembrzuska, J., Szwengiel, A. (2023). *Formation of Maillard reaction products in a model bread system of different gluten-free flours.* Food Chemistry, 429, 136994.

Mirosavljević, M., Momčilović, V., Živančev, D., Aćin, V., Jocković, B., Mikić, S., Denčić, S. (2020). *Genetic improvement of grain yield and bread-making quality of winter wheat over the past 90 years under the Pannonian Plain conditions.* Euphytica, 216, 1-16.

Mis, A. (2000). *Some methodological aspects of determining wet gluten quality by the Glutomatic Method (a laboratory note)*, International Agrophysics, 14, 263-267.

Mollakhalili-Meybodi, N., Sheidaei, Z., Khorshidian, N., Nematollahi, A., Khanniri, E. (2023). *Sensory attributes of wheat bread: A review of influential factors*. Journal of Food Measurement and Characterization, 17(3), 2172-2181.

Monaco, R. D., Cavella, S., Masi, P. (2008). *Predicting the sensory cohesiveness, hardness and springiness of solid foods from instrumental measurements.* Journal of Texture Studies, 39, 129–149.

Mondal, A., Datta, A. K. (2008). *Bread baking–A review.* Journal of food engineering, 86(4), 465-474.

Monteiro, J. S., Farage, P., Zandonadi, R. P., Botelho, R. B., de Oliveira, L. D. L., Raposo, A., Araújo, W. M. (2021). *A systematic review on gluten-free bread formulations using specific volume as a quality indicator*. Foods, 10(3), 614.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Morris, C.F., Bettge, A.D., Pitts, M.J., King, G.E., Pecka, K., McCluskey, P.J. (2008). *Compressive strength of wheat endosperm: comparison of endosperm bricks to the single kernel characterization system*. Cereal Chem. 85:359–365.

Morrison, W.R.,Tester,R. F. (1994). *Properties of damaged starch granules.IV.Composition of ball-milled wheat starches and of fractions obtained on hydration*. Journal of Cereal Science, 20(1), 69-77.

Mulet, A., Carcel, J.A., Sanjuan, N., Bon, J. (2003). *New Food Drying Technologies - Use of Ultrasound*, Food Science and Technology International, 3, 215–221.

Mu, M., Geng, R., Yue, Y., Jia, F., Zhang, X., Wang, J. (2021). *Quality prediction of freshly-harvested wheat using GlutoPeak during postharvest maturation.* Grain & Oil Science and Technology, 4(4), 174-181.

Nucia, A., Okoń, S., Tomczyńska-Mleko, M., Nawrocka, A. (2021). *Molecular and physical characterization of grain hardness in European spring common wheat (Triticum aestivum L.)*. 3 Biotech, 11(7), 345.

Olgun, M., Karaduman ,Y., Arpacıoğlu ,N. G. A., Ardıç , M., Koyuncu , O., Sezer, O., Başçiftçi, Z. B., Tunca , Z. Ş., Belen S., Aydın, D., Katar , D.(2018). "*Ekmeklik buğday çeşitlerindeki RGB, HSV ve Lab renk değerleri ile nitrojen dozları ve kalite parametreleri arasındaki ilişki*", Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi, vol. 11, no.2, pp. 46-51.

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

Özkaya, H., Özkaya, B., (2005). *Öğütme Teknolojisi*, Ankara Üniversitesi Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları ,No:30, Ankara

Özkaya H., Özkaya B. (2005). *Tahıl ve Ürünleri Analiz Yöntemleri*. A.Ü. Mühendislik Fak. Gıda Müh. Bölümü Gıda Teknolojisi Yayınları No:30, Ankara.

Paquet-Durand, O., Solle, D., Schirmer, M., Becker, T., Hitzmann, B. (2012). *Monitoring baking processes of bread rolls by digital image analysis*. J. Food Eng. 111 (2), 425-431.

Payne P.I., Holt L.M., Lawrence, G.J., Law, C.N. (1982). *The genetic of gliadin and glutenin - The major storage proteins of the wheat endosperm*. Plant Foods for Human Nutrition, 31, 229-241.

Pena, R. (2023). http://www.fao.org/3/y4011e/y4011e0w.htm , Erişim Tarihi: 14.02.2023.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Perten, H., Bondesson, K., Mjorndal, A. (1992). *Gluten index variation in commercial Swedish wheat sample,* Cereal Foods World, 37, 655-660.

Pomeranz, Y. (1988). *Wheat: Chemistry and technology*, vol. i. St. Paul: AACC

Posner,E.,Ward,A.B.,Niernberger,F.F.(1974).*Evaluating of Wheat Tempering and Blending Methods of Hard Winter Wheats under Experimental Conditions*.Assoc.of Operative Millers Bull.January: 3425-3428.

Posner, E.S., Hibbs, A.N. (1997), *Wheat Flour Milling*, American Association of Cereal Chemists, 341 pp., St Paul Minnesota, USA.

Posner, E. S., Hibbs, A. N. (2005), *Wheat Flour Milling*, 2nd Ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota.USA.

Posner, E. S. (2009). Wheat Flour Milling, in Khan, K.,Shewry, P. R., *Wheat Chemistry and Technology*, 4th ed., American Association of cereal chemists, St. Paul, Minnesota.

Povey, M.J.W., Harden, C.A. (1981), *An application of the ultrasonic pulse echo technique to the measurement of crispness of biscuits*, Journal of Food Technology, 16: 167-175.

Purlis, E., Salvadori, V. (2007). *Bread browning kinetics during baking*. J. Food Eng. 80 (4), 1107-1115.

Rahman, M. S., Al-Attabi, Z. H., Al-Habsi, N., Al-Khusaibi, M. (2021). *Measurement of instrumental texture profile analysis (TPA) of foods.* Techniques to Measure Food Safety and Quality: Microbial, Chemical, and Sensory, 427-465.

Rakita, S., Dokić, L., Dapčević Hadnađev, T., Hadnađev, M., Torbica, A. (2018). *Predicting rheological behavior and baking quality of wheat flour using a GlutoPeak test*, Journal of texture studies, 49(3), 339-347.

Richardson, P.S., Povey, M.J.W. (1990), *Ultrasonic temperature measurement and its potential for food processing systems*, Food Control, 1, 54-57.

Samson, M.-F., Mabille, F., Chéret, R., Abécassis, J., Morel, M.-H. (2005). *Mechanical and physicochemical characterization of vitreous and mealy durum wheat endosperm.* Cereal Chem. 82:81–87.

Savaşlı, E., Önder, O., Karaduman, Y., Dayıoğlu, R., Özen, D., Özdemir, S.,Aydın, N. (2019). *Ekmeklik Buğdayda (Triticum aestivum L.) Başaklanma Döneminde Toprak ve Yapraktan Uygulanan Ürenin Tane Verimi ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi*, Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji dergisi, 7(11), 1928-1936.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Schopf, M., Scherf, K. A. (2021). *Water absorption capacity determines the functionality of vital gluten related to specific bread volume.* Foods, 10(2), 228.

Shewry, P. R. (2009). *Wheat*. Journal of experimental botany, *60*(6), 1537-1553.

Simic, G., Horvat, D., Jurkovic, Z., drezner, G., Novoselovic, D., Dvojkovic, K. (2006). *The genotype effect on the ratio of wet gluten content to total wheat grain protein*, Journal Central European Agriculture, 7(1), 13-18.

Singh, H., MacRitchie, F. (2001). *Use of sonication to probe wheat gluten structure*. Cereal chemistry, 78(5), 526-529.

Sissons, M. (2016). *GlutoPeak: A breeding tool for screening dough properties of durum wheat semolina,* Cereal Chemistry, 93(6), 550-556.

Slade, L.,Levine, H. (1994). *Structure-function relationships of cookie and cracker ingredients.* The science of cookie and cracker production, *9,* 23-141.

Sugden, D.(1996), *Wheat blending and mixing,* World Grain, January 1, 37-38.

Sun, X., Pei, F., Fang, Y. (2022). *The effects of hydrocolloids on the thermomechanical, viscoelastic and microstructural properties of whole wheat flour dough*. Food Chemistry, 370, 130976.

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.

Suslick, K.S.(1988). *In Ultrasounds: its chemical, physical and biological effects,* Homogenous sonochemistry, VCH Publishers, New York., 123-164.

Syamaladevi, R. M., Tang, J., Villa-Rojas, R., Sablani, S., Carter, B.,Campbell, G. (2016). *Influence of water activity on thermal resistance of microorganisms in low-moisture foods: a review,* Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 15(2), 353-370.

Şahin, M., Akçacık, A. G., Aydoğan, S., Demir, B., Güçbilmez, Ç. M., Hamzaoğlu, S.,Yıldırım, T. (2020). *Ekmeklik buğday (Triticum aestivum) genotiplerinin gluten kalitesinin GlutoPeak cihazı ile değerlendirilmesi*, Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 24(2), 151-164.

Talay, M. (1997). *Ekmek Bilimi ve Teknolojisi*. Ekin Yayıncılık ve Pazarlama, İstanbul, 120s.

Tanase, T. (2014). *Tahılı Öğütme İşlemine Hazırlama: Paçallama ve Tavlama*, Miller Magazine, Yıl 8, Sayı 50, Şubat, Sayfa 44.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Thakurand, B.R., Nelson, P.E. (1997). *Inactivation of lipoxygenase in whole soy flour suspension by ultrasonic cavitation*. Nahrung, 41(5), 299-301.

Toma, M., Vinatoru, M., Paniwnyk, L., Mason, T. J. (2001*). Investigation of the effects of ultrasound on vegetal tissues during solvent extraction*, Ultrasonics Sonochemistry, 8, 137-142.

Toole, G. A., Barron, C., Le Gall, G., Colquhoun, I. J., Shewry, P. R., Mills, E. N. C. (2009). *Remodelling of arabinoxylan in wheat (Triticum aestivum) endosperm cell walls during grain filling*. Planta, 229, 667-680.

Troccoli A., Borrelli G.M., DeVita P., Fares C., DiFonzo N. (2000). *Durum wheat quality: A multidisciplinary concept*. Journal of Cereal Science, 32, 99-113.

Tulukçu, E. (1998). *Konya Ekolojik Şartlarında Bazı Makarnalık Buğday Genotiplerinin Kuru ve Sulu Şartlardaki Performanslarının Belirlenmesi*, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü , Yüksek Lisans Tezi, 88 sayfa, Konya.

Türker, S. ve Elgün, A. (1997), *Farklı iki Protein Düzeyine Sahip Bezostaya-1 ve Gerek-79 Buğdayları ile Optimum Ekmeklik Paçal Hazırlanması Üzerine Bir Araştırma*, Gıda 22, 1, 25-33.

Türksoy, S., Onar, D. (2022). *A Rapid Detection of Whole Wheat Gluten Quality by a Novel Chemometric Technique GlutoPeak*, Foods, 11(13), 1927.

Uygulamalarının Kullanılabilirliği. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, *13*(2), 45-59.

Ünver, E. (2005), *Buğday Politikamız ve Hububat Teknolojisi Üzerine Düşünceler 5. Depolama, Paçal ve İnce Temizleme İşlemleri*, Un Mamuller Teknolojisi, Yıl 14, Sayı 70.

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

Walker, S., Seetharaman, K., Goldstein, A. (2012). *Characterizing physicochemical changes of cookies baked in a commercial oven*. Food Res. Int. 48 (1), 249e256.

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

Wang, J., Hou, G. G., Liu, T., Wang, N., Bock, J. (2018). *GlutoPeak method improvement for gluten aggregation measurement of whole wheat flour*, LWT, 90, 8-14

KAYNAKLAR DİZİNİ

Wang, Q., Li, L., Zheng, X. (2020). *A review of milling damaged starch: Generation, measurement, functionality and its effect on starch-based food systems.* Food chemistry, 315, 126267.

Wessels, R., Wentzel, B.,Labuschagne, M. T. (2020). *Solvent retention capacity and swelling index of glutenin in hard red wheat flour as possible indicators of rheological and baking quality characteristics*. Journal of Cereal Science, 93, 102983.

Wrigley, C. W., Tömösközi, S., Békés, F., Bason, M. (2022). *The Farinograph: Its origins.* In The Farinograph Handbook (pp. 3-21). Woodhead Publishing.

Yang, W., Vambura, P.,Williams, L.L. (2008), *Extending the capability of power ultrasound to cereal and oilseed processing for food and non-food applications*, World Applied Sciences Journal 3, 91-95.

Yan, J., Lv, Y., Ma, S. (2022). *Wheat bran enrichment for flour products: Challenges and solutions.* Journal of Food Processing and Preservation, 46(11), e16977.

Yıldırım, A.M., Bayram, M., Öner M.D. (2006), *Ultrason uygulaması ile ses dalgalarının bakliyatların kolay işlenebilir hale getirilmesinde kullanılma olasılıkları*, Türkiye 9. Gıda Kongresi, 24-26 Mayıs 2006, Bolu, 783-786.

Yüksel, Y., Elgün, A. (2013). *Buğdayın islatılması sırasında ultrason işlemi uygulamanın tanenin su absorbsiyonu üzerine etkisi.* Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 15(2), 1-14.

Yüksel, Y., Elgün, A. (2020). *Determination of the effect of high energy ultrasound application in tempering on flour quality of wheat.* Ultrasonics Sonochemistry, 67, 105129.

Ziegler, E., Greer, E.N. (1971). Principles of Milling. In: Y. Pomeranz, *Wheat Chemistry and Technology*. 115-200, American Association of Cereal Cehmists, St Paul Minnesot.

EK AÇIKLAMALAR

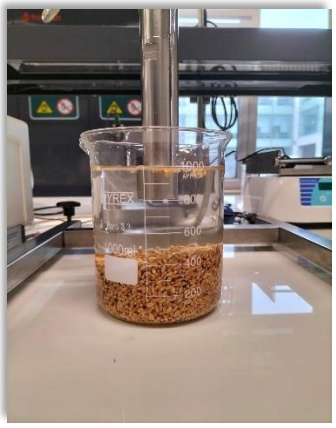
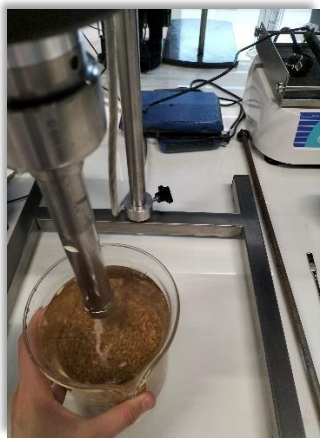
Ek Açıklama-A: Resimler



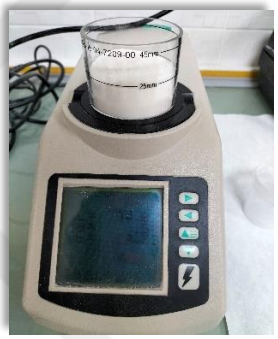






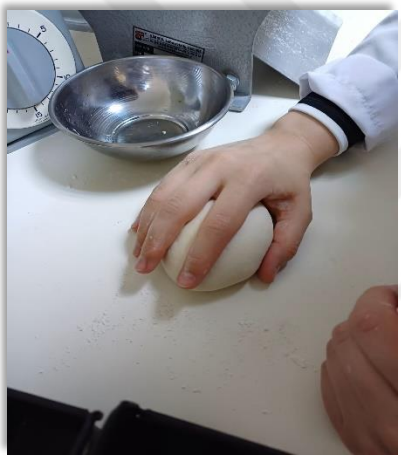


















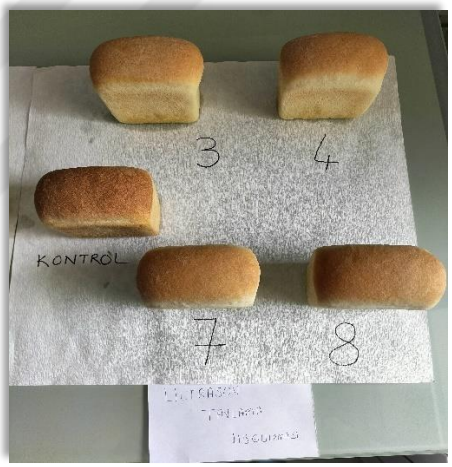









1
2
KONTROL
5
6


3
4
KONTROL
7
8


1
2
KONTROL
5
6
KLASİK
TAVLAMA
UYGULAMASI
3
4
KONTROL
7
8
ULTRASON
TAVLAMA
UYGULAMASI


Stable Micro Systems




POWER
KONICA MINOLTA