# Gluten Kalitesinin Değerlendirilmesinde GlutoPeak Cihazında Kullanılan Farklı Metodların Etkinliğinin Değerlendirilmesi

Meryem HAMARAT

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Nisan 2024

# Evaluation of the Efficiency of Different Methods Used in the GlutoPeak Device in the Evaluation of Gluten Quality

Meryem HAMARAT

**MASTER OF SCIENCE**

Department of Food Engineering

April 2024

# Gluten Kalitesinin Değerlendirilmesinde GlutoPeak Cihazında Kullanılan Farklı Metodların Etkinliğinin Değerlendirilmesi

Meryem HAMARAT

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

Danışman: Doç. Dr. Yaşar KARADUMAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi Tarafından FYL-2023-2591 Proje Kodu İle Desteklenmiştir.

Nisan 2024

**ONAY**

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Meryem HAMARAT' ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Gluten Kalitesinin Değerlendirilmesinde GlutoPeak Cihazında Kullanılan Farklı Metodların Etkinliğinin Değerlendirilmesi" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek oybirliği ile kabul edilmiştir.

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

**İkinci Danışman** **: -**

**Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:**

**Üye :** Doç. Dr. Yaşar KARADUMAN

**Üye :** Doç. Dr. İlyas ATALAR

**Üye :** Prof. Dr. Hülya GÜL

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

Prof. Dr. Fatma TÜMSEK
Enstitü Müdürü

## ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Doç. Dr. Yaşar KARADUMAN danışmanlığında hazırlamış olduğum "Gluten Kalitesinin Değerlendirilmesinde GlutoPeak Cihazında Kullanılan Farklı Metodların Etkinliğinin Değerlendirilmesi" başlıklı Yüksek Lisans tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallarına uygun davrandığımı; tezimde verdiğim bilgileri, verileri akademik ve bilimsel ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim. 22/04/2024

Meryem HAMARAT

İmza

# ÖZET

Buğday unundaki gluten proteinlerinin kalitesi hamurun viskoelastik özelliklerini ve son ürüne uygunluğunu belirlemektedir. Unun gluten kalitesinin tahminlenmesinde birçok fiziko-kimyasal test ve hamur reolojik test cihazları kullanılmaktadır. Son yıllarda geliştirilmiş GlutoPeak cihazında gluten kalitesi (agregasyon özellikleri) az numunede, kısa sürede, kontrollü ortamda (sıcaklık, karıştırma hızı) ve farklı un tiplerinde ortaya koyulabilmektedir. Halihazırda GlutoPeak cihazında 3 metod (standart metod, SMD, 1, 2) ve hızlı un kontrol metodu, (HUKM) kullanılmaktadır. Çalışmada, bu metodların gluten kalite değerlendirmesinde etkinliği 3 farklı gluten gücü (güçlü, orta ve zayıf) ve iki farklı un tipinde (rafine beyaz un ve tam tane unu) değerlendirilmiştir. GlutoPeak metodları ile elde edilen parametreler ile yaygın olarak kullanılan fizikokimyasal ve reolojik metodların parametreleri arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. GlutoPeak parametreleri ile alveograf, farinograf, miksolab, miksograf ve glutograf parametreleri arasında önemli korelasyon bulunmuştur. SMD1 parametreleri ile miksolab stabilite ve C2 değerleri, farinograf stabilite ve gelişme süresi, alveograf uzama kabiliyeti ve enerji değeri SMD2 parametreleri ile miksolab C2, farinograf stabilite, miksograf pik toplam alan; HUKM parametreleri ile alveograf gluten dengesi (T/A) ve miksolab stabilitenin tahmin edilmesi için çoklu regresyon denklemleri geliştirilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar ve geliştirilen denklemler ile GlutoPeak metodlarının ve elde edilen parametrelerin doğru bir şekilde değerlendirebileceklerdir.

**Anahtar kelimeler:** Gluten kalitesi, gluten agregasyon özellikleri, GlutoPeak, hamur reolojisi, buğday kalitesi

## SUMMARY

The quality of gluten proteins of wheat flour determines the viscoelastic properties of the dough. Many physico-chemical tests and dough rheological testing devices (such as the farinograph, alveograph, mixograph, and mixolab) are used to estimate the gluten quality of flour. With the GlutoPeak device developed in recent years, gluten quality (aggregation properties) can be determined in a small sample, in a short time, in a controlled environment (temperature, mixing speed), and in different types of flour. Currently, 3 methods (standard method and 2 1, SMD1, SMD2, and rapid flour control method, RFM) are used in the GlutoPeak device. In this study, the effectiveness of these methods in gluten quality assessment was evaluated using three different gluten strengths (strong, medium, and weak) and two flour types (refined white flour and whole wheat flour). The relationships between the parameters of GlutoPeak methods and commonly used physicochemical and rheological methods were determined. A significant correlation was found between GlutoPeak parameters and alveograph, farinograph, mixolab, mixograph, and glutograph parameters. Multiple regression equations were developed to predict mixolab stability and C2 values, farinograph stability and development time, alveograph extensibility and energy with SMD1 and miksolab C2, farinograph stability, mixograph peak total area with SMD2, and alveograph gluten balance and miksolab stability with HUKM parameters. The developed equations, it will be possible to accurately evaluate the GlutoPeak methods and parameters.

**Keywords**: Gluten quality, gluten aggregation properties, GlutoPeak, dough rheology, wheat quality

# TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince çalışmalarımın düzenlenmesi, gerçekleştirilmesi ve değerlendirilmesinde, görüş ve katkılarıyla beni yönlendiren, destekleyen, motive eden, değerli bilgi ve tecrübelerini paylaşan, araştırma bulgularının yorumlanması ve tezin yazılmasında desteğini esirgemeyen, çalışmalarımın her aşamasında sabırla anlayış gösteren ve üzerimde büyük emeği olan saygıdeğer danışman hocam Doç. Dr. Yaşar KARADUMAN' a, sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

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

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

Hayatım boyunca her zaman yanımda olan ve dualarını esirgemeyen başta annem Gönül BİLEK' e, fedakarlıkları için babam Davut BİLEK' e, varlığıyla güç veren canım kardeşim Sevdanur BİLEK' e, bugünlere gelmemde büyük pay sahibi olan anneannem Hamiyet AYDIN' a ve her daim sevgi ve sabrıyla yanımda olan kıymetli eşim Tolga HAMARAT' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

# İÇİNDEKİLER

**Sayfa**

**ÖZET** ..... **vi**
**SUMMARY** ..... **vii**
**TEŞEKKÜR** ..... **viii**
**İÇİNDEKİLER** ..... **ix**
**ŞEKİLLER DİZİNİ** ..... **xii**
**ÇİZELGELER DİZİNİ** ..... **xiii**
**SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ** ..... **xvi**
**1. GİRİŞ VE AMAÇ** ..... **1**
**2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI** ..... **3**
**3. MATERYAL VE YÖNTEM** ..... **14**
3.1. Materyal ..... 14
3.2. Yöntem ..... 16
3.2.1. Un Analizleri ..... 16
3.2.1.1. Renk analizi ..... 16
3.2.1.2. Rutubet miktarı ..... 16
3.2.1.3. Su aktivitesi değeri ..... 16
3.2.1.4. Kül miktarı ..... 16
3.2.1.5. Protein oranı ..... 17
3.2.1.6. Yaş gluten (öz) miktarı ..... 17
3.2.1.7. Gluten indeks değeri ..... 18
3.2.1.8. Glutenin şişme indeksi ..... 18
3.2.1.9. Makro-SDS sedimantasyon (MSDS) değeri ..... 18
3.2.1.10. Laktik asit, su, sakkaroz, sodyum karbonat solvent tutma kapasitesi (STK). ..... 19
3.2.1.11. GlutoPeak analizi ..... 19
3.2.1.12. Alveograf analizi ..... 20
3.2.1.13. Farinograf analizi ..... 20
3.2.1.14. Miksograf analizi ..... 21

# İÇİNDEKİLER

**Sayfa**

3.2.1.15. Miksolab analizi ..... 21
3.2.1.16. Glutograf analizi ..... 21
3.2.1.17. İstatistiki analizler ..... 22
**4. BULGULAR VE TARTIŞMA ..... 23**
4.1. Un Analizleri ..... 23
4.1.1. Fizikokimyasal özellikler ..... 23
4.1.2. Renk analizi ..... 27
4.1.3. Gluten kalitesi ..... 31
4.1.4. Solvent tutma kapasitesi analizi ..... 36
4.1.5. Gluten agregasyon özellikleri-GlutoPeak ..... 40
4.1.6. Alveograf özellikleri ..... 56
4.1.7. Farinograf özellikleri ..... 61
4.1.8. Glutograf özellikleri ..... 65
4.1.9. Miksograf özellikleri ..... 69
4.1.10. Miksolab özellikleri ..... 74
4.2. Korelasyon analizi ..... 79
4.2.1. Standart Metod1 (SMD1) parametreleri ile ilişkili gluten kalite ve hamur reolojik özellikleri parametreleri ..... 79
4.2.2. Standart Metod2 (SMD2) parametreleri ile ilişkili gluten kalite ve hamur reolojik özellikleri parametreleri ..... 80
4.2.3. Hızlı Un Kontrol Metoddu (HUKM) parametreleri ile ilişkili gluten kalite ve hamur reolojik özellikleri parametreleri ..... 81
4.3. Step-wise Analizi ..... 82
4.3.1. SMD1 parametreleri ile step-wise analiz ..... 82
4.3.2. SMD 2 parametreleri ile step-wise analiz ..... 85
4.3.3. HUKM parametreleri ile step-wise analiz ..... 87
4.4. Regresyon analizi ..... 89
**5. SONUÇ VE ÖNERİLER ..... 96**

# İÇİNDEKİLER

**Sayfa**

**KAYNAKLAR DİZİNİ.....99**

**EK AÇIKLAMALAR…… 110**
Ek Açıklama-A: Resimler……...110

# ŞEKİLLER DİZİNİ

**Şekil** **Sayfa**

4.1. SMD1 PMT değeri ile alveograf A değeri arasındaki ilişki……. 89
4.2. SMD1 BEM değeri ile glutograf toparlanabilme kabiliyeti arasındaki ilişki…….89
4.3. SMD1 agregasyon enerji değeri ile miksolab C2 arasındaki ilişki…….90
4.4. SMD1 BEM değeri ile miksolab C2 arasındaki ilişki…… 90
4.5. SMD1 PMT değeri ile alveograf Ex arasındaki ilişki…….91
4.6. SMD2 BEM değeri ile farinograf su absorpsiyonu arasındaki ilişki……..91
4.7. SMD2 PMT değeri ile alveograf A arasındaki ilişki……..92
4.8. SMD2 PMT değeri ile miksograf gelişme süresi arasındaki ilişki…….92
4.9. SMD2 BM değeri ile alveograf Ex arasındaki ilişki……...93
4.10. HUKM BEM değeri ile miksograf pik alanı arasındaki ilişki……..93
4.11. HUKM PM değeri ile miksolab stabilite arasındaki ilişki……94
4.12. HUKM BEM değeri ile farinograf su absorpsiyonu arasındaki ilişki……..94
4.13. HUKM BM değeri ile miksograf direnç arasındaki ilişki…….95

# ÇİZELGELER DİZİNİ

**Çizelge** **Sayfa**

4.1. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin fizikokimyasal özelliklere ait analiz sonuçları…….. 23
4.2. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin fizikokimyasal özelliklerine ait varyans analiz sonuçları……25
4.3. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin fizikokimyasal analiz sonuçları ortalamaları çoklu karşılaştırma test sonuçları…… 26
4.4. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin renk değerleri analiz sonuçları……. 27
4.5. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları……29
4.6. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin renk değerlerine ait ortalamaların çoklu karşılaştırma test sonuçları……... 30
4.7. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin gluten kalitesi ile ilişkili özelliklerine ait analiz sonuçları……31
4.8. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin gluten kalitesi değerlerine ait varyans analiz sonuçları……34
4.9. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin gluten kalitesi değerlerine ait ortalamaların çoklu karşılaştırma test sonuçları…… 35
4.10. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin solvent tutma kapasitesi analiz sonuçları[1]…….. 36
4.11. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin solvent tutma kapasitesi değerlerine ait varyans analiz sonuçları……38
4.12. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin solvent tutma kapasitesi değerlerine ait analiz ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları……39
4.13. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin GlutoPeak SMD1 analiz sonuçları……..... 40
4.14. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin GlutoPeak SMD1 değerlerine ait varyans analiz sonuçları……44
4.15. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin GlutoPeak SMD1 değerlerine ait ortalamaların çoklu karşılaştırma test sonuçları……..... 45
4.16. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin GlutoPeak SMD2 değerlerine ait analiz sonuçları……46
4.17. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin GlutoPeak SMD2 değerlerine ait varyans analiz sonuçları……49
4.18. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin GlutoPeak SMD2 değerlerine ait ortalamaların çoklu karşılaştırma test sonuçları…… 50
4.19. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin GlutoPeak HUKM değerlerine ait analiz sonuçları……51

# ÇİZELGELER DİZİNİ

**Çizelge** **Sayfa**

4.20. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin GlutoPeak HUKM değerlerine ait varyans analiz sonuçları……54
4.21. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin GlutoPeak HUKM değerlerine ait ortalamaların çoklu karşılaştırma test sonuçları……...55
4.22. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin alveograf değerleri analiz sonuçları…..... 56
4.23. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin alveograf değerlerine ait varyans analiz sonuçları……59
4.24. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin alveograf değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları……... 60
4.25. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin farinograf değerleri analiz sonuçları…….. 61
4.26. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin farinograf değerlerine ait varyans analiz sonuçları……63
4.27. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin farinograf değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları……... 64
4.28. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin glutograf değerleri analiz sonuçları….....65
4.29. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin glutograf değerlerine ait varyans analiz sonuçları……67
4.30. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin glutograf değerlerine ait ortalamaların çoklu karşılaştırma test sonuçları…….. 68
4.31. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin miksograf değerleri analiz sonuçları……..69
4.32. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin miksograf değerlerine ait varyans analiz sonuçları……72
4.33. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin miksograf değerlerine ait ortalamaların çoklu karşılaştırma test sonuçları…….. 73
4.34. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin miksolab değerleri analiz sonuçları…..... 74
4.35. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin miksolab değerlerine ait varyans analiz sonuçları……77
4.36. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin miksolab değerlerine ait ortalamaların çoklu karşılaştırma test sonuçları……... 78
4.37. Standart metod1 (SMD1) parametreleri ile önemli korelasyon değeri veren kalite kriterleri…… 79
4.38. Standart metod2 (SMD2) parametreleri ile önemli korelasyon değeri veren kalite kriterleri…… 80
4.39. Hızlı un kontrol metodu (HUKM) parametreleri ile önemli korelasyon değeri veren kalite kriterleri……... 81
4.40. Step-wise analiz metodu ile miksolab stabilitenin SMD1 parametreleri ile tahminlenmesi……...82

# ÇİZELGELER DİZİNİ

**Çizelge** **Sayfa**

4.41. Step-wise analiz metodu ile farinograf stabilitenin SMD1 parametreleri ile tahminlenmesi…….. 82
4.42. Step-wise analiz metodu ile makro SDS sedimantasyon (MSDS) değerinin SMD1 parametreleri ile tahminlenmesi……... 83
4.43. Step-wise analiz metodu ile alveograf uzama kabiliyetinin (A) değerinin SMD1 parametreleri ile tahminlenmesi……... 83
4.44. Step-wise analiz metodu ile miksolab C2 değerinin SMD1 parametreleri ile tahminlenmesi……...83
4.45. Step-wise analiz metodu ile alveograf enerji (Fb) değerinin SMD1 parametreleri ile tahminlenmesi……...84
4.46. Step-wise analiz metodu ile farinograf gelişme süresinin SMD1 parametreleri ile tahminlenmesi……...84
4.47. Step-wise analiz metodu ile tane protein oranının SMD2 parametreleri ile tahminlenmesi……...85
4.48. Step-wise analiz metodu ile miksolab C2 değerinin SMD2 parametreleri ile tahminlenmesi……...85
4.49. Step-wise analiz metodu ile farinograf stabilite değerinin SMD2 parametreleri ile tahminlenmesi…….. 86
4.50. Step-wise analiz metodu ile miksograf pik toplam alanın (TTINT) SMD2 parametreleri ile tahminlenmesi……..... 86
4.51. Step-wise analiz metodu ile Makro SDS sedimantasyon değerinin HUKM parametreleri ile tahminlenmesi……..... 87
4.52. Step-wise analiz metodu ile alveograf T/A (gluten dengesi) değerinin HUKM parametreleri ile tahminlenmesi……..... 87
4.53. Step-wise analiz metodu ile miksolab stabilitenin HUKM parametreleri ile tahminlenmesi……...88

# SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

| Kısaltmalar | Açıklamalar |
|---|---|
| TTU | Tam tane unu |
| RBU | Rafine beyaz un |
| GC | Gluten gücü |
| k.m. | Kuru madde |
| Tek | Tekerrür |
| VK | Varyasyon kaynağı |
| SD | Serbestlik derecesi |
| KT | Kareler toplamı |
| KO | Kareler ortalaması |
| PMT | GlutoPeak pik maksimum zaman |
| BEM | GlutoPeak maksimum tork |
| BM | GlutoPeak maksimum torktan 15 s önceki tork |
| PM | GlutoPeak maksimum torktan 15 s sonraki tork |
| AGGEN | GlutoPeak agregasyon enerji değeri |
| GPI | Gluten performans indeks değeri |
| GSI | Gluten şişme indeksi değeri |
| $a_w$ | Su aktivitesi |
| dak | Dakika |
| s | Saniye |
| SMD1 | GlutoPeak standart metod 1 |
| SMD2 | GlutoPeak standart metod 2 |
| HUKM | GlutoPeak hızlı un kontrol metodu |
| 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 |
| GECSED | Gecikmeli sedimantasyon |
| PT | Miksograf gelişme süresi |

# SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

| Kısaltmalar | Açıklamalar |
|---|---|
| PV | Miksograf direnç |
| RPS | Miksograf yumuşama derecesi |
| PW | Miksograf pik genişliği |
| TINT | Miksograf pik alanı |
| TTINT | Miksograf toplam pik alanı |
| G | Güçlü gluten |
| O | Orta-güçlü gluten |
| Z | Zayıf-gluten |

# 1. GİRİŞ VE AMAÇ

Buğday unu insanların beslenmesinde başta ekmek olmak üzere bisküvi, yufka, bazlama, erişte, kuskus, pide vb. unlu mamullerin ana hammaddesidir. Unun teknolojik kalitesi son ürün özelliklerini belirleyen temel faktördür. Unun yapısında yer alan protein, nişasta, pentozanlar başlıca bileşenler olmakla birlikte buğday proteini olan gluten, unun ekmek ve diğer fırın ürünlerine işlenmesi sırasında hamurun tüm viskoelastik özelliklerinden sorumlu olup son ürünlerin kalite özelliklerini belirleyen ana bileşendir. Suda çözünmeyen ancak su ile birleştiğinde ve mekanik yoğurmanın da etkisiyle birleşen ve yapı değiştiren gluten, gliadin ve glutenin proteinlerinden oluşur. Bu iki protein hamurun yoğrulması sırasında hidrate olarak ve çeşitli kimyasal bağlar ile birleşip gluten ağını meydana getirerek viskoelastik yapıda hamuru oluştururlar. Hamur reolojik özellikleri fırıncılık ürünlerinin kalitesini doğrudan etkilediğinden oldukça önemlidir. Bu nedenle unların gluten kalitesinin un ve hamurda ürün işleme öncesi ortaya koyulması gerekmektedir.

Gluten kalitesinin ortaya koyulmasında sedimentasyon değeri, solvent tutma özellikleri gibi hızlı kimyasal testler sıklıkla kullanılmakla birlikte bu testlerin laboratuvar ortam koşullarından etkilenmesi, uygulayıcıya göre değişkenlik göstermesi, kimyasalların hazırlanmasında çok fazla özen gösterilmesinin gerekliliği, geniş aralıklarda gluten gücünün ayırt edilmesinde etkinliklerini düşürmektedir. Diğer taraftan hamur viskoelastik özelliklerinin (stabilite, gelişme süresi, enerji değeri, gluten dengesi vb.) istenen fırıncılık ürünlerinin son ürün kalitesi için ortaya koyulması için yaklaşık yüz yıldır birçok cihaz geliştirilmiştir. Bunlar farinograf, alveograf, miksograf, miksolab, glutograf, ekstensograf gibi cihazlardır. Bu cihazlarda elde edilen veriler hamurun özelliklerini doğru bir yaklaşımla ortaya koyabilmekle birlikte analiz için fazla miktarda numuneye gereksinim duyulması yetersiz örnek miktarına ulaşılan veya çok sayıda numunenin olduğu birçok bilimsel çalışmada, ıslah programlarında handikap oluşturmaktadır. Aynı zamanda cihazlarda analiz işlemleri uzun olmakta; öncelikle su absorpsiyonunun belirlenmesi gibi ön gereksinimler ile analizler daha da uzamakta ve bir günde sınırlı sayıda numune analiz edilebilmektedir. Ayrıca tam tane unu veya kepek tabakasına doğru gidilerek randımanı arttırılmış unlar kullanıldığında kepek gluten interaksiyonları bu cihazların birçoğu ile yapılan analizlerde sonuç alınmasını zorlaştırmakta ve tutarlı veriler elde edilememektedir. Ayrıca una farklı tahıllar veya zenginleştirmeler yapıldığında hamur yapısında

yine gluten yapısını olumsuz etkileyen etkileşimlerde hamur özelliklerinin doğru bir şekilde belirlenmesini zorlaştırmaktadır. Unlu mamulller alanında yaklaşık 10 yıldır kullanılmaya başlanan GlutoPeak cihazı ile gluten kalitesi hızlı bir şekilde ayırt edilebilmektedir. Cihazda fazla miktarda suyun olduğu un su karışımına uygulanan yüksek karıştırma kuvveti ölçülmektedir. Cihazda agregasyon özelliklerinin ölçülerek gluten kalitesinin belirlenmesi için öncelikle gluten ayrılmakta; daha sonra gluten ağı oluşmakta ve devam eden hızlı karıştırma ile oluşan ağ parçalanmaktadır. Maksimum noktaya ulaşma için geçen zaman, pik yüksekliği ve takip eden pikteki düşüş gluten kalite değerlendirmesinde temel bilgilerdir ve oldukça kısa süre içerisinde ölçülebilmektedir (120 s). 3-10 g örnek kullanılarak hatta tam buğday ununda dahi bu özellikler belirlenebilmekte bu da testi sektör açısından oldukça değerli kılmaktadır. Aynı zamanda cihazda palet dönüş hızı, ortam sıcaklığı parametreleri optimize edilerek farklı ürün grupları için gluten agregasyon özelliklerinin değerlendirilmesi kolaylıkla yapılabilmektedir. Lakin; cihaz ile farklı metodlar ile elde edilen gluten agregasyon özellikleri ile ilgili parametrelerin doğru bir şekilde değerlendirmelerde kullanılabilmesi için, etkinliğinin daha önce son ürün özelliklerine etkileri ayrıntılı olarak bilinen hamur reolojik özellikleri ve gluten kalitesi ile ilişkili hızlı ve ucuz fizikokimyasal test sonuçları ile farklı gluten gücünde ve unlarda (rafine ve tam tane unu vb.) değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bu tez çalışmasının amacı, gluten kalitesini hızlı ve doğru bir şekilde değerlendirebilmek için kullanılan GlutoPeak cihazında kullanılan üç farklı metodun etkinliğinin farklı gluten kalitesinde rafine un ve tam tane unlarında değerlendirilmesidir. Çalışmada halihazırda GlutoPeak cihazında firma tarafından önerilen 3 metod ile (standart metod1, standart metod2 ve hızlı un kontrol metodu) üç farklı gluten gücüne sahip (güçlü, orta ve zayıf) rafine ve tam tane unlarında elde edilen parametrelerin diğer yaygın olarak kullanılan testler ile aralarındaki ilişkiler araştırılmıştır. Böylece son yıllarda unlu mamuller sektöründe kullanımı yaygınlaşmaya başlayan GlutoPeak cihazında farklı metodlarla elde edilen paramatrelerin etkinliği ortaya koyulmuştur. Bu tez çalışması sonuçları (i) cihazı kullanan farklı unlu mamuller sektörleri için GlutoPeak metodları ve elde edilen parametreleri konusunda bilgi sağlayacak; (ii) farklı GlutoPeak metod parametreleri yaygın olarak kullanılan tüm testler ile karşılaştırıldığı için unların son ürün kalitesi için yapılan değerlendirmelerde etkinlik artacak, (iii) tam buğday unu veya rafine un kullanıldığında farklılıklar tespit edilebilecek, (iv) bu konuda yapılacak diğer çalışmalar için de yön gösterici olacaktır.

# 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Tahıllar içinde en çok tüketilen buğday, Türk insanının temel gıdası olan ekmek ve diğer unlu mamullerin hammaddesidir. Geleneksel olarak tüketilen yufka, bazlama, erişte, kuskus, pide vb. unlu mamuller de buğdaydan elde edilmektedir. Buğday, önemli bir nişasta ve enerji kaynağı olmasının yanı sıra yapısında ayrıca proteinler, lifler ve lipitler, vitaminler, mineraller ve fitokimyasallar gibi önemli miktarlarda diğer önemli besin maddelerini de içerir (Shewry ve Hey, 2015).

Buğday tanesinin bileşiminde nişastadan sonra en çok bulunan bileşen grubu proteinler olarak bilinmektedir. Buğdayların protein içeriği, buğday çeşidine ve agronomik koşullara bağlı olarak %7 ile %22 oranları arasında değişmektedir (Vogel vd., 1976). Teknolojik öneme sahip proteinler genellikle nişasta tanecikleriyle bir arada endospermde bulunmakta ve bu buğday proteinleri konumlarına göre; 'dolgu proteinleri' ve 'bağlı proteinler' olarak iki sınıfa ayrılmaktadır. Dolgu proteinleri; serbest protein olarak da bilinen ve nişasta taneciklerinin ara boşluklarını dolduran protein matriksidir. Un ve ekmek teknolojisinde büyük öneme sahip olan gluten proteini de bu kısımda lokalize olmuştur. Bağlı proteinler ise nişasta tanecikleri üzerinde dallanarak yayılmış yapışık durumda bulunmaktadır ve normal proteinlerin yanında konjuge olanlara da rastlanmaktadır (Elgün ve Ergutay, 2000).

Un proteinleri dört grup altında toplanır. Bunlar çözünürlük özelliklerine göre albüminler, globulinler, gliadinler ve gluteninler olarak gruplandırılırlar. Albümin ve globülinler un proteininin yaklaşık olarak %15'ini oluştururlar, beslenme açısından çok iyi bir aminoasit dengesine sahiptirler ancak hamurun reolojik özellikleri üzerine etkileri yoktur. Gliadinler monomerik proteinlerdir ve alkolde çözünürler. Gluteninler ise yüksek molekül ağırlığına sahiptirler ve yararlı etkilerinin yüksek molekül ağırlıklı glutenin alt üniteleri arasındaki çapraz bağların oluşumu ile sağlandığı belirtilmiştir (Gerrard, 2001, Rosell vd., 2003; Wang vd., 2007). Depo proteinleri olarak da bilinen gliadinler ve gluteninler yüksek polimorfik yapıda bileşenlerdir. Buğday unu hamurunda bulunan gluten proteini, bu iki ana bileşenden oluşmaktadır (Rosell vd., 2003; Wang vd., 2007). Gliadinler, alkolde çözünen ve un proteininde çok az miktarda bulanan monomerik proteinler olarak bilinmektedir. Gluteninler ise, sodyum dodesil sülfat (SDS) içinde

hem çözünme hemde çözünmeme özelliğine sahip yüksek molekül ağırlıklı bileşenlerdir (Gerrard vd., 2001).

Gluten kelime anlamı olarak Latince kökenli olup yapıştırıcı anlamına gelen ‘’glu’’ sözcüğünden türemiş olup aynı zamanda ısıya dayanıklı olma özelliği, lezzet verici ve nem tutma özelliklerinden dolayı fırın ürünlerinde dokunun gelişmesini sağlamak için bir bağlayıcı element ve jelleşme ajanı olarak da kullanılmaktadır (Biesiekierski, 2017; Dedeoğlu, 2020). Buğday proteini içinde suda çözünmeyen ancak su ile birleştiğinde ve mekanik yoğurmanın da etkisiyle birbirleriyle birleşme kabiliyetinde olan ve yapı değiştiren gluten molekülü kompleks bir karışımdır. Buğday unlarının ekmek ve diğer fırın ürünlerine işlenmesi sırasında tüm viskoelastik özelliklerinden sorumlu olduğu (McGee, 2004), gliadin ve glutenin proteinleri hamurun yoğrulması sırasında hidrate olarak ve çeşitli kimyasal bağlar ile birleşerek, hamurun özelliklerini önemli düzeyde etkileyen ve hamur içerisinde yarı sürekli bir faz oluşturarak viskoelastik ve kohezif yapıdaki gluten ağını meydana getirmektedir (Çıbık, 2017).

Hamur reolojik özellikleri; fırıncılık ürünlerinin kalitesini doğrudan etkilediğinden ve aynı zamanda hamurun yapısı hakkında bilgi vermesi nedeniyle oldukça önemlidir. Günümüzde ekmekçilik için önemli bir kalite kriteri olan hamur reolojik özelliklerini belirlemek için birçok cihaz geliştirilmiştir. Bunlar farinograf, alveograf, miksograf, ekstentograf gibi cihazlardır. Reoloji cisimlerin gerilme altında zamana bağlı şekil değişimini (deformasyon ) inceleyen bilim dalıdır. Genel olarak katıların deformasyon özellikleri, sıvıların ise akış özelliklerini belirlemek amacıyla kullanılır. Hamurun reolojik davranışını ölçmek için belirli bir süre kontrollü olarak bir deformasyon veya gerilim uygulanır ve ortaya çıkan tepki kuvveti ölçülür. Bu tepkiler bize viskozite, elastikiyet, uzayabilirlik gibi parametreler hakkında bilgi verir (Dobraszczyk ve Morgenstern, 2003).

Gluten kalitesinin değerlendirilmesinde günümüze kadar yeni teknikler ve metotlar geliştirilmiş olup ve bu amaçla farklı cihazlarda kullanılmaktadır. GlutoPeak cihazı son zamanlarda kullanılmaya başlanılan hızlı bir test olup, bu yönüyle unlu mamuller sektöründe önemli avantajlara sahiptir. GlutoPeak cihazı ile ilgili metod, farklı unların özelliklerinin değerlendirilmesi, klasik reolojik testler ile sonuçlarının karşılaştırılması çalışmaları sürdürülmektedir. GlutoPeak cihazı ile gluten kalitesi hızlı bir şekilde ayırt edilebilmektedir. Bu cihazda fazla miktarda suyun olduğu un su karışımına uygulanan yüksek karıştırma kuvveti

ölçülmektedir (Melnky vd., 2011). Cihazda agregasyon özelliklerinin ölçülerek gluten kalitesinin belirlenmesi için öncelikle gluten ayrılmakta; daha sonra gluten ağı oluşmakta ve devam eden hızlı karıştırma ile oluşan ağ parçalanmaktadır. Maksimum noktaya ulaşma için geçen zaman, pik yüksekliği ve takip eden pikteki düşüş gluten kalite değerlendirmesinde temel bilgilerdir ve oldukça kısa süre içerisinde ölçülebilmektedir. 3-10 g örnek kullanılarak hatta tam buğday ununda dahi bu özellikler belirlenebilmekte bu da testi ıslahçı ve sektör açısından oldukça değerli kılmaktadır. Elde edilen parametrelerden LOT değeri gluten agregasyonunun (bir araya gelme) başladığı zamanı; BEM değeri gluten maksimum direncini; PMT değeri gluten maksimum dirence ulaşmak için geçen zamanı; BM değeri maksimum dirençten 15 s önceki direncini; PM değeri 15 s sonraki direncini ifade etmektedir (Chandi ve Seetharaman, 2012).

GlutoPeak cihazı ile gluten kalitesinin değerlendirilmesi ile ilgili çalışmalar aşağıda değerlendirilmiştir.

Melnky vd., (2011) yaptıkları çalışmada %15,1 ve %10,6 protein miktarına sahip unlar kullanmışlardır. 0,1-1,0 M konsantrasyonlarda NaF, NaCl, NaBr, NaI, and NaSCN Hofmeyster anyonik ve 0,0625-1,0 M konsantrasyonda KCl, NaCl, $NH_4Cl$, $MgCl_2$ ve $CaCl_2$ Hofmeyster katyonik çözeltileri kullanmışlardır. Konsantrasyon artışı ile GlutoPeak tork değerleri artmış; yüksek tuz konsantrasyonlarında agregasyon zamanı arasındaki farklar artmıştır.

Chandi ve Seetharaman (2012) yaptıkları araştırmada yanıt yüzeyi metodolojisi uygulayarak GlutoPeak cihazı için standart bir yöntem geliştirmeyi amaçlamışlardır. Metotda dört değişken (un ağırlığı, sıcaklık, solvent ve devir/dakika) kullanılırken tork ve pik maksimum zaman yanıtlar olarak alınmıştır. Un x çözücü interaksiyonu tam buğday unu ve sert buğday unlarında pik maksimum torku etkileyen en önemli faktör olurken, yumuşak buğday unu için un ve bıçağın devir sayısı öne çıkmıştır. Çalışmada 8,5 g un, 9,5 g 0,5 M $CaCl_2$, 34 $^0$C sıcaklık, 1900 rpm dönüş hızı tam tane unu ve rafine unlar için standart bir yöntem olarak önerilmiştir.

Marti vd. (2013) 100 adet buğday unu örneğini GlutoPeak cihazı ile analiz etmiştir. 9 g un ile 5 dakika analiz süresinde çalışmışlardır. Protein oranının yanı sıra farinograf ve alveograf ile reolojik özellikleri test edilmiştir. Sonuçlar, GlutoPeak cihazının klasik olarak kullanılan reolojik testler ile ilişkili olarak gluten kalitesi hakkında kısa sürede faydalı bilgiler sağladığını göstermiştir.

Marti vd. (2014) 30 adet numunede, 9 g irmik, 10 g su ve 2750 devir/dak ve 35 $^{0}$C'de koşullarında GlutoPeak özelliklerini çalışmışlardır. Çalışmada protein oranı ile maksimum tork arasında çok önemli pozitif korelasyon (r= 0,54, *p<0,01*) bulunmuştur. Agregasyon enerji değeri ile ve gluten indeks değeri arasında pozitif korelasyon değerine ulaşılmıştır (r= 0,47, *p<0,01*). Alveograf indeks değeri ile pik makismum zaman (PMT) arasında (r= 0,35, *p<0,05*); maksimum tork arasında (r= 0,56, *p<0,01*) ve agregasyon enerji değeri arasında (r= 0,65, *p<0,01*) ilişki bulunduğunu bildirmişlerdir. GlutoPeak testinin iyi kalitedeki örneklerin (pikin altında kalan alan > 2400 AU), düşük kaliteli olanlardan (pikin altında kalan alan <2400 AU) ayırt edilebilmesinde önemli potansiyelinin olduğunu belirtmişlerdir.

Karaduman vd. (2015) GlutoPeak parametrelerinin ıslah programlarında materyalin kalite değerlendirilmesinde kullanılabilirliğini araştırmıştır. Bu amaçla piyasadan temin edilen dört temel un grubuna ait unlar ve ekmeklik buğday ıslah programındaki melez bahçesi materyali GlutoPeak özellikleri bakımından değerlendirilmiştir. Piyasadan temin edilen unların analizi sonucunda gluten maksimum direnci (BEM), gluten maksimum dirençten 15 s sonraki direnç (PM) ve gluten maksimum dirençten 15 s önceki direnç (BM) değerlerinin ıslah programlarında oldukça yararlı olabileceği öngörülmüştür. Bu parametrelerden melez bahçesinde özellikle BEM ve PM değerleri ebeveynler arasında ayırt edici bulunmuştur. BM değeri konusunda daha ayrıntılı çalışmalar yapılması gerektiği belirtilmiştir. Yine aynı çalışmada piyasadan temin edilen bu dört un grubu ile yapılan çalışma sonucunda BEM, PMT ve PM değerlerinin yüksekliği gluten dayanımının fazla olduğunu gösterdiği özellikle gluten dayanımının fazlalığı ekmek ve yufka üretiminde istenirken; bisküvilik unlarda daha zayıf gluten istenilen ürün yapısı için gereklilik olduğu belirtilmiştir.

Sissons, (2016) 32 makarnalık buğday irmiği numunesi miksograf, SDS sedimantasyon (SDSS), gluten indeksi (GI) ve GlutoPeak testi ile analiz edilmiştir. GlutoPeak pik maksimum süre (PMT) gluten gücünün en iyi göstergesi olmuş ve SDSS dışındaki diğer testlerle iyi korelasyon göstermiştir. SDS'de çözünmeyen glutenin içeren numuneler daha güçlü hamur ve daha uzun PMT'ye sahip olmuştur. Çalışmada ayrıca GlutoPeak değerleri makarna yapışkanlığı ile ilişkilendirilmiştir.

Wang vd. (2017)'nın yaptğı çalışmada GlutoPeak pik maksimum zaman (PMT) ve tepe alanı (PA) gluten gücü ile pozitif ilişkili bulunmuş, ancak farinograf absorpsiyonu (FAB) negatif

ilişkili olmuştur. GlutoPeak maksimum torku (T max) gluten gücünden bağımsız olarak FAB ile yüksek oranda pozitif (*p<0,001*) korelasyon vermiştir. FAB'nin etkisini hesaba katmak için, gluten gücünü tahmin etmek için yeni bir parametre GlutoPeak güç (strength) indeksi (GSI) tanımlanmıştır. GSI değeri farklı FAB değerlerine sahip 56 unda PA (r= 0,84) ve PT ile (r= 0,57) önemli korelasyon vermiştir. Ayrıca, GSI değeri ile un karıştırma ve pişirme özellikleri arasında önemli ilişkiler bulunmuştur.

Rakita vd. (2018) GlutoPeak parametrelerinin un absorpsiyonunu dikkate alan reolojik testlerin indeksleri ile daha iyi korelasyon gösterdiğini belirtmiştir. GlutoPeak testi iyi kalitedeki buğday çeşitlerini kalitesiz olanlardan ayırt etmek için uygun olduğu belirlenirken, en ayırt edici indeks maksimum tork (BEM) olarak belirlenmiştir. Ayrıca buğday unu kalitesinin limitleri olarak BEM değeri 50 GPU ve agregasyon enerji değeri 1,300 GPU olarak bulunmuştur.

Malegori vd. (2018) GlutoPeak testinin hamur kalitesini doğrudan tam tahıl unundan tahmin etme yeteneğini değerlendirmek için çok değişkenli bir yaklaşım kullanmıştır. GlutoPeak testi sonuçları, Temel Bileşen Analizi yoluyla hem rafine hem de tam tane unlarında (22 numune) değerlendirilmiştir. Farinograf stabiliteyi tahmin etmek için GlutoPeak profilleri kullanılarak modeller geliştirilmiş ve hem rafine hem de tam tane ununda %81,8'lik ortalama tahmin yeteneğine ulaşılmıştır. Böylece GlutoPeak testi ile doğrudan tam tane unu üzerinde farinograf stabilitenin tahmin edilebileceği gösterilmiştir.

Wang vd. (2018) farklı parçacık boyutu aralıklarındaki tam tane unlarının (TTU) gluten agregasyonunu saptamak için GlutoPeak yöntemini çalışmışlardır. Numune/çözücü ağırlık oranı, karıştırma hızı ve test sıcaklığının PMT ve BEM değerlerinin tekrarlanabilirliği üzerindeki etkileri incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Aynı TTU numunesi seti geliştirilen GlutoPeak yönteminin ölçümü ile karşılaştırma için miksolab ve farinograf ile de değerlendirilmiştir. Miksolab ve farinograf testleri ile karşılaştırıldığında, GlutoPeak yöntemi daha az zaman almış ve farklı parçacık boyutu aralıklarındaki TTU'lar için önemli ölçüde farklı (*p<0,05*) sonuçlar vermiştir. Karıştırma hızının etkisi, 20 °C sıcaklıkta ve 8-10 g un/çözücü ağırlık oranı ile 1500-3000 rpm arasında incelenmiştir. Karıştırma hızının arttırılması gluten agregasyonunu hızlandırmış; hem sert kırmızı hem de yumuşak beyaz TTU'nda PMT'nin azalmasına ve BEM'nin artmasına yol açmıştır. GlutoPeak'in farklı parçacık boyutlarındaki TTU'nun gluten agregasyonunun değerlendirmek için etkili bir araç olabileceği sonucuna varılmıştır.

Savaşlı vd. (2019) azotlu gübre miktarı ve uygulama formunun ekmeklik buğdayın tane verimi ve kalitesi üzerine etkisini araştırmıştır. Kuru koşullarda 7 adet ve sulu koşullarda 8 adet ekmeklik buğday çeşidi materyal olarak kullanılmıştır. Her iki denemede yapraktan üre uygulaması ile SDS sedimantasyon değeri, protein oranı, gluten agregasyon enerji değeri (AGGEN) ve maksimum tork (BEM) değerlerinde artış olurken; pik maksimum zaman (PMT) değerinde azalma olmuştur. Kuru ve sulu şartlarda çeşitler arasında SDS sedimantasyon değerleri açısından istatistiki olarak önemli farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Araştırmada; sulu ve kuru şartlarda yapraktan üre uygulaması ile granüle göre genotiplerden yüksek ekmeklik kalite ile ilişkili olarak Glu-A1 lokusunda 2* alt ünitesi taşıyanların tane veriminde %9,0, protein oranında %6,5, sedimantasyon değerinde %17,0 ve BEM değerinde %3,8; Glu-D1 lokusunda 5+10 alt ünitesi taşıyanların tane verimde %8, protein oranında %5,6, sedimantasyon değerinde %16,0, BEM değerinde %6,4; Glu-B1 lokusunda 7+9 alt ünitesi taşıyanların tane veriminde %7,0, protein oranında %6,0, sedimantasyon değerinde %19,6 ve BEM değerinde %7,2 artış olduğu belirlenmiştir.

Onar (2019) Türkiye'nin 5 farklı bölgesinden (Adana, Çorum, Edirne, Erzurum ve Eskişehir) temin edilen 125 adet buğday örneğinden elde edilen kırma unları hem klasik yöntemlerle hem de GlutoPeak cihazı ile analiz edilerek gluten kaliteleri bakımından değerlendirmiş, ayrıca klasik yöntemler ile GlutoPeak analiz sonuçları karşılaştırılarak aralarındaki ilişki saptamaya çalışmıştır. Adana ilinden elde edilen örneklerin % 39'unun PMT değerlerinin oldukça yüksek olduğu, BEM değerlerinin ise genel olarak yüksek olduğu tespit edilmiştir. PMT değerleri Çorum ilinden elde edilen örneklerin %12'sinde, Edirne ilinden elde edilen örneklerin % 23'ünde; Erzurum ilinden temin edilen örneklerin % 33'ünde; Eskişehir ilimizden temin edilen örneklerin ise % 21'inde oldukça yüksek bulunmuştur. BEM ve PM değerlerinin gluten kalitesi hakkında doğrudan ilişkili olması nedeniyle farklı bölgelerden temin edilen örnekler için sadece bu değerler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak test edilmiştir.

Çeliker (2019) yaptıkları çalışmada TS 2974 Buğday standardına göre aynı kategoride yer alan ekmeklik buğday çeşitlerinin farinograf ve ekstensograf özelliklerini belirleyerek TMO hububat alım kriterleriyle uyumluluğu incelenmiştir. GlutoPeak analizinin bu sınıflandırma ve değerlendirme çerçevesinde kullanılabilirliğinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Ekstensograf analizinin 135. dak analize ilişkin uzama kabiliyeti ile GlutoPeak maksimum tork, maksimum tork sonrası tork, A(2-3) ve A(3-4) alan değerleri arasında çok yüksek düzeyde pozitif bir korelasyon

olduğu görülmüştür. 135. dak uzama kabiliyetinin maksimum tork, 15 s sonraki tork değeri ile ilişkisine bakıldığında tavlı numuneden elde edilmiş örneklerde r=0,88 ($p<0,05$) ve çekiçli değirmende elde edilmiş tam buğday unu numunesinde ise r=0,89 ($p<0,05$) düzeyinde ilişki olmuştur. Korelasyon düzeyleri karşılaştırıldığında, tavlı un numunesinde maksimum pik süresi ile ekstensograf 135. dak maksimum direnç değeri arasında r=0,74 düzeyinde bir ilişki olduğu görülmüştür. Tavlanarak öğütülmüş buğday ununda en yüksek korelasyon ilişkisi maksimum tork ve maksimum torktan 15 s sonraki tork parametrelerinde belirlenmniştir. Tavsız öğütülmüş buğday ununda yapılan analizde maksimum tork ve A(4-5) parametrelerinde, tam buğday unu olarak öğütülmüş buğday ununda yapılan analizlerde ise en yüksek korelasyon maksimum torktan 15 s önceki tork ile ile A(3-4) parametre değerlerinde görülmüştür. Sonuç olarak; buğdaylarda maksimum pik süresi ile gluten miktarı arasında negatif, gluten indeks değeri arasında pozitif yönde bir korelasyon elde edilmiştir. Ekstensograf analizi 135. dak'da hamur uzama kabiliyeti tavlı, tavsız öğütülmüş un ve çekiçli değirmende öğütülmüş tam buğday unu numunelerinde A(3-4) değeri, maksimum tork ve maksimum tork sonrası tork değerleri ile önemli ilişki vermiştir. Ekstensograf maksimum direnç değerleri ile GlutoPeak parametreleri arasında ilişki zayıf olmuştur. Farinograf su absorbsiyon değerleri ile GlutoPeak parametreleri arasında yapılan değerlendirmede, su absorbsiyonunun özellikle maksimum tork değeri ile pozitif korelasyonunun olduğu belirlenmiştir. GlutoPeak parametrelerinin düşme sayısı değeri ile olan ilişkisine bakıldığında, sadece tavlanarak öğütülmüş buğday ununda A(0-1) parametre değeri ile düşme sayısı arasında bir ilişkinin olduğu görülmüştür.

Karaduman vd. (2019) yaptıkları araştırmada toplam 30 numunede tam buğday unları üzerinde GlutoPeak test cihazından elde edilen veriler ile rafine beyaz unlar üzerinde yapılan klasik testleri karşılaştırmıştır. Klasik testler olarak farinograf, laktik asit solvent tutma kapasitesi, Zeleny-sedimantasyon değeri ve gluteninin şişme indeksi değeri kullanılmıştır. Tam buğday unlarından toplanan GlutoPeak verileri, GlutoPeak test cihazından elde edilen verilerle ve rafine beyaz unlar üzerinde gerçekleştirilen klasik gluten kalite testleriyle yüksek düzeyde ve önemli ölçüde ilişkili bulunmuştur. GlutoPeak verilerinden özellikle BEM ve maksimum torktan 15 sn sonraki torkun (PM) hızlı, güvenilir ve tekrarlanabilir bir yaklaşım olarak buğday kalite değerlendirmesi için tam buğday ununda gluten kalitesinin değerlendirilmesinde oldukça faydalı olduğu bulunmuştur. Mevcut çalışmada, çok güçlü ve çok zayıf un grupları olmasına rağmen BEM değerleri oldukça farklı bulunmuştur. Tam buğday unundan elde edilen BEM değeri buğdayın protein kalitesini ayırt etmek için yararlı bir parametre olarak önerilmiştir. Çalışmada,

tam buğday unlarında GlutoPeak PM değerleri de un gruplarını ayırt edebilmiştir. Çok-güçlü un grubu ortalama 25,0 BE PM değerine ve çok-zayıf grup ortalama 16,0 BE PM değerine sahip bulunmuştur. Tam buğday unlarının GlutoPeak parametreleri ile beyaz unların diğer gluten kalite testleri arasında önemli korelasyon elde edilmiştir. GlutoPeak parametrelerinden özellikle BEM ve PM değerleri tam buğday unlarının gluten kalitesinin tahminlenmesinde önemli görülmüştür.

Song (2020) farklı gluten kuvvetlerine sahip üç buğday çeşidinin yakın izogenik hatlarını (NIL'ler) kullanarak yaptıkları çalışmada; NIL'lerin genetik etkilerindeki farklılıkları GlutoPeak parametrelerindeki farklılıklar ile değerlendirmiş ve diğer kalite parametreleriyle kıyaslayarak sonuçların benzer olduğunu göstermiştir. Daha yüksek gluten gücü daha uzun pik maksimum zamana (PMT) karşılık gelmiştir. Sonuçlar, GlutoPeak cihazının buğday kalitesinin değerlendirilmesinde önemli bilgiler sağladığını göstermiştir.

Şahin vd. (2020) 2017-2018 ve 2018-2019 yetiştirme sezonunda Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü merkez lokasyonunda kuru ve sulu şartlarda yetiştirilen 13 ekmeklik buğday genotipi ile bir çalışma yürütmüşlerdir. Deneme örnekleri öğütülmüş ve GlutoPeak cihazında Hızlı Un Kontrol metoduna göre (Rapid Flour Check Method) analiz edilmiştir. GlutoPeak BM, BEM, PMT, PM, startup enerji (S-enerji) ve agregasyon enerji (Ag. enerji), protein oranı (GPRT), yaş gluten (GGLT), enerji değeri (GW), su absorbsiyonu (GSAB), belirlenmiştir. Tam buğday ununda protein oranı (PRT) ve sertlik analizi (SRT), un örneklerinde farinograf su absorbsiyonu (FSAB), alveograf enerji değeri (AW), yaş gluten miktarı (YGLT) analizleri yapılmıştır. Yapılan varyans analizinde BM değeri genotipler arasında ($p<0,01$) düzeyinde önemli iken; yıllar arasındaki farkın suluda ($p<0,01$) düzeyinde önemli ve kuruda önemsiz olduğunu belirlemişlerdir. Genotiplerin BM değeri bakımından lokasyon değerlerinde de farklılıklar olduğu görülmüştür. BEM, PMT ve PM değeri bakımından genotipler ve yıllar arasında ($p<0,01$) düzeyinde önemli fark olduğu belirlenmiştir. GlutoPeak cihazı verileri ile klasik yöntemle yapılan analizler değerlendirilip korelasyonlar incelenmiştir. BM ile FSAB arasında r =0,5579 ve AW arasında r= 0,3580; BEM değeri ile FSAB arasında r= 0,7665, SRT arasında r= 0,4089 ve YGLT arasında r=0,3745; PMT ile PRT arasında r= -0,3583, FSAB arasında r= -0,6385 ($p<0,01$) düzeyinde önemli korelasyonlar bulunmuştur. GPRT ile PRT arasında r = 0,3592; GGLT ile YGLT arasında r=0,3506; GW ile AW arasında r= 0,3919; GSAB ile FSAB arasında r= 0.8280 ($p<0,01$) önemli ilişki olduğu belirlenmiştir. GlutoPeak cihazında elde edilen parametreler ile FSAB arasında yüksek korelasyon belirlenirken; PRT, YGLT, AW arasında da önemli korelasyon

olduğu tespit edilmiştir. PMT değeri ile diğer özellikler arasında negatif ilişki olduğu belirlenmiştir. Buna göre ekmeklik buğday genotiplerinin gluten kalitesinin değerlendirilmesinde az örnekle, kısa sürede analiz gerçekleştirildiğinden GlutoPeak cihazının kullanımının kolaylık sağlayacağı ifade edilmiştir.

Zawieja vd. (2020) yaptıkları çalışmada GlutoPeak testi (tam tane ununda) sonuçları farinograf ve ekstensograf testleri (rafine edilmiş unlar) ile numuneler analiz edilmiştir. Su absorpsiyon, hamur stabilitesi ve enerjisi değerleri ile GlutoPeak parametreleri arasındaki doğrusal korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Daha sonra farklı regresyon analizleri ve PLSR analizi uygulanmıştır. Unun su absorpsiyonu ile GlutoPeak testinden elde edilen parametrelerin çoğu arasında yüksek korelasyon bulunmuştur ($r \geq 0,74$, $p<0,01$). Elde edilen sonuçlara göre, su absorpsiyonu ile sıralı regresyon modeline, hamur stabilitesi için ise sıralı regresyon modeli ve PLSR modeline en iyi uyum gösterdiğini belirlemişlerdir.

Karaduman vd. (2020) GlutoPeak test cihazının tam buğday unu numuneleri üzerinden yumuşak buğday ıslah materyalinde gluten gücünün değerlendirilebilirliğini araştırmışlardır. 7 lokasyonda üç yıl boyunca yetiştirilen 25 yumuşak buğday genotipi, yaygın olarak kullanılan gluten kalitesi ile ilgili parametrelere göre gruplandırılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre GlutoPeak tam buğday unu PMT değerleri 30,0 ile 50,0 s arasında ve BM değerleri 15,0 ile 20,0 GPU arasında yumuşak hamur bisküvi ürünleri için uygun bulunurken; PMT ve BM değerleri 40,0 ile 60,0 s ve 20,0-23,0 GPU arasında sert hamurlu bisküvi ürünleri için uygun bulunmuştur.

Mu vd. (2021) GlutoPeak cihazı kullanılarak hasat sonrası olgunlaşma sırasında buğday kalitesinin tahmin edilmesi için hızlı ve uygun bir yöntem sağlamayı amaçlamıştır. Farklı koşullarda (WT1: 15 °C, %50 RH ; WT2: 20 °C %65 RH ; WT3: 28 ) depolanan dört buğday örneğinin (WT1, WT2, WT3, WT4) reolojik özelliklerini belirlemek için farinograf ve ekstensograf analizleri kullanılmıştır. Toplam 10 hafta boyunca dört örneğin gluten agregasyon özelliklerini belirlemek için GlutoPeak testi de kullanılmıştır. Reolojik özellikler ve gluten agregasyon özellikleri arasında korelasyon analizi yapılmıştır. Reolojik özelliklerin sonuçları, dört numunenin tüm ekstensograf özelliklerinin (hamur uzayabilirliği, direnç, maksimum direnç ve alan) depolama süresi ile birlikte arttığını ve farinograf özelliklerinin (su absorpsiyon, hamur gelişme süresi, hamur stabilite süresi ve farinograf kalitesi) arttığını göstermiştir. Korelasyon analizi sonuçları, BEM'nin su absorpsiyonu ve alan ile önemli bir korelasyona sahip olduğunu

göstermiştir. Ayrıca BEM WT2 için hamur gelişme süresi ($p<0,05$) ile önemli korelasyon göstermiştir. WT3 için PMT değeri hamur gelişme süresi, uzayabilirlik, alan ($p<0,05$) ve FKN ($p<0,01$) ile önemli ölçüde ilişkili bulıunurken; BEM, su absorpsiyon ($p<0,01$) ve hamur stabilite, FKN, uzayabilirlik, maksimum direnç ve alan ($p<0,05$) ile önemli bir ilişki göstermiştir. Çalışma sonuçları GlutoPeak testinin, hasat sonrası olgunlaşma sırasında yeni hasat edilmiş buğday için kalite tahmininde etkili olduğunu ve depolama döneminde hızlı buğday kalitesi tespiti ve değerlendirmesi yapılmasını mümkün kıldığını göstermiştir.

Türksoy ve Onar (2022) 125 yaygın ekmeklik buğday çeşidinden alınan tam buğday unu örneklerinin protein oranı (PO), yaş gluten miktarı (YGM) ve Zeleny sedimantasyon değeri (ZSD) analizleri yapılmıştır. GlutoPeak değerlerinin (Pik maksimum zaman, PMT; maksimum tork, BEM; BEM'den 15 s önce tork, BM; BEM'den 15 s sonra tork, PM) diğer klasik buğday kalite parametreleriyle korelasyonları değerlendirilmiştir. Sonuçlar, BEM ve YGM arasında (r= 0,627, $p<0,05$) ve PO arasında yüksek (r= 0,589, $p<0,05$); PO (r= 0,511, $p< 0,05$) ve YGM (r= 0,566, $p<0,05$) değerleri ile GlutoPeak PM arasında orta derecede korelasyon bulunmuştur. Bölgelerin etkisi göz önüne alındığında, BEM ve PM GlutoPeak değerleri tam buğday unu örneklerini gluten kalitesinin ayırt etmek için önemli parametreler olarak belirlenmiştir. GlutoPeak testinin rafine edilmiş ve rafine edilmemiş buğday kalitesinin zaman alıcı olmadan tahmin edilmesi için güçlü ve güvenilir bir araç olabileceği belirtilmiştir.

Güçbilmez vd. (2019) GlutoPeak testinin buğday çeşitlerinin gluten kalitesinin ayırımında etkinliğini araştırmışlardır. GlutoPeak parametrelerinin hamur reolojik özellikleri ve ekmek pişirme kalitesini tahminleme etkinliğini değerlendirmişlerdir. 12 buğday çeşidinde GlutoPeak parametreleri SKCS-sertlik, Zeleny sedimantasyon değeri, farinograf su absorpsiyonu, alveograf enerji ve ekmek hacmi ile pozitif korelasyon vermiştir. PMT değeri ile negatif korelasyon bulunmuştur.

Gong vd. (2023) çalışmasında hammadde olarak on ticari buğday unu çeşidi kullanıl mıştır. Un kalitesi, gluten agregasyonu ve çözücü tutma kapasitesi ve korelasyonları analiz edilmiştir. Sonuçlar protein miktarı, yaş gluten miktarı, kuru gluten miktarı ve glutenin şişme indeksi ile maksimum tork (BEM), maksimum torktan 15 s önce (BM), maksimum tork 15 s sonraki tork (PM) ve gluten aggregasyon enerji değeri (AGGEN) ile pozitif korelasyon göstermiştir. BEM, BM, PM ve AGGEN değerleri solvent tutma kapasitesi-su (STK-su) ve

solvent tutma kapasitesi-laktik asit (STK-laktik asit) değerleri ile pozitif korelasyon vermiştir. Ayrıca solvent tuutma kapasitesi-etanol AGGEN ile ve solvent tutma kapasitesi-sodyum dodesil sülfat (SDS) pik maksimum zaman (PMT) ile yüksek korelasyon vermiştir. Solvent tutma kapaistesi metabisülfit ve solvent tutma kapasitesi metabisülfit + SDS'de BEM, AM, PM ve AGGEN değerleri ile önemli derecede ilişkili bulunmuştur.

# 3. MATERYAL VE YÖNTEM

## 3.1. Materyal

Çalışma kapsamında güçlü, orta ve zayıf gluten gücünde rafine beyaz un ve tam tane unu elde etmek amacıyla gerekli ekmeklik buğday çeşitlerine ait tane numuneleri Eskişehir Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (GKTAEM)'ne ait farklı lokasyonlardaki denemelerden temin edilmiştir. Çalışmada 3 farklı gluten yapısında un numuneleri oluşturmak için kullanılacak buğday çeşitleri Toprak Mahsulleri Ofisi (TMO) Ülkesel Alım Baremi'ndeki sınıflara göre belirlenmiştir. Güçlü gluten yapısı için Rumeli ve Esperia çeşitleri (kırmızı-sert grup), orta gluten yapısı için Nacibey ve Sönmez çeşitleri (diğer-kırmızı grup) ve zayıf gluten yapısı için Çetinel ve Gerek çeşitleri (bisküvi-yapım kalitesi yüksek) kullanılmıştır.

Öncelikli olarak rafine beyaz unda Zeleny sedimantasyon değeri ve gecikmeli Zeleny sedimentasyon değeri analizleri yapılarak örneklerde süne veya kımıl zararı olup olmadığı belirlenmiştir. Ön değerlendirme sonucunda süne zararı etkisi olmadığı belirlenen ve çalışmada sedimantasyon değerlerine göre güçlü, orta ve zayıf gluten yapısında unu oluşturacak varyasyonu meydana getirecek şekilde buğday numuneleri öğütülerek üç farklı gluten gücünde tam tane unu ve rafine buğday unu numuneleri çalışma materyali oluşturulmuştur.

Çeşitlere ait tane örnekleri laboratuvar tipi temizleme makinası (Brabender Labofix90) ile temizlendikten sonra; tane sertlik değeri (HI) tek tane karakterizasyon cihazı (Perten SKCS 4100, İsveç) ile elde edilen verilere AACCI method 55.31.01 (AACCI, 2010)'e göre kalibre edilmiş, Yakın Kızılötesi Spektroskopi (NIR) cihazı (Foss NIR6500) kullanılarak belirlenmiştir. Çetinel ve Gerek çeşitleri tane rutubetlerini %14,5 (w/w)'e ve diğer çeşitlerde ise %15,5 (w/w)'e getirecek şekilde hesaplanarak su verilerek tavlama kaplarında konulmuş ve belirli aralıklarla karıştırılarak 24 saat oda sıcaklığında tavlanmıştır (Özkaya ve Özkaya, 2005). Tane örneklerinin rafine beyaz una öğütülmesi GKTAEM Kalite ve Teknoloji Laboratuvarı'nda laboratuvar tipi kırma ve redüksiyon olmak üzere iki kısımdan oluşan valsli değirmende (Chopin Moulin CD1, Fransa) yapılmıştır. Tavlanmış buğdaylar değirmende öncelikle kırma sistemine verilerek kırılmış irmik, kaba kepek ve kırma unu ayrılmıştır. Ana ürün olarak elde edilen irmik redüksiyon sisteminde öğütülerek una indirgenmiştir. Kırma ve redüksiyon unları çalışmada rafine beyaz un (RBU)

olarak kullanılmıştır (partikül iriliği <160 μ). Tam tane unu (TTU) eldesi için Retsch ZM200 değirmeni (Retsch Haan, Germany) kullanılmış, değirmende taneler 0,5 mm partikül iriliğinde homojen olarak öğütülmüştür.

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Un Analizleri

#### 3.2.1.1. Renk analizi

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

#### 3.2.1.2. Rutubet miktarı

Rutubet miktarı American Association of Cereal Chemist International (AACCI) method 44-15.02 (AACCI, 2010)'e göre belirlenmiştir. 135°C' de kurutularak sabit ağırlığa getirilmiş ve desikatörde soğutulup darası alınmış kurutma kaplarına yaklaşık 5 g örnek tartılmış, örnekler etüve (Daihan Wiseven) kapakları açık şekilde yerleştirilmiş ve 135° C' de sabit ağırlığa gelinceye kadar (yaklaşık 2 saat) kurutulmuştur. Sürenin sonuna kadar kapaklar kapalı olarak desikatöre yerleştirilmiş, soğutularak tartılmıştır.

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

#### 3.2.1.3. Su aktivitesi değeri

Su aktivitesi analizi WaterLab (Steroglass S.r.l., Perugia, İtalya) marka cihaz yardımıyla belirlenmiştir. Ölçüm işlemi 25℃'de gerçekleştirilmiştir.

#### 3.2.1.4. Kül miktarı

AACCI Metot No:08.01'e (AACCI, 2010)' e göre belirlenmiştir. Yakma işlemi yüksek sıcaklık değerlerine dayanabilen Kül Fırını (Labcompanion) ile gerçekleştirilmiştir. Daha önce 550 °C'de kurutulup (yaklaşık 30 dak) sabit ağırlığa getirilmiş, desikatörde soğutulup darası alınmış yakma krozelerine yaklaşık 5 g (0,1 mg hassasiyetle) örnek tartılmıştır. Örnekler sıcaklığı 550 °C'ye getirilmiş kül fırını kapağı üzerine yerleştirilerek 1-2 ml etil alkol ilave edilip ön yakma

işlemine tabi tutulmuştur. Ön yakma işleminden sonra krozeler fırına yerleştirilip yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Külün rengi açık gri olana kadar (yaklaşık olarak 16 saat) yakma işlemine devam edilmiştir. Yakma işlemi sonunda krozeler önce 1-2 dak amyant levha üzerinde bekletilmiş, desikatörde soğutulup tartılmıştır.

%Kül= 100 *x* ((kül + kroze Ağırlığı, g) – kroze ağırlığı, g)) *x* 100 / örnek miktarı *x* (100-örnek rutubeti,%)

### 3.2.1.5. Protein oranı

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

### 3.2.1.6. Yaş gluten (öz) miktarı

Yaş gluten ve gluten indeks değeri American Association of Cereal Chemist International (AACCI) method 38-12.02 (AACCI, 2010)'e göre Glutomatik 2100 Gluten yıkama cihazı (Perten Instruments, Sweden) kullanılarak belirlenmiştir. Çalışmaya başlamadan önce aletin 10 litrelik deposu %2'lik tuzlu su çözeltisi ile doldurulmuş, alet, yoğurma süresi 20 sn, yıkama süresi 4,5 dak ve yıkama suyunun akış hızı 50-54 ml/dk olacak şekilde ayarlanmıştır. Aletin yıkama başlığına takılan özel elek içerisine 10 g un örneğinden tartılarak un örneğinde çalışması nedeniyle ince elek(gözenek aralığı 80 µm) kullanılmıştır. Una 4,7 ml kadar yıkama çözeltisi ilave edilip başlık yerine takılmıştır. Alet çalıştırılarak önceden ayarlanan sürelerde, önce yoğurma sonra yıkama işlemi otomatik olarak yapılmıştır. Alet durduktan sonra başlık çıkarılmış içindeki gluten alınıp tartılmıştır. Tartımda bulunan değer 10 ile çarpılarak % yaş gluten miktarı bulunmuştur ve sonuç aşağıdaki formüle göre hesaplanarak kuru madde esasına göre verilmiştir.

Yaş gluten miktarı (%) = 100 *x* yaş gluten miktarı, % *x* (100 – örnek rutubeti, %)

### 3.2.1.7. Gluten indeks değeri

Yaş gluten, elde edildikten sonra santrifüj eleklerine yerleştirilerek 1 dakika santrifüj edildikten sonra (Santrifüj, 6000 rpm (devir/dakika) sabit hızda elekten geçen gluten bir spatül ile kazınarak tartılmıştır. Elekten geçmeyen gluten bir pens yardımı ile alınarak tartılmıştır. Elekten geçmeyen glutenin toplam gluten oranı hesaplanarak gluten indeks değeri aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

Gluten İndeks Değeri (%) = 100 $x$ (Toplam gluten-elekten geçen gluten) / toplam gluten

### 3.2.1.8. Glutenin şişme indeksi

Wang ve Kovacs (2002)'ye göre yapılmıştır. Öncelikle izopropanol-laktik asit çözeltisi hazırlanmış (AACC 56-60), bunun için hazırlanan %25'lik laktik asit solüsyonundan 45 ml alınıp 50 ml izopropanol ilavesi sonrası 250 ml ye hacim tamamlanmıştır. 2 ml santrfiüj tüpüne 40 mg un tartılıp üzerine 0,8 ml saf su ilave edilerek 5 s vortekslenmiştir. Termomikserde 1400 rpm'de, 25°C'de, 10 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.

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

### 3.2.1.9. Makro-SDS sedimantasyon (MSDS) değeri

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

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

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

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

### 3.2.1.11. GlutoPeak analizi

Çalışmada Brabender (Brabender® GmbH & Co. KG) firması tarafından önerilen üç metod kullanılmıştır. Bu meodlar ile ilgili ayrıntılı bilgi aşağıda verilmiştir.

a) Standart metod 1 (SMD1): 8,5 g rafine veya tam tane unu 9,5 g 0.5 M $CaCl_2$ (%14 rutubete göre). Örnek haznesi sıcaklığı 34 $^0$C, pedal dönüş hızı 1900 rpm ve analiz süresi 3 dak (Malegori vd., 2018).

b) Hızlı un test metodu (Rapid Flour Check) (HUKM): 9,0 g rafine veya tam tane unu (%14 rutubete göre) 9,0 g saf su. Örnek haznesi sıcaklığı 36 $^0$C, pedal dönüş hızı 2750 rpm ve analiz süresi 3 dak (Wiertz, 2018).

a) Standart metod 2 (SMD2): 8,0 g rafine veya tam tane unu 10 g 0,5 M $CaCl_2$ (%14 rutubete göre). Örnek haznesi sıcaklığı 20 $^0$C, pedal dönüş hızı 3000 rpm ve analiz süresi 3 dak (Wang vd., 2018).

### 3.2.1.12. Alveograf analizi

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

### 3.2.1.13. Farinograf analizi

Farinograf özellikleri Farinograf cihazında (Brabender OHG, Duisburg, Almanya) American Association of Cereal Chemist International (AACCI) method 54.21.01 (AACCI, 2010)'e göre 50 g un mikseri kullanılarak belirlenmiştir. Farinografın büreti 30°C deki saf su ile doldurularak 1 dakika süreyle unun iyice karışması için çalıştırılarak bu sürenin sonunda büretten su verilmeye başlanmıştır. Yoğurucunun kenarında kalan hamur parçaları plastik spatülle asıl kitleye dahil edildikten sonra kurve 500 BU konsistens çizgisini ortalayıncaya kadar su verilmiştir. Harcanan su miktarına göre un su absorbsiyonu belirlenmiştir. Bu işlemden sonra alet durdurularak temizlenmiştir. Asıl deneme için daha sonra tartılan miktarda un tartılarak yoğurucu içerisine konulmuş ve aynı işlemler uygulanmıştır. Ancak daha önce hesaplanan su miktarı büretten 25 saniye içerisinde verilmiş ve yoğurucunun kapağı kapatılmıştır Kurvenin çizilmesine kurvenin düşmeye başlamasından itibaren 12 dakika sonrasına kadar devam edilmiştir. Bu sürenin sonunda cihaz kapatılarak temizlenmiştir. Analiz iki tekrarlamalı olarak yapılmıştır. Gelişme süresi, su absorpsiyonu, stabilite değeri, yumuşama değeri, farinograf kalite sayısı (FKN) belirlenmiştir.

### 3.2.1.14. Miksograf analizi

AACC 54-40'göre miksograf cihazı (National Mfg.Co. Lincoln. NE) kullanılarak belirlenmiştir. Miksograf sabitleştirilmiş ve dönen pimlerin kombinasyonu kullanılarak un ve suyun karıştırılma esasına göre çalışan ve hamurun yoğrulmaya karşı direncini ölçerek buğday ve un kalitesini tahmin eden bir cihazdır (Khatkar vd., 1996). Mixsmart yazılımı ile miksogram verileri bilgisayar ortamından alınmıştır. Miksogram sonuçlarının değerlendirilmesiyle gelişme süresi, stabilite, pik yüksekliği, yumuşama derecesi, pik alanı ve miksogram kürvesi toplam alan değerleri belirlenmiştir (AACCI, 2010). Gelişme süresi (PT), pik yüksekliği (PV), yumuşama derecesi (RPS), pik genişliği (PW), pik alanı (TINT), kurve toplam alanı (TTINT) belirlenmiştir. Analiz iki tekrarlamalı olarak yapılmıştır.

### 3.2.1.15. Miksolab analizi

Hamur yoğurma (su kaldırma kuvveti, yoğurma süresi, yoğurma direnci ve stabilitesi) ve termo-reolojik özellikleri (nişasta çirişlenmesi ve çiriş özellikleri) Chopin-Mixolab sistemi (Chopin Technologies Villeneuve La Garenne, France) kullanılarak detaylı olarak incelenmiştir. Bu amaçla ICC tarafından onaylanan "Chopin+" protokolü (ICC Metot 173) takip edilmiştir (ICC, 2011). Miksolab su absorpsiyonu, stabilite, gelişme süresi, C2, C3, C4 ve C5 değerleri belirlenmiştir. Analiz iki tekrarlamalı olarak yapılmıştır.

### 3.2.1.16. Glutograf analizi

Glutograf cihazında un örneklerinden glutomatik cihazı ile yaş gluten elde edilmiş ve bu yaş gluten glutograf cihazına (Brabender Glutograf-E, Duisburg, Almanya) konulmuştur. Cihazda sabit ve hareketli iki metal disk arasında yaş glutene uygulanan güç sonucunda oluşan deformasyon (stretch) ve uygulanan güç ortadan kaldırıldıktan sonra yaş glutenin toparlanabilme kabiliyeti (relaxation) değerleri belirlenmiştir (Anon., 2005).

### 3.2.1.17. İstatistiki analizler

Un analizleri tam şansa bağlı deneme planında iki faktörlü (Un tipi, UT ve gluten gücü, GC) olarak yapılmıştır. Sonuçların analizi JMP istatistik programı ile yapılmıştır (SAS Institute, 1998). Ortalamaların karşılaştırılmasında Tukey HSD testi ($p<0,05$) kullanılmıştır. Bazı önemli özellikler arasındaki ilişkiler Pearson's korelasyon katsayıları kullanılarak incelenmiş ve regresyon grafikleri oluşturulmuştur. Hamur reolojik özellikleri ile ilişkili parametreler GlutoPeak metodları kullanılarak step-wise analiz kullanılarak tahminlenmiştir.

# 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

## 4.1. Un Analizleri

### 4.1.1. Fizikokimyasal özellikler

Üç farklı gluten gücündeki tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin protein oranı, sertlik değeri, rutubet miktarı, kül miktarı ve su aktivesi değerlerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.1'de verilmiştir. Tam tane unlarının protein miktarı %14,50-14,84; sertlik değeri 55,89-66,39; rutubet miktarı %9,3-10,1; kül miktarı %1,135-1,304; su aktivitesi değerleri 0,251-0,293 arasında değişim göstermiştir. Protein oranı, sertlik miktarı, rutubet miktarı, kül miktarı ve su aktivitesi değerleri sırasıyla ortalama %14,67; 61,79; %9,72; %1,241 ve 0,270 olarak bulunmuştur. Rafine beyaz unlarının protein miktarı %12,40-13,30; sertlik miktarı 39,78-65,48; rutubet miktarı %9,7-10,8; kül miktarı %0,802-0,852; su aktivitesi değerleri 0,317-0,397 arasında değişmiş olup sırasıyla ortalama %12,85, 53,84, %10,28, %0,826 ve 0,358 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.1. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin fizikokimyasal özelliklere ait analiz sonuçları

| Un tipi | Gluten gücü | Tek | Protein miktarı[1] | Sertlik değeri | Rutubet miktarı | Kül miktarı[1] | Su aktivitesi |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TTU | Zayıf | 1 | 14,50 | 55,89 | 10,1 | 1,304 | 0,293 |
| | | 2 | 14,67 | 56,43 | 9,5 | 1,243 | 0,289 |
| | | 3 | 14,52 | 58,60 | 9,8 | 1,283 | 0,279 |
| | Orta | 1 | 14,60 | 66,39 | 9,8 | 1,274 | 0,263 |
| | | 2 | 14,77 | 63,60 | 10,1 | 1,224 | 0,265 |
| | | 3 | 14,55 | 66,39 | 10,0 | 1,257 | 0,251 |
| | Güçlü | 1 | 14,78 | 62,77 | 9,3 | 1,135 | 0,265 |
| | | 2 | 14,77 | 62,16 | 9,5 | 1,245 | 0,260 |
| | | 3 | 14,84 | 63,84 | 9,4 | 1,202 | 0,257 |
| RBU | Zayıf | 1 | 12,46 | 42,21 | 10,2 | 0,852 | 0,372 |
| | | 2 | 12,87 | 42,49 | 10,4 | 0,830 | 0,332 |
| | | 3 | 12,40 | 39,78 | 10,5 | 0,841 | 0,317 |
| | Orta | 1 | 12,81 | 55,60 | 10,8 | 0,833 | 0,391 |
| | | 2 | 13,03 | 55,00 | 10,2 | 0,817 | 0,397 |
| | | 3 | 12,82 | 54,43 | 10,5 | 0,802 | 0,371 |
| | Güçlü | 1 | 13,30 | 64,11 | 9,7 | 0,827 | 0,368 |
| | | 2 | 12,96 | 65,48 | 10,1 | 0,817 | 0,350 |
| | | 3 | 12,99 | 65,47 | 10,1 | 0,815 | 0,321 |

[1]Sonuçlar kurumadde üzerinden düzeltilmiştir. TTU: tam tane unu; RBU: rafine beyaz un; Tek: tekerrür

Un örneklerinin protein miktarı, sertlik değeri, rutubet miktarı, kül miktarı ve su aktivitesi değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.2'de verilmiştir. Protein miktarı, sertlik değeri ve rutubet miktarı üzerinde "*gluten gücü (GC*)" çok önemli düzeyde (*p<0,01*), kül miktarı üzerinde önemli düzeyde etkili olmuştur (*p<0,05*). Tüm özellikler üzerinde "*un tipi (UT)"* çok önemli düzeyde etkili olmuştur*(p<0,01).* "*Gluten gücü x un tipi interaksiyonu*" sadece su aktivitesi ve sertlik değerleri üzerinde önemli etkili bulunmuştur (*p<0,01*)

Çizelge 4.2'de önemli çıkan "*un tipi"* ve "*gluten gücü"* değişkenlerine ve "*interaksiyona*" ait protein miktarı, sertlik değeri, rutubet miktarı, kül miktarı ve su aktivitesi değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.3'de verilmiştir. Çizelge 4.3'te görüldüğü gibi tam tane ununun protein oranı, sertlik değeri ve kül miktarı rafine beyaz una göre daha yüksektir. Rafine beyaz unun ise su aktivitesi ve rutubet miktarı istatistiki olarak daha yüksektir. Tam tane unu yapısında kepek tabakasını ve ruşeymi bulundurmaktadır. Tanenin bu kısımlarında daha yoğun olarak bulunan protein ve mineral maddelerin una dahil olması ile tam tane ununda protein oranı ve kül miktarı yalnız endosperm kısmını taşıyan rafine una göre daha yüksek olmuştur (Shewry ve Hey, 2015). Rafine unda bir miktar yüksek olsa da unların tane rutubet miktarı Türk Gıda Kodeksi Un Tebliği'ne (en çok %14.5 olmalı) uygundur (Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliği Tebliğ No:2013/9). Su aktivitesi değeri ise mikrobiyal aktivite gelişmesi oluşmayacak seviyede düşüktür (Syamaladevi vd., 2016). Çalışmada gluten gücü bakımından unlar arasında çok belirgin farklılık bulunmasa da gluten gücü zayıf un daha düşük protein oranına; orta ve güçlü gluten gücüne sahip unlar ise daha yüksek protein oranına sahip olmuştur. Çalışmada seçilen zayıf kalitede unlar bisküvilik için önerilen çeşitlere ait olup yumuşak buğday ürünleri için arzu edilen zayıf gluten kalitesi yanında düşük protein oranı sahip olmaları beklenmektedir (Slade ve Levine 1994; Karaduman vd., 2021a). Güçlü ve orta gluten kalitesine sahip unlar ise ekmekçilik için istenilen yüksek düzeyde protein oranına sahiptir (Guzman vd., 2016). Sertlik değeri büyük oranda çeşitlerin genotipik özelliklerine bağlı olup güçlü ve orta gluten gücünde unlar sert endosperm yapısında buğdaylardan elde edildiğinden bu unların sertlik değerleri daha yüksektir (Karaduman vd., 2021b). Güçlü gluten gücüne sahip unların rutubet miktarı ve kül miktarı da diğer iki gruptan daha düşüktür. Çalışmada üç GlutoPeak metodu BEM değerleri ile protein miktarı arasında çok önemli pozitif korelasyon bulunmuştur (r= 0,978, r= 0,950 ve r= 0,973, *p<0,01*) (Çizelge 4.37, 4.38, 4.39). Protein miktarının SMD2 parametreleri ile tahminlendiği step-wise analiz sonucuna göre BEM değeri tek başına protein miktarındaki varyasyonun %90,2'sini açıklamıştır (Çizelge 4.47; Denklem 4.8).

Çizelge 4.2. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin fizikokimyasal özelliklerine ait varyans analiz sonuçları

| VK | SD | Su aktivitesi | | | Protein miktarı | | | Sertlik değeri | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | KT | KO | F | KT | KO | F | KT | KO | F |
| Gluten gücü (GC) | 1 | 0,0011 | 0,0006 | 2,1009 | 0,410978 | 0,2055 | 8,8277** | 704,4356 | 352,2178 | 246,8816** |
| Un tipi (UT) | 2 | 0,0353 | 0,0353 | 130,1133** | 14,869422 | 14,8694 | 638,7819** | 284,0139 | 284,0139 | 199,0752** |
| GG $x$ UT | 2 | 0,0040 | 0,0020 | 7,4504** | 0,065378 | 0,0327 | 1,4043 | 245,8294 | 122,9147 | 86,1552** |
| Hata | 12 | 0,0032 | 0,0003 | | 0,279333 | 0,02328 | | 17,12 | 1,427 | |
| Toplam | 17 | 0,0438 | | | 15,625111 | | | 1251,399 | | |

| VK | SD | Rutubet miktarı | | | Kül miktarı | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | KT | KO | F | KT | KO | F |
| Gluten gücü (GC) | 1 | 0,97 | 0,485 | 10,0345** | 0,0081 | 0,0040 | 4,7953* |
| Un tipi (UT) | 2 | 1,3889 | 1,3889 | 28,7356** | 0,7735 | 0,7735 | 913,8784** |
| GG $x$ UT | 2 | 0,0011 | 0,0005 | 0,0115 | 0,0037 | 0,0018 | 2,169 |
| Hata | 12 | 0,58 | 0,0483 | | 0,0101 | 0,0008 | |
| Toplam | 17 | 2,94 | | | 0,7954 | | |

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

Çizelge 4.3. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin fizikokimyasal analiz sonuçları ortalamaları çoklu karşılaştırma test sonuçları

| | | Protein oranı[1] % | Sertlik değeri | Rutubet miktarı % | Kül miktarı[1] % | Su aktivitesi değeri $a_w$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Un tipi (UT) | | | | | | |
| TTU | Güçlü | 14,80 | 62,92 $^{a}$ | 9,40 | 1,194 | 0,261$^{c}$ |
| | Orta | 14,64 | 65,46 $^{a}$ | 9,97 | 1,252 | 0,260 $^{c}$ |
| | Zayıf | 14,56 | 56,97 $^{b}$ | 9,80 | 1,277 | 0,287 $^{c}$ |
| | Ortalama | 14,67 $^{A}$ | 61,79 $^{A}$ | 9,72 $^{B}$ | 1,241 $^{A}$ | 0,269 $^{B}$ |
| RBU | Güçlü | 13,08 | 65,02$^{a}$ | 9,97 | 0,820 | 0,346 $^{ab}$ |
| | Orta | 12,89 | 55,01$^{b}$ | 10,50 | 0,817 | 0,386 $^{a}$ |
| | Zayıf | 12,58 | 41,49$^{c}$ | 10,37 | 0,841 | 0,340 $^{b}$ |
| | Ortalama | 12,85 $^{B}$ | 53,62 $^{B}$ | 10,28 $^{A}$ | 0,826 $^{B}$ | 0,358 $^{A}$ |
| Gluten gücü (GC) | | | | | | |
| Güçlü | | 13,94 $^{a}$ | 63,98 $^{a}$ | 9,68 $^{b}$ | 1,007 $^{b}$ | 0,304 |
| Orta | | 13,76 $^{ab}$ | 60,24 $^{b}$ | 10,23 $^{a}$ | 1,035 $^{ab}$ | 0,323 |
| Zayıf | | 13,57 $^{b}$ | 49,23 $^{c}$ | 10,08 $^{a}$ | 1,059 $^{a}$ | 0,314 |

[1]Sonuçlar kurumadde üzerinden düzeltilmiştir. TTU: tam tane unu; RBU: rafine beyaz un

### 4.1.2. Renk analizi

Un örneklerinin gluten gücüne göre L*, a* ve b* renk değerlerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.4' de verilmiştir. Tam buğday unlarının L* değerleri 84,35-85,28; a* değerleri 2,32-2,59; b* değerleri 11,43-12,10 arasında değişim göstermiştir. L*, a* ve b* değerleri sırasıyla ortalama 84,84, 2,44, 11,85 olarak bulunmuştur. Rafine beyaz unların L* değerleri 90,91-92,30; a* değerleri 0,58-0,87; b* değerleri 9,32-10,60 değerleri arasında değişim göstermiştir. L*, a* ve b* değerleri sırasıyla ortalama 91,58, 0,73, 9,92 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.4. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin renk değerleri analiz sonuçları

| Un tipi | Gluten gücü | Tek | L* | a* | b* |
|---|---|---|---|---|---|
| TTU | Zayıf | 1 | 85,28 | 2,32 | 11,70 |
| | | 2 | 84,93 | 2,35 | 11,43 |
| | | 3 | 85,02 | 2,41 | 11,83 |
| | Orta | 1 | 84,35 | 2,55 | 12,02 |
| | | 2 | 84,66 | 2,45 | 11,98 |
| | | 3 | 84,84 | 2,40 | 11,92 |
| | Güçlü | 1 | 85,03 | 2,38 | 11,77 |
| | | 2 | 84,49 | 2,59 | 12,10 |
| | | 3 | 84,93 | 2,48 | 11,94 |
| RBU | Zayıf | 1 | 92,30 | 0,65 | 9,46 |
| | | 2 | 92,27 | 0,60 | 9,43 |
| | | 3 | 92,26 | 0,58 | 9,32 |
| | Orta | 1 | 91,43 | 0,74 | 9,98 |
| | | 2 | 91,49 | 0,73 | 9,78 |
| | | 3 | 91,44 | 0,71 | 9,69 |
| | Güçlü | 1 | 91,02 | 0,85 | 10,52 |
| | | 2 | 91,08 | 0,85 | 10,54 |
| | | 3 | 90,91 | 0,87 | 10,60 |

L*: parlaklık; a*: +kırmızı/-yeşil; b*: +sarı/-mavi; TTU: tam tane unu; RBU: rafine beyaz un; Tek: tekerrür

Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin L*, a*, b* renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.5'de verilmiştir. Renk özellikleri üzerinde "*gluten gücü (GC*)" ve "*un tipi (UT)"* çok önemli düzeyde etkili olmuştur *(p<0,01).* "*Gluten gücü x un tipi interaksiyonu*" sadece L* ve b* su değerleri üzerinde önemli etkili bulunmuştur (*p<0,01*). Önemli çıkan değişklenlere ait L*, a* ve b* değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir. Tam tane ununun a* ve b* değerleri rafine beyaz una göre beklendiği gibi daha

yüksek ve L* değeri daha düşüktür (koyu renkli). Buğday tanesinde testa tabakası taneye rengini veren tabaka olup yoğun bir şekilde pigmentleri taşımaktadır (Elgün, 2021). Yine özellikle perikarp, testa ve alöron tabakalarında fenolik bileşikler, fitosteroller ve betain gibi biyoaktif bileşenler yoğun bir şekilde bulunmaktadır (Elmacıoğlu ve Emiroğlu, 2021). Buğdayın kepek tabakasının ortama dahil olması ile a* ve b* renk değerleri artmış; unun rengi koyulaşmıştır (daha düşük L* değeri). Çalışmada çeşitlerin genotipik farklılığından dolayı gluten gücü bakımından zayıf unların diğer unlara göre a* ve b* renk değerleri daha düşük ve unun rengi daha açıktır.

Çizelge 4.5. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin renk değerlerine ait varyans analiz sonuçları

| VK | SD | L* | | | a* | | | b* | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | KT | KO | F | KT | KO | F | KT | KO | F |
| Gluten gücü (GC) | 1 | 2,030 | 1,015 | 32,764** | 0,104 | 0,052 | 15,142** | 1,541 | 0,770 | 45,957** |
| Un tipi (UT) | 2 | 204,492 | 204,492 | 6600,052** | 13,090 | 13,090 | 3806,502** | 16,762 | 16,762 | 999,724** |
| GG *x* UT | 2 | 0,791 | 0,395 | 12,759** | 0,014 | 0,007 | 2,047 | 0,679 | 0,339 | 20,246** |
| Hata | 12 | 0,372 | 0,031 | | 0,041 | 0,003 | | 0,201 | 0,016 | |
| Toplam | 17 | 207,684 | | | 13,249 | | | 19,183 | | |

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

Çizelge 4.6. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin renk değerlerine ait ortalamaların çoklu karşılaştırma test sonuçları

| | | L* | a* | b* |
|---|---|---|---|---|
| Un tipi (UT) | | | | |
| TTU | Güçlü | 84,82 $^{c}$ | 2,483 | 11,94 $^{a}$ |
| | Orta | 84,62 $^{c}$ | 2,467 | 11,98 $^{a}$ |
| | Zayıf | 85,08 $^{c}$ | 2,360 | 11,65 $^{a}$ |
| | Ortalama | 84,84 $^{B}$ | 2,437 $^{A}$ | 11,85 $^{A}$ |
| RBU | Güçlü | 91,00 $^{b}$ | 0,857 | 10,55 $^{b}$ |
| | Orta | 91,45 $^{b}$ | 0,727 | 9,82 $^{c}$ |
| | Zayıf | 92,28 $^{a}$ | 0,610 | 9,40 $^{d}$ |
| | Ortalama | 91,58 $^{A}$ | 0,731 $^{B}$ | 9,92 $^{B}$ |
| Gluten gücü (GC) | | | | |
| Güçlü | | 87,91 $^{b}$ | 1,670 $^{a}$ | 11,24 $^{a}$ |
| Orta | | 88,03 $^{b}$ | 1,597 $^{a}$ | 10,89 $^{b}$ |
| Zayıf | | 88,68 $^{a}$ | 1,485 $^{b}$ | 10,53 $^{c}$ |

TTU: tam tane unu; RBU: rafine beyaz un; Tek: tekerrür; L*: parlaklık; a*: +kırmızı/-yeşil; b*: +sarı/-mavi;

### 4.1.3. Gluten kalitesi

Un örneklerinin gluten kalitesi ile ilişkili özelliklerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.7'de verilmiştir. Tam tane unlarının Makro SDS sedimantasyon (MSDS) değeri 28,0-48,5 ml; gecikmeli sedimantasyon (GECSED) değeri 32,0-54,5 ml; glutenin şişme indeksi (GSI) değeri 2,74-2,99; kuru gluten miktarı %11,0-12,3; yaş gluten miktarı %29,5-38,9 ve gluten indeks değeri %3,60-72,73 arasında değişim göstermiş olup MSDS, GECSED, GSI, kuru gluten miktarı, yaş gluten miktarı ve gluten indeks değeri ortalamaları sırasıyla 40,4 ml, 42,3 ml, 2,87, %11,5, %34,9 ve %37,5 olarak bulunmuştur. Rafine beyaz unların makro SDS sedimantasyon değeri 40,0-74,0 ml; gecikmeli sedimantasyon değeri 34,0-67,0 ml; glutenin şişme indeksi değeri 3,40-4,37; kuru gluten miktarı %12,0-13,0; yaş gluten miktarı %38,0-43,2 ve gluten indeks değeri %41,56-72,36 arasında değişmiş ve ortalama 56,8 ml, 51,0 ml, 3,86, %12,5, %39,8 ve %56,3 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.7. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin gluten kalitesi ile ilişkili özelliklerine ait analiz sonuçları

| Un tipi | Gluten gücü | Tek | Makro SDS sedimantasyon değeri ml | Gecikmeli sedimantasyon değeri ml | Glutenin şişme indeksi değeri | Kuru gluten miktarı % | Yaş gluten miktarı % | Gluten indeks değeri % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TTU | Zayıf | 1 | 28,0 | 36,0 | 2,78 | 11,3 | 33,7 | 4,15 |
| | | 2 | 30,0 | 34,0 | 2,74 | 12,1 | 36,1 | 3,60 |
| | | 3 | 32,0 | 32,0 | 2,79 | 11,5 | 33,0 | 4,55 |
| | Orta | 1 | 43,0 | 40,0 | 2,84 | 12,3 | 38,9 | 37,28 |
| | | 2 | 42,0 | 40,0 | 2,90 | 12,0 | 37,9 | 35,88 |
| | | 3 | 45,0 | 37,0 | 2,88 | 11,4 | 36,3 | 45,45 |
| | Güçlü | 1 | 47,0 | 54,0 | 2,99 | 11,1 | 34,1 | 72,73 |
| | | 2 | 48,5 | 53,0 | 2,98 | 11,1 | 34,8 | 67,53 |
| | | 3 | 48,0 | 54,5 | 2,96 | 11,0 | 29,5 | 66,10 |
| RBU | Zayıf | 1 | 42,0 | 36,0 | 3,40 | 12,0 | 39,5 | 46,84 |
| | | 2 | 40,0 | 34,0 | 3,43 | 12,3 | 38,5 | 41,56 |
| | | 3 | 41,0 | 34,5 | 3,45 | 12,0 | 38,0 | 42,11 |
| | Orta | 1 | 59,0 | 54,0 | 3,82 | 12,7 | 40,1 | 50,37 |
| | | 2 | 60,0 | 53,0 | 3,84 | 12,5 | 39,3 | 58,52 |
| | | 3 | 57,0 | 51,0 | 3,84 | 12,6 | 39,0 | 60,00 |
| | Güçlü | 1 | 74,0 | 64,0 | 4,37 | 13,0 | 43,2 | 65,51 |
| | | 2 | 71,5 | 67,0 | 4,28 | 12,9 | 41,6 | 72,36 |
| | | 3 | 67,0 | 65,5 | 4,28 | 12,7 | 38,7 | 68,99 |

TTU: tam tane unu; RBU: rafine beyaz un; Tek: tekerrür

Un örneklerinin makro SDS sedimantasyon değeri, gecikmeli sedimantasyon değeri, glutenin şişme indeksi değeri, kuru gluten miktarı, yaş gluten miktarı ve gluten indeks değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.8'de verilmiştir. Makro SDS sedimantasyon, gecikmeli sedimantasyon, glutenin şişme indeksi ve gluten indeks değerleri üzerinde "*gluten gücü (GC*)" çok önemli düzeyde etkili olmuştur *(p<0,01).* Sedimantasyon değerleri, glutenin şişme indeksi, kuru gluten miktarı ve gluten indeks değeri üzerinde "*un tipi (UT)"* çok önemli düzeyde (*p<0,01),* yaş gluten miktarı üzerinde önemli düzeyde etkilidir (*p<0,05).* Makro SDS sedimantasyon, gecikmeli sedimantasyon, glutenin şişme indeksi ve gluten indeks değeri üzerinde "*gluten gücü x un tipi"* interaksiyonu çok önemli düzeyde etkili olmuştur *(p<0,01).* Yaş gluten miktarı üzerinde yine interaksiyon önemli düzeyde etkilidir (*p<0,05).* Zeleny sedimantasyon testinin modifikasyonu ile geliştirilen SDS sedimantasyon değeri ile farklı tip unların gluten kalitesi son ürün kalitesine uygunluk için doğru bir şekilde değerlendirilebilmektedir (Guzman vd., 2015, 2019; Karaduman vd., 2015, 2021b; Tabbita vd., 2024). Buğday endosperm depo proteini olan gluten miktarının ve gluten indeks değerinin yüksek olması unların ekmek-yapım kalitesinin yüksekliğini gösterir (Çağla ve Ünal, 2020; Çetiner vd., 2021). Hızlı, basit ve çok az örnek miktarı ile çözünmeyen glutenin fraksiyonunun şişme gücünü ölçen ve hamur reolojik özellikleri ile ilişkili glutenin şişme indeksi değeri unlarda ekmek-yapım kalitesi için yüksek olmalıdır (Wang ve Kovacs, 2002; Wessels, 2020; Akman ve Karaduman, 2021, Altınsoy vd., 2023). Gluten indeks değerine göre gluten kalitesi zayıf (<%30), normal (%30-80) ve sıkı (>%80) olarak sınıflandırılmaktadır (Cubadda vd., 1992). Çizelge 4.8'de önemli çıkan "*un tipi"* ve "*gluten gücü"* değişkenlerine ve "*interaksiyona*" ait makro SDS sedimantasyon değeri, gecikmeli sedimantasyon değeri, glutenin şişme indeksi değeri, kuru gluten miktarı, yaş gluten miktarı ve gluten indeks değerlerine ait ortalamalarının çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.9'da verilmiştir. Çalışmada güçlü gluten yapısında unların makro SDS sedimantasyon değeri, gecikmeli sedimantasyon değeri, glutenin şişme indeksi değeri ve gluten indeks değerleri iki grup unda da istatistiki olarak daha yüksektir. Beklendiği gibi zayıf gluten gücünde unlar en düşük gluten kalite değerlerine sahiptir. Çalışmada tam tane ununun gluten kalite değerleri rafine beyaz una göre daha düşüktür. Tam tane ununda ortama ilave olan kepek tabakası suyu tutmakta ve gluten ile oluşturdukları interaksiyon ile gluten kalitesi zayıflamaktadır (Gomez vd., 2020; Hemdane vd., 2016). Gecikmeli sedimentasyon değerleri süne zararının göstergesi olmakla birlikte (Argun ve Elgün, 2015) normal sedimantasyon değerlerine göre artış oranı gluten gücünün yüksekliğini göstermektedir. Çalışmada SMD1 ve HUKM PMT değerleri ile MSDS değerleri arasında çok önemli pozitif korelasyon bulunmuştur (r= 0,962 ve r= 0,978, *p<0,01*). Yine SMD1 BM değeri ile MSDS arasında önemli (r= 0,876,

*p<0,05* (Çizelge 4.37,4.39). MSDS değerinin SMD1 parametreleri ile tahminlendiği step-wise analiz sonucuna göre PMT değeri tek başna MSDS değerindeki varyasyonun %92,5'sini açıklamış, BM değeri ile birlikte %95,7'ye çıkmıştır (Çizelge 4.42; Denklem 4.3). MSDS değerinin HUKM parametreleri ile tahminlendiği step-wise analiz sonucuna göre yine PMT değeri tek başna MSDS değerindeki varyasyonun %86,7'sini açıklamış, gluten değeri ile ile birlikte %99,1'ye çıkmıştır (Çizelge 4.51; Denklem 4.12).

Çizelge 4.8. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin gluten kalitesi değerlerine ait varyans analiz sonuçları

| VK | SD | Makro SDS sedimantasyon değeri | | | Gecikmeli sedimantasyon değeri | | | Glutenin şişme indeksi değeri | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | KT | KO | F | KT | KO | F | KT | KO | F |
| Gluten gücü (GC) | 1 | 1755,444 | 877,722 | 230,642** | 1918,528 | 959,264 | 434,383** | 0,894 | 0,447 | 526,627** |
| Un tipi (UT) | 2 | 1216,889 | 1216,889 | 319,766** | 342,347 | 342,347 | 155,025** | 4,3522 | 4,352 | 5125,970** |
| GC *x* UT | 2 | 110,778 | 55,389 | 14,555** | 143,028 | 71,514 | 32,383** | 0,343 | 0,171 | 201,844** |
| Hata | 12 | 45,667 | 3,806 | | 26,500 | 2,208 | | 0,010 | 0,001 | |
| Toplam | 17 | 3128,778 | | | 2430,403 | | | 5,599 | | |
| VK | SD | Yaş gluten miktarı | | | Kuru gluten miktarı | | | Gluten indeks değeri | | |
| | | KT | KO | F | KT | KO | F | KT | KO | F |
| Gluten gücü (GC) | 1 | 14,614 | 7,307 | 2,336 | 0,474 | 0,237 | 3,163 | 6103,460 | 3051,730 | 212,502** |
| Un tipi (UT) | 2 | 105,609 | 105,609 | 33,771* | 4,400 | 4,400 | 58,674** | 1586,534 | 1586,534 | 110,475** |
| GC *x* UT | 2 | 33,114 | 16,557 | 5,294* | 1,521 | 0,760 | 10,141 | 1163,788 | 581,894 | 40,519** |
| Hata | 12 | 37,527 | 3,127 | | 0,900 | 0,075 | | 172,331 | 14,360 | |
| Toplam | 17 | 190,864 | | | 7,296 | | | 9026,113 | | |

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

Çizelge 4.9. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin gluten kalitesi değerlerine ait ortalamaların çoklu karşılaştırma test sonuçları

| | | Makro SDS sedimantasyon değeri ml | Gecikmeli sedimantasyon değeri ml | Glutenin şişme indeksi değeri | Yaş gluten miktarı % | Kuru gluten miktarı % | Gluten indeks değeri % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Un tipi (UT) | | | | | | | |
| TTU | Güçlü | 47,8 $^{c}$ | 53,8 $^{b}$ | 2,98 $^{d}$ | 32,8 $^{c}$ | 11,07 | 68,79 $^{a}$ |
| | Orta | 43,3 $^{cd}$ | 39,0 $^{c}$ | 2,87 $^{e}$ | 37,7 $^{ab}$ | 11,90 | 39,54 $^{c}$ |
| | Zayıf | 30,0 $^{e}$ | 34,0 $^{d}$ | 2,77 $^{f}$ | 34,3 $^{bc}$ | 11,63 | 4,10 $^{d}$ |
| | Ortalama | 40,4$^{B}$ | 42,3$^{B}$ | 2,87 $^{B}$ | 34,92 $^{B}$ | 11,53$^{B}$ | 37,47 $^{B}$ |
| RU | Güçlü | 70,8 $^{a}$ | 65,5 $^{a}$ | 4,31 $^{a}$ | 41,17 $^{a}$ | 12,87 | 68,95 $^{a}$ |
| | Orta | 58,7 $^{b}$ | 52,7 $^{b}$ | 3,83 $^{b}$ | 39,47 $^{a}$ | 12,60 | 56,30 $^{b}$ |
| | Zayıf | 41,0 $^{d}$ | 34,8 $^{d}$ | 3,43 $^{c}$ | 38,67 $^{ab}$ | 12,10 | 43,50 $^{c}$ |
| | Ortalama | 56,8$^{A}$ | 51,0 $^{A}$ | 3,86 $^{A}$ | 39,77 $^{A}$ | 12,52$^{A}$ | 56,25 $^{A}$ |
| Gluten gücü (GC) | | | | | | | |
| Güçlü | | 59,3 $^{a}$ | 59,7 $^{a}$ | 3,64 $^{a}$ | 36,98 | 11,97 | 68,87 $^{a}$ |
| Orta | | 51,0 $^{b}$ | 45,8 $^{b}$ | 3,35 $^{b}$ | 38,58 | 12,25 | 47,92 $^{b}$ |
| Zayıf | | 35,5 $^{c}$ | 34,4 $^{c}$ | 3,10 $^{c}$ | 36,47 | 11,87 | 23,80 $^{c}$ |

TTU: tam tane unu; RBU: rafine beyaz un; Tek: tekerrür

### 4.1.4. Solvent tutma kapasitesi analizi

Un örneklerinin solvent tutma kapasitesi (STK) analiz sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir. Tam tane unlarının STK su değeri %72,9-78,8; STK sakkaroz değeri %99,7-105,9; STK sodyum karbonat değeri %93,2-104,4; STK laktik asit değeri %85,0-96,2 ve gluten performans indeks (GPI) değeri 0,433-0,467 değerleri arasında değişim göstermiştir. STK su, sakkaroz, sodyum karbonat, laktik asit ve gluten performans indeks ortalamaları sırasıyla %77,0, %102,6, %99,6, 90,9 ve 0,449 olarak bulunmuştur. Rafine beyaz unların STK su değerleri %61,9-69,4, STK sakkaroz değerleri %82,2-89,4; STK sodyum karbonat değerleri %72,8-84,3; STK laktik asit değerleri % 89,7-120,4 ve gluten performans indeks (GPI) değeri 0,575-0,701 değerleri arasında değişim göstermiş olup ortalama sırasıyla 65,4, 85,3, 78,0, 101,7 ve 0,635 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.10. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin solvent tutma kapasitesi analiz sonuçları[1]

| Un tipi | Gluten gücü | Tek | STK su % | STK sakkaroz % | STK sodyum karbonat % | STK laktik asit % | Gluten performans indeks |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TTU | Zayıf | 1 | 78,8 | 99,7 | 96,7 | 85,0 | 0,433 |
| | | 2 | 74,5 | 99,9 | 93,2 | 85,2 | 0,441 |
| | | 3 | 72,9 | 99,8 | 95,2 | 85,8 | 0,440 |
| | Orta | 1 | 77,9 | 103,8 | 98,5 | 91,7 | 0,453 |
| | | 2 | 78,0 | 104,6 | 100,0 | 92,7 | 0,453 |
| | | 3 | 78,1 | 105,9 | 102,7 | 92,8 | 0,445 |
| | Güçlü | 1 | 77,6 | 102,5 | 104,4 | 93,9 | 0,454 |
| | | 2 | 77,2 | 103,6 | 102,6 | 96,2 | 0,467 |
| | | 3 | 78,2 | 103,8 | 103,4 | 94,8 | 0,458 |
| RBU | Zayıf | 1 | 62,5 | 82,2 | 73,9 | 89,7 | 0,575 |
| | | 2 | 62,0 | 82,7 | 72,8 | 91,4 | 0,588 |
| | | 3 | 61,9 | 82,8 | 75,1 | 92,6 | 0,587 |
| | Orta | 1 | 66,0 | 86,8 | 79,6 | 104,9 | 0,631 |
| | | 2 | 67,9 | 85,8 | 80,4 | 104,2 | 0,627 |
| | | 3 | 67,1 | 86,2 | 79,7 | 104,5 | 0,630 |
| | Güçlü | 1 | 68,9 | 89,4 | 84,3 | 117,5 | 0,676 |
| | | 2 | 69,4 | 89,4 | 82,4 | 120,4 | 0,701 |
| | | 3 | 62,5 | 82,2 | 73,9 | 89,7 | 0,697 |

[1] %14 rutubete göre düzeltilmiştir. TTU: tam tane unu; RBU: rafine beyaz un; Tek: tekerrür

Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin STK su, sakkaroz, sodyum karbonat, laktik asit ve gluten performans indeks değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.11'de verilmiştir. Tüm özelllikler üzerinde "*gluten gücü (GC*)" ve "*un tipi (UT)"* çok önemli düzeyde etkili olmuştur*(p<0,01).* "*Gluten gücü x un tipi interaksiyonu*" STK sakkaroz, laktik asit ve gluten performans indeks değerleri üzerinde çok önemli etkili olmuştur (*p<0,01*). STK su değeri üzerinde önemli etkilidir *(p<0,05).* Slade ve Levine (1994) geliştirilen oldukça az örnekte (300 mg) , kısa süre içerisinde hamur yapısal özelliklerini oluşturan un bileşenleri hakkında solvent tutma kapasitesi (STK) değerlendirme yapma imkanı vermektedir (Karaduman, 2020). STK-su undaki bileşenler (nişasta, hemiselülozlar ve gluten tarafından) tutulan suyu ölçer. Unlu mamullerde önemli olan pentozan içeriği STK-sakkaroz ve zedelenmiş nişasta kompozisyonu ise STK sodyum karbonat değeri ile ilişkilidir. STK laktik asit değeri ise gluten gücü hakkında bilgi veren önemli bir parametredir (Guzman vd., 2015; Karaduman, 2020, Siah vd., 2024 ). STK laktik asit değerinin STK sodyum karbonat ve STK sakkaroz değerine bölünmesi ile elde edilen gluten performans indeks (GPI) değerinin gluten gücünün ve ekmek yapımına uygunluğunu belirlenmesinde kullanılması önerilmektedir (Kweon vd. 2011). Yüksek değerler ekmek yapımı için istenilen güçlü hamur viskoelastik özellikleri için istenmektedir (Erenler vd., 2022, Karaduman vd., 2024; Wang vd., 2024). Çizelge 4.11'de önemli çıkan "*un tipi"* ve "*gluten gücü"* değişkenlerine ve "*interaksiyona*" ait STK su, sakkaroz, sodyum karbonat, laktik asit ve gluten performans indeks değerlerine ait ortalamalarının çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.12'de verilmiştir. Çalışmada güçlü gluten yapısında unların STK laktik asit ve GPI değeri en yüksek zayıf unların en düşüktür (%107,1 ve 0,575; %88,3 ve 0,510). Zayıf unların ise en düşüktür. Rafine beyaz unun STK laktik asit ve tam tane unu ortalaması beyaz una göre daha yüksektir. Tam tane ununda kepeğin gluten oluşumu üzerindeki olumsuz etkisi ve yüksek su absorpsiyonu (Gomez vd., 2020), glutende ilave β-tabaka oluşumuna neden olması (Bock, 2019) glutenin kalitesi üzerinde olumsuz etkiye neden olmuştur. Diğer taraftan tam tane ununun yüksek STK su, sakkaroz ve sodyum karbonat değeri yapısındaki yüksek oranda bulunan polisakkarite bağlanmıştır. Kepek tabakasının ve buna bağlı olarak selüloz ve hemiselülozların ortama dahil olması ve ortamda bu bileşenler tarafından tutulan su miktarının artması ve gluten ile oluşturdukları agregasyonlar nedeniyle solvent absorpsiyon değerleri artmıştır (Gomez vd., 2020; Zhou vd., 2021). Çalışmada HUKM PMT değeri ile STK laktik asit değeri arasında önemli pozitif korelasyon bulunmuştur (r= 0,914, *p<0,05*).

Çizelge 4.11. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin solvent tutma kapasitesi değerlerine ait varyans analiz sonuçları

| VK | SD | STK su | | | STK sakkaroz | | | STK sodyum karbonat | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | KT | KO | F | KT | KO | F | KT | KO | F |
| Gluten | 1 | 73,60354 | 36,8018 | 21,3465** | 95,0747 | 47,537 | 132,1358** | 232,4579 | 116,229 | 58,9499** |
| Un tipi | 2 | 535,73556 | 535,7356 | 310,7485** | 1222,1568 | 1222,157 | 3397,134** | 1940,2297 | 1940,23 | 984,0612** |
| GG *x* UT | 2 | 17,78388 | 8,8919 | 5,1577* | 18,6343 | 9,317 | 25,8982** | 0,3019 | 0,151 | 0,0766 |
| Hata | 12 | 20,6882 | 1,724 | | 4,3171 | 0,36 | | 23,6599 | 1,972 | |
| Toplam | 17 | 647,81118 | | | 1340,1829 | | | 2196,6494 | | |

| VK | SD | STK laktik asit | | | Gluten performans indeks | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | KT | KO | F | KT | KO | F |
| Gluten | 1 | 1063,5355 | 531,7678 | 494,3228** | 0,01267 | 0,00634 | 115,878** |
| Un tipi | 2 | 892,3904 | 892,3904 | 829,5519** | 0,15447 | 0,15447 | 2824,427** |
| GG *x* UT | 2 | 257,5921 | 128,7961 | 119,7268** | 0,00573 | 0,00287 | 52,4544** |
| Hata | 12 | 12,909 | 1,076 | | 0,00065 | 0,00005 | |
| Toplam | 17 | 2226,4271 | | | 0,17354 | | |

**: *p<0.01* düzeyinde önemli; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi, KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması

Çizelge 4.12. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin solvent tutma kapasitesi değerlerine ait analiz ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

| | | STK su % | STK sakkaroz % | STK sodyum karbonat % | STK laktik asit % | Gluten performans indeks |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Un tipi (UT) | | | | | | |
| TTU | Güçlü | 77,7 $^{a}$ | 103,3 $^{a}$ | 103,5 | 95,0 $^{c}$ | 0,459 $^{d}$ |
| | Orta | 78,0 $^{a}$ | 104,8 $^{a}$ | 100,4 | 92,4 $^{cd}$ | 0,450 $^{de}$ |
| | Zayıf | 75,4 $^{a}$ | 99,8 $^{b}$ | 95,0 | 85,3 $^{e}$ | 0,437 $^{e}$ |
| | Ortalama | 77,0 $^{A}$ | 102,6 $^{A}$ | 99,6$^{A}$ | 90,9 $^{B}$ | 0,449 $^{B}$ |
| RBU | Güçlü | 69,2 $^{b}$ | 89,6 $^{c}$ | 82,8 | 119,2 $^{a}$ | 0,691 $^{a}$ |
| | Orta | 67,0 $^{b}$ | 86,3 $^{d}$ | 79,9 | 104,6 $^{b}$ | 0,629 $^{b}$ |
| | Zayıf | 62,1 $^{c}$ | 82,6 $^{e}$ | 73,9 | 91,2 $^{d}$ | 0,583 $^{c}$ |
| | Ortalama | 66,1 $^{B}$ | 86,1 $^{B}$ | 78,9$^{B}$ | 105,0 $^{A}$ | 0,634 $^{A}$ |
| Gluten gücü (GC) | | | | | | |
| Güçlü | | 73,5 $^{a}$ | 96,4 $^{a}$ | 93,1 $^{a}$ | 107,1 $^{a}$ | 0,575 $^{a}$ |
| Orta | | 72,5 $^{a}$ | 95,5 $^{a}$ | 90,2 $^{b}$ | 98,5 $^{b}$ | 0,539 $^{b}$ |
| Zayıf | | 68,8 $^{b}$ | 91,2 $^{b}$ | 84,5 $^{c}$ | 88,3 $^{c}$ | 0,510 $^{c}$ |

TTU: tam tane unu; RBU: rafine beyaz un; Tek: tekerrür

### 4.1.5. Gluten agregasyon özellikleri-GlutoPeak

Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin GlutoPeak Standart metot 1 (SMD1) analiz sonuçları Çizelge 4.13'de verilmiştir. Tam tane unlarının pik maksimum zaman (PMT) değeri 32,0-50,0 s; maksimum tork (BEM) değeri 51,0-57,0 GPU; BEM değerinden 15 s önceki tork (BM) değeri 19,0-25,0 GPU; BEM değerinden 15 s sonraki tork (PM) değeri 39,0-43,0 GPU ve agregasyon enerji değeri 1267,8-1404,4 $cm^2$ arasında değişmiş; sırasıyla ortalama 40,6 s, 54,4 GPU, 22,1 GPU, 40,8 GPU ve 1338,7 $cm^2$ olarak bulunmuştur. Rafine beyaz unların ise PMT değeri 56,0-103,0 s; BEM değeri 40,0-46,0 GPU, BM değeri 18,0-45,0 GPU, PM değeri 34,0-38,0 GPU ve agregasyon enerji değeri 1075,7-1297,0 $cm^2$ arasında olup; ortalama 82,11 s, 43,4 GPU, 36,3 GPU, 35,9 GPU ve 1212,7 $cm^2$ olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.13. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin GlutoPeak SMD1 analiz sonuçları

| Un tipi | Gluten gücü | Tek | Pik maksimum zaman, PMT s | Maksimum tork, BEM (GPU) | Maksimum torktan 15 s önceki tork, BM (GPU) | Maksimum torktan 15 s sonraki tork, PM (GPU) | Agregasyon enerji değeri, AGGEN $cm^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TTU | Zayıf | 1 | 37,0 | 51,0 | 19,0 | 39,0 | 1267,8 |
| | | 2 | 32,0 | 52,0 | 19,0 | 39,0 | 1270,7 |
| | | 3 | 32,0 | 54,0 | 19,0 | 40,0 | 1280,5 |
| | Orta | 1 | 37,0 | 56,0 | 21,0 | 42,0 | 1315,8 |
| | | 2 | 43,0 | 57,0 | 25,0 | 40,0 | 1391,9 |
| | | 3 | 44,0 | 56,0 | 23,0 | 43,0 | 1373,8 |
| | Güçlü | 1 | 42,0 | 54,0 | 23,0 | 41,0 | 1377,5 |
| | | 2 | 48,0 | 55,0 | 25,0 | 42,0 | 1365,9 |
| | | 3 | 50,0 | 55,0 | 25,0 | 41,0 | 1404,4 |
| RBU | Zayıf | 1 | 60,0 | 42,0 | 26,0 | 34,0 | 1160,3 |
| | | 2 | 57,0 | 41,0 | 22,0 | 36,0 | 1139,5 |
| | | 3 | 56,0 | 40,0 | 18,0 | 35,0 | 1075,7 |
| | Orta | 1 | 87,0 | 45,0 | 43,0 | 36,0 | 1243,1 |
| | | 2 | 89,0 | 42,0 | 41,0 | 35,0 | 1201,6 |
| | | 3 | 85,0 | 43,0 | 43,0 | 35,0 | 1221,2 |
| | Güçlü | 1 | 99,0 | 46,0 | 45,0 | 37,0 | 1293,0 |
| | | 2 | 103,0 | 46,0 | 44,0 | 37,0 | 1282,7 |
| | | 3 | 103,0 | 46,0 | 45,0 | 38,0 | 1297,0 |

TTU: tam tane unu; RBU: rafine beyaz un; Tek: tekerrür

Hamur reolojik özelliklerini değerlendirmek amacıyla farklı cihazlar kullanılmaktadır (Hu ve Shang, 2007; Kweeon vd., 2014; Karaduman, 2020). Lakin bu cihazlara hem fazla miktarda örnek gerektirmekte hem de analiz süresi uzamaktadır. Ayrıca bu test cihazlarının kullanımını fazla işgücü, laboratuvar ortamı ve kullanıcı etkileri ile sonuçlar etkilenebilmektedir (Ram vd., 2005). GlutoPeak cihazı son yıllarda geliştirilen gluten kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılan hızlı ve çok az örnek ile çalışılan bir reolojik test cihazıdır (Melnky vd., 2011; Marti vd., 2015ab; Bouachra vd., 2017; Wang vd., 2018; Karaduman vd., 2019, 2020, 2021ab, 2023; Türksoy ve Onar, 2022). Bu çalışmanın amacı; GlutoPeak cihazında kullanılan mevcut metodlar ile elde edilen gluten agregasyon özellikleri ile ilgili parametrelerin etkinliğini diğer hamur reolojik ve gluten kalite özellikleri ile kıyaslayarak; unlu mamuller sektöründeki kullanıcılara farklı gluten kalitesinde rafine ve tam tane unlarında elde ettikleri parametrelerin hamurun hangi özellikleri ile ilişkili olduğunu ortaya koyabilmelerini sağlayarak son ürün kalitesini tahminleyip üretimlerine yön verebilmelerini sağlamaktır. Çalışmada, cihazda kullanılması önerilen ve halihazırda kullanılan üç metodun etkinliği tam tane unu ve rafine beyaz unda tüm unlu mamulleri kapsayacak şekilde üç gluten gücü göz önüne alınarak değerlendirilmiştir.

Un örneklerinin GlutoPeak standart metod 1 (SMD1) metodu ile elde edilen PMT, BEM, BM, PM ve agregasyon enerji (AGGEN) değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.14'de verilmiştir. Tüm özelllikler üzerinde "*gluten gücü (GC)*" ve "*un tipi (UT)"* çok önemli düzeyde etkili olmuştur*(p<0,01)*. "*Gluten gücü x un tipi"* interaksiyonu PMT, BEM ve BM değerleri üzerinde istatistiki olarak önemli etkilidir (*p<0,01*). Çizelge 4.14'de önemli çıkan "*un tipi"* ve "*gluten gücü"* değişkenlerine ve "*interaksiyona*" ait GlutoPeak SMD1 metodu ile elde edilen PMT, BEM, BM, PM ve AGGEN değerlerine ait ortalamalarının çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.15'de verilmiştir. SMD1, daha düşük çözücü oranında, orta sıcaklıkta ve daha yavaş dönüş hızında çalışan bir metotdur (Malegori vd., 2018). Çalışmada rafine beyaz unun PMT ve BM değerleri ortalaması tam tane ununa göre daha yüksektir. Tam tane ununun ise BEM, PM ve AGGGEN değerleri çalışmada daha yüksek elde edilmiştir. Tam tane ununda kepeğin gluten oluşumu üzerindeki olumsuz etkisi (Gomez vd., 2020) ve glutende ilave β-tabaka oluşumuna neden olması (Bock, 2019) gluten kalitesi üzerinde olumsuz etkiye neden olsa da kepeğin su tutması ve gluten ile interaksiyonu sıkı bir gluten yapısı ile sonuçlanmakta bu durumda BEM değerinde artış ve takiben 15 s sonrasında (PM) daha az düşüş görülmektedir. Yüksek BEM değeri AGGEN enerji değerinin de artmasına neden olmaktadır. Bu durum SMD1 metodunda özellikle

tam tane unu kullanıldığında BEM, PM ve AGGEN değerlerinin değerlendirilmesinde dikkatli olunması gerektiğini göstermektedir. SMD1 metodunda PMT ve AGGEN değeri bakımından üç guten gücündeki farklılık belirgindir. Bu çalışma ile SMD1 metodu kullanıldığında PMT ve AGGEN değerlerinin etkinliğini göstermiştir. Çalışmada Marti vd., (2015), Rakita vd., 2017, Karaduman vd. (2020) çalışmalarına benzer şekilde gluten gücü arttıkça AGGEN değerleri artmıştır. PMT değerinin gluten kalite değerlendirmesinde kullanılması önerilmektedir (Sissons, 2016). Yapılan bazı çalışmalarda artan PMT süreleri yüksek gluten gücü ile ilişkili bulunmuştur (Karaduman vd., 2015, 2020; Sissons, 2016; Wang vd., 2017). SMD1 metodunda BEM, PM ve BM değerleri zayıf gluten yapısında en düşük olarak bulunurken orta ve güçlü gluten yapısında farklılık görülmemiştir. BM değerinin yumuşak buğday ürünleri için (bisküvi, kek) gluten yapısında ayırım gerektiğinde bu ürünlerde daha sınırlı kullanılan orta ve güçlü gluten gücünde unların belirlenmesi ve ayırımında önemli derecede başarılı olabileceği görülmüştür. BM değeri gluten oluşumu tamamlanmadan (BEM değeri) önceki direnci ifade etmektedir ve yüksek BM değerleri güçlü gluten yapısı ile ilişkilidir (Güçbilmez vd., 2019, Karaduman vd., 2019) ve aynı zamanda yüksek ekmek hacminin de tahminleyicisi olarak (Bouachra vd., 2017) önemli bir parametredir. Çalışmada SMD1 PMT ve BM değeri ile makro SDS sedimantasyon değeri (sırasıyla r=0,962, $p<0,01$; r=0,876, $p<0,05$), alveograf uzama kabiliyeti (r=0,959, $p<0,01$; r=0,931, $p<0,01$) ve ekstensibilite değeri (r=0,976, $p<0,01$; r=0.946, $p<0,01$) arasındaki önemli pozitif korelasyon dikkat çekmiştir. SMD1 AGGEN değeri ile miksolab C2 ve stabilite değerleri ve miksograf pik toplam alanı (TTINT) arasında yine pozitif (sırasıyla r=0,981, $p<0,01$; r=0,887, $p<0,05$; r=0,973, $p<0,01$) ve gluten deformasyon değeri ile negatif (r=-0,894, $p<0,05$) korelasyon bulunmuştur. SMD1 BEM değeri ile tane protein oranı, miksolab C2 değeri, farinograf su absorpsiyonu ve glutograf deformasyon değerleri arasında önemli pozitif korelasyon vardır (r=0,978, $p<0,01$; r=0,838, $p<0,05$; r=0,987, $p<0,01$ ve r=0,916, $p<0,05$). SMD1 PM değeri ile yalnız miksograf pik toplam alanı arasında pozitif korelasyon bulunmuştur (r=0,870, $p<0,05$). Çalışma kapsamında SMD1 parametreleri ile diğer özellikler arasında yapılan step-wise analiz sonucunda Denklem 4.1-4.7 elde edilmiştir (Çizelge 4.40-4.46). SMD1 AGGEN değeri tek başına miksolab stabilite değerindeki varyasyonun %78,7'sini açıklamakta, BEM değeri ile birlikte %97,1'e ulaşılmaktadır (Denklem 4.1). SMD1 AGGEN ve PMT değerleri birlikte farinograf stabilite değerindeki varyasyonun %87,4'ünü açıklarken BM değeri ile %99,7'ye ulaşmaktadır (Denklem 4.2). Makro SDS değerindeki varyasyonun %92,5'i ve alveograf uzama kabiliyetindeki varyasyonun %91,9'u tek başına SMD1 PMT değeri tarafından; miksolab C2 değerindeki

varyasyonun %96,2'si tek başına SMD1 AGGEN değeri tarafından açıklanabilmektedir (Denklem 4.3, 4.4, 4.5). SMD1 AGGEN değeri tek başına alveograf enerji (Fb) değerindeki varyasyonun %46,2'sini açıklayabilmekte BEM değeri ile birlikte %95,0'e ulaşılmaktadır (Denklem 4.6). Farinograf gelişme süresindeki varyasyon tek başına BM değeri ile %39,9 oranında açıklanırken, PM ve PMT değeri ile %99,6'ya ulaşılmaktadır (Denklem 4.7). Çalışmada SMD1 PMT değeri ile alveograf A değeri arasındaki ilişkiyi gösterir regresyon grafiği ($R^2$=0,90) ve denklemi Şekil 4.1'de; BEM değeri ile glutograf toparlanabilme kabiliyeti arasındaki ilişkiyi gösterir regresyon grafiği ($R^2$=0,80) ve denklemi Şekil 4.2'de; AGGEN değeri ile miksolab C2 arasındaki ilişkiyi gösterir regresyon grafiği ($R^2$=0,95) ve denklemi Şekil 4.3'de; BEM değeri ile miksolab C2 arasındaki ilişkiyi gösterir regresyon grafiği ($R^2$=0,63) ve denklemi Şekil 4.4'de; PMT değeri ile alveograf ekstensibilite arasındaki ilişkiyi gösterir regresyon grafiği ($R^2$=0,94) ve denklemi Şekil 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4.14. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin GlutoPeak SMD1 değerlerine ait varyans analiz sonuçları

| VK | SD | Pik maksimum zaman, PMT s | | | Maksimum tork, BEM GPU | | | Maksimum torktan 15 s önceki tork, BM GPU | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | KT | KO | F | KT | KO | F | KT | KO | F |
| Gluten gücü | 1 | 2509,000 | 1254,500 | 140,255** | 47,444 | 23,7222 | 22,474** | 694,778 | 347,389 | 90,623** |
| Un tipi | 2 | 7770,889 | 7770,889 | 868,795** | 544,500 | 544,5 | 515,842** | 910,222 | 910,222 | 237,449** |
| GG *x* UT | 2 | 758,778 | 379,389 | 42,416** | 14,333 | 7,1667 | 6,790* | 284,111 | 142,056 | 37,058** |
| Hata | 12 | 107,333 | 8,940 | | 12,667 | 1,056 | | 46,000 | 3,833 | |
| Toplam | 17 | 11146,000 | | | 618,944 | | | 1935,111 | | |

| VK | SD | Maksimum torktan 15 s sonraki tork, PM GPU | | | Agregasyon enerji değeri, AGGEN $cm^2$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | KT | KO | F | KT | KO | F |
| Gluten gücü | 1 | 14,333 | 7,167 | 9,214** | 59038,660 | 29519,330 | 39,863** |
| Un tipi | 2 | 107,556 | 107,556 | 138,286** | 71486,110 | 71486,110 | 96,535** |
| GG *x* UT | 2 | 4,778 | 2,389 | 3,071 | 2717,744 | 1358,870 | 1,835 |
| Hata | 12 | 9,333 | 0,778 | | 8886,250 | 740,500 | |
| Toplam | 17 | 136,000 | | | 142128,800 | | |

*: *p<0.05* düzeyinde önemli; **: *p<0,01* düzeyinde önemli; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi, KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması

Çizelge 4.15. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin GlutoPeak SMD1 değerlerine ait ortalamaların çoklu karşılaştırma test sonuçları

| | | Pik maksimum zaman, PMT s | Maksimum tork, BEM GPU | Maksimum torktan 15 s önceki tork, BM GPU | Maksimum torktan 15 s sonraki tork, PM (GPU) | Agregasyon enerji değeri, AGGEN $cm^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Un tipi (UT) | | | | | | |
| TTU | Güçl | 46,7 $^{d}$ | 54,7 $^{ab}$ | 24,3 $^{b}$ | 41,3 | 1382,6 |
| | Orta | 41,3 $^{de}$ | 56,3 $^{a}$ | 23,0 $^{b}$ | 41,7 | 1360,5 |
| | Zayı | 33,7 $^{e}$ | 52,3 $^{b}$ | 19,0 $^{b}$ | 39,3 | 1273,0 |
| | Ortal | 40,5 $^{B}$ | 54,4 $^{A}$ | 22,1 $^{B}$ | 40,8 $^{A}$ | 1338,7 $^{A}$ |
| RBU | Güçl | 101,7 $^{a}$ | 46,0 $^{c}$ | 44,7 $^{a}$ | 37,3 | 1290,9 |
| | Orta | 87,0 $^{b}$ | 43,3 $^{cd}$ | 42,3 $^{a}$ | 35,3 | 1222,0 |
| | Zayı | 57,7 $^{c}$ | 41,0 $^{d}$ | 22,0 $^{b}$ | 35,0 | 1125,1 |
| | Ortal | 82,1 $^{A}$ | 43,4 $^{B}$ | 36,3 $^{A}$ | 35,9 $^{B}$ | 1212,6 $^{B}$ |
| Gluten gücü (GC) | | | | | | |
| Güçlü | | 74,2 $^{a}$ | 50,3 $^{a}$ | 34,5 $^{a}$ | 39,3 $^{a}$ | 1336,7 $^{a}$ |
| Orta | | 64,2 $^{b}$ | 49,8 $^{a}$ | 32,7 $^{a}$ | 38,5 $^{ab}$ | 1291,2 $^{b}$ |
| Zayıf | | 45,7 $^{c}$ | 46,7 $^{b}$ | 20,5 $^{b}$ | 37,2 $^{b}$ | 1199,0 $^{c}$ |

TTU: tam tane unu; RBU: rafine beyaz un; Tek: tekerrür

Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin GlutoPeak standart metot 2 (SMD2) analiz sonuçları Çizelge 4.16'de verilmiştir. Tam tane unlarının pik maksimum zaman (PMT) değeri 41,0-59,0 s; maksimum tork (BEM) değeri 62,0-67,0 GPU; BEM değerinden 15 s önceki tork (BM) değeri 14,0-17,0 GPU; BEM değerinden 15 s önceki tork (PM) değeri 39,0-43,0 GPU ve agregasyon enerji (AGGEN) değerleri 1254,5-1385,9 $cm^2$ arasında değişim göstermiş; sırasıyla ortalama 50,1 s, 63,9 GPU, 15,4 GPU, 40,4 GPU ve 1330,9 $cm^2$ olarak bulunmuştur. Rafine beyaz unlarının PMT değeri 51,0-79,0 s; BEM değeri 53,0-57,0 GPU; BM değeri 13,0-21,0 GPU; PM değeri 36,0-44,0 GPU ve AGGEN değeri 1178,2-1403,9 $cm^2$ arasında değişim göstermiş olup sırasıyla ortalama 65,7 s, 55,4 GPU, 18,2 GPU, 40,3 GPU ve 1309,2 $cm^2$ olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.16. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin GlutoPeak SMD2 değerlerine ait analiz sonuçları

| Un tipi | Gluten gücü | Tek | Pik maksimum zaman, PMT s | Maksimum tork, BEM GPU | Maksimum torktan 15 s önceki tork, BM GPU | Maksimum torktan 15 s sonraki tork, PM GPU | Agregasyon enerji değeri AGGEN $cm^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TTU | Zayıf | 1 | 44,0 | 64,0 | 15,0 | 40,0 | 1333,1 |
| | | 2 | 45,0 | 63,0 | 14,0 | 39,0 | 1290,7 |
| | | 3 | 41,0 | 62,0 | 14,0 | 39,0 | 1285,4 |
| | Orta | 1 | 51,0 | 66,0 | 17,0 | 42,0 | 1385,9 |
| | | 2 | 50,0 | 67,0 | 16,0 | 43,0 | 1385,6 |
| | | 3 | 48,0 | 66,0 | 17,0 | 41,0 | 1378,5 |
| | Güçlü | 1 | 57,0 | 63,0 | 16,0 | 41,0 | 1363,0 |
| | | 2 | 56,0 | 62,0 | 15,0 | 39,0 | 1254,5 |
| | | 3 | 59,0 | 62,0 | 15,0 | 40,0 | 1301,3 |
| RBU | Zayıf | 1 | 51,0 | 53,0 | 13,0 | 37,0 | 1178,2 |
| | | 2 | 52,0 | 54,0 | 16,0 | 36,0 | 1217,9 |
| | | 3 | 51,0 | 54,0 | 16,0 | 37,0 | 1216,1 |
| | Orta | 1 | 67,0 | 57,0 | 19,0 | 41,0 | 1356,5 |
| | | 2 | 69,0 | 54,0 | 19,0 | 40,0 | 1288,2 |
| | | 3 | 68,0 | 56,0 | 19,0 | 41,0 | 1343,0 |
| | Güçlü | 1 | 78,0 | 57,0 | 21,0 | 44,0 | 1385,1 |
| | | 2 | 79,0 | 57,0 | 21,0 | 43,0 | 1403,9 |
| | | 3 | 76,0 | 57,0 | 20,0 | 44,0 | 1394,2 |

TTU: tam tane unu; RBU: rafine beyaz un; Tek: tekerrür

Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin GlutoPeak standart metod 2 (SMD2) metodu ile elde edilen PMT, BEM, BM, PM ve AGGEN değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.17'de verilmiştir. Tüm özellikler üzerinde "*gluten gücü"* ve "*gluten gücü x un tipi interaksiyonu*" PMT, BEM ve PM üzerinde "*un tipi"* çok önemli düzeyde etkili olmuştur *(p<0,01).* Çizelge 4.17'de önemli çıkan "*un tipi"* ve "*gluten gücü"* değişkenlerine ve "*interaksiyona*" ait GlutoPeak SMD2 metodu ile elde edilen PMT, BEM, BM, PM ve AGGEN değerlerine ait ortalamaların çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.18'de verilmiştir.

SMD2 metodu daha fazla çözücü oranında, düşük sıcaklıkta ve yüksek dönüş hızında çalışan bir metotdur (Wang vd., 2018). Çalışmada rafine beyaz unun PMT ve BM değerleri ortalaması tam tane ununa göre daha yüksektir. Tam tane ununun ise BEM değerleri çalışmada daha yüksek elde edilmiş; unların AGGEN ve PM değerleri arasında istatistiki olarak önemli farklılık bulunmamıştır. Tam tane ununda kepeğin gluten üzerinde etkileşimi sıkı bir gluten yapısı ile sonuçlanmakta bu durumda BEM değerinde artış göstermektedir (Gomez vd., 2020;Bock, 2019). SMD2 PMT değeri gluten gücündeki farklılığı çalışmamızda bariz şekilde ortaya koyulmuştur. Diğer özellikler yalnız oldukça zayıf grubun ayrılmasında etkili olurken orta ve güçlü grup birbirinden bu parametrelere göre istatistiki olarak farklılık göstermemiştir. Yapılan bazı çalışmalarda artan PMT süreleri yüksek gluten gücü ile ilişkili bulunmuştur (Karaduman vd., 2015, 2020; Sissons, 2016; Wang vd., 2017). BM değeri gluten oluşumu tamamlanmadan (BEM değeri) önceki direnci ifade etmektedir ve yüksek BM değerleri güçlü gluten yapısı ile ilişkilidir (Güçbilmez vd., 2019, Karaduman vd., 2019) ve aynı zamanda yüksek ekmek hacminin de tahminleyicisi olarak (Bouachra vd., 2017) önemli bir parametredir. Çalışmada SMD2 PMT ve BM değeri ile alveograf uzama kabiliyeti (sırasıyla r=0,938, *p<0,01*; r=0,934, p<*0,01*) ve ekstensibilite değeri (r=0,945, *p<0,01*; r=0,938, *p<0,01*) arasındaki çok önemli pozitif korelasyon dikkat çekmiştir. Yine PMT değeri ile miksograf gelişme süresi arasında önemli pozitif korelasyon vardır (r=0,814, *p<0,05*). SMD2 BEM değeri ile miksograf pik alanı, farinograf su absorpsiyonu ve tane protein oranı arasında %1 düzeyinde önemli korelasyon vardır (sırasıyla r=0,945; r=0,974; r=0,950). Çalışma kapsamında SMD2 parametreleri ile diğer özellikler arasında yapılan step-wise analiz sonucunda Denklem 4.8-4.11 elde edilmiştir (Çizelge 4.47-4.50). SMD2 BEM değeri tek başına protein değerindeki varyasyonun %90,2'sini açıklamıştır (Denklem 4.8). SMD2 BEM ve PMT değerleri birlikte miksolab C2 değerindeki varyasyonun %80,0'nini açıklarken BM değeri ile %99,8'e ulaşılmaktadır (Denklem 4.9). Farinograf stabilite değerindeki

varyasyonun %67,1'i tek başına SMD2 PM değeri tarafından açıklanırken, AGGEN değeri ile birlikte %83,5'ini, BEM değeri de dahil edildiğinde %93,5'ini ve BM değeri de dahil olduğunda %99,3'ünü açıklamıştır (Denklem 4.10). Miksograf pik toplam alanı tek başına SMD2 BEM değeri ile %70,2, PMT değeri de dahil olduğunda %99,5 oranında açıklanabilmektedir (Denklem 4.11). Çalışmada SMD2 BEM değeri ile farinograf su absorpsiyonu arasındaki ilişkiyi gösterir regresyon grafiği ($R^2$=0,95) ve denklemi Şekil 4.6'da; SMD2 PMT değeri ile alveograf A değeri arasındaki ilişkiyi gösterir regresyon grafiği ($R^2$=0,85) ve denklemi Şekil 4.7'de ve miksograf gelişme süresi arasındaki ilişkiyi gösterir regresyon grafiği ($R^2$=0,58) ve denklemi Şekil 4.8'de; BM değeri ile alveograf ekstensibilite değeri arasındaki ilişkiyi gösterir regresyon grafiği ($R^2$=0,85) ve denklemi Şekil 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.17. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin GlutoPeak SMD2 değerlerine ait varyans analiz sonuçları

| VK | SD | Pik maksimum zaman, PMT s | | | Maksimum tork, BEM GPU | | | Maksimum torktan 15 s önceki tork, BM GPU | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | KT | KO | F | KT | KO | F | KT | KO | F |
| Gluten gücü (GC) | 1 | 1228,111 | 614,056 | 290,869** | 21,333 | 10,667 | 14,769** | 42,333 | 21,167 | 29,308** |
| Un tipi (UT) | 2 | 1088,889 | 1088,889 | 515,789** | 320,889 | 320,889 | 444,308** | 34,722 | 34,722 | 48,077** |
| GG *x* UT | 2 | 131,444 | 65,722 | 31,132** | 23,111 | 11,555 | 16,000** | 16,778 | 8,389 | 11,615** |
| Hata | 12 | 25,333 | 2,111 | | 8,667 | 0,722 | | 8,667 | 0,722 | |
| Toplam | 17 | 2473,778 | | | 374,000 | | | 102,500 | | |

| VK | SD | Maksimum torktan 15 s sonraki tork, PM GPU | | | Agregasyon enerji değeri, AGGEN $cm^2$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | KT | KO | F | KT | KO | F |
| Gluten gücü (GC) | 1 | 52,111 | 26,055 | 46,900** | 39893,160 | 19946,580 | 21,521** |
| Un tipi (UT) | 2 | 0,055 | 0,055 | 0,100 | 2108,169 | 2108,170 | 2,274 |
| GG *x* UT | 2 | 33,444 | 16,722 | 30,100** | 28636,480 | 14318,240 | 15,448** |
| Hata | 12 | 6,667 | 0,556 | | 11122,110 | 926,800 | |
| Toplam | 17 | 92,278 | | | 81759,910 | | |

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

Çizelge 4.18. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin GlutoPeak SMD2 değerlerine ait ortalamaların çoklu karşılaştırma test sonuçları

| | | Pik Maksimum Zaman PMT s | Maksimum tork BEM (GPU) | Maksimum torktan 15 s önceki tork BM (GPU) | Maksimum torktan 15 s sonraki tork PM (GPU) | Agregasyon enerji değeri AGGEN $cm^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Un tipi (UT) | | | | | | |
| TTU | Güçlü | 57,3 $^{c}$ | 62,3 $^{b}$ | 15,3 $^{bc}$ | 40,0 $^{bc}$ | 1306,2 $^{b}$ |
| | Orta | 49,7 $^{d}$ | 66,3 $^{a}$ | 16,7 $^{b}$ | 42,0 $^{ab}$ | 1383,3 $^{ab}$ |
| | Zayıf | 43,3 $^{e}$ | 63,0 $^{b}$ | 14,3 $^{c}$ | 39,3 $^{c}$ | 1303,1 $^{b}$ |
| | Ortalama | 50,1 $^{B}$ | 63,9 $^{A}$ | 15,4 $^{B}$ | 40,4 | 1330,9 |
| RBU | Güçlü | 77,7 $^{a}$ | 57,0 $^{c}$ | 20,7 $^{a}$ | 43,7 $^{a}$ | 1394,4 $^{a}$ |
| | Orta | 68,0 $^{b}$ | 55,7 $^{cd}$ | 19,0 $^{a}$ | 40,7 $^{bc}$ | 1329,2 $^{ab}$ |
| | Zayıf | 51,3 $^{d}$ | 53,7 $^{d}$ | 15,0 $^{bc}$ | 36,7 $^{d}$ | 1204,1 $^{c}$ |
| | Ortalama | 65,7 $^{A}$ | 55,4 $^{B}$ | 18,2 $^{A}$ | 40,3 | 1309,2 |
| Gluten gücü (GC) | | | | | | |
| Güçlü | | 67,5 $^{a}$ | 59,7 $^{b}$ | 18,00 $^{a}$ | 41,8$^{a}$ | 1350,3$^{a}$ |
| Orta | | 58,8 $^{b}$ | 61,0 $^{a}$ | 17,83 $^{a}$ | 41,3$^{a}$ | 1356,2$^{a}$ |
| Zayıf | | 47,3 $^{c}$ | 58,3 $^{c}$ | 14,67 $^{b}$ | 38,0$^{b}$ | 1253,5$^{b}$ |

TTU: tam tane unu; RBU: rafine beyaz un; Tek: tekerrür

Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin GlutoPeak Hızlı Un Kontrol Metodu (HUKM) analiz sonuçları Çizelge 4.19'de verilmiştir. Tam tane unlarının pik maksimum zaman (PMT) değeri 27,0-40,0 s; maksimum tork (BEM) değeri 68,0-75,0 GPU; BEM değerinden 15 s önceki tork (AM) değeri 19,0-29,0 GPU; BEM değerinden 15 s önceki tork (PM) değeri 44,0-51,0 GPU; protein miktarı %12,0-12,8, gluten miktarı %27,1-29,5, enerji (W) değeri 413,0-499,0 J/$10^4$ ve su absorpsiyonu (WA) değeri %62,5-66,6 arasında değişim göstermiş; sırasıyla ortalama 33,1 s, 71,1 GPU, 25,6 GPU, 47,7 GPU, %12,4, %28,3, 450,9 J/$10^4$ ve %64,8 olarak bulunmuştur. Rafine beyaz unların PMT değeri 38,0-59,0 s; BEM değeri 59,0-66,0 GPU; BM değeri 14,0-23,0 GPU; PM değeri 39,0-48,0 GPU; protein miktarı %11,5-12,6, gluten miktarı %25,7-29,1, W değeri 303,0-389,0 J/$10^4$ ve WA %59,3-63,5 arasında değişim göstermiş; sırasıyla ortalama 49,4 s; 62,6 GPU, 18,4 GPU; 43,7 GPU; %12,0; %27,3, 346,3 J/$10^4$ ve %61,4 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.19. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin GlutoPeak HUKM değerlerine ait analiz sonuçları

| Un tipi | Gluten gücü | Tek | Pik maksimum zaman,PMT s | Maksimum tork,BEM (GPU) | Maksimum torktan 15 s önceki tork,BM (GPU) | Maksimum torktan 15 s sonraki tork,PM (GPU) | Protein miktarı % | Gluten miktarı % | Enerji W J/$10^4$ | Su absorpsiyonu % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TTU | Zayıf | 1 | 30,0 | 68,0 | 19,0 | 44,0 | 12,1 | 27,4 | 413,0 | 62,5 |
| | | 2 | 27,0 | 70,0 | 21,0 | 45,0 | 12,2 | 27,9 | 437,0 | 63,4 |
| | | 3 | 29,0 | 70,0 | 24,0 | 46,0 | 12,0 | 27,1 | 437,0 | 64,1 |
| | Orta | 1 | 34,0 | 73,0 | 29,0 | 49,0 | 12,5 | 28,7 | 474,0 | 65,9 |
| | | 2 | 33,0 | 75,0 | 29,0 | 51,0 | 12,5 | 29,5 | 499,0 | 66,6 |
| | | 3 | 33,0 | 68,0 | 29,0 | 50,0 | 12,8 | 28,7 | 413,0 | 65,2 |
| | Güçlü | 1 | 40,0 | 72,0 | 25,0 | 48,0 | 12,6 | 28,9 | 462,0 | 64,9 |
| | | 2 | 34,0 | 70,0 | 28,0 | 48,0 | 12,3 | 28,2 | 437,0 | 65,1 |
| | | 3 | 38,0 | 74,0 | 26,0 | 48,0 | 12,4 | 28,5 | 486,0 | 65,4 |
| RBU | Zayıf | 1 | 43,0 | 59,0 | 14,0 | 39,0 | 11,5 | 25,7 | 303,0 | 59,3 |
| | | 2 | 41,0 | 61,0 | 14,0 | 39,0 | 11,6 | 26,0 | 327,0 | 59,6 |
| | | 3 | 38,0 | 61,0 | 14,0 | 40,0 | 11,6 | 26,1 | 327,0 | 59,8 |
| | Orta | 1 | 57,0 | 61,0 | 18,0 | 43,0 | 11,9 | 27,0 | 327,0 | 61,0 |
| | | 2 | 52,0 | 62,0 | 19,0 | 44,0 | 12,1 | 27,3 | 340,0 | 61,5 |
| | | 3 | 49,0 | 63,0 | 21,0 | 44,0 | 12,1 | 27,6 | 352,0 | 62,0 |
| | Güçlü | 1 | 54,0 | 65,0 | 21,0 | 48,0 | 12,6 | 28,9 | 376,0 | 63,0 |
| | | 2 | 59,0 | 65,0 | 22,0 | 48,0 | 12,4 | 28,3 | 376,0 | 63,2 |
| | | 3 | 52,0 | 66,0 | 23,0 | 48,0 | 12,6 | 29,1 | 389,0 | 63,5 |

TTU: tam tane unu; RBU: rafine beyaz un; Tek: tekerrür

Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin PMT, BEM, AM, PM, P, G, W ve WA değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.20'de verilmiştir. Tüm özelllikler üzerinde "*gluten gücü (GC)*", *un tipi (UT)"* istatistiki olarak önemli düzeyde etkili olmuştur. "*Gluten gücü x un tipi interaksiyonu*" BM, PM, P, G ve WA değerleri üzerinde önemli etkili bulunmuştur. Çizelge 4.20'de önemli çıkan "*un tipi"* ve "*gluten gücü"* ve "*interaksiyona*" ait GlutoPeak HUKM ile elde edilen PMT, BEM, AM, PM, P, G, W ve WA değerlerine ait ortalamalarının çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.21'de verilmiştir.

HUKM rafine beyaz un için geliştirilmiş bir testtir. Çalışmamızda hem rafine beyaz un hem de tam tane ununda HUKM etkinliği değerlendirilmiştir. HUKM daha sınırlı suda, diğer iki metoda göre daha yüksek sıcaklıkta yüksek hızlı karıştırma ile gluten agregasyon özellikleri değerlendirilmektedir (Wiertz, 2018). Çalışmada rafine beyaz unun sadece PMT değeri ortalaması tam tane ununa göre daha yüksektir (49,4 s). Tam tane ununun diğer özellikleri ortalaması rafine beyaz una göre yüksektir. Tam tane ununda kepeğin gluten üzerinde etkileşimi sıkı bir gluten yapısı ile sonuçlanmakta bu durumda BEM değerinde artış göstermektedir (Gomez vd., 2020; Bock, 2019). Gluten kalitesi üzerinde olumsuz etkiye neden olsa da kepeğin su tutması ve gluten ile interaksiyonu sıkı bir gluten yapısı ile sonuçlanmakta bu durumda BEM değerinde artış ve takiben 15 s sonrasında (PM) daha az düşük görülmektedir. Yüksek BEM değeri enerji değerinin de artmasına neden olmaktadır. Kepek tabakası daha fazla bulunan protein ile (Delcour ve Hoseney, 2010) protein ve gluten miktarı artmış ve fazla miktarda tutulan su (Gomez vd., 2020; Zhou vd., 2021) analizde su absorpsiyon (WA) değerini arttırmıştır. Yalnız HUKM PM değeri gluten gücündeki farklılığı ortaya koymuş; diğer özellikler yalnız oldukça zayıf grubun ayrılmasında etkili olurken orta ve güçlü grup kendi arasında bu parametrelere göre istatistiki olarak farklılık göstermemiştir. Çalışmada HUKM PMT değeri ile hamur reolojik özellikleri arasında önemli korelasyon bulunmaz iken, makro SDS sedimantasyon değeri, STK laktik asit ve gluten performans indeksi arasında istatistiki olarak önemli pozitif korelasyon bulunmuştur (sırasıyla r=0,978, $p<0,01$; r=0,914, $p<0,05$; r=0,951, $p<0,01$). HUKM BEM değeri ile tane protein oranı, miksograf direnç ve pik alanı (TINT), glutograf toparlanabilme kabiliyeti ve farinograf su absorpsiyonu arasında istatistiki olarak önemli korelasyon vardır (sırasıyla r=0,973, $p<0,01$; r=0,835, $p<0,05$; r=0,961, $p<0,01$; r=0,939, $p<0,01$; r=0,968, $p<0,01$). BM değeri miksolab direnç arasında çok önemli (r=0,968, $p<0,01$); miksolab stabilite ve farinograf su absorpsiyonu arasında önemli korelasyon elde edilmiştir (r=0,854 ve r=0,842, $p<0,05$). Yine PM

değeri ile miksolab stabilite ve miksograf pik toplam alanı (TTINT) arasında istatistiki olarak önemli korelasyon bulunmaktadır (r=0,913, *p<0,05*; r=0,985, *p<0,01*). W değeri ile yalnız farinograf su absorpsiyonu (r=0,968, p<0,01); protein oranı ile yalnız miksolab stabilite (r=0,937, *p<0,01*) ve su absorpsiyonu (WA) ile miksolab C2 değeri (r=0,924, *p<0,01*) önemli ilişki vardır. Çalışma kapsamında HUKM parametreleri ile diğer özellikler arasında yapılan step-wise analiz sonucunda Denklem 4.12-4.14 elde edilmiştir (Çizelge 4.51-4.53). HUKM PMT değeri tek başına makro SDS değerindeki varyasyonun %86,7'sini açıklamıştır (Denklem 4.12). HUKM BEM değeri tek başına alveograf T/A (gluten dengesi) değerindeki varyasyonun %63,2'sini açıklarken, PM değeri dahil edildiğinde %80,4 ve PMT değeri ilave edildiğinde %91,8 olmuştur (Denklem 4.13). Özellikle HUKM gluten miktarı tek başına miksolab stabilitedeki varyasyonun %89,3 açıklarken, protein miktarı dahil edildiğinde %98,0 olması dikkat çekmiştir (Denklem 4.14). Çalışmada HUKM BEM değeri ile miksograf pik alanı arasındaki ilişkiyi gösterir regresyon grafiği ($R^2$=0,90) ve denklemi Şekil 4.10'da; HUKM PM değeri ile miksolab stabilite değeri arasındaki ilişkiyi gösterir regresyon grafiği ($R^2$=0,79) ve denklemi Şekil 4.11'de; HUKM BEM değeri ile farinograf su absorpsiyonu arasındaki ilişkiyi gösterir regresyon grafiği ($R^2$=0,87) ve denklemi Şekil 4.12'de; HUKM BM değeri ile miksograf direnç arasındaki ilişkiyi gösterir regresyon grafiği ($R^2$=0,92) ve denklemi Şekil 4.13'de verilmiştir.

Çizelge 4.20. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin GlutoPeak HUKM değerlerine ait varyans analiz sonuçları

| VK | SD | Pik maksimum zaman PMT | | | Maksimum tork BEM | | | Maksimum torktan 15 s önceki tork BM | | | Maksimum torktan 15 s sonraki tork PM | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | KT | KO | F | KT | KO | F | KT | KO | F | KT | KO | F |
| Gluten gücü (GC) | 1 | 423,444 | 211,722 | 26,650** | 44,333 | 22,167 | 6,333* | 169,000 | 84,500 | 42,250** | 114,33 | 57,167 | 128,625** |
| Un tipi (UT) | 2 | 1200,50 | 1200,500 | 151,112** | 329,389 | 329,389 | 94,111** | 227,555 | 227,556 | 113,778** | 72,000 | 72,000 | 162,000** |
| GG *x* UT | 2 | 44,333 | 22,167 | 2,790 | 8,778 | 4,389 | 1,254 | 21,44 | 10,722 | 5,361* | 36,333 | 18,167 | 40,875** |
| Hata | 12 | 95,333 | 7,944 | | 42,000 | 3,500 | | 24,000 | 2,000 | | 5,333 | 0,444 | |
| Toplam | 17 | 1763,61 | | | 424,500 | | | 442,000 | | | 228,00 | | |
| VK | SD | Protein miktarı | | | Gluten miktarı | | | Enerji (W) | | | Su absorpsiyonu (WA) | | |
| | | KT | KO | F | KT | KO | F | KT | KO | F | KT | KO | F |
| Gluten gücü (GC) | 1 | 1,368 | 0,684 | 43,964** | 12,248 | 6,124 | 45,550** | 6671,444 | 3335,720 | 6,346* | 25,534 | 12,768 | 48,689** |
| Un tipi (UT) | 2 | 0,500 | 0,500 | 32,143** | 4,400 | 4,400 | 32,731** | 49193,39 | 49193,390 | 93,583** | 50,669 | 50,669 | 193,229** |
| GG *x* UT | 2 | 0,423 | 0,212 | 13,607** | 3,374 | 1,687 | 12,550** | 1327,444 | 663,720 | 1,262 | 5,068 | 2,534 | 9,663** |
| Hata | 12 | 0,187 | 0,0155 | | 1,613 | 0,134 | | 6308,000 | 525,700 | | 3,147 | 0,262 | |
| Toplam | 17 | 2,478 | | | 21,636 | | | 63500,28 | | | 84,418 | | |

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

Çizelge 4.21. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin GlutoPeak HUKM değerlerine ait ortalamaların çoklu karşılaştırma test sonuçları

| | | Pik maksimum zaman, PMT s | Maksimum tork BEM GPU | Maksimum torktan 15 s önceki tork BM GPU | Maksimum torktan 15 s sonraki tork PM | Protein miktarı % | Gluten miktarı % | Enerji W J/$10^4$ | Su absorpsiyonu % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Un tipi (UT) | | | | | | | | | |
| TTU | Güçlü | 37,3 | 72,0 | 26,3 $^{a}$ | 48,0 $^{b}$ | 12,4 $^{ab}$ | 28,5 $^{a}$ | 461,7 | 65,1 $^{a}$ |
| | Orta | 33,3 | 72,0 | 29,0 $^{a}$ | 50,0 $^{a}$ | 12,6 $^{a}$ | 29,0 $^{a}$ | 462,0 | 65,9 $^{a}$ |
| | Zayıf | 28,7 | 69,3 | 21,3 $^{b}$ | 45,0 $^{c}$ | 12,1 $^{bc}$ | 27,5 $^{b}$ | 429,0 | 63,3 $^{b}$ |
| | Ortalama | 33,1 $^{B}$ | 71,1 $^{A}$ | 25,5 $^{A}$ | 47,7 $^{A}$ | 12,4 $^{A}$ | 28,3 $^{A}$ | 450,9 $^{A}$ | 64,8 $^{A}$ |
| RBU | Güçlü | 55,0 | 65,3 | 22,0 $^{b}$ | 48,0 $^{b}$ | 12,5 $^{a}$ | 28,8 $^{a}$ | 380,3 | 63,2 $^{b}$ |
| | Orta | 52,7 | 62,0 | 19,3 $^{b}$ | 43,7 $^{c}$ | 12,0 $^{c}$ | 27,3 $^{b}$ | 339,7 | 61,5 $^{c}$ |
| | Zayıf | 40,7 | 60,3 | 14,0 $^{c}$ | 39,3 $^{d}$ | 11,6 $^{d}$ | 25,9 $^{c}$ | 319,0 | 59,6 $^{d}$ |
| | Ortalama | 49,4 $^{A}$ | 62,5 $^{B}$ | 18,4 $^{B}$ | 43,7 $^{B}$ | 12,0 $^{B}$ | 27,3 $^{B}$ | 346,3 $^{B}$ | 61,4 $^{B}$ |
| Gluten gücü (GC) | | | | | | | | | |
| Güçlü | | 46,2 $^{a}$ | 68,7 $^{a}$ | 24,2 $^{a}$ | 48,0 $^{a}$ | 12,5 $^{a}$ | 28,6 $^{a}$ | 421,0$^{a}$ | 64,2 $^{a}$ |
| Orta | | 43,0 $^{a}$ | 67,0 $^{ab}$ | 24,2 $^{a}$ | 46,8 $^{b}$ | 12,3 $^{a}$ | 28,1 $^{a}$ | 400,8 $^{ab}$ | 63,7 $^{a}$ |
| Zayıf | | 34,7 $^{b}$ | 64,8 $^{b}$ | 17,7 $^{b}$ | 42,2 $^{c}$ | 11,8 | 26,7 $^{b}$ | 374,0 $^{b}$ | 61,4 $^{b}$ |

TTU: tam tane unu; RBU: rafine beyaz un; Tek: tekerrür

### 4.1.6. Alveograf özellikleri

Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin gluten gücüne göre elastikiyet (T), uzama kabiliyeti (A), elastikiyet indeksi (Ex), enerji değeri (Fb) ve gluten dengesi (T/A) değerleri analiz sonuçları Çizelge 4.22'de verilmiştir. Tam tane unlarının elastikiyet (T) değerleri 72,0-148,0 mm; uzama kabiliyeti (A) değerleri 20,0-23,0 mm; elastikiyet indeksi (Ex) değerleri 9,9-10,7; Enerji değeri (Fb) 72,0-138,0 $10^4$xJ ve gluten dengesi (T/A değeri) 3,43-6,76 değerleri değişim göstermiş; sırasıyla ortalama 103,3 mm, 21,4 mm, 10,3, 98,2 $10^4$xJ ve 4,8 olarak bulunmuştur. Rafine beyaz unların T değeri 57,0-69, mm; A değeri 23,0-70,0 mm; Ex değeri 10,7-18,6; Fb değeri 59,0-139,0 $10^4$xJ ve T/A değeri 0,83-2,48 değerleri değişim göstermiş; ortalama olarak sırasıyla 61,8 mm; 38,7 mm; 13,7; 95,1 $10^4$xJ ve 1,74 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.22. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin alveograf değerleri analiz sonuçları

| Un tipi | Gluten gücü | Tek | Elastikiyet, T mm | Uzama kabiliyeti, A mm | Elastikiyet indeksi, Ex | Enerji değeri Fb $10^4$xJ | Gluten dengesi T/A |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TTU | Zayıf | 1 | 74,0 | 20,0 | 9,9 | 72,0 | 3,70 |
| | | 2 | 72,0 | 21,0 | 10,2 | 73,0 | 3,43 |
| | | 3 | 77,0 | 20,0 | 9,9 | 74,0 | 3,85 |
| | Orta | 1 | 89,0 | 22,0 | 10,4 | 90,0 | 4,05 |
| | | 2 | 90,0 | 22,0 | 10,4 | 91,0 | 4,09 |
| | | 3 | 92,0 | 22,0 | 10,4 | 93,0 | 4,18 |
| | Güçlü | 1 | 146,0 | 23,0 | 10,7 | 138,0 | 6,35 |
| | | 2 | 148,0 | 22,0 | 10,4 | 132,0 | 6,73 |
| | | 3 | 142,0 | 21,0 | 10,2 | 121,0 | 6,76 |
| RBU | Zayıf | 1 | 57,0 | 26,0 | 11,4 | 65,0 | 2,19 |
| | | 2 | 57,0 | 23,0 | 10,7 | 59,0 | 2,48 |
| | | 3 | 57,0 | 26,0 | 11,4 | 63,0 | 2,19 |
| | Orta | 1 | 64,0 | 33,0 | 12,8 | 86,0 | 1,94 |
| | | 2 | 66,0 | 40,0 | 14,1 | 102,0 | 1,62 |
| | | 3 | 60,0 | 39,0 | 13,9 | 92,0 | 1,54 |
| | Güçlü | 1 | 58,0 | 70,0 | 18,6 | 139,0 | 0,83 |
| | | 2 | 68,0 | 48,0 | 15,4 | 129,0 | 1,42 |
| | | 3 | 69,0 | 43,0 | 14,6 | 121,0 | 1,60 |

TTU: tam tane unu; RBU: rafine beyaz un; Tek: tekerrür

Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin elastikiyet (T), uzama kabiliyeti (A), elastikiyet indeksi (Ex), enerji (Fb) değeri $10^4$xJ ve gluten dengesi (T/A) değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.23'de verilmiştir. Tüm özellikler üzerinde "*gluten gücü"* çok önemli düzeyde etkili olmuştur *(p<0,01).* Enerji değeri hariç diğer özellikler üzerinde "*un tipi (UT*)" ve "*gluten gücü x un tipi interaksiyonu*" önemli düzeyde etklidir. Çizelge 4.23'de önemli çıkan "*un tipi"* ve "*gluten gücü"* ve "*interaksiyona*" ait alveograf parametreleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.24'de verilmiştir.

Tam tane ununun rafine beyaz una göre elastikiyet, enerji değeri ve gluten dengesi değeri yüksek elde edilmiştir. Tüm alveograf değerleri genel olarak artan gluten gücü ile birlikte artış göstermiştir. T ve Fb değerlerinde gluten güçleri arasında istatistiki olarak farklılık daha belirgin olmuştur. Diğer parametreler bakımından zayıf ve orta gluten güçleri istatistiki olarak benzer olmuştur. Alveograf buğday unlarının ekmek-yapım kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılmakta olup, hamur standart basınçta hava ile şişirilerek balon haline getirilerek patlatılmakta fermantasyon ve pişirme sırasında hamur gelişimi gözlemlenerek hamur reolojik özellikleri değerlendirilmektedir (Dubois ve Dubat, 2008). Elde edilen kurvenin başlangıç ile son noktaya kadar uzunluğu uzama kabiliyeti (A değeri), hamuru patlatmak için gerekli maksimum basınç olan kurvenin yüksekliği ile ölçülen elastikiyet (T) değeri (Jødal ve Larsen, 2021), başlangıçtan itibaren 40 mm sonrasındaki basıncın maksimum basınca oranı elastikiyet indeksi (Ex), 40 mm deki yüksekliğin maksimum yüksekliğe bölünmesi ile hesaplanır, (Kitissou, 1995), hamuru patlatmak için gereken toplam enerji yani oluşan kurvenin alanını gösteren (Fb) değeri, T değerinin A değerine oranlanması ile hamurların farklı son ürünlerin yapımına eldesini gösteren T/A değeri (Guzman vd., 2016) elde edilmektedir. Özellikle gluten kalitesi güçlü olup ekmekçilik kalitesi yüksek viskoelastik yapıda hamurlar için Fb, Ex değerlerinin yüksek olması, A değerinin yeterli uzunlukta olması, T/A gluten dengesinin yaklaşık olarak 1,0-1,3 arasında olması istenmektedir (Zanetti, 2001; Guzman vd., 2016; Joodal ve Larsen, 2021). Çalışmada tam buğday ununda artan T değerinin nedeni artan kepek tabakasındaki lifli bileşenlerin glutenle oluşturdukları interaksiyonlar nedeniyle sıkı bir gluten oluşmasına bağlanmıştır (Alava vd., 2007; Cappelli vd., 2018). T değerlerinin artması enerji (W) ve gluten dengesi (T/A) değerlerini de arttırmıştır (Preston vd., 1987). Rafine beyaz unun A ve Ex değerlerinin daha yüksek olması ekmek-yapım kabiliyetinin daha iyi olduğunu göstermiştir. Çalışmada; SMD1 PMT ve BM değeri ile alveograf uzama kabiliyeti (r=0,959, *p<0,01*; r=0,931, *p<0,01*) ve ekstensibilite değeri (r=0,976, *p<0,01*; r=0.946, *p<0,01*) arasındaki önemli pozitif korelasyon dikkat çekmiştir. SMD1

PMT değeri tek başına alveograf uzama kabiliyetindeki (A) varyasyonun %91,9'unu açıklamıştır (Çizelge 4.43; Denklem 4.4). Yine SMD1'de AGGEN değeri ile alveograf enerji değerindeki varyasyonun %46,2'si açıklanmış; BEM değerinin dahil edilmesi ile %95,0'e çıkmıştır (Çizelge 4.45; Denklem 4.6). HUKM BEM değeri ile gluten dengesi (T/A) %63,2, PM değerinin dahil olması ile %80,4 ve PMT değerinin de dahil olması ile %91,8 açıklanabilmiştir (Çizelge 4.52; Denklem 4.13). Çalışmada alveograf A değeri ile SMD1 ve SMD2 PMT değerleri arasındaki ilişkiyi gösterir regresyon grafikleri Şekil 4.1'de ve Şekil 4.7'de verilmiştir. Alveograf Ex değeri ile SMD1 PMT değeri arasındaki ilişkiyi gösterir regresyon denklemi 4.5'de, SMD2 BM değeri ile arasındaki ilişkiyi gösterir regresyon denklemi 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.23. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin alveograf değerlerine ait varyans analiz sonuçları

| VK | SD | Elastikiyet, T | | | Uzama kabiliyeti, A | | | Elastikiyet indeksi, Ex | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | KT | KO | F | KT | KO | F | KT | KO | F |
| Gluten gücü | 1 | 4975,444 | 2487,722 | 232,015** | 691,444 | 345,722 | 9,219** | 22,148 | 11,074 | 12,735** |
| Un tipi (UT) | 2 | 7770,889 | 7770,889 | 724,746** | 1334,722 | 1334,722 | 35,593** | 51,005 | 51,005 | 58,654** |
| GG *x* UT | 2 | 3453,444 | 1726,722 | 161,041** | 554,778 | 277,389 | 7,397** | 16,163 | 8,082 | 9,294** |
| Hata | 12 | 128,667 | 10,720 | | 450,000 | 37,500 | | 10,435 | 0,870 | |
| Toplam | 17 | 16328,440 | | | 3030,944 | | | 99,751 | | |

| VK | SD | Enerji, Fb | | | Gluten dengesi, T/A | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | KT | KO | F | KT | KO | F |
| Gluten gücü | 1 | 11825,330 | 5912,667 | 151,823** | 4,095 | 2,047 | 36,451** |
| Un tipi (UT) | 2 | 43,556 | 43,556 | 1,118 | 41,496 | 41,496 | 738,729** |
| GG *x* UT | 2 | 133,778 | 66,889 | 1,717 | 12,634 | 6,317 | 112,461** |
| Hata | 12 | 467,333 | 38,940 | | 0,674 | 0,056 | |
| Toplam | 17 | 12470,000 | | | 58,899 | | |

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

Çizelge 4.24. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin alveograf değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

| | | Elastikiyet, T mm | Uzama kabiliyeti, A mm | Elastikiyet indeksi, Ex | Enerji değeri, Fb $10^4$xJ | Gluten dengesi T/A |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Un tipi (UT) | | | | | | |
| TTU | Güçlü | 145,3 $^{a}$ | 22,0 $^{bc}$ | 10,4 $^{c}$ | 130,3 | 6,61 $^{a}$ |
| | Orta | 90,3 $^{b}$ | 22,0 $^{bc}$ | 10,4 $^{c}$ | 91,3 | 4,11 $^{b}$ |
| | Zayıf | 74,3 $^{c}$ | 20,3 $^{c}$ | 10,0 $^{c}$ | 73,0 | 3,66 $^{b}$ |
| | Ortalama | 103,3 $^{A}$ | 21,4 $^{B}$ | 10,3 $^{B}$ | 98,2 | 4,79 $^{A}$ |
| RBU | Güçlü | 65,0 $^{d}$ | 53,7 $^{a}$ | 16,2 $^{a}$ | 129,7 | 1,28 $^{d}$ |
| | Orta | 63,3 $^{d}$ | 37,3 $^{ab}$ | 13,6 $^{b}$ | 93,3 | 1,70 $^{cd}$ |
| | Zayıf | 57,0 $^{d}$ | 25,0 $^{bc}$ | 11,2 $^{bc}$ | 62,3 | 2,29 $^{c}$ |
| | Ortalama | 61,8 $^{B}$ | 38,7 $^{A}$ | 13,6 $^{A}$ | 95,1 | 1,76 $^{B}$ |
| Gluten gücü (GC) | | | | | | |
| Güçlü | | 105,2 $^{a}$ | 37,8 $^{a}$ | 13,3 $^{a}$ | 130,0 $^{a}$ | 3,94 $^{a}$ |
| Orta | | 76,8 $^{b}$ | 29,7 $^{ab}$ | 12,0 $^{ab}$ | 92,3 $^{b}$ | 2,90 $^{b}$ |
| Zayıf | | 65,7 $^{c}$ | 22,7 $^{b}$ | 10,6 $^{b}$ | 67,7 $^{c}$ | 2,97 $^{b}$ |

TTU: tam tane unu; RBU: rafine beyaz un; Tek: tekerrür

### 4.1.7. Farinograf özellikleri

Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin gluten gücüne göre farinograf analiz sonuçları Çizelge 4.25'de verilmiştir. Tam buğday unlarının su absorpsiyon değerleri %66,2-69,6; gelişme süresi 1,9-3,7 dak; stabilite değeri 2,4-7,9 dak; yumuşama derecesi 98,0-249,0 FU ve farinograf kalite sayısı (FKN) 25-57 arasında değişim göstermiş olup; sırasıyla %67,6, 2,93 dak, 5,47 dak, 157,2 FU ve 41 olarak bulunmuştur. Rafine beyaz unların su absorpsiyon değerleri %58,0-60,6; gelişme süresi 1,5-5,2 dak; stabilite değeri 2,8-10,2 dak; yumuşama derecesi 96,0-317,0 FU ve FKN değerleri 18-64 arasında değişim göstermiş, sırasıyla ortalama %59,7; 3,15 dak; 5,83 dak; 209,8 FU ve 38,2 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.25. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin farinograf değerleri analiz sonuçları

| Un tipi | Gluten gücü | Tek | Su absorpsiyonu % | Gelişme süresi dak | Stabilite dak | Yumuşama derecesi FU | Farinograf kalite sayısı FKS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TTU | Zayıf | 1 | 67,0 | 2,0 | 3,0 | 249,0 | 25 |
| | | 2 | 66,2 | 1,9 | 2,4 | 194,0 | 25 |
| | Orta | 1 | 68,7 | 3,2 | 6,7 | 134,0 | 54 |
| | | 2 | 69,6 | 3,4 | 5,8 | 142,0 | 46 |
| | Güçlü | 1 | 66,9 | 3,4 | 7,0 | 126,0 | 39 |
| | | 2 | 67,4 | 3,7 | 7,9 | 98,0 | 57 |
| RBU | Zayıf | 1 | 59,3 | 1,9 | 2,8 | 317,0 | 19 |
| | | 2 | 58,0 | 1,5 | 3,1 | 286,0 | 18 |
| | Orta | 1 | 60,6 | 2,2 | 5,1 | 225,0 | 30 |
| | | 2 | 60,3 | 3,2 | 4,6 | 225,0 | 35 |
| | Güçlü | 1 | 59,3 | 4,9 | 9,2 | 96,0 | 63 |
| | | 2 | 60,4 | 5,2 | 10,2 | 110,0 | 64 |

TTU: tam tane unu; RBU: rafine beyaz un; Tek: tekerrür

Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin su absorpsiyonu, gelişme süresi, stabilite, yumuşama derecesi ve farinograf kalite sayısı değerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.26'da verilmiştir. Tüm özellikler üzerinde "*gluten gücü (GC*)" çok önemli düzeyde etkili olmuştur *(p<0,01). "Un tipi"* yalnız su absorpsiyonu ve yumuşama derecesi üzerinde çok önemli düzeyde etkilidir *(p<0,01).* "*Gluten gücü x un tipi interaksiyonu*" ise yumuşama derecesi ve stabilite üzerinde çok önemli, gelişme süresi ve FKN üzerinde önemli etkili olmuştur. Çizelge 4.26'de önemli çıkan "*un tipi"*, "*gluten gücü"* ve "*interaksiyona*" ait farinograf parametreleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.27'de verilmiştir.

Hamur reolojik özelliklerini değerlendirmek amacıyla farinograf sıklıkla kullanılan en eski reolojik test cihazıdır (Aydoğan vd., 2022). Elde edilen parametreler un gluten kalite özelliklerini, son ürün yapımı ve proses kontrol amaçlı önemli bilgiler sağlamaktadır (Bartell vd., 2022; Bock ve Don, 2022). Su absorpsiyonu, gelişme süresi, stabilte ve yumuşama derecesi testte elde edilen önemli hamur özellikleridir. Su absorpsiyonunun fazla, gelişme süresinin uzun, stabilte değerinin 500 konsistens çizgisinde en uzun süre devam eden (stabil) ve dolayısıyla yumuşama derecesinin düşük olması unların glutenlerinin güçlü olduğunu ve ekmek-yapım kalitesinin yüksekliğini göstermektedir (Cui vd., 2023). Çalışmada gluten gücü arttıkça gelişme süresi, stabilite değeri ve FKN artarken; yumuşama derecesi azalmıştır. Su absorpsiyonu ise değişmemiştir. Tam tane ununun yumuşama derecesinde az düşme oluşması ve rafine beyaz unun değerlerinin tam tane ununa göre stabilite ve gelişme süresinin daha yüksek olmaması; artan kepek tabakasına ve gluten ile lifli bileşenlerin ki su absorpsiyonu artmıştır yapmış olduğu interaksiyon nedeniyle sıkı bir gluten yapısı oluşması ve farinograf mikser kollarına direnç göstermesinden kaynaklanmıştır (Arufe vd., 2017; İbrahim vd., 2023). Çalışmada yalnız farinograf su absorpsiyonu ile SMD1 ve SMD2 BEM değerleri (r= 0,987 ve r= 0,974, *p<0,01*) ve HUKM BEM, BM ve W değerleri arasında önemi korelasyon (r= 0,968; r= 0,854; r= 0,968, *p<0,01*) elde edilmiştir. Farinograf stabilite değerinin SMD1 parametreleri ile tahminlendiği step-wise analiz sonucu AGGEN tek başına farinograf stabilitedeki varyasyonun %35,7'sini açıklarken PMT değeri ile %87,4'e ve BM değeri ile %99,7'ye yükselmiştir (Denklem 4.2). Farinograf gelişme süresinin SMD1 parametreleri ile tahminlendiği step-wise analiz sonucu BM tek başına farrinograf stabilitedeki varyasyonun %39,9'unu açıklarken PM değeri ile %80,7'ye ve PMT değeri ile %99,6'ya yükselmiştir (Denklem 4.7). Çalışmada farinograf su absorpsiyonu değeri ile SMD2 BEM değeri ve HUKM BEM değeri arasındaki ilişkiyi gösterir regresyon denklemleri Şekil 4.6 'da ve Şekil 4.12 ' de verilmiştir.

Çizelge 4.26. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin farinograf değerlerine ait varyans analiz sonuçları

| VK | SD | Su absorpsiyonu | | | Gelişme süresi | | | Stabilite | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | KT | KO | F | KT | KO | F | KT | KO | F |
| Gluten gücü (GC) | 1 | 9,582 | 4,791 | 12,258** | 12,262 | 6,131 | 52,928** | 66,185 | 33,092 | 119,611** |
| Un tipi (UT) | 2 | 191,201 | 191,201 | 489,213** | 0,141 | 0,141 | 1,216 | 0,403 | 0,403 | 1,458 |
| GG x UT | 2 | 0,982 | 0,491 | 1,256 | 2,532 | 1,266 | 10,928* | 6,682 | 3,341 | 12,075** |
| Hata | 12 | 2,345 | 0,391 | | 0,695 | 0,116 | | 1,660 | 0,277 | |
| Toplam | 17 | 204,110 | | | 15,630 | | | 74,930 | | |

| VK | SD | Yumuşama derecesi | | | Farinograf kalite sayısı | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | KT | KO | F | KT | KO | F |
| Gluten gücü (GC) | 1 | 47456,000 | 23728,000 | 56,608** | 2328,667 | 1164,333 | 33,667** |
| Un tipi (UT) | 2 | 8321,333 | 8321,330 | 19,852** | 24,083 | 24,083 | 0,696 |
| GG x UT | 2 | 5728,667 | 2864,330 | 6,833* | 564,667 | 282,333 | 8,164* |
| Hata | 12 | 2515,000 | 419,200 | | 207,500 | 34,583 | |
| Toplam | 17 | 64021,000 | | | 3124,917 | | |

**: $p<0.01$ düzeyinde önemli; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi, KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması

Çizelge 4.27. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin farinograf değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

| | | Su absorpsiyonu % | Gelişme süresi dak | Stabilite dak | Yumuşama derecesi FU | Farinograf kalite sayısı FKS |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Un tipi (UT) | | | | | | |
| TTU | Güçlü | 67,1 | 3,5 $^{b}$ | 7,4 $^{b}$ | 112,0 $^{b}$ | 48,0 $^{bc}$ |
| | Orta | 69,1 | 3,3 $^{bc}$ | 6,2 $^{bc}$ | 138,0 $^{b}$ | 50,0 $^{ab}$ |
| | Zayıf | 66,6 | 1,9 $^{cd}$ | 2,7 $^{e}$ | 221,5 $^{a}$ | 25,0 $^{cd}$ |
| | Ortalama | 67,6 $^{A}$ | 2,9 | 5,5 | 157,2 $^{B}$ | 41,0 |
| RBU | Güçlü | 59,8 | 5,0 $^{a}$ | 9,7 $^{a}$ | 103,0 $^{b}$ | 63,5 $^{a}$ |
| | Orta | 60,4 | 2,7 $^{bd}$ | 4,8 $^{cd}$ | 225,0 $^{a}$ | 32,5 $^{cd}$ |
| | Zayıf | 58,6 | 1,7 $^{d}$ | 2,9 $^{de}$ | 301,5 $^{a}$ | 18,5 $^{d}$ |
| | Ortalama | 59,6 $^{B}$ | 3,1 | 5,8 | 209,8 $^{A}$ | 38,2 |
| Gluten gücü (GC) | | | | | | |
| Güçlü | | 63,5 $^{ab}$ | 4,3$^{a}$ | 8,6 $^{a}$ | 107,5 $^{c}$ | 55,7 $^{a}$ |
| Orta | | 64,8 $^{a}$ | 3,0$^{b}$ | 5,5 $^{b}$ | 181,5 $^{b}$ | 41,2 $^{b}$ |
| Zayıf | | 62,6 $^{b}$ | 1,8$^{c}$ | 2,8 $^{c}$ | 261,5 $^{a}$ | 21,7 $^{c}$ |

TTU: tam tane unu; RBU: rafine beyaz un; Tek: tekerrür

### 4.1.8. Glutograf özellikleri

Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin gluten gücüne göre glutograf deformasyon (strech) ve toparlanabilme kabiliyeti (relaxation) değerleri analiz sonuçları Çizelge 4.28'de verilmiştir. Tam tane unlarının deformasyon değerleri 13,0-114,0 s ve toparlanabilme kabiliyeti değerleri 625-680 BU arasında değişim göstermiş; sırasıyla ortalama 59 s ve 658 BU olarak bulunmuştur. Rafine beyaz unların deformasyon değerleri 6,0-61,0 s ve toparlanabilme kabiliyeti değerleri 522-627 BU arasında değişim göstermiş; sırasıyla ortalama 28,9 s ve 595,4 BU olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.28. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin glutograf değerleri analiz sonuçları

| Un tipi | Gluten gücü | Tek | Deformasyon s | Toparlanabilme kabiliyeti BU |
|---|---|---|---|---|
| TTU | Zayıf | 1 | 58,0 | 675 |
| | | 2 | 19,0 | 632 |
| | | 3 | 13,0 | 675 |
| | Orta | 1 | 43,0 | 652 |
| | | 2 | 43,0 | 658 |
| | | 3 | 35,0 | 625 |
| | Güçlü | 1 | 114,0 | 680 |
| | | 2 | 111,0 | 672 |
| | | 3 | 95,0 | 653 |
| RBU | Zayıf | 1 | 6,0 | 522 |
| | | 2 | 9,0 | 597 |
| | | 3 | 6,0 | 579 |
| | Orta | 1 | 32,0 | 609 |
| | | 2 | 22,0 | 599 |
| | | 3 | 25,0 | 592 |
| | Güçlü | 1 | 61,0 | 624 |
| | | 2 | 42,0 | 610 |
| | | 3 | 57,0 | 627 |

TTU: tam tane unu; RBU: rafine beyaz un; Tek: tekerrür

,

Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin glutograf deformasyon (strech) ve toparlanabilme kabiliyeti (relaxation) değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.29'de verilmiştir. "*Gluten gücü*" deformasyon değeri üzerinde çok önemli düzeyde etkili olmuştur (*p<0,01*). İki özellik üzerinde "*un tipi"* yine çok önemli düzeyde etkili olmuştur (*p<0,01*). "*Gluten gücü x un tipi "* yalnız deformasyon üzerinde önemli etkili bulunmuştur (*p<0,05*). Çizelge 4.29'da önemli çıkan "*un tipi"* ve "*gluten gücü"* ve "*interaksiyona*" ait glutograf parametreleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.30'da verilmiştir.

Glutograf, yaş glutenin deformasyon (strech) ve toparlanabilme kabiliyeti (relaxation) özelliklerini belirleyen bir cihazdır (Alamri vd., 2009). Deformasyon, glutenin kayma açısına veya sapmaya ulaşma zamanı; toparlanma kabiliyeti ise 10 s den sonra glutenin toparlanması olarak tanımlanmaktadır (Kaplan Evlice, 2020). Çalışmada tam tane ununun deformasyon değeri rafine beyaz una göre daha yüksek bulunmuştur. Bu durum artan kepek tabakasındaki lifli bileşenlerin yapmış olduğu interaksiyon nedeniyle sıkı bir gluten yapısı oluşmasından kaynaklanmıştır (Arufe vd., 2017; İbrahim vd., 2023). Çalışmada artan gluten gücü ile deformasyon ve toparlanma kabiliyeti değerleri artmıştır. Güçlü gluten yapısı deformasyon değeri ile ayrılırken zayıf ve orta gluten gücünde istatistiki olarak farklılık görülmemiştir. Çalışmamızda SMD1 ve HUKM BEM değerleri ile glutograf toparlanabilme kabiliyeti arasında önemli korelasyon bulunmuştur (sırasıyla r= 0,916, *p<0,05*; r = 0,939, *p<0,01*). SMD1 AGGEN değeri ile glutograf deformasyon ile negatif korelasyon vermiştir (r= -0,894, *p<0,05*). Kaplan Evlice vd., (2020) glutograf deformasyon değeri ile Zeleny sedimantasyon değeri (r= 0,52), alveograf enerji değeri (r= 0,71), ekmek hacmi arasında (r= 0,27) önemli pozitif korelasyon bulmuşlardır. Alamri vd. (2009) tarafından yapılan çalışmada glutograf deformasyon değeri ile gluten indeks, farinograf stabilite, alveograf W, T ve A değerleri ile pozitif korelasyon bulurken; toparlanma kabiliyeti ekmek sertliği ile negatif ve alveograf A değeri ile pozitif korelasyon vermiştir.Yine toparlanma kabiliyeti değeri farinograf gelişme süresi ile pozitif ve yumuşama derecesi ile negatif önemli korelasyon bulunmuştur (Zaharia vd., 2014). Çalışmada glutograf toparlanabilme kabiliyeti ile SMD1 BEM değeri arasındaki ilişkiyi gösterir regresyon denklemi Şekil 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.29. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin glutograf değerlerine ait varyans analiz sonuçları

| VK | SD | Deformasyon s | | | Toparlanabilme kabiliyeti BU | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | KT | KO | F | KT | KO | F |
| Gluten gücü (GC) | 1 | 12360,11 | 6180,056 | 43,5045** | 3043,444 | 1521,72 | 3,2539 |
| Un tipi (UT) | 2 | 4080,056 | 4080,056 | 28,7215** | 17609,39 | 17609,39 | 37,6537** |
| GG x UT | 2 | 1274,111 | 637,056 | 4,4846* | 2326,778 | 1163,39 | 2,4876 |
| Hata | 12 | 1704,667 | 142,06 | | 5612 | 467,67 | |
| Toplam | 17 | 19418,94 | | | 28591,61 | | |

** $p<0.01$ düzeyinde önemli, VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi, KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması

Çizelge 4.30. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin glutograf değerlerine ait ortalamaların çoklu karşılaştırma test sonuçları

| | | Deformasyon<br>s | Toparlanabilme kabiliyeti<br>BU |
|---|---|---|---|
| Un tipi (UT) | | | |
| TTU | Güçlü | 106,7$^{a}$ | 668,3 |
| | Orta | 40,3$^{b}$ | 645,0 |
| | Zayıf | 30,0$^{bc}$ | 660,7 |
| | Ortalama | 59,0 $^{A}$ | 658,0 $^{A}$ |
| RBU | Güçlü | 53,3$^{b}$ | 620,3 |
| | Orta | 26,3$^{bc}$ | 600,0 |
| | Zayıf | 7,0$^{c}$ | 566,0 |
| | Ortalama | 28,9 $^{B}$ | 595,4 $^{B}$ |
| Gluten gücü (GC) | | | |
| Güçlü | | 80,0 $^{a}$ | 644,3 |
| Orta | | 33,3 $^{b}$ | 622,5 |
| Zayıf | | 18,5 $^{b}$ | 613,3 |

TTU: tam tane unu; RBU: rafine beyaz un; Tek: tekerrür

### 4.1.9. Miksograf özellikleri

Tam tane unu ve rafiine beyaz un örneklerinin gelişme süresi (PT), direnç (PV), yumuşama derecesi (RPS), pik genişliği (PW), pik alanı (TNT) ve pik toplama alanı (TTINT) değerleri analiz sonuçları Çizelge 4.31'de verilmiştir. Tam tane unlarının PT değerleri 1,25-2,94 dak; PV değerleri %60,1-79,2; RPS değerleri 9,5-26,6 %/dak; PW değerleri %5,14-9,15, TINT değeri 100,1-176,3 %Tq*x*dak ve TTINT değerleri 317,7-369,4 %Tq*x*dak arasında değişim göstermiştir. Tam tane unlarının gelişme süresi, direnç, yumuşama derecesi, pik genişliği, pik alanı ve pik toplama alanı değeri ortalamaları sırasıyla 1,82 dak, %64,4, 16,0 %/dak, %7,26, 143,6 %Tq*x*dak ve 347,1 %Tq*x*dak olarak bulunmuştur. Rafine beyaz unların PT değerleri 1,67-2,82 dak; PV değerleri %55,0-67,0; RPS değerleri 12,1-18,9%/dak; PW değeri %3,03-4,48, TINT değeri 52,0-88,6 %Tq*x*dak, TTINT değeri 277,8-342,1 %Tq*x*dak arasında değişim göstermiş olup sırasıyla 2,25 dak; %61,4; 15,0%/dak; %3,65; 71,4 %Tq*x*dak ve 312,5 %Tq*x*dak olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.31. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin miksograf değerleri analiz sonuçları

| Un tipi | Gluten gücü | Tek | Gelişme süresi PT dak | Direnç PV % | Yumuşama derecesi RPS %/dak | Pik genişliği PW % | Pik alanı TINT %Tq*x*dak | Pik toplam alanı TTINT %Tq*x*dak |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TTU | Zayıf | 1 | 2,06 | 64,8 | 12,1 | 7,63 | 121,0 | 341,6 |
| | | 2 | 1,89 | 60,1 | 10,3 | 5,14 | 100,1 | 317,7 |
| | Orta | 1 | 1,38 | 79,2 | 21,6 | 6,34 | 176,3 | 369,4 |
| | | 2 | 1,25 | 73,57 | 15,8 | 7,31 | 163,0 | 353,8 |
| | Güçlü | 1 | 1,40 | 77,0 | 26,6 | 9,15 | 164,3 | 357,4 |
| | | 2 | 2,94 | 62,0 | 9,5 | 7,96 | 136,8 | 342,6 |
| RBU | Zayıf | 1 | 1,67 | 59,3 | 18,9 | 3,17 | 56,0 | 286,0 |
| | | 2 | 1,69 | 55,03 | 15,2 | 3,03 | 52,0 | 277,8 |
| | Orta | 1 | 2,24 | 63,9 | 15,1 | 3,60 | 77,5 | 322,9 |
| | | 2 | 2,34 | 59,5 | 12,1 | 3,50 | 69,7 | 312,4 |
| | Güçlü | 1 | 2,75 | 67,0 | 15,3 | 4,48 | 84,7 | 342,1 |
| | | 2 | 2,82 | 63,5 | 13,5 | 4,14 | 88,6 | 334,0 |

TTU: tam tane unu; RBU: rafine beyaz un; Tek: tekerrür

Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin PT, PV, RPS, PW, TINT, TTINT değerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.32'de verilmiştir. "*Gluten gücü (GC*)" TINT ve TTINT değerleri üzerinde çok önemli düzeyde etkili olmuştur *(p<0,01).* "*Un tipi (UT)"* PV, PW, TINT ve TTINT değerleri üzerinde önemli düzeyde etkili olmuştur. "*Gluten gücü x un tipi"* interaksiyonunun parametreler üzerinde önemli etkisi bulunmamıştır. Miksograf hamur reolojik özelliklerini hızlı, az miktarda örnekle ve çok az masrafla analiz edebilmektedir. Miksograf parametreleri hamur kuvvetinin değerlendirilmesinde önemi pek çok araştırmacı tarafından kullanılmıştır (Hazelton ve Walker, 1997; Bağcı, 1998; Martinant vd.,1998; Ünal, 2002; Yong vd., 2010; Aydoğan vd., 2018). PT değeri, miksogram kurvesinin zirve yapıp aşağı doğru eğim yaptığı nokta olarak alınmaktadır ve hamurun gelişme süresi olarak değerlendirilmektedir. PV, hamurun yoğrulması esnasında miksogram kurvesinin ulaştığı tepe noktasıdır ve % olarak ifade edilmektedir. RPS, hamurun yoğrulma esnasında miksogram kurvesinin ulaştığı tepe noktasından sonra yumuşamaya başladığı ve kurvenin inişe geçtiği açı yumuşama derecesi olarak değerlendirilmektedir ve %/dak olarak ifade edilmektedir PW, miksogramın uç kısmının analiz sonundaki genişliği olarak tanımlanmaktadır. Hamur yoğrulma esnasında zayıflamışsa, cihazın pimlerine gösterdiği direnç az ise bu değer düşük olmakta direnç yüksekse değer yüksek olarak görülmektedir. TINT, hamurun yoğrulma esnasında çizilen miksogram kurvesinin taralı kısmının alanı olarak değerlendirilmektedir ve (%Tqxdak) olarak ifade edilmektedir. TTINT, hamurun yoğrulması esnasında çizilen miksogram kurvesinin taralı kısmın orta alanı alt kısmı ile x apsisi arasında kalan toplam alan olarak değerlendirilmektedir ve (%Tqxdak) olarak ifade edilmektedir (Anon., 2020). Miksograf bulguları zayıf ve kuvvetli gluten kalitesindeki unları birbirinden ayıracak özelliktedir ve bazı kalite kriterleri ile önemli düzeyde ilişki göstermektedir (Şahin vd., 2011). Miksografta yüksek hamur gelişme süresi, pik genişliği, kurve alanı yüksek ekmeklik kaliteyi göstermektedir (Pena, 2012). Miksografta PT, PV, PW, TTINT ve TINT değerleri yüksek gluten gücü ile ilişkili oldukları ifade edilmektedir (Dubat., 2016; Wang vd., 2015; Aydoğan vd., 2022). Çalışmada, tam tane ununun PW, RPS, TINT ve TTINT değerleri rafine beyaz una göre daha yüksek elde edilmiştir. Bu durum artan kepek tabakasındaki lifli bileşenlerin yapmış olduğu interaksiyon nedeniyle sıkı bir gluten yapısı oluşmasından kaynaklanmıştır (Chen vd., 2011). Yine zayıf gluten gücünde en düşük TINT ve TTINT değerleri elde edilirken; orta-güçlü ve güçlü gluten yapısı istatistiki olarak birbirinden ayrılmamıştır. Çalışmada SMD1 PM ve AGGEN değerleri ile miksograf TTINT değeri arasındaki ilişki önemli bulunmuştur (r= 0,870, *p<0,05*, r = 0,973, *p<0,01*). Yine, SMD2 PMT değeri ile miksograf gelişme süresi ve BEM değeri ile

miksograf TINT değeri arasında önemli korelasyon elde edilmiştir (r = 0,945, *p<0,01*). HUKM BEM değeri ile miksograf PV ve TINT değeri; BM değeri ile PV değeri; PM değeri ile TTINT değeri arasında önemli korelasyon dikkat çekmiştir (sırasıyla r= 0,835, *p<0,05*; r= 0,961, p<0,01; r= 0,968, *p<0,01*; r= 0,985, *p<0,01*). Miksograf pik toplam alanın (TTINT) SMD2 parametreleri ile tahminlendiği step-wise analiz sonucuna göre (Çizelge 4.50), BEM değeri tek başına TTINT değerindeki varyasyonun %70,2'sini açıklamıştır. PMT değeri de dahil olduğunda bu %99,5'e çıkmıştır. SMD2 BEM, PMT ve PM değerleri ile miksograf pik toplam alanını (TTINT) tanımlayan çoklu regresyon denklemi oluşturulmuştur (Çizelge 4.50; Denklem 4.11). Çalışmada miksograf gelişme süresi değeri ile SMD2 PMT değeri arasındaki ilişkiyi gösterir regresyon denklemi Şekil 4.8'de; TINT değeri ile HUKM BEM, BM değeri arasındaki ilişkiyi gösterir regresyon denklemleri Şekil 4.10 ve 4.13'de verilmiştir.

Çizelge 4.32. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin miksograf değerlerine ait varyans analiz sonuçları

| VK | SD | Gelişme süresi, PT | | | Direnç, PV | | | Yumuşama derecesi, RPS | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | KT | KO | F | KT | KO | F | KT | KO | F |
| Gluten gücü (GC) | 1 | 1,172 | 0,586 | 2,890 | 193,112 | 96,556 | 3,554 | 11,290 | 5,645 | 0,191 |
| Un tipi (UT) | 2 | 0,560 | 0,560 | 2,757 | 195,859 | 195,859 | 7,210* | 2,726 | 2,726 | 0,092 |
| GG x UT | 2 | 0,857 | 0,428 | 2,113 | 65,777 | 32,888 | 1,211 | 69,759 | 34,880 | 1,182 |
| Hata | 12 | 1,216 | 0,203 | | 162,997 | 27,166 | | 177,019 | 29,503 | |
| Toplam | 17 | 3,804 | | | 617,745 | | | 260,795 | | |
| VK | SD | Pik genişliği, PW | | | Pik alanı, TINT | | | Pik toplam alanı, TTINT | | |
| | | KT | KO | F | KT | KO | F | KT | KO | F |
| Gluten gücü (GC) | 1 | 6,139 | 3,069 | 4,233 | 3838,507 | 1919,250 | 15,789** | 3501,619 | 1750,810 | 16,444** |
| Un tipi (UT) | 2 | 38,916 | 38,916 | 53,663** | 15627,692 | 15627,690 | 128,564** | 3589,404 | 3589,404 | 33,713** |
| GG x UT | 2 | 0,621 | 0,310 | 0,428 | 881,998 | 441,000 | 3,628 | 774,229 | 387,115 | 3,636 |
| Hata | 12 | 4,351 | 0,725 | | 729,335 | 121,560 | | 638,823 | 106,470 | |
| Toplam | 17 | 50,027 | | | 21077,532 | | | 8504,076 | | |

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

Çizelge 4.33. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin miksograf değerlerine ait ortalamaların çoklu karşılaştırma test sonuçları

| | | Gelişme süresi PT dak | Direnç PV % | Yumuşama derecesi RPS %/dak | Pik genişliği PW % | Pik alanı TINT %Tqxdak | Pik toplam alanı TTINT %Tqxdak |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Un tipi (UT) | | | | | | | |
| TTU | Güçlü | 2,17 | 69,5 | 18,0 | 8,55 | 150,6 | 350,0 |
| | Orta | 1,31 | 76,4 | 18,7 | 6,82 | 169,7 | 361,6 |
| | Zayıf | 1,97 | 62,46 | 11,2 | 6,38 | 110,6 | 329,7 |
| | Ortalama | 1,82 | 69,44$^{A}$ | 16,0 | 7,25 $^{A}$ | 143,6 $^{A}$ | 347,1 $^{A}$ |
| RBU | Güçlü | 2,78 | 65,2 | 14,4 | 4,31 | 86,7 | 338,0 |
| | Orta | 2,29 | 61,7 | 13,6 | 3,55 | 73,6 | 317,6 |
| | Zayıf | 1,68 | 57,16 | 17,0 | 3,10 | 54,0 | 281,9 |
| | Ortalama | 2,252 | 61,4$^{B}$ | 15,0 | 3,65 $^{B}$ | 71,4 $^{B}$ | 312,5 $^{B}$ |
| Gluten gücü (GC) | | | | | | | |
| Güçlü | | 2,48 | 67,4 | 16,2 | 6,43 | 118,6 $^{a}$ | 344,0 $^{a}$ |
| Orta | | 1,80 | 69,0 | 16,1 | 5,19 | 121,6 $^{a}$ | 339,6 $^{a}$ |
| Zayıf | | 1,83 | 59,8 | 14,1 | 4,74 | 82,3 $^{b}$ | 305,8 $^{b}$ |

TTU: tam tane unu; RBU: rafine beyaz un; Tek: tekerrür

### 4.1.10. Miksolab özellikleri

Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin miksolab C1, C2, C3, C4, C5, stabilite değerleri analiz sonuçları Çizelge 4.34'de verilmiştir. Tam tane unlarının C1 değeri 1,145-1,187 Nm; C2 değeri 0,429-0,551 Nm; C3 değeri 1,848-2,008 Nm; C4 değeri 1,146-1,848 Nm; C5 değeri 1,969-3,408 Nm; stabilite değeri 3,87-7,62 dak; arasında değişim göstermiş olup; sırasıyla ortalama 1,171 Nm, 0,488 Nm, 1,922 Nm, 1,532 Nm, 2,750 Nm, 6,13 dak olarak bulunmuştur. Rafine beyaz unların C1 değeri 1,048-1,155 Nm; C2 değeri 0,308-0,456 Nm; C3 değeri 1,849-2,026 Nm; C4 değeri 1,771-2,026 Nm; C5 değeri 2,940-3,688 Nm; stabilite değeri 2,48-7,15 dak arasında değişim göstermiştir. C1, C2, C3, C4, C5, stabilite değerleri ortalamaları sırasıyla 1,103 Nm, 0,386 Nm, 1,908 Nm, 1,867 Nm, 3,411 Nm, 4,84 dak olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.34. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin miksolab değerleri analiz sonuçları

| Un tipi | Gluten gücü | Tek | C1 Nm | C2 Nm | C3 Nm | C4 Nm | C5 Nm | Stabilite dak |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TTU | Zayıf | 1 | 1,147 | 0,438 | 1,848 | 1,146 | 1,979 | 3,90 |
| | | 2 | 1,145 | 0,429 | 1,851 | 1,149 | 1,969 | 3,87 |
| | Orta | 1 | 1,185 | 0,482 | 1,904 | 1,603 | 2,874 | 6,90 |
| | | 2 | 1,182 | 0,480 | 1,912 | 1,598 | 2,866 | 6,88 |
| | Güçlü | 1 | 1,187 | 0,547 | 2,008 | 1,845 | 3,402 | 7,60 |
| | | 2 | 1,185 | 0,551 | 2,008 | 1,848 | 3,408 | 7,62 |
| RBU | Zayıf | 1 | 1,054 | 0,313 | 1,849 | 1,804 | 2,942 | 2,50 |
| | | 2 | 1,048 | 0,308 | 1,851 | 1,796 | 2,940 | 2,48 |
| | Orta | 1 | 1,105 | 0,391 | 1,850 | 2,022 | 3,688 | 4,90 |
| | | 2 | 1,103 | 0,392 | 1,849 | 2,026 | 3,677 | 4,91 |
| | Güçlü | 1 | 1,155 | 0,454 | 2,026 | 1,771 | 3,608 | 7,10 |
| | | 2 | 1,153 | 0,456 | 2,022 | 1,782 | 3,611 | 7,15 |

TTU: tam tane unu; RBU: rafine beyaz un; Tek: tekerrür

Tam buğday unu ve rafine un örneklerinin miksolab C1, C2, C3, C4, C5, ve stabilite değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.35'de verilmiştir. Tüm özellikler üzerinde "*gluten gücü (GC*)", "*un tipi (UT)"* ve "*gluten gücü x un tipi interaksiyonu*" çok önemli düzeyde etkili olmuştur *(p<0,01).* Çizelge 4.35'de önemli çıkan "*un tipi"* ve "*gluten gücü"* ve "*interaksiyona*" ait miksolab parametreleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.36'da verilmiştir. Mikolab cihazı tüm hamur özelliklerinin tek bir testte ortaya koyulmasını sağlamaktadır. Dolayısıyla pek çok unlu mamuller sektörü için oldukça kullanışlıdır (Dubat vd., 2016). Miksolabta elde edilen kurve 5 safhaya ayrılmaktadır. 1. safhada stabilite, elastikiyet ve su absorpsiyonu gibi hamur karışma özellikleri belirlenebilir. Bu aşamada maksimuma ulaşıncaya kadar artan kuvvet gözlemlenir (Rosell vd., 2007; Anon.,2019). 2 safhada devam eden karıştırma sonucu hamur konsistensi düşer bu da protein zayıflamasını gösterir. 3. safhada nişasta jelatinizasyonu ile sıcaklık arttırıldığı için önce düşen sonra artan konsistens gözlemlenir. 4. safhada amilolitik aktivite ile konsistens düşer. 5. safhada sıcaklık düşüklüğü jel oluşumu yüzünden konsistenste artışa neden olur. Bu kısım nişasta retrogradasyonu ile ilgilidir. Miksolab kurvelerini değerlendirmek için 5 adet parametre (C1, C2, C3, C4, C5) vardır. C1 1. karışma safhasının maksimum noktasını ifade eder. Diğer noktalar ise takip eden işlem safhalarını son noktalarını gösterir (Öztürk vd., 2008; Biduski vd., 2024). Çalışmada gluten gücü yükseldikçe miksolabta gluten kalitesi ile ilişkili olan C1, C2, stabilite değerleri istatistiki olarak artmıştır (*p<0,01*). Tam tane ununun miksolab C1, C2 ve stabilite değerleri rafine beyaz una göre daha yüksektir. Bu durum artan kepek tabakasındaki lifli bileşenlerin yapmış olduğu interaksiyon nedeniyle sıkı bir gluten yapısı oluşmasında kaynaklanmıştır (Chen ve vd ., 2011). Tam tane unun nişasta çirişlenme viskozitesi ile ilişkili C3 değeri de rafine beyaz una göre yüksek iken; amilaz aktivitesi (C4) ve retrogradasyon ile viskozite artışı (C5) rafine beyaz unun daha yüksektir. Gluten gücüne paralel C3 ve C5 değeleri de istatistiki olarak artmıştır. Çalışmada SMD1 BEM değeri ile miksolab C2 değeri (r= 0,838, *p<0,05*); AGGEN değeri ile miksolab C2 değeri ve stabilite değeri (r= 0,981, *p<0,01*; r= 0,887, *p<0,05*) arasında önemli korelasyon bulunmuştur. HUKM BM, PM ve protein miktarı ile miksolab stabilite arasında (r= 0,842, *p<0,05*; r= 0,913, *p<0,05*; r= 0,937, *p<0,01*) ve su absorpsiyonu ile miksolab C2 değeri arasında (r= 0,924, *p<0,01*) önemli korelasyon bulunmuştur. Miksolab stabilite değerinin SMD1 parametreleri ile tahminlendiği step-wise analiz sonucuna göre AGGEN değeri tek başna mikoslab stabilite değerindeki varyasyonun %78,7'sini açıklarken BEM değeri ile birlikte %97,1'e ulaşmıştır (Çizelge 4.40; Denklem 4.1). Miksolab C2 değerinin SMD1 parametreleri ile tahminlendiği step-wise analiz sonucuna göre AGGEN değeri

tek başına miksolab stabilite değerindeki varyasyonun %96,2'sini açıklamıştır (Çizelge 4.44; Denklem 4.5). Miksolab C2 değerinin SMD2 parametreleri ile tahminlendiği step-wise analiz sonucuna göre BEM değeri tek başına miksolab stabilite değerindeki varyasyonun %54,2'sini açıklamıştır. PMT değeri de dahil olduğunda bu %80,0'e ve BM değeri de dahil edildiğinde %99,8'e çıkmıştır (Çizelge 4.48; Denklem 4.9). Miksolab stabilitenin HUKM parametreleri ile tahminlendiği step-wise analiz sonucuna göre gluten miktarı tek başına miksolab stabilitesi varyasyonun %89,3'ünü açıklarken protein ile birlikte %98,0'a çıkmıştır (Çizelge 4.53; Denklem 4.14). Çalışmada, miksolab C2 değeri ile SMD1 agregasyon ve SMD1 BEM değeri arasındaki ilişkiyi gösterir regresyon grafikleri Şekil 4.3 ve 4.4'de verilmiştir. Miksolab stabilite değeri ile HUKM PM değeri arasındaki ilişkiyi gösterir regresyon grafiği ve denklemi Şekil 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.35. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin miksolab değerlerine ait varyans analiz sonuçları

| VK | SD | C1 | | | C2 | | | C3 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | KT | KO | F | KT | KO | F | KT | KO | F |
| Gluten gücü (GC) | 1 | 0,010465 | 0,005233 | 1029,361** | 0,033802 | 0,016901 | 1548,16** | 0,06309 | 0,031545 | 4027,032** |
| Un tipi (UT) | 2 | 0,014214 | 0,014214 | 2796,213** | 0,031314 | 0,031314 | 2868,466** | 0,000588 | 0,000588 | 75,0638** |
| GG x UT | 2 | 0,002155 | 0,001078 | 211,9836** | 0,000661 | 0,00033 | 30,2824** | 0,003091 | 0,001545 | 197,266** |
| Hata | 12 | 3,05E-05 | 5,08E-06 | | 6,55E-05 | 0,00001 | | 0,00004 | 7,83E-06 | |
| Toplam | 17 | 0,026865 | | | 0,065842 | | | 0,066816 | | |
| VK | SD | C4 | | | C5 | | | Stabilite | | |
| | | KT | KO | F | KT | KO | F | KT | KO | F |
| Gluten gücü (GC) | 1 | 0,304877 | 0,152439 | 7496,98** | 2,43425 | 1,217125 | 43729,04** | 35,96987 | 17,98493 | 45918,98** |
| Un tipi (UT) | 2 | 0,337345 | 0,337345 | 16590,75** | 1,312085 | 1,312085 | 47140,79** | 4,979408 | 4,97941 | 12713,38** |
| GG x UT | 2 | 0,272663 | 0,136332 | 6704,832** | 0,32498 | 0,16249 | 5837,967** | 1,142067 | 0,57103 | 1457,957** |
| Hata | 12 | 0,00012 | 0,00002 | | 0,00016 | 0,00002 | | 0,00235 | 0,00039 | |
| Toplam | 17 | 0,915008 | | | 4,071483 | | | 42,09369 | | |

** p<0.01 düzeyinde önemli, VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi, KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması

Çizelge 4.36. Tam tane unu ve rafine beyaz un örneklerinin miksolab değerlerine ait ortalamaların çoklu karşılaştırma test sonuçları

| | | C1 Nm | C2 Nm | C3 Nm | C4 Nm | C5 Nm | Stabilite dak |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Un tipi (UT) | | | | | | | |
| TTU | Güçlü | 1,186 $^{a}$ | 0,549 $^{a}$ | 2,008 $^{b}$ | 1,846 $^{b}$ | 3,405 $^{c}$ | 7,61 $^{a}$ |
| | Orta | 1,183 $^{a}$ | 0,481 $^{b}$ | 1,908 $^{c}$ | 1,600 $^{e}$ | 2,870 $^{e}$ | 6,89 $^{c}$ |
| | Zayıf | 1,146 $^{b}$ | 0,433 $^{d}$ | 1,849 $^{d}$ | 1,147 $^{f}$ | 1,974 $^{f}$ | 3,88 $^{e}$ |
| | Ortalama | 1,172 $^{A}$ | 0,488 $^{A}$ | 1,922 $^{A}$ | 1,531 $^{B}$ | 2,750 $^{B}$ | 6,13 $^{A}$ |
| RBU | Güçlü | 1,154 $^{b}$ | 0,455 $^{c}$ | 2,024 $^{a}$ | 1,776 $^{d}$ | 3,610 $^{b}$ | 7,12 $^{b}$ |
| | Orta | 1,104 $^{c}$ | 0,391 $^{e}$ | 1,849 $^{d}$ | 2,024 $^{a}$ | 3,682 $^{a}$ | 4,90 $^{d}$ |
| | Zayıf | 1,051 $^{d}$ | 0,310 $^{f}$ | 1,850 $^{d}$ | 1,80 $^{c}$ | 2,941 $^{d}$ | 2,49 $^{f}$ |
| | Ortalama | 1,103 $^{B}$ | 0,386 $^{B}$ | 1,908 $^{B}$ | 1,867 $^{A}$ | 3,411 $^{A}$ | 4,84 $^{B}$ |
| Gluten gücü (GC) | | | | | | | |
| Güçlü | | 1,170 $^{a}$ | 0,502 $^{a}$ | 2,016 $^{a}$ | 1,811 $^{a}$ | 3,507 $^{a}$ | 7,367 $^{a}$ |
| Orta | | 1,144 $^{b}$ | 0,436 $^{b}$ | 1,879 $^{b}$ | 1,812 $^{a}$ | 3,276 $^{b}$ | 5,897 $^{b}$ |
| Zayıf | | 1,098 $^{c}$ | 0,372 $^{c}$ | 1,850 $^{c}$ | 1,474 $^{b}$ | 2,457 $^{c}$ | 3,187 $^{c}$ |

TTU: tam tane unu; RBU: rafine beyaz un; Tek: tekerrür

## 4.2. Korelasyon analizi

### 4.2.1. Standart Metod1 (SMD1) parametreleri ile ilişkili gluten kalite ve hamur reolojik özellikleri parametreleri

Standart Metod1 (SMD1) parametreleri ile ilişkili gluten kalite ve hamur reolojik özellikleri parametreleri Çizelge 4.37'de verilmiştir.

Çizelge 4.37. Standart metod1 (SMD1) parametreleri ile önemli korelasyon değeri veren kalite kriterleri

| SMD1 parametresi | Diğer parametre | Korelasyon katsayısı (r) | n |
|---|---|---|---|
| PMT değeri | Makro SDS sedimantasyon değeri | 0,962** | 6 |
| | Alveograf uzama kabiliyeti, A | 0,959** | 6 |
| | Alveograf ekstensibilite değeri, Ex | 0,976** | 6 |
| BEM değeri | Protein miktarı | 0,978** | 6 |
| | Miksolab C2 değeri | 0,838* | 6 |
| | Farinograf su absorpsiyonu | 0,987** | 6 |
| | Glutograf toparlanabilme kabiliyeti | 0,916* | 6 |
| BM değeri | Makro SDS sedimantasyon değeri | 0,876* | 6 |
| | Alveograf uzama kabiliyeti, A | 0,931** | 6 |
| | Alveograf ekstensibilite değeri, Ex | 0,946** | 6 |
| PM değeri | Miksograf pik toplam alanı, TTINT | 0,870* | 6 |
| AGGEN değeri | Miksolab C2 değeri | 0,981** | 6 |
| | Miksolab stabilite değeri | 0,887* | 6 |
| | Glutograf deformasyon | -0,894* | 6 |
| | Miksograf pik toplam alanı, TTINT | 0,973** | 6 |

** : % 1 düzeyinde önemli *: % 5 düzeyinde önemli

### 4.2.2. Standart Metod2 (SMD2) parametreleri ile ilişkili gluten kalite ve hamur reolojik özellikleri parametreleri

Standart Metod2 (SMD2) parametreleri ile ilişkili gluten kalite ve hamur reolojik özellikleri parametreleri Çizelge 4.38'de verilmiştir.

Çizelge 4.38. Standart metod2 (SMD2) parametreleri ile önemli korelasyon değeri veren kalite kriterleri

| SMD2 parametresi | Diğer parametre | Korelasyon katsayısı (r) | n |
|---|---|---|---|
| PMT değeri | Alveograf uzama kabiliyeti, A | 0,938** | 6 |
| | Alveograf ekstensibilite değeri, Ex | 0,945** | 6 |
| | Miksograf gelişme süresi, PT | 0,814* | 6 |
| BEM değeri | Miksograf pik alanı-TINT | 0,945** | 6 |
| | Farinograf su absorpsiyonu | 0,974** | 6 |
| | Protein miktarı | 0,950** | 6 |
| BM değeri | Alveograf uzama kabiliyeti, A | 0,934** | 6 |
| | Alveograf ekstensibilite değeri, Ex | 0,938** | 6 |

** : % 1 düzeyinde önemli *: % 5 düzeyinde önemli

### 4.2.3. Hızlı Un Kontrol Metoddu (HUKM) parametreleri ile ilişkili gluten kalite ve hamur reolojik özellikleri parametreleri

Hızlı Un Kontrol Metodu (HUKM) parametreleri ile ilişkili gluten kalite ve hamur reolojik özellikleri parametreleri Çizelge 4.39'da verilmiştir.

Çizelge 4.39. Hızlı un kontrol metodu (HUKM) parametreleri ile önemli korelasyon değeri veren kalite kriterleri

| HUKM parametresi | Diğer parametre | Korelasyon katsayısı (r) | n |
|---|---|---|---|
| PMT değeri | Makro SDS sedimantasyon değeri | 0,978** | 6 |
| | STK laktik asit değeri | 0,914* | 6 |
| | Gluten performans indeksi | 0,951** | 6 |
| BEM değeri | Protein miktarı | 0,973** | 6 |
| | Miksograf direnç, PV | 0,835* | 6 |
| | Miksograf pik alanı, TINT | 0,961** | 6 |
| | Glutograf toparlanabilme kabiliyeti | 0,939** | 6 |
| | Farinograf su absorpsiyonu | 0,968** | 6 |
| BM değeri | Miksograf direnç, PV | 0,968** | 6 |
| | Farinograf su absorpsiyonu | 0,854* | 6 |
| | Miksolab stabilite | 0,842* | 6 |
| PM değeri | Miksolab stabilite | 0,913* | 6 |
| | Miksograf pik toplam alanı, TTINT | 0,985** | 6 |
| W değeri | Farinograf su absorpsiyonu | 0,968** | 6 |
| Protein, P | Miksolab stabilite değeri | 0,937** | 6 |
| Su absorpsiyonu, WA | Miksolab C2 değeri | 0,924** | 6 |

** : % 1 düzeyinde önemli *: % 5 düzeyinde önemli

## 4.3. Step-wise Analizi

### 4.3.1. SMD1 parametreleri ile step-wise analiz

Miksolab stabilite değerinin SMD1 parametreleri ile tahminlendiği step-wise analiz Çizelge 4.40'da verilmiştir. SMD1 parametrreleri ile miksolab stabilite değerini en iyi tanımlayan çoklu regresyon denklemi aşağıda verilmiştir (Denklem 4.1).

Çizelge 4.40. Step-wise analiz metodu ile miksolab stabilitenin SMD1 parametreleri ile tahminlenmesi

| Step | Parametre | $R^2$ |
|---|---|---|
| 1 | AGGEN | 0,787 |
| 2 | BEM | 0,971 |

**Miksolab stabilite değeri = (-27,87) -0,310 *x* BEM + 0,0381 *x* AGGEN** (4.1)

Farinograf stabilite değerinin SMD1 parametreleri ile tahminlendiği step-wise analiz Çizelge 4.41'de verilmiştir. SMD1 parametreleri ile farinograf stabilite değerini en iyi tanımlayan çoklu regresyon denklemi aşağıda verilmiştir (Denklem 4.2).

Çizelge 4.41. Step-wise analiz metodu ile farinograf stabilitenin SMD1 parametreleri ile tahminlenmesi

| Step | Parametre | $R^2$ |
|---|---|---|
| 1 | AGGEN | 0,357 |
| 2 | PMT | 0,874 |
| 3 | BM | 0,997 |

**Farinograf stabilite değeri = (-39,14) + 0,254 *x* PMT - 0,427 *x* BM + 0,0327 *x* AGGEN** (4.2)

Makro SDS sedimantasyon (MSDS) değerinin SMD1 parametreleri ile tahminlendiği step-wise analiz Çizelge 4.42'de verilmiştir. SMD1 parametreleri ile makro SDS sedimantasyon değerini en iyi tanımlayan çoklu regresyon denklemi aşağıda verilmiştir (Denklem 4.3).

Çizelge 4.42. Step-wise analiz metodu ile makro SDS sedimantasyon (MSDS) değerinin SMD1 parametreleri ile tahminlenmesi

| Step | Parametre | $R^2$ |
|---|---|---|
| 1 | PMT | 0,925 |
| 2 | BM | 0,957 |

**Makro SDS sedimantasyon değeri = (-0,036) + 0,110 *x* PMT - 0,110 *x* BM** (4.3)

Alveograf uzama kabiliyetinin SMD1 parametreleri ile tahminlendiği step-wise analiz Çizelge 4.43'de verilmiştir. SMD1 parametrreleri ile alveograf uzama kabiliyetini en iyi tanımlayan çoklu regresyon denklemi aşağıda verilmiştir (Denklem 4.4).

Çizelge 4.43. Step-wise analiz metodu ile alveograf uzama kabiliyetinin (A) değerinin SMD1 parametreleri ile tahminlenmesi

| Step | Parametre | $R^2$ |
|---|---|---|
| 1 | PMT | 0,919 |

**Alveograf uzama kabiliyeti = 1.621 + 0.464 *x* PMT değeri** (4.4)

Miksolab C2 değerinin SMD1 parametreleri ile tahminlendiği step-wise analiz Çizelge 4.44'de verilmiştir. SMD1 parametrreleri ile miksolab C2 değerini en iyi tanımlayan çoklu regresyon denklemi aşağıda verilmiştir (Denklem 4.5).

Çizelge 4.44. Step-wise analiz metodu ile miksolab C2 değerinin SMD1 parametreleri ile tahminlenmesi

| Step | Parametre | $R^2$ |
|---|---|---|
| 1 | AGGEN | 0,962 |

**Miksolab C2 değeri = (-0,640) + 0,0008 *x* AGGEN** (4.5)

Alveograf enerji (Fb) değerinin SMD1 parametreleri ile tahminlendiği step-wise analiz sonucu Çizelge 4.45'de verilmiştir. SMD1 parametreleri ile alveograf enerji değerini en iyi tanımlayan çoklu regresyon denklemi aşağıda verilmiştir (Denklem 4.6).

Çizelge 4.45. Step-wise analiz metodu ile alveograf enerji (Fb) değerinin SMD1 parametreleri ile tahminlenmesi

| Step | Parametre | $R^2$ |
|---|---|---|
| 1 | AGGEN | 0,462 |
| 2 | BEM | 0,950 |
| 3 | BM | 0,981 |

**Alveograf enerji değeri = (-429,02) - 11,10 *x* BEM - 1,136 x BM + 0,86 *x* AGGEN** (4.6)

Farinograf gelişme süresinin SMD1 parametreleri ile tahminlendiği step-wise analiz Çizelge 4.46'da verilmiştir. SMD1 parametreleri ile farinograf gelişme süresini en iyi tanımlayan çoklu regresyon denklemi aşağıda verilmiştir (Denklem 4.7).

Çizelge 4.46. Step-wise analiz metodu ile farinograf gelişme süresinin SMD1 parametreleri ile tahminlenmesi

| Step | Parametre | $R^2$ |
|---|---|---|
| 1 | BM | 0,399 |
| 2 | PM | 0,807 |
| 3 | PMT | 0,996 |

**Farinograf gelişme süresi = (-19,43) + 0,100 *x* PMT - 0,103 *x* BM + 0,505 *x* PM** (4.7)

### 4.3.2. SMD 2 parametreleri ile step-wise analiz

Tane protein oranının SMD2 parametreleri ile tahminlendiği step-wise analiz Çizelge 4.47'da verilmiştir. SMD2 parametreleri ile tane protein oranını en iyi tanımlayan çoklu regresyon denklemi aşağıda verilmiştir (Denklem 4.8).

Çizelge 4.47. Step-wise analiz metodu ile tane protein oranının SMD2 parametreleri ile tahminlenmesi

| **Step** | **Parametre** | **$R^2$** |
|---|---|---|
| 1 | BEM | 0,902 |

**Protein miktarı = 2,142 + 0,195 *x* BEM** (4.8)

Miksolab C2 değerinin SMD2 parametreleri ile tahminlendiği step-wise analiz Çizelge 4.48'de verilmiştir. SMD2 parametreleri ile miksolab C2 değerini en iyi tanımlayan çoklu regresyon denklemi aşağıda verilmiştir (Denklem 4.9).

Çizelge 4.48. Step-wise analiz metodu ile miksolab C2 değerinin SMD2 parametreleri ile tahminlenmesi

| Step | **Parametre** | **$R^2$** |
|---|---|---|
| 1 | BEM | 0,542 |
| 2 | PMT | 0,800 |
| 3 | BM | 0,998 |

**Miksolab C2 değeri = (-0,771) + 0,012 *x* PMT + 0,020 *x* BEM - 0,042 *x* BM** (4.9)

Farinograf stabilite değerinin SMD2 parametreleri ile tahminlendiği step-wise analiz Çizelge 4.49'da verilmiştir. SMD2 parametreleri ile farinograf stabilite değerini en iyi tanımlayan çoklu regresyon denklemi aşağıda verilmiştir (Denklem 4.10).

Çizelge 4.49. Step-wise analiz metodu ile farinograf stabilite değerinin SMD2 parametreleri ile tahminlenmesi

| Step | Parametre | $R^2$ |
|---|---|---|
| 1 | PM | 0,671 |
| 2 | AGGEN | 0,835 |
| 3 | BEM | 0,935 |
| 4 | BM | 0,993 |

**Farinograf stabilite = 11,30 + 1,434 *x* BEM + 2,61 *x* BM + 5,56 *x* PM - 0,272 *x* AGGEN** (4.10)

Miksograf pik toplam alanın (TTINT) SMD2 parametreleri ile tahminlendiği step-wise analiz Çizelge 4.50'de verilmiştir. SMD2 parametreleri ile miksograf pik toplam alanını (TTINT) en iyi tanımlayan çoklu regresyon denklemi aşağıda verilmiştir (Denklem 4.11).

Çizelge 4.50. Step-wise analiz metodu ile miksograf pik toplam alanın (TTINT) SMD2 parametreleri ile tahminlenmesi

| Step | Parametre | $R^2$ |
|---|---|---|
| 1 | BEM | 0,702 |
| 2 | PMT | 0,995 |
| 3 | PM | 0,999 |

**Miksograf pik toplam alan = (-128,30) + 1,882 *x* PMT + 7,61 *x* BEM - 2,60 *x* PM** (4.11)

### 4.3.3. HUKM parametreleri ile step-wise analiz

Makro SDS sedimantasyon değerinin HUKM parametreleri ile tahminlendiği step-wise analiz Çizelge 4.51'de verilmiştir. HUKM parametreleri ile makro SDS sedimantasyon değerini en iyi tanımlayan çoklu regresyon denklemi aşağıda verilmiştir (Denklem 4.12).

Çizelge 4.51. Step-wise analiz metodu ile Makro SDS sedimantasyon değerinin HUKM parametreleri ile tahminlenmesi

| Step | Parametre | $R^2$ |
|---|---|---|
| 1 | PMT | 0,867 |
| 2 | Gluten | 0,991 |
| 3 | PM | 0,996 |

**Makro SDS sedimantasyon değeri = (-373,9) + 1.0131 *x* PMT - 5.57 *x* PM + 22.83 *x* gluten** (4.12)

Alveograf T/A (gluten dengesi) değerinin HUKM parametreleri ile tahminlendiği step-wise analiz Çizelge 4.52'de verilmiştir. HUKM parametreleri ile alveograf T/A (gluten dengesi) değerini en iyi tanımlayan çoklu regresyon denklemi aşağıda verilmiştir (Denklem 4.13).

Çizelge 4.52. Step-wise analiz metodu ile alveograf T/A (gluten dengesi) değerinin HUKM parametreleri ile tahminlenmesi

| Step | Parametre | $R^2$ |
|---|---|---|
| 1 | BEM | 0,632 |
| 2 | PM | 0,804 |
| 3 | PMT | 0,918 |

**Alveograf T/A değeri (gluten dengesi) = (-37.07) + 0.182 *x* PMT + 1.171 *x* BEM - 0.995 *x* PM** (4.13)

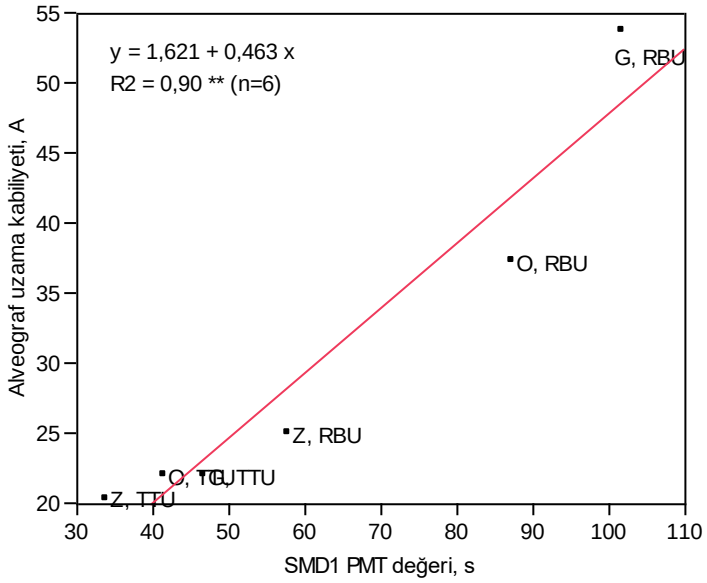
Miksolab stabilite değerinin HUKM parametreleri ile tahminlendiği step-wise analiz Çizelge 4.53'de verilmiştir. HUKM parametreleri ile miksolab stabilite değerini en iyi tanımlayan çoklu regresyon denklemi aşağıda verilmiştir (Denklem 4.14).

Çizelge 4.53. Step-wise analiz metodu ile miksolab stabilitenin HUKM parametreleri ile tahminlenmesi

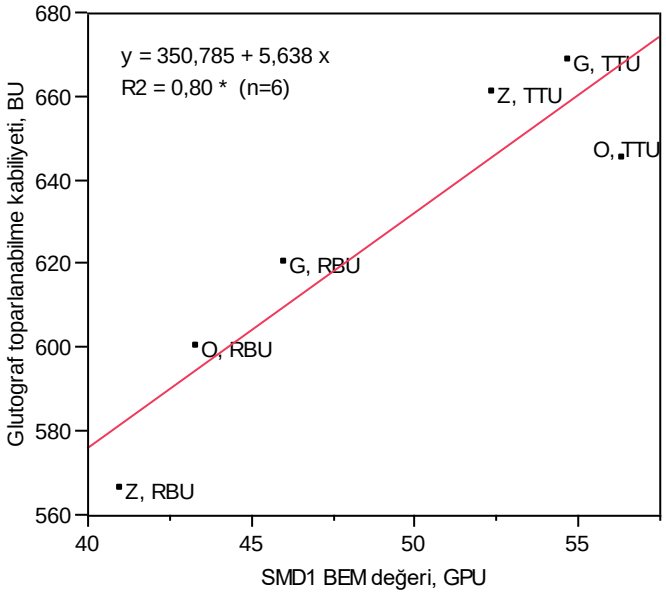
| **Step** | **Parametre** | **$R^2$** |
|---|---|---|
| 1 | Gluten | 0,893 |
| 2 | Protein | 0,980 |
| 3 | PMT | 1 |

**Miksolab Stabilite = 123.07 + 0.0478 *x* PMT - 57.89 *x* protein + 21.03 *x* gluten** (4.14)

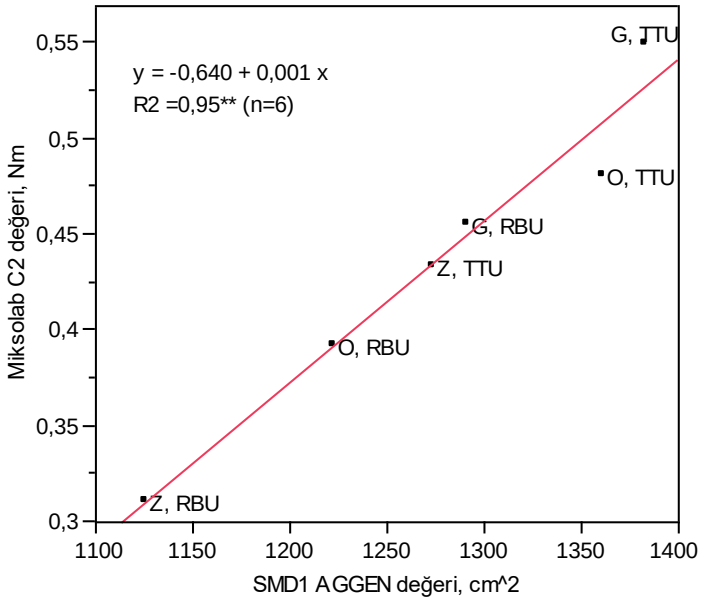
## 4.4. Regresyon analizi



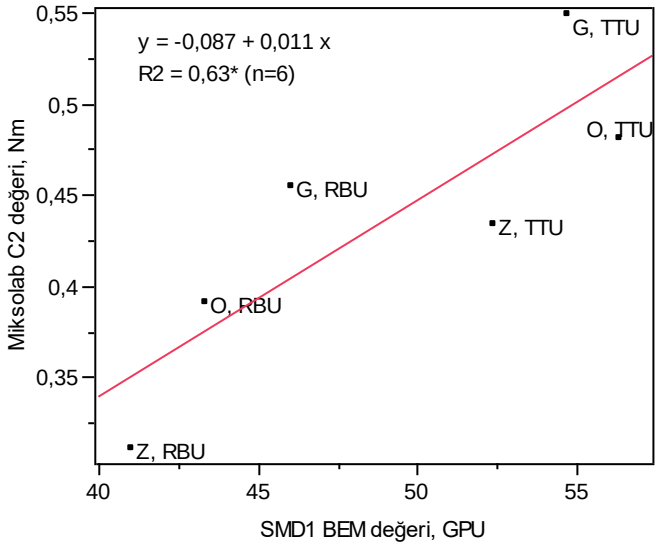

Şekil 4.1. SMD1 PMT değeri ile alveograf A değeri arasındaki ilişki
G: güçlü gluten; O: orta-güçlü gluten; Z: zayıf gluten; TTU: tam tane unu; RBU: rafine beyaz un



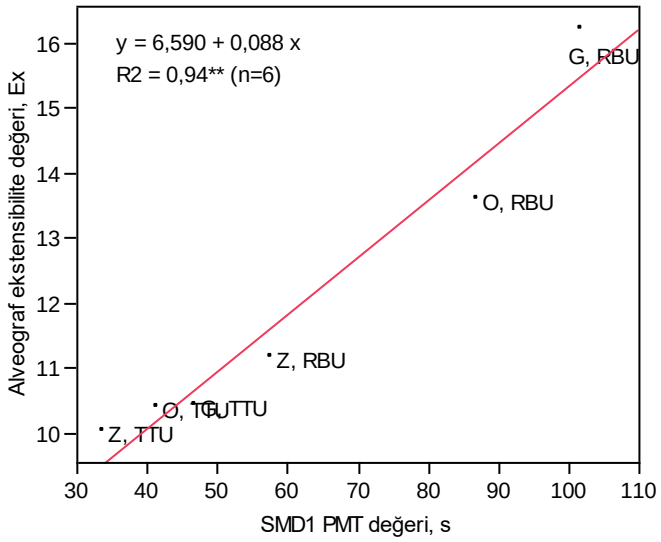

Şekil 4.2. SMD1 BEM değeri ile glutograf toparlanabilme kabiliyeti arasındaki ilişki
G: güçlü gluten; O: orta-güçlü gluten; Z: zayıf gluten; TTU: tam tane unu; RBU: rafine beyaz un



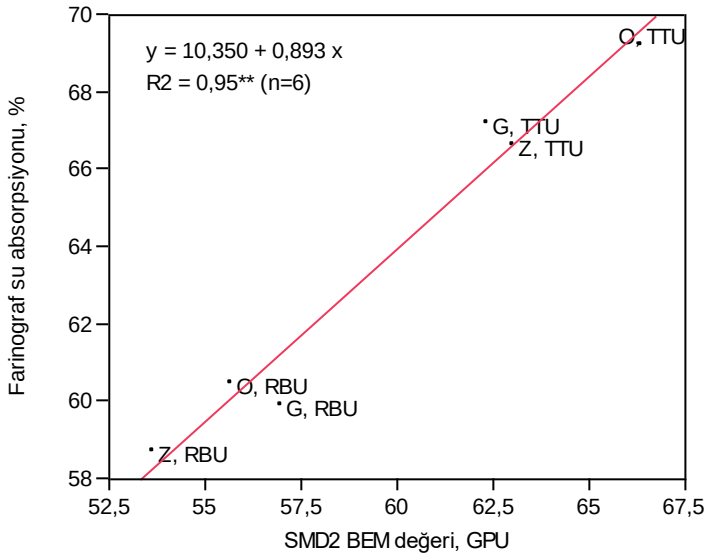

Şekil 4.3. SMD1 agregasyon enerji değeri ile miksolab C2 arasındaki ilişki
G: güçlü gluten; O: orta-güçlü gluten; Z: zayıf gluten; TTU: tam tane unu; RBU: rafine beyaz un



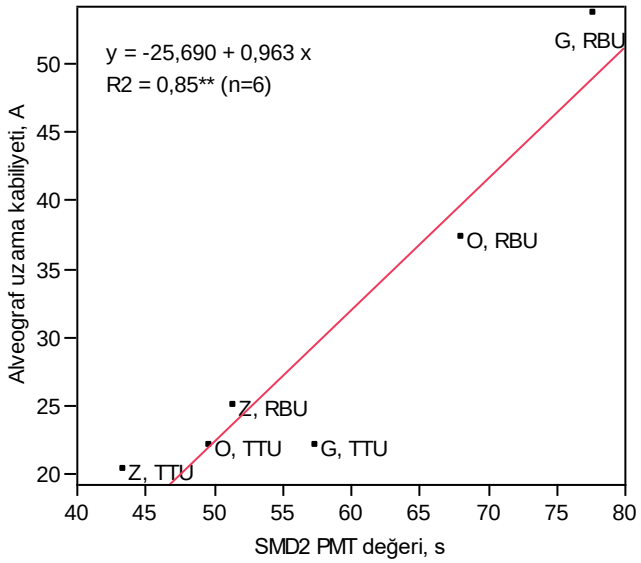

Şekil 4.4. SMD1 BEM değeri ile miksolab C2 arasındaki ilişki
G: güçlü gluten; O: orta-güçlü gluten; Z: zayıf gluten; TTU: tam tane unu; RBU: rafine beyaz un



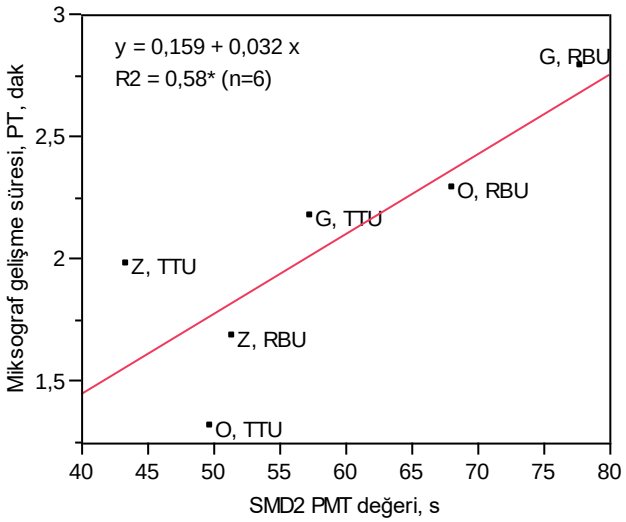

Şekil 4.5. SMD1 PMT değeri ile alveograf Ex arasındaki ilişki
G: güçlü gluten; O: orta-güçlü gluten; Z: zayıf gluten; TTU: tam tane unu; RBU: rafine beyaz un



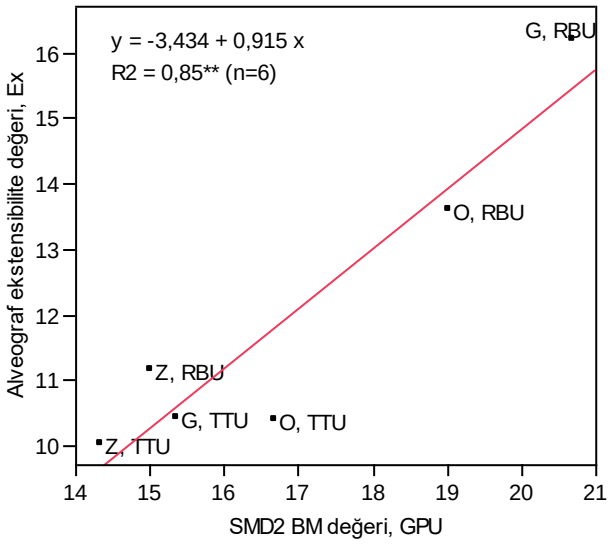

Şekil 4.6. SMD2 BEM değeri ile farinograf su absorpsiyonu arasındaki ilişki
G: güçlü gluten; O: orta-güçlü gluten; Z: zayıf gluten; TTU: tam tane unu; RBU: rafine beyaz un



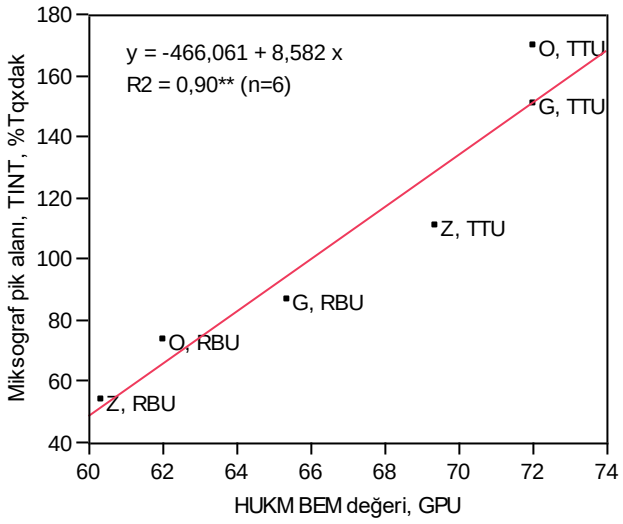

Şekil 4.7. SMD2 PMT değeri ile alveograf A arasındaki ilişki
G: güçlü gluten; O: orta-güçlü gluten; Z: zayıf gluten; TTU: tam tane unu; RBU: rafine beyaz un



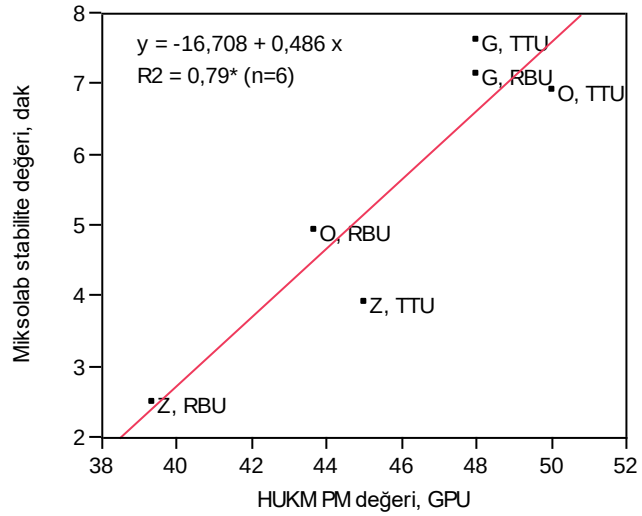

Şekil 4.8. SMD2 PMT değeri ile miksograf gelişme süresi arasındaki ilişki
G: güçlü gluten; O: orta-güçlü gluten; Z: zayıf gluten; TTU: tam tane unu; RBU: rafine beyaz un



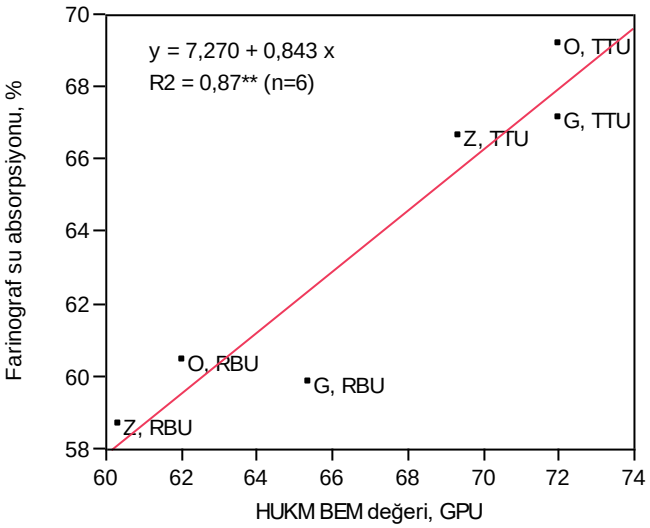

Şekil 4.9. SMD2 BM değeri ile alveograf Ex arasındaki ilişki
G: güçlü gluten; O: orta-güçlü gluten; Z: zayıf gluten; TTU: tam tane unu; RBU: rafine beyaz un



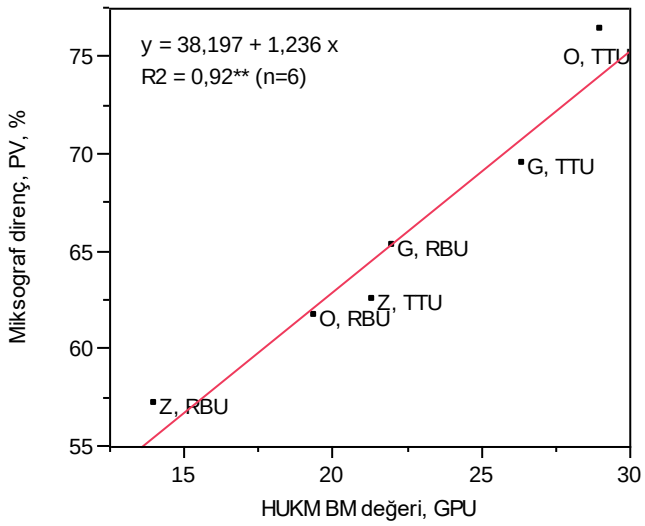

Şekil 4.10. HUKM BEM değeri ile miksograf pik alanı arasındaki ilişki
G: güçlü gluten; O: orta-güçlü gluten; Z: zayıf gluten; TTU: tam tane unu; RBU: rafine beyaz un




Şekil 4.11. HUKM PM değeri ile miksolab stabilite arasındaki ilişki
G: güçlü gluten; O: orta-güçlü gluten; Z: zayıf gluten; TTU: tam tane unu; RBU: rafine beyaz un




Şekil 4.12. HUKM BEM değeri ile farinograf su absorpsiyonu arasındaki ilişki
G: güçlü gluten; O: orta-güçlü gluten; Z: zayıf gluten; TTU: tam tane unu; RBU: rafine beyaz un




Şekil 4.13. HUKM BM değeri ile miksograf direnç arasındaki ilişki
G: güçlü gluten; O: orta-güçlü gluten; Z: zayıf gluten; TTU: tam tane unu; RBU: rafine beyaz un

# 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada GlutoPeak cihazında kullanılan 3 metodun (standart metod1, standart metod2 ve Hızlı Un Kontrol metodu) etkinliği; üç farklı gluten gücüne sahip un ile (güçlü, orta ve zayıf) ve rafine beyaz un ve tam tane ununda diğer yaygın olarak kullanılan metodlar ile aralarındaki ilişkiler araştırılarak değerlendirilmiştir.

Çalışma kapsamında elde edilen üç farklı gluten gücünde unların protein miktarı birbirine yakın olmuştur. Protein miktarı yakın olan unların farklılığını, protein (gluten) kalitesindeki son kullanım özelliğini belirleyen farklılıklar oluşturmuştur. Bu durum çalışmanın amacı ile uyumlu olup; GlutoPeak cihazında halihazırda kullanılan ve önerilen 3 metodun etkinliği ekmek-yapım için gerekli güçlü; düz ekmekler, kek üretimi ve paçal olarak kullanılabilecek orta-güçlü ve daha çok bisküvi ürünleri gibi zayıf gluten kalitesi istenen sektörler için sonuçta tüm sektörlerin taleplerine uygun olarak değerlendirme yapabilme imkanı vermiştir.

Çalışmada güçlü gluten yapısında unların makro SDS sedimantasyon değeri, gecikmeli sedimantasyon değeri, glutenin şişme indeksi değeri, STK-laktik asit değeri ve gluten indeks değerleri rafine beyaz unda daha yüksek bulunmuştur. Zayıf gluten gücünde unlar en düşük gluten kalite değerine sahiptir. Tam tane ununun gluten kalite değerleri beklendiği gibi rafine beyaz una göre daha düşüktür. Tam tane ununda ortama ilave olan kepek tabakası suyu tutmakta ve gluten ile oluşturdukları interaksiyon ile gluten kalitesi zayıflamıştır.

Çalışmada gluten gücü arttıkça

a) alveografta elastikiyet (T), uzama kabiliyeti (A) ve enerji (Fb) değerlerinde artış;
b) farinografta gelişme süresi, stabilite değeri ve farinograf kalite sayısının artışı ve yumuşama derecesinde azalma;
c) glutografta deformasyon (strech) değerlerinde artış;
d) miksografta pik alanı (TNT) ve pik toplama alanı (TTINT) değerlerinin yükselmesi;
e) miksolabda gluten kalitesi ile ilişkili olan C1, C2 ve stabilite değerlerindeki artış

Tez çalışmasının hedefleri ile uyumlu olarak GlutoPeak cihazında halihazırda kullanılan ve önerilen 3 metodun etkinliğinin tüm unlu mamuller sektörünün talepleri doğrultusunda

değerlendirilebilmesi için istenilen hamur viskoelastik yapısındaki farklılıkların oluştuğunu göstermiştir**.**

Çalışmada tam buğday ununda artan kepek tabakasındaki lifli bileşenlerin glutenle oluşturdukları interaksiyonlar nedeniyle sıkı bir gluten oluşmuş hamur reolojik özelliklerinde gluten kalite değerleri daha zayıf olsa da genel olarak tüm hamur viskolastik yapısı özelliklerinde yükselmeye ve rafine beyaz una göre daha yüksek değerlere ulaşılmasına neden olmuştur. Bu durum mevcut kullanılan reolojik test sistemlerinin rafine beyaz unlarda gluten gücündeki farklılıkları göstermesinden ve ortama kepek tabakasının dahil olduğu ve gluten ile interaksiyon oluşturduğu tam tane unlarının değerlendirilmesinde sınırlı kaldığını göstermiştir. Çalışmamızda özellikle tam tane unlarının gluten özelliklerinin değerlendirilmesi için geliştirilen standart metod 1 (SMD1) ve standart metod 2 (SMD2) den elde edilen maksimum torktan 15 s önceki (BM) ve pik maksimum zaman (PMT) değerlerinin hem tam tane ununda, hem de rafine beyaz unda gluten kalitesindeki farklılığı ortaya koyabildiğini göstermiştir.

Çalışmada SMD1 PMT ve BM değeri ile alveograf uzama kabiliyeti ve ekstensibilite değeri; AGGEN değeri ile miksolab C2 ve stabilite değerleri ve miksograf pik toplam alanı arasında pozitif ve gluten deformasyon değeri ile negatif; BEM değeri ile miksolab C2 değeri, farinograf su absorpsiyonu ve glutograf deformasyon değerleri ve PM değeri ile miksograf pik toplam alanı arasında pozitif korelasyon bulunmuştur. SMD1 AGGEN ve PMT değerleri birlikte farinograf stabilite değerindeki varyasyonun %87,4'ünü açıklarken BM değeri ile %99,7'ye ulaşılmıştır. Miksolab C2 değerindeki varyasyonun %96,2'si tek başına SMD1 AGGEN değeri tarafından açıklanabilmiştir. SMD1 AGGEN değeri tek başına alveograf enerji (Fb) değerindeki varyasyonun %46,2'sini açıklayabilmiş, BEM değeri ile birlikte %95,0'e ulaşılmıştır. Farinograf gelişme süresindeki varyasyon tek başına BM değeri ile %39,9 oranıında açıklanırken, PM ve PMT değeri ile %99,6'ya ulaşılmıştır.

Çalışmada SMD2 PMT ve BM değeri ile alveograf uzama kabiliyeti ve ekstensibilite değeri; PMT değeri ile miksograf gelişme süresi; BEM değeri ile miksograf pik alanı, farinograf su absorpsiyonu arasında önemli korelasyon elde edilmiştir. SMD2 BEM değeri tek başına miksolab stabilite değerindeki varyasyonun %90,2'sini açıklamıştır. SMD2 BEM ve PMT değerleri birlikte miksolab C2 değerindeki varyasyonun %80,0'nini açıklarken; BM değeri ile %99,8'e ulaşmıştır. Farinograf stabilite değerindeki varyasyonun %67,1'i tek başına SMD2 PM

değeri tarafından açıklanırken, AGGEN değeri ile birlikte %83,5, BEM değeri de dahil edildiğinde %93,5 ve BM değeri de dahil olduğunda %99,3'ünü açıklamıştır. Miksograf pik toplam alanı tek başına SMD2 BEM değeri ile %70,2, PMT değeri de dahil olduğunda %99,5 oranında açıklanabilmiştir.

Çalışmada HUKM PMT değeri ile hamur reolojik özellikleri arasında ile önemli korelasyon bulunmamıştır. HUKM BEM değeri ile miksograf direnç ve pik alanı (TINT), glutograf toparlanabilme kabiliyeti ve farinograf su absorpsiyonu arasında istatistiki olarak önemli korelasyon vardır. BM değeri miksolab direnç, stabilite ve farinograf su absorpsiyonu arasında önemli korelasyon elde edilmiştir. Yine PM değeri ile miksolab stabilite ve miksograf toplam alanı (TTINT) arasında istatistiki olarak önemli korelasyon bulunmuştur. W değeri ile farinograf su absorpsiyonu; protein oranı ile miksolab stabilite; su absorpsiyonu ile miksolab C2 değeri önemli ilişki vardır. HUKM BEM değeri tek başına alveograf T/A (gluten dengesi) değerindeki varyasyonun %63,2'sini açıklarken, PM değeri dahil edildiğinde %80,4 ve PMT değeri ilave edildiğinde tahminleme oranı %91,8 olmuştur. HUKM gluten miktarı tek başına miksolab stabilitedeki varyasyonun %89,3 açıklarken, protein miktarı dahil edildiğinde %98,0 olması dikkat çekmiştir.

# KAYNAKLAR DİZİNİ


AACCI (2000). *Brabender Quadrumat Jr. (Quadruplex) Method 26-50,* American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.

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

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(3), 270-276.

Alamri, M., Manthey, F., Mergoum, M., Elias, E., & Khan, K. (2009). *Assessing spring wheat quality using the glutograph instrument,* Cereal Foods World, 54, 124–131.

Altınsoy, B., Aydın, N., & Karaduman, Y. (2023). *The Effect of High Molecular Weight Glutenin Subunit Encoded by Glu-B1k Allele on Bread-Making Quality of Near-Isogenic Lines of Bread Wheat,* Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 9(3), 416-435.

Anon., 2005. Instruction Manual Glutograph-E, Brabender Measurement and Control Systems, Brabender GmbH&Co. KG, Kulturstr, Duisburg, Germany, 51- 55, 47055.

Anon. 2019. Miksolab user's manual. https://chopin.fr/en/page-dun-produit/mixolab-2.html.

Anon., 2020. Bisküvilik Kalitesi Yüksek Buğday Genotiplerinin Geliştirilmesi ve Yerel Popülasyonların Bisküvilik Kalitesi Bakımından Taranması TÜBİTAK 1003 projesi sonuç raporu. Proje No: 215O050.

Argun, M.Ş., Elgün, A., (2015). *Süne-Kımıl Zararına Uğramış Buğday Unlarının Ekmekçilik Kalitesinin Tahmininde Kullanılan Uzatmalı Zeleny Sedimantasyon Testinin Optimizasyonu ve Diğer Kalite Parametreleri İle Karşılaştırılması Üzerine Bir Araştırma*, Gıda, 40 (1), 23-30. 10.15237/gida.GD14050.

Arufe, S., Chiron, H., Dore, J., Savary-Auzeloux, I., Saulnier, L., & Della, V. G. (2017). *Processing & rheological properties of wheat flour dough and bread containing high levels of soluble dietary fiber blends. Food Research International*, 97, 123–132. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.03.040.

Aydoğan, S., Şahin, M., Akçacık, A. G., Demir, B., Hamzaoğlu, S., Güçbilmez, Ç. M., ... & Taner, S. (2022). *Effects of years on farınograph parameters and qualıty characterıstıcs*.

# KAYNAKLAR DİZİNİ


Aydoğan, S., Şahin, M., Göçmen Akçacık, A., Demir, B., Hamzaoğlu, S., Mecitoğlu Güçbilmez, Ç., & Taner, S. (2022). *Evaluation of Bread Wheat Genotypes in terms of Quality and Mixograph Parameters in Rainfed Conditions,* Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi, 11(1), 31-39.

Aydoğan,S., Şahin, M., Göçmen Akçacık, A., Demir,B., Hamzaoğlu,S., Yakışır,E., (2018*). Yağışa bağlı koşullarda yetiştirilen ileri kademe ekmeklik buğday ıslah materyallerinin kalite özelliklerinin değerlendirilmesi,* Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi, 7(2):1- 10.

Bagci, S. A. (1998). *Multivariate analysis of computerized mixograph data for end-use quality improvement in winter wheat,* Msc Thesis. South Dakota University, SD, USA.

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.

Biduski, B., Maçãs, M., Vahedikia, N., O'Connor, P. M., Hussey, K., Simpson, J. C., ... & Gallagher, E. (2024). *Dough rheology and internal structure of bread produced with wheat flour partially substituted by buckwheat flour: A step towards enhancing nutritional value,* Food Structure, 39, 100364.

Biesiekierski, J. R. (2017). *What is gluten?.* Journal of gastroenterology and hepatology, 32, 78-81

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

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

Bouachra, S., Begemann, J., Aarab, L., & Hüsken, A. (2017). *Prediction of bread wheat baking quality using an optimized GlutoPeak®-Test method*, Journal of cereal science, 76, 8-16.

Cappelli, A.etal., (2018*). Predictive models of the rheological properties and optimal water content in doughs: Anapplicationtoancient grain ours with di erent degrees of re ning*, J. Cereal Sci. 83, 229–235 (2018).

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

Chen, J. S., Fei, M. J., Shi, C. L., Tian, J. C., Sun, C. L., Zhang, H., ... & Dong, H. X. (2011). *Effect of particle size and addition level of wheat bran on quality of dry white Chinese noodles*, Journal of Cereal Science, 53(2), 217-224.

# KAYNAKLAR DİZİNİ


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.

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

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

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*, (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).

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

Çıbık, C. (2017). *Yüksek ve düşük molekül ağırlıklı glutenin alt ünitelerinin ekmeklik buğdayın bazı kalitatif özelliklerine etkisi.*

Dedeoğlu, M. (2020). *Glutensiz makarna üretim parametrelerinin optimizasyonu*, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Karaman, Türkiye, 145 s.

Dobraszczyk, B. J., & Morgenstern, M. P. (2003). *Rheology and the breadmaking process*, Journal of cereal Science, 38(3), 229-245.

Dubat, A.; Rosell, C.M.; Gallagher, E. (2016) *Mixolab: A New Approach to Rheology*, Academic Press: Minneapolis, MN, USA,; p. 117.

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

Durmus, Y., Anil, M., & Simsek, S. (2023). *Discrimination of glutopeak test and mixograph parameters for evaluation of wheat flour supplemented with hazelnut skin, cross-linked starch, and oxidized starch,* Foods, 12(2), 328.

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

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

# KAYNAKLAR DİZİNİ


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

Elmacıoğlu, F., Emiroğlu, E., (2021). *Hububat Bilimi ve Teknolojisi: Tahılların Beslenme vee Sağlık Açısından Önemi*, Sidas Yayınevi, 8: 155-171.

Erenler, S., Bilgin, O., Balkan, A., Başer, İ. (2022). *Yumuşak Ekmeklik Buğday (T. aestivum L.) Genotiplerinin Bisküvilik Kalitesinin Solvent Tutma Kapasitesi Testleri İle Belirlenmesi,* Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 19(2), 296-304. https://doi.org/10.33462/jotaf.940002.

Gerrard, J., (2001). *Effects of microbial transglutaminase on the wheat proteins of bread and croissant dough,* Journal of Food Science, 66(6), 782-786.

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

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.

Guzman, C., Posadas-Romano, G., Hernandez-Espinosa, A., Morales- Dorantes, A. and 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.

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

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

Hazelton, J. L., & Walker, C. E. (1997). *Mixogram measurements and objective absorption determination.* The mikxograph handbook. Chapte 6 p:27, KS, USA.

Hemdane, S., Jacobs, PJ, Dornez, E., Verspreet, J., Delcour, JA ve Courtin, CM (2016). *Ekmek yapımında buğday (Triticum aestivum L.) kepeği:* Eleştirel bir inceleme. Gıda bilimi ve gıda güvenliği konusunda kapsamlı incelemeler, 15 (1), 28-42.

# KAYNAKLAR DİZİNİ


Hu, XinZhong, and YaNing Shang, (2007). "*A new testing method for vital gluten swelling index."* Journal of the Science of Food and Agriculture 87, no. 9 1778-1782.

ICC (2011). ICC Standard Methods. International Association for Cereal Science and Technology (ICC), Vienna, Austria.

Ibrahim, M. S., Ahmad, A., Nadeem, M., Ranjha, M. M. A. N., Nadeem, M. A., Malik, F., & Teferra, T. F. (2023). *Farinograph, mixograph, and pasting properties of oat fiber-incorporated dough and sensory attributes of fiber-incorporated biscuits*, Cogent Food & Agriculture, 9(1), 2244811.

Kaplan Evlice, A., Pehlivan, A., Sanal, T., Salantur, A., Kilic, G., Dugan, G., ... & Koksel, H. (2020). *Utilization potential of Glutograph in wheat breeding programs and the influence of genotype and environment on bread wheat quality*, Cereal Chemistry, 97(3), 634-641.

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., 2020. *Assessing Gluten Strength with a New Small-Scale LASRC Method Useful for Soft Wheat Breeding Programs. Cereal Chemistry*, 97:2,196-204 DOI:10.1002/cche.10235.

Karaduman, Y., Akın, A., Belen, S., Sönmez, A. C., Dayıoğlu, R., & Bayramoğlu, H. O. (2021a). *Evaluation of soft winter wheat for soft-hard dough biscuit quality*, Journal of Cereal Science, 102, 103362.

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

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

Karaduman, Y. A. Ş. A. R., 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.

# KAYNAKLAR DİZİNİ

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

Khatkar B.S., A.E. Bell ve J.D. Schofield (1996). *A comparative study of the interrelationship between Mixograph parameters and breadmaking qualities of wheat flours and glutens*, J. Sci. Food Agric., 72:71-85.Martinant J.P., Y. Nicolas, A. Bouguennec.

Kitissou, P. (1995). *Un nouveau parametre alveographique: l'indice d'elasticite (Ie)*, Industries des céréales.

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.

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

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

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.

Marti, A., Cecchini, C., D'Egidio, M. G., Dreisoerner, J., & Pagani, M. A. (2014). *Characterization of durum wheat semolina by means of a rapid shear-based method*, Cereal Chemistry, 91(6), 542-547.

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

# KAYNAKLAR DİZİNİ


Marti, A., Ulrici, A., Foca, G., Quaglia, L., & Pagani, M. A. (2015). *Characterization of common wheat flours (Triticum aestivum L.) through multivariate analysis of conventional rheological parameters and gluten peak test indices,* LWT-Food Science and Technology, 64(1), 95-103.

Marti, A., Augst, E., Cox, S., & Koehler, P. (2015). *Correlations between gluten aggregation properties defined by the GlutoPeak test and content of quality-related protein fractions of winter wheat flour,* Journal of Cereal Science, 66, 89-95.

Martinant, J. P., Nicolas, Y., Bouguennec, A., Popineau, Y., Saulnier, L., & Branlard, G. (1998). *Relationships between mixograph parameters and indices of wheat grain quality,* Journal of Cereal Science, 27(2), 179-189.

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.

McGee, H. (2004). *On Food and Cooking: The Science and Lore of the Kitchen,* Scribner Publishing, New York, USA. 884 s. ISBN-13: 978-0684800011.

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.

Onar, D. (2019). *Türkiye'de yetiştirilen buğdaylarda gluten kalitesinin değerlendirilmesinde GlutoPeak parametrelerinin kullanım olanaklarının araştırılması*, Yüksek lisans tezi, Hitit Üniversitesi.

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

Öztürk S., Kahraman K., Tiftik B., Köksel H. (2008). *Predicting the cookie quality of flours by using Mixolab®,* European Food Research and Technology, 227:1549-1554.

Pena R.J. (2012). *Wheat-end use quality grain compositional factors and grain quality improvement,* Wheat Quality Workshop, 21-26 Mayıs, Ankara.

Preston, K.R., Kilborn, R.H.&Dexter, J.E.E, (1987). Effects of starch damage and water absorption on the alveograph properties of Canadian hard red spring *wheats*, Can. Inst. Food Sci. Technol. J. 20, 75–80 (1987).

# KAYNAKLAR DİZİNİ


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.

Ram, Sewa, Vinamrata Dawar, R. P. Singh, and Jag Shoran (2005). *"Application of solvent retention capacity tests for the prediction of mixing properties of wheat flour,"* Journal of Cereal Science 42, no. 2 261-266.

Rosell CM, Collar C, Haros M. (2007). *Food Hydrocolloid*, 21:452–462.

SAS Institute (1998). *INC SAS/STAT users' guide release 7.0. SAS Institute*, Cary, NC, USA.

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.

Shewry, P. R., Hey, S. J. (2015). *The contribution of wheat to human diet and health*, Food and energy security, 4(3), 178-202.

Shen Xiao Yong, S. X., Yan Jun, Y. J., Chen XinMin, C. X., Zhang Yan, Z. Y., Li HuiLing, L. H., Wang DeSen, W. D., ... & Zhang Yong, Z. Y. (2010). *Relationship of Mixograph parameters with Farinograph and Extensograph parameters, and bread-making quality traits.*

Siah, S. D., Uthayakumaran, S., Sutanto, H., Widiyanti, M., & Quail, K. (2024). *Hybrid Solvent Retention Capacity (SRC) to predict Australian soft wheat cookie quality*, Journal of Cereal Science, 115, 103829.

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

Slade ve Levine, (1994). *Structure-function relationships of cookie and Cracker ingredients*, H. Faridi (Ed.), The Science of Cookie and Cracker Production, EPublishing Inc., New York, pp. 23-141.

Song, W. F., Zhang, X. X., Zhang, Y. B., Chen, L., Yang, X. F., Zhao, L. J., ... & Li, J. L. (2020). *Using near-isogenic lines of common wheat (Triticum aestivum L.) to determine the relationship between GlutoPeak parameters and quality characteristics*, Cereal Research Communications, 48(1), 81-86.

# KAYNAKLAR DİZİNİ


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.

Şahin, M., Akçacık, A.G., Aydoğan, S., Taner, S., Ayrancı, R., (2011). *Ekmeklik buğdayda kalite özellikleri ile miksograf parametreleri arasındaki ilişkilerin incelenmesi*, Tarla Bitkilerri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Dergisi, 20(1):6-11.

Tabbita, F., Ammar, K., Ibba, M. I., Andrade, F., Maccaferri, M., Sanguineti, M. C., ... & Guzmán, C. (2024). *Response to heat stress and glutenins allelic variation effects on quality traits in durum wheat*, Journal of Agronomy and Crop Science, 210(1), e12686.

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

Ünal, S. (2002). *Buğdayda kalitenin önemi ve belirlenmesinde kullanılan yöntemler*, Hububat. Ürünleri Teknolojisi Kongre ve Sergisi. 25-37, 3-4 Ekim, Gaziantep.

Vogel, K. P., V. A. Johnson, and P. J. Mattern. (1976). *Protein and lysine content of grain, endosperm, and bran of wheats from USDA World Wheat collection*, Crop Sci. 16: 655–660.

Wang, J.S., Zhao, M.M., Yang, X.O., Jiang, Y.M., Chun C., (2007). *Gelation behavior of wheat gluten by followed by transglutaminase cross-linking reaction,* Food Hydrocolloids, 21(2), 174-179.

Wang, N., Hou, G. G., Zhou, Y. (2024). *Effects of cottonseed flour and enzyme addition on the wheat flour dough characteristics and snack cracker quality*, LWT, 191, 115671.



Tabbita, F., Ammar, K., Ibba, M. I., Andrade, F., Maccaferri, M., Sanguineti, M. C., ... & Guzmán, C. (2024). *Response to heat stress and glutenins allelic variation effects on quality traits in durum wheat*, Journal of Agronomy and Crop Science, 210(1), e12686.

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

# KAYNAKLAR DİZİNİ


Ünal, S. (2002). *Buğdayda kalitenin önemi ve belirlenmesinde kullanılan yöntemler*, Hububat. Ürünleri Teknolojisi Kongre ve Sergisi. 25-37, 3-4 Ekim, Gaziantep.

Vogel, K. P., V. A. Johnson, and P. J. Mattern. (1976). *Protein and lysine content of grain, endosperm, and bran of wheats from USDA World Wheat collection,* Crop Sci. 16: 655–660.

Wang, J.S., Zhao, M.M., Yang, X.O., Jiang, Y.M., Chun C., (2007). *Gelation behavior of wheat gluten by followed by transglutaminase cross-linking reaction,* Food Hydrocolloids, 21(2), 174-179.

Wang, N., Hou, G. G., Zhou, Y. (2024). *Effects of cottonseed flour and enzyme addition on the wheat flour dough characteristics and snack cracker quality,* LWT, 191, 115671.

Wang, K., Dupuis, B., & Fu, B.X. (2017). *Yüksek kesme esaslı GlutoPeak Testinde gluten toplama davranışı: Un su emme ve mukavemetinin etkisi,* Tahıl Kimyası , 94 (5), 909-915.

Wang, Q.; Li, Y.; Sun, F.; Li, X.; Wang, P.; Sun, J.; Zeng, J.; Wang, C.; Hu, W.; Chang, J. (2015); et al. *Tannins improve dough mixing properties through affecting physicochemical and structural properties of wheat gluten proteins,* Food Res. Int. , 69, 64–71.

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

Wang, 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.

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.

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

Wiertz, J. (2018). *GlutoPeak methods-RFC,* In Brabender® GmbH & Co. KG-Sales Seminar (pp. 7-13).

Zaharia, D., I. Danciu, G. G. Codină, S. Mironeasa, and C. Mironeasa. (2014). *"Relationships of Glutograph parameters with Farinograph and wheat flour characteristics,"* 33-36.

# KAYNAKLAR DİZİNİ

Zanetti,S.,Winzeler,M.,Feuillet,C.,Keller,B.&Messmer,M., (2001). *Genetic analysis of bread making quality in wheat and spelt.* Plant Breed. 120, 13–19.

Zawieja, B., Makowska, A., Gutsche, M. (2020). *Prediction of selected rheological characteristics of wheat based on Glutopeak test parameters.* Journal of Cereal Science, 91, 102898.

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

# EK AÇIKLAMALAR

## Ek Açıklama-A: Resimler




A1



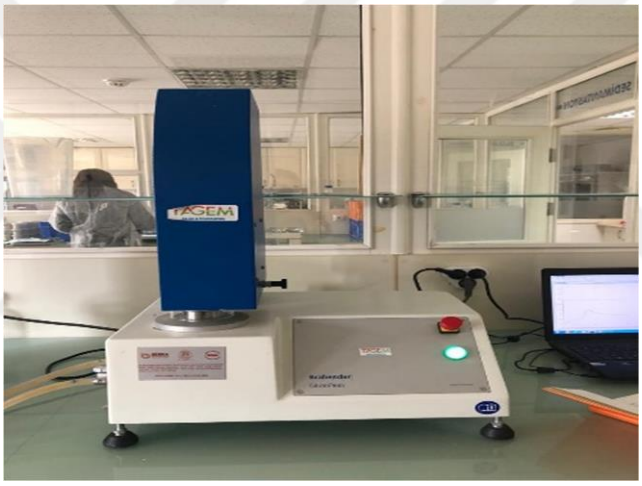

A2



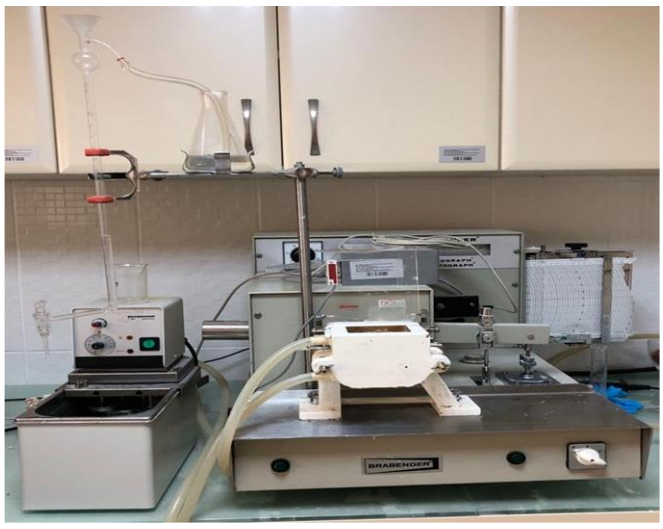

A3




A4



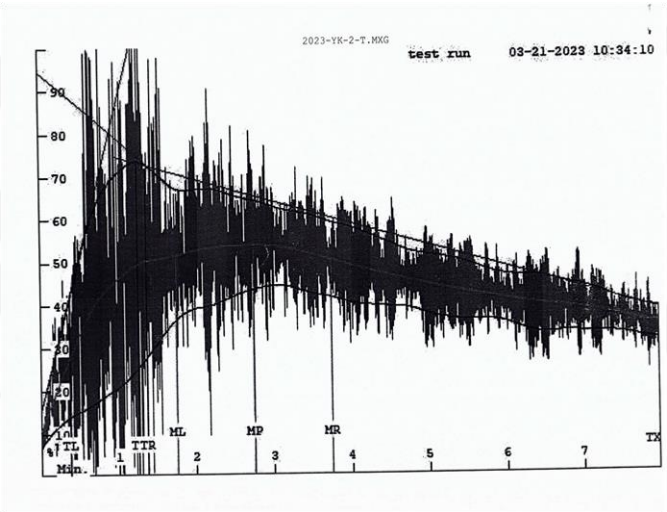

A5



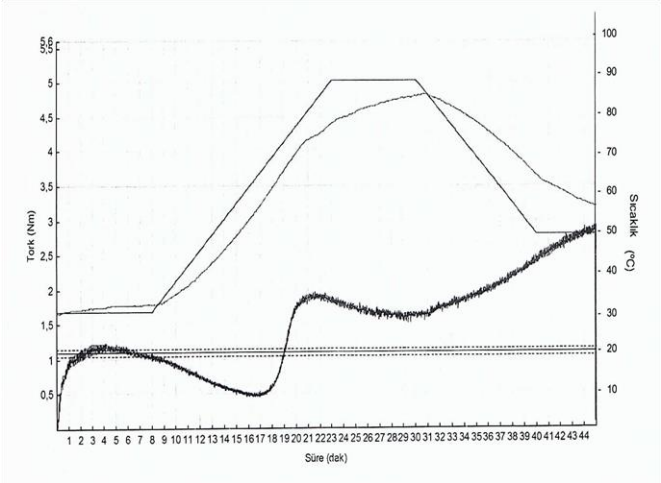

A6


AlvéOlink
TAGEM

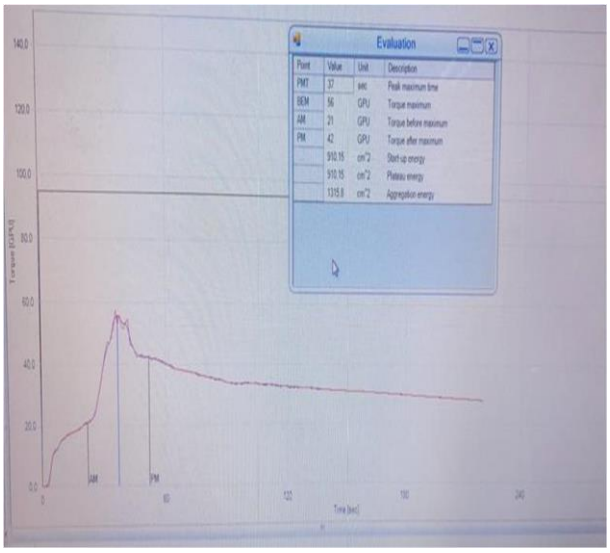
A7


2023-YK-2-T.MXG
test run
03-21-2023 10:34:10
90
80
70
60
50
40
30
20
TL
TTR
ML
MP
MR
TX
Min.
1
2
3
4
5
6
7

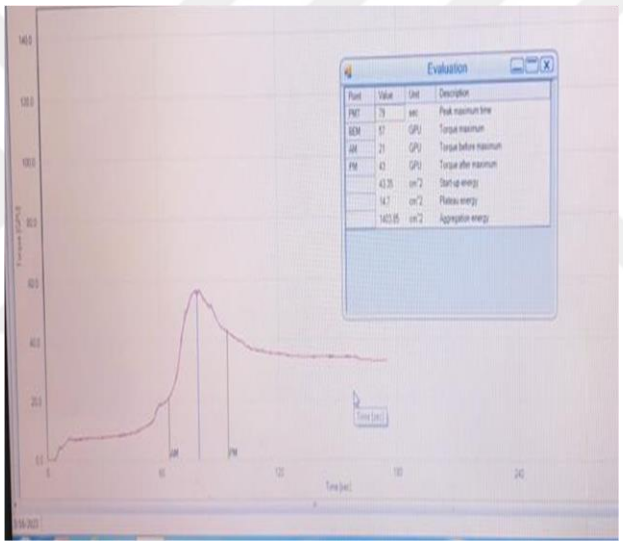
A8


Tork (Nm)
Sıcaklık (°C)
Süre (dak)

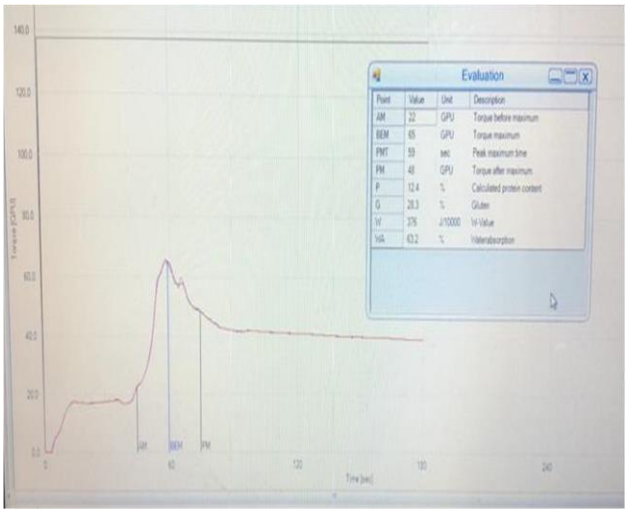
A9


Evaluation
Point Value Unit Description
PMT 37 sec Peak maximum time
BEM 56 GPU Torque maximum
AM 21 GPU Torque before maximum
PM 42 GPU Torque after maximum
910.15 cm^2 Start-up energy
910.15 cm^2 Plateau energy
1315.8 cm^2 Aggregation energy
Torque [GPU]
Time [sec]

A10


Evaluation
Point Value Unit Description
PMT 79 sec Peak maximum time
BEM 57 GPU Torque maximum
AM 21 GPU Torque before maximum
PM 43 GPU Torque after maximum
43.35 cm^2 Start-up energy
14.7 cm^2 Plateau energy
1403.85 cm^2 Aggregation energy
Torque [GPU]
Time [sec]

A11


Evaluation
Point Value Unit Description
AM 22 GPU Torque before maximum
BEM 65 GPU Torque maximum
PMT 59 sec Peak maximum time
PM 48 GPU Torque after maximum
P 12.4 % Calculated protein content
G 28.3 % Gluten
W 376 J/10000 W-Value
WA 63.2 % Waterabsorption
Torque [GPU]
Time [sec]

A12