Soğuk Atmosferik Plazma Uygulamasının Tritikale Unlarının Gluten Kalitesi İle Bazı Biyoaktif Bileşenleri Üzerine Etkisi

Kübra KAYHAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Nisan 2025

The Effect of Cold Plasma Treatment on Gluten Quality and Some Bioactive Componentsof Triticale Flours

Kübra KAYHAN

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Food Engineering

April 2025

Soğuk Atmosferik Plazma Uygulamasının Tritikale Unlarının Gluten Kalitesi İle Bazı Biyoaktif Bileşenleri Üzerine Etkisi

Kübra KAYHAN

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

Danışman: Doç. Dr. Yaşar KARADUMAN
İkinci Danışman: Prof. Dr. Tamer AKAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi Tarafından FYL-2023-2964 Proje Kodu İle Desteklenmiştir.

Nisan 2025

ONAY

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı YÜKSEK LİSANS öğrencisi Kübra KAYHAN' ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Soğuk Atmosferik Plazma Uygulamasının Tritikale Unlarının Gluten Kalitesi İle Bazı Biyoaktif Bileşenleri Üzerine Etkisi" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek oybirliği ile kabul edilmiştir.

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

İkinci Danışman **:** Prof. Dr. Tamer AKAN

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye : Doç. Dr. Yaşar KARADUMAN

Üye : Prof. Dr. Derya Koçak Yanık

Üye : Doç Dr. Elif Mine ÖNCÜ KAYA

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

Prof. Dr. Fatma TÜMSEK
Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Doç. Dr. Yaşar KARADUMAN ve Prof. Dr. Tamer AKAN danışmanlığında hazırlamış olduğum "Soğuk Atmosferik Plazma Uygulamasının Tritikale Unlarının Gluten Kalitesi İle Bazı Biyoaktif Bileşenleri Üzerine Etkisi" 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. 24/04/2025

Kübra KAYHAN

İmza

ÖZET

Bu çalışmada soğuk atmosferik plazma (SAP) uygulamasının tritikale rafine un ve tam tane unların gluten kalitesini, hamur reolojik ve ekmekçilik özelliklerini geliştirebilme olanakları ile ekmeğin bazı besin ögeleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Tritikale rafine ve tam tane unlarına ön çalışmalar ile belirlenen üç farklı sürede (5, 15 ve 45 s) SAP uygulanmıştır. SAP uygulaması her iki unda da gluten kalitesi ile ilişkili sedimantasyon değerlerini değiştirmemiş, rafine unda STK-laktik asit değerleri %64'ten %70,0'e ve glutenin şişme indeksi (GSI) değerleri ise 2,50 iken 2,70-3,0 arasına yükselmiştir. SAP uygulaması ile sıkı bir gluten yapısı oluşup GlutoPeak maksimum tork (BEM) ve enerji değeri (AGGEN) artmıştır. 5 s ve 15 s SAP uygulamaları ile rafine un gluten indeks değerleri %50'ye yaklaşmıştır. SAP uygulaması ise rafine unda su tutma özelliklerini iyileştirmiş ve solvent tutma kapasitesi (STK) değerlerinde %5 civarı artışa neden olmuştur. Bu sonuç farinograf ve GlutoPeak su absorpsiyonunda %1 civarı artış ile ortaya çıkmıştır. SAP uygulama süresi ile alveografta 15 s ve 45 s'de direnç değerinde bir miktar azalma, enerji (W) değerlerinde 10-15 10^{-4} x J artış ve gluten dengesindeki istenilen sınırlara doğru azalma görülmüştür. Farinografta özellikle 5 s SAP uygulaması ile stabilitede 5 s de 0,8 dakika artış olmuştur. Tam tane ununun ekmeklerinde ekmek ağırlığı 5 s ve 15 s de bir miktar artarken ekmeklerin hacim, tekstürel ve fizikokimyasal özellikleri değişmemiştir. SAP uygulanmış rafine unlara ait ekmek hacmi kontrole göre (300,0 ml) 15 s uygulamasında daha yüksektir (310,0 ml). SAP uygulama süresi rafine un ekmeklerinde 15 s ve 45 s'de sertlik değerleri (2000 g civarı) kontrol ekmeğe yakın bulunmuştur. Ekmek içinde 5 s de L* ve a* değerleri daha yüksek bulunurken uzayan sürelerde azalmışlardır. SAP uygulaması ile antioksidan aktivite tam tane ununda 3 µmol TE/g ve rafine unda 10 µmol TE/g'ye yakın artmıştır. Çözünür diyet lifi içeriğinde tam tane unuda 5 s ve 15 s de ve rafine unda tüm sürelerde yaklaşık %1 artmıştır. Rafine unda bakır, demir ve çinkoda artış olmuştur. SAP uygulaması ile rafine unda Treonin'de azalma, Valin, Arginin, Lösin, Lisin'de artış görülmüştür. 15 s SAP uygulaması ile Lisinin yanında, Arginin, Histidin, Metionin, Fenil Alanin ve Lösin en yüksek artış sağlanmıştır. SAP uygulanmış ekmeklerde duyusal özellikler kontrole yakın olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Tritikale, soğuk atmosferik plazma, gluten kalitesi, besin ögeleri, fonksiyonel gıda

SUMMARY

In this study, the effects of cold atmospheric plasma (SAP) application on the gluten quality, dough rheological and baking properties of triticale refined flour and whole grain flours and on some nutritional elements of bread were investigated. SAP was applied to triticale refined and whole grain flours for three different times (5, 15 and 45 s). SAP application did not change the sedimentation values related to gluten quality in both flours, and the solvent retention capacity (SRC)-lactic acid in refined flour increased from 64% to 70.0% and the gluten swelling index (GSI) values increased from 2.50 to 2.70-3.0. A firm gluten was formed with SAP application and GlutoPeak maximum torque (BEM) and energy value (AGGEN) increased. Refined flour gluten index values approached 50% with 5 s and 15 s SAP applications. SAP application improved the water retention properties of refined flour and caused an increase of approximately 5% in SRC values. This result was revealed by approximately 1% increase in farinograph and GlutoPeak water absorption. With SAP application time, a slight decrease in elasticity in alveograph at 15 s and 45 s, an increase of 10-15 $10^{-4}\,x$ J in energy (W) and a decrease towards the desired limits in gluten balance were observed. In farinograph, especially with 5 s SAP application, there was a 0.8 minute increase in stability at 5 s. While bread weight in whole grain flour breads increased slightly at 5 s and 15 s, volume, textural and physicochemical properties of breads did not change. Bread volume of SAP-applied refined flour was higher in 15 s application (310.0 ml) compared to control (300.0 ml). Hardness values (around 2000 g) were found close to control bread at 15 s and 45 s in refined flour breads with SAP application time. While L* and a* values were found to be higher in bread at 5 s, they decreased at longer times. With SAP application, antioxidant activity increased by 3 μmol TE/g in whole grain flour and nearly 10 μmol TE/g in refined flour. Soluble dietary fiber content increased by approximately 1% in whole grain flour at 5 and 15 s and in refined flour at all times. Copper, iron and zinc increased in refined flour. The SAP application resulted in a decrease of Threonine and an increase of Valine, Arginine, Leucine, and Lysine in refined flour. The most significant increase was observed in Arginine, Histidine, Methionine, Phenylalanine, Leucine, and Lysine with the 15 s SAP treatment. The sensory properties of SAP-applied breads were close to the control.

Keywords: Triticale, cold atmospheric plasma, gluten quality, nutrients

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamda beni her koşulda araştırmaya, öğrenmeye ve öğretmeye teşvik eden, araştırma bulgularının yorumlanması ve tezin yazılmasında tüm desteğini gösteren, ufkumun genişlemesini sağlayan saygıdeğer danışman hocam Doç. Dr. Yaşar KARADUMAN' a,

Analiz çalışmalarım sürecinde laboratuvar imkanlarından faydalanmamı sağlayan, tezimi yazma sürecinde tüm desteğini gösteren, Fizik bilimini laboratuvarlarındaki diğer çalışmaları da gözlemleme fırsatı vererek hem sevmemi hem de ilgimin artmasını sağlayan eş danışman hocam Prof. Dr. Tamer AKAN'a ve çalışmalarımda bana yardımcı olan değerli ekibine ve öğrencilerine,

Analiz çalışmalarım sürecinde laboratuvar imkanlarından yararlanmamı sağlayan başta Dr. Arzu AKIN'a; Sarp tritikale çeşidini sağlayan Zir. Yük. Müh. Yılmaz YILDIRIM'a; analizler boyunca her gün ulaşımımı sağlayan ve desteğini esirgemeyen değerli Esma Sarıkaya Özcan ve eşine Eskişehir Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü ile Teknoloji ve Kalite Bölümü personellerine,

Analiz çalışmalarım sürecinde laboratuvar imkanlarından yararlanmamı sağlayan İmamoğlu Un A.Ş.'nin kalite birimi personellerine,

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

Tez yazım süreci boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen Adem KARATÜM'e, sabrı ve anlayışı için abim Ahmet Nuri KAYHAN, fedakarlıkları için annem Zeliha KAYHAN ve dualarını eksik etmeyen tüm sevdiklerime teşekkür ediyorum.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET vi
SUMMARY vii
TEŞEKKÜR viii
İÇİNDEKİLER ix
ŞEKİLLER DİZİNİ xii
ÇİZELGELER DİZİNİ xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ xviii
1. GİRİŞ VE AMAÇ 1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI 3
2.1. Tritikale 3
2.2. Plazma teknolojisi 8
3. MATERYAL VE YÖNTEM 14
3.1. Materyal 14
3.2. Yöntem 14
3.2.1. Ön çalışmalar 14
3.2.2. Tane özellikleri 22
3.2.2.1. Hektolitre ağırlığı 22
3.2.2.2. Tane ağırlığı 22
3.2.2.3. Renk analizi 23
3.2.2.4. Elek analizi 23
3.2.3. Öğütme işlemi 23
3.2.4. Soğuk atmosferik plazma uygulaması 24
3.2.5. Tam tane unu ve rafine un analizleri: 25
3.2.5.1. Makro-SDS sedimantasyon (MSDS) değeri: 25
3.2.5.2. Nem miktarı: 26
3.2.5.3. Kül miktarı: 26
3.2.5.4. Protein miktarı: 26
3.2.5.5. Renk tayini: 26
3.2.5.6. Gluten reolojik özellikleri: 26
3.2.5.7. Mineral madde miktarı: 27
3.2.5.8. Diyet lifi miktarı 27
3.2.5.9. Toplam fenolik madde miktarı: 28
3.2.5.10. Antioksidan aktivite (DPPH) 28

İÇİNDEKİLER

Sayfa

3.2.5.11. Su aktivitesi: 28
3.2.5.12. FTIR analizi: 29
3.2.5.13. Düşme sayısı: 29
3.2.5.14. Gluten reolojik özellikleri: 29
3.2.5.15. Farinograf 29
3.2.5.16. Alveograf 30
3.2.5.17. Solvent tutma kapasitesi (STK testleri) 30
3.2.5.18. Yaş gluten (öz) miktarı ve gluten indeks değeri: 31
3.2.5.19. Aminoasit profilinin belirlenmesi: 32
3.2.6. Ekmeklerin eldesi ve analizleri: 32
3.2.6.1. Ekmeklerin kabuk ve ekmek içi renk değerleri: 33
3.2.6.2. Tekstür profil analizi (TPA): 33
3.2.6.3. Ekmek hacim değerleri: 33
3.2.6.4. Duyusal özellikler 33
3.2.6.5. İstatistiksel analizler: 34
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 35
4.1. Tam Tane Unu Analizleri 35
4.1.1 Renk analizi 35
4.1.2 Fizikokimyasal özellikler 37
4.1.3. Gluten kalitesi 41
4.1.4. GlutopPeak değerleri 42
4.1.5. Mineral madde analizleri 46
4.1.6. Toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite 50
4.1.7. Diyet lifi miktarı 52
4.2. Tam Tane Unu Ekmek Analizleri 55
4.2.1. Ekmek hacim özellikleri 55
4.2.2. Renk değerleri 61
4.2.3. Fizikokimyasal özellikler 63
4.2.4. Ekmeklerin dokusal özellikleri 65
4.2.5. Ekmeklerin duyusal özellikleri 66
4.3. Rafine Un Analizleri 69
4.3.1 Fizikokimyasal özellikler 69
4.3.2. Renk analizi 74
4.3.3. Gluten kalitesi 79

İÇİNDEKİLER

Sayfa

4.3.4. Solvent tutma kapasitesi özellikleri 82
4.3.5. Gluten agregasyon özellikleri 88
4.3.6. Alveograf özellikleri 95
4.3.7. Farinograf analizi 100
4.2.8. Mineral madde miktarı 102
4.3.9. Antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde miktarı 107
4.3.10. Diyet lifi 110
4.3.11. Aminoasit profilinin belirlenmesi 113
4.4. Ekmek Analizleri 121
4.4.1. Ekmek hacim özellikleri 121
4.4.2. Ekmek dokusal analizleri 127
4.4.3. Ekmek renk analizleri 130
4.4.4. Fizikokimyasal özellikler 135
4.4.5. Ekmek duyusal analiz 138
4.5. FTIR Analizleri 141
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 143
KAYNAKLAR DİZİNİ 149
EK AÇIKLAMALAR 167
Ek Açıklama-A: GlutoPeak resimleri 167
Ek Açıklama-B: Resimler 168

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil **Sayfa**

3.1. Soğuk atmosferik plasma (SAP)'nın 10 g una karıştırma yapılmadan 0-300 s arasında 6 farklı sürede uygulanması ile un örneklerine ait FTIR grafiği 20
3.2. Soğuk atmosferik plasma (SAP)'nın 10 g una karıştırma yapılmadan 0-50 s arasında 11 farklı sürede uygulanması ile elde edilen un örneklerine ait FTIR grafiği 21
3.3. SAP'nın un üzerine uygulanması 24
3.4. SAP'nın optik emisyon spektrumu 25
4.1. Farklı sürelerde soğuk atmosferik plazma (SAP) uygulanan tam tane unlarına ait su aktivitesi (aw) değerleri. 46
4.2. Farklı sürelerde soğuk atmosferik plazma (SAP) uygulanan tam tane unlarına ait GlutPeak BEM ve AGGEN değerleri. 46
4.3. Farklı sürelerde soğuk atmosferik plazma (SAP) uygulanan tam tane unlarına ait antioksidan madde değerleri 51
4.4. Farklı sürelerde soğuk atmosferik plazma (SAP) uygulanan tam tane unlarına ait toplam diyet lifi miktarı ve çözünür diyet lifi miktarı. 55
4.5. Farklı sürelerde soğuk atmosferik plazma (SAP) uygulanan tam tane unlarına ait ekmeklerin ağırlık değerleri. 60
4.6. Farklı sürelerde soğuk atmosferik plazma (SAP) uygulanan tritikale tam tane unlarından yapılan ekmeklerin görüntüleri. 61
4.7. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin su aktivitesi, protein oranı, nem miktarı ve kül miktarı değerleri. 74
4.8. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin L*, a* ve b* renk değerleri. 78
4.9. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin ait solvent tutma kapasitesi (STK)-su, laktik asit, sodyum karbonat, glutenin şişme indeksi değerleri. . 87
4.10. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin GlutoPeak PMT, protein, gluten, W, BEM değerleri. 95
4.11. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin direnç (T) ve enerji (Fb) değerleri. 99
4.12. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin farinograf stabilite değerleri. 102

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil **Sayfa**

4.13. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin bakır, demir ve çinko miktarları. 106
4.14. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde miktarı. 109
4.15. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin toplam diyet lifi ve çözünür diyet lifi miktarı. 112
4.16. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait aminoasit miktarları 120
4.17. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait ekmek hacim değerleri. 125
4.18. Farklı sürelerde soğuk atmosferik plazma (SAP) uygulanan rafine unlara ait ekmeklerin görüntüleri. 126
4.19. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin ait ekmek dokusal özelliklerinden 129
4.20. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin ait ekmek içi a* ve L* değerleri. 134
4.21. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin ait ekmek içi a* ve L* değerleri. 137
4.22. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un ve tam tane unu örneklerinin FTIR grafikleri 141

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge **Sayfa**

3.1. Soğuk atmosferik plasma (SAP)'nın 10 g una 10 dak uygulanması ile elde edilen un örneklerine ait sedimantasyon değeri ve rutubet miktarı 14
3.2. Soğuk atmosferik plasma (SAP)'nın 20 g una karıştırma yapılmadan 10 dak uygulanması ile elde edilen un örneklerine ait sedimantasyon değerleri 15
3.3. Soğuk atmosferik plasma (SAP)'nın 20 g una karıştırma yapılmış 10 ve 13 dak uygulanması ile elde edilen un örneklerine ait sedimantasyon değerleri 15
3.4. Soğuk atmosferik plasma (SAP)'nın 10 g una karıştırma yapılmadan 0-300 s arasında altı farklı sürede uygulanması ile elde edilen un örneklerine ait sedimantasyon değerleri 16
3.5. Soğuk atmosferik plasma (SAP)'nın 10 g una karıştırma yapılmadan 0-50 s arasında on bir farklı sürede uygulanması ile elde edilen un örneklerine ait sedimantasyon değerleri 16
3.6. Soğuk atmosferik plasma (SAP)'nın 10 g una karıştırma yapılmadan 0-50 s arasında on bir farklı sürede uygulanan un örneklerinin GlutoPeak sonuçları 18
3.7. Soğuk atmosferik plasma (SAP)'nın 10 g tam tane ununa karıştırma yapılmaadan 30 s SAP uygulanması ile elde edilen un örneklerine ait sedimantasyon ve rutubet değerleri 19
3.8. Soğuk atmosferik plasma (SAP)'nın 10 g una karıştırma yapılmadan 30 s arasında 10 farklı sürede uygulanması ile elde edilen un örneklerine ait GlutoPeak değerleri .. 19
4.1. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tam tane unları örneklerine ait L*, a*, b* renk değerleri varyans analiz değerleri 36
4.2. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane unu örneklerine ait L*, a*, b* renk değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 37
4.3. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane unu örneklerine ait rutubet miktarı, kül miktarı, su aktivitesi ve sertlik değeri varyans analiz sonucu değerleri.... 38
4.4. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane unu örneklerine ait protein oranı, rutubet miktarı, kül miktarı, su aktivitesi ve sertlik değeri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonucu değerleri 40
4.5. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane unlarına ait sedimantasyon değeri ve yaş gluten miktarı varyans analiz sonuçları 41
4.6. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane unlarına ait sedimantasyon değeri ve yaş gluten miktarı değeri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 42
4.7. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane un örneklerine ait GlutoPeak değerlerine ait varyans analiz sonuçları 43
4.8. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane un ait GlutoPeak değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 45
4.9. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane un örneklerine ait kalsiyum (Ca), bakır (Cu), demir (Fe), potasyum (K), magnezyum (Mg), mangan (Mn), fosfor (P) ve çinko (Zn) miktarları varyans analiz sonuçları 48
4.10. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane unlarına ait kalsiyum (Ca), bakır (Cu), demir (Fe), potasyum (K), magnezyum (Mg), mangan (Mn), fosfor (P) ve çinko (Zn) miktarları ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonucu değerleri..... 49
4.11. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane un örneklerine ait antioksidan ve toplam fenolik madde miktarları varyans analiz sonuçları 51

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge **Sayfa**

4.12. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane unlarına ait antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde miktarları ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 51
4.13. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane un örneklerine ait toplam, çözünür ve çözünmez diyet lifi miktar değerleri varyans analiz sonuçları 52
4.14. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane unlarına ait toplam diyet lifi, çözünür ve çözünmez diyet lifi miktarları ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 53
4.15. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane un örneklerine ait ekmek hacmi, hamur ağırlığı ve ekmek ağırlığı varyans analizsonuçları 58
4.16. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane unlarına ekmek hacmi, hamur ağırlığı ve ekmek ağırlığı ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 59
4.17. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane un örneklerine ait ekmek içi ve dışı renk değerleri varyans analiz sonucu değerler 62
4.18. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane un örneklerine ait ekmek içi ve kabuk renk değerleri ortalamaları 63
4.19. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane unu ekmeklerine ait Rutubet, kül ve su aktivitesi değerleri varyans analiz sonucu değerleri 64
4.20. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane unu ekmeklerine ait Rutubet, kül ve su aktivitesi değerleri ortalamaları 65
4.21. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane unu ekmeklerinin tekstür özelliklerine ait varyans analiz sonuçları 66
4.22. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane unu ekmeklerine ait değerleri ortalamaları 66
4.23. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane unu ekmeklerinin duyusal özelliklerinin varyans analiz sonucu değerleri 67
4.24. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane unu ekmeklerin duyusal değerlerine ait ortalama değerler 68
4.25. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin su aktivitesi, protein oranı, nem miktarı ve kül miktarına ait varyans analiz sonucu değerleri 69
4.26. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin su aktivitesi, protein oranı, nem miktarı ve kül miktarına ait ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 72
4.27. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin L*, a*, b* renk değerlerine ait varyans analiz sonucu değerleri 75
4.28. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin L*, a*, b* renk değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 77
4.29. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin sedimantasyon, gluten indeks, yaş gluten varyans analiz sonucu değerleri 81
4.30. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin sedimantasyon değeri, gluten indeks değeri, yaş gluten miktarı ve düşme sayısı değeri ortalamaları 82
4.31. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait solvent tutma kapasitesi (STK)-su, sakkaroz, laktik asit, sodyum karbonat, gluten performans indeksi, glutenin şişme indeksi değerleri varyans analiz sonucu değerleri 83

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge **Sayfa**

4.32. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait solvent tutma kapasitesi (STK)-su, sakkaroz, laktik asit, sodyum karbonat, gluten performans indeksi, glutenin şişme indeksi değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları 85
4.33. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait GlutoPeak BM, BEM, PMT, PM, protein, gluten, W ve Wa değerleri varyans analiz sonucu değerleri 89
4.34. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait GlutoPeak BM, BEM, PMT, PM, protein, gluten, W ve Wa değerleri çoklu karşılaştırma test sonuçları 91
4.35. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin direnç (T), uzama yeteneği (A), elastikiyet indeksi (Ex), enerji (W), gluten dengesi (T/A) değerlerine ait varyans analiz sonucu değerleri 97
4.36. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin direnç (T), uzama yeteneği (A), elastikiyet indeksi (Ex), enerji (Fb), gluten dengesi (T/A) değerlerine ait çoklu karşılaştırma test değerleri 98
4.37. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin farinograf su absorpsiyonu (WA), gelişme süresi, stabilite, yumuşama değeri ve farinograf kalite sayısı değerleri varyans analiz sonucu değerleri 100
4.38. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin farinograf su absorpsiyonu (WA), gelişme süresi, stabilite, yumuşama değeri ve farinograf kalite sayısı değerleri çoklu karşılaştırma test sonuçları 101
4.39. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin kalsiyum, bakır, demir, potasyum, magnezyum, mangan, fosfor, çinko miktarlarına ait varyans analiz sonucu değerleri 104
4.40. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait kalsiyum, bakır, demir, potasyum, magnezyum, mangan, fosfor, çinko miktarlarına ait ortalamalarının çoklu karşılaştırma test değerleri 105
4.41. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde miktarı varyans analiz sonucu değerleri 107
4.42. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde miktarı çoklu karşılaştırma test sonuçları 108
4.43. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait diyet lifi miktarları varyans analiz sonuçları 110
4.44. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait diyet lifi miktarları çoklu karşılaştırma test sonuçları 111
4.45. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine unlarına ait aminoasit miktarı varyans analiz sonuçları 114
4.46. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait aminoasit miktarları çoklu karşılaştırma test sonuçları 115
4.47. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait ekmek hacim değerleri varyans analiz sonuçları 121
4.48. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait ekmek hacim değerleri çoklu karşılaştırma test sonuçları 122

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge **Sayfa**

4.49. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait ekmek dokusal özellikleri varyans analiz sonuçları 127
4.50. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait ekmek dokusal özellikleri çoklu karşılaştırma test sonuçları 128
4.51. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un varyans analiz sonucu değerleri 131
4.52. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait ekmek içi ve kabuğunda renk özellikleri (L*, a* ve b*) çoklu karşılaştırma test sonuçları 133
4.53. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait ekmeklerin rutubet miktarı, kül miktarı ve su aktivitesi değerlerine ait varyans analiz sonucu değerleri 136
4.54. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin ekmeklerinin rutubet miktarı, kül miktarı ve su aktivitesi değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları 137
4.55. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait ekmeklerin duyusal özelliklerinin varyans analiz sonucu değerleri 139
4.56. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait ekmeklerin duyusal özelliklerinin çoklu karşılaştırma test değerleri 140

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar	Açıklama
a_w	Su aktivitesi
dak	Dakika
s	Saniye
km	Kuru madde
VK	Varyasyon kaynağı
SD	Serbestlik derecesi
KT	Kareler toplamı
KO	Kareler ortalaması
PMT	GlutoPik pik maksimum zaman
BEM	GlutoPik maksimum tork
BM	GlutoPik maksimum torktan 15 s önceki tork
PM	GlutoPik maksimum torktan 15 s sonraki tork
GPI	Gluten perfomans indeksi
GSI	Gluten şişme indeks değeri
FKN	Farinograf kalite sayısı
FU	Yumuşama derecesi
T	Alveograf elastikiyet
A	Alveograf uzama kabiliyeti
T/A	Gluten dengesi
Ex	Alveograf elastikiyet indeksi
Fb	Alveograf enerji değeri
STK	Solvent tutma kapasitesi
SDS	Sedimantasyon
MSDS	Makro SDS sedimantasyon
TPA	Tekstür profil analizi
SDS	Sodyum dodesil sülfat
W	Alveograf enerji değeri
L	Litre
SAPUS	Soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Tahıllar beslenmemizde günlük olarak enerji ve protein kaynağıdır. Tritikale, küresel iklim değişikliği dikkate alındığında olumsuz koşullarda yetiştirilmeye dayanıklı beslenmemizde alternatif bir besin kaynağı olması ile dikkat çeken bir tahıldır. Daha çok hayvan beslenmesinde kullanılan tritikalenin özellikle gelecekte insan beslenmesinde kullanımının arttırılması önemle vurgulanmaktadır. Tritikalenin birçok unlu mamulün üretiminde kullanılabilirliği de birçok araştırmada ortaya koyulmuştur. Lakin, tritikale unları zayıf gluten kalitesi nedeniyle unlu mamullerin üretiminde sınırlı olarak kullanılabilmektedir. Kimyasal (okside edici maddeler, hidrokolloidler) ve enzimatik yöntemler her ne kadar gluten kalitesinde iyileşme sağlasalar da tüketicinin sağlıklı gıda talepleri ve maliyetler bu yöntemleri sınırlandırmaktadır.

Gıda işleme teknolojileri farklı tüketici ihtiyaçlarını karşılamak, problemleri giderebilmek amacıyla gün geçtikçe gelişme göstermektedir. Çimlendirme, termal olmayan plazma, γ-ışınlama ve yüksek basınç gibi işleme teknikleri bunlardan bazılarıdır. Bu konuda günümüzde gıda endüstrisinde gıda makromoleküllerinin modifikasyonu için çevre dostu, hızlı ve uygun maliyetli termal olmayan teknolojiler özellikle ilgi görmektedir. Soğuk Atmosfer Plazma (SAP) teknolojisi, gıda makromoleküllerinin fonksiyonel özelliklerini değiştirerek gıdaların tekno-fonksiyonel özelliklerini geliştirmek için umut verici bir yaklaşım olarak ortaya çıkmıştır. SAP, mikrobiyolojik/kimyasal güvenliği sağlamak ve gıdanın besinsel ve fonksiyonel özelliklerini muhafaza etmek için geleneksel gıda işlemeye bir alternatif olarak, kısa işlem süresi ve ısıya hassas bileşenler için tehlike oluşturmayan düşük işlem sıcaklıkları avantajlarıyla oldukça fazla ilgi görmektedir. Azot, oksijen ve karbondioksit gaz karışımlarının SAP'nın kimyasal bileşiminde iyonlar (O^-, O_2^-, N^+, N_2^+, N_2^-, O^+, O_2^+, NO^+, CO_2^+), serbest radikaller, yüksek reaktif ara türler baskındır. Diğer yeni işleme teknolojilerine göre (ultrasound, yüksek basınç uygulaması) SAP teknolojisi toz, sıvı ve katı formlara uygulanabilmekte, minimum enerji girdisi gereksinimleri, düşük işlem süresi ve daha düşük ekipman maliyetleri ile öne çıkmaktadır. SAP teknolojisinin tritikale ununda hidrasyon kapasitesini ve uzamaya karşı direncini arttırma, yapıdaki disülfit bağlarını güçlendirme, daha güçlü bir protein-nişasta ağ yapısı oluşumunu sağlama, ikincil yapılarda değişim oluşturma ve yapıların yeniden

düzenlenmesini sağlama ile gluten kalitesini iyileştirme gibi önemli etkileri olacağı düşünülmektedir. Böylece özelllikle ekmek yapım özellikleri düşük gluten kalitesi nedeniyle oldukça düşük olan trtikale unlarının (tam tane veya rafine) doğrudan veya paçalda kullanım olanaklarının arttırılması imkanı bulunmaktadır. Bununla birlikte SAP, kimyasal bileşiminde yer alan yüksek reaktif türler unlarda ve dolayısıyla unun ve son üründe yapıda yer alan protein, nişasta, fenolik ve antioksidan bileşenler, hücre duvarı polisakkaritleri, mineral maddeler ve vitaminler gibi besin ögelerinin teknofonksiyonel özelliklerinde ve miktar üzerinde değişimlere yol açabilmektedir.

Bu tez çalışması kapsamında tritikale un ve tam tane unları atmosferik basınçta havanın kontaksız yüzey dielektrik bariyer deşarj plazmasına (YDBD) maruz bırakılarak ekmekçilik kabiliyeti düşüren zayıf gluten gücünün kalitesinin geliştirilebilme olanakları ile uygulama sonucunda unlarda ve son ürün olarak elde edilen ekmeklerde fonksiyonel bazı besin ögelerinde ortaya çıkacak iyileşmeler değerlendirilmiştir. Çalışmada ön çalışmalar ile belirlenen üç farklı sürede ve hem tam tane unu ve hem de rafine beyaz un üzerinde soğuk atmosferik plazma (SAP) teknolojisinin i) gelecekte iklim değişikliği ile birlikte özellikle marjinal alanlarda yetişme potansiyeli olan ve buğdayın yerini alabilecek tritikale unlarının tüketiminin arttırılabilmesi için temel şart olan gluten kalitesinin güçlendirme ve ii) bazı besin ögeleri değişimi üzerindeki etkinliği değerlendirilmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Tritikale

Tritikale çeşidi, buğdayın A ve B genomları (Triticum turgidum L., Triticum aestivum L.) ile çavdarın R genomunun (Secale graine L.) birleştirilmesiyle geliştirilmiş insan üretimi hibrit bir çeşit tahıldır (McGoverin vd., 2011). Bu tahıl, buğdayın yüksek verim potansiyeli ve iyi tane kalitesi ile çavdarın hastalıklara dayanıklılığı ve daha zorlu çevresel koşullara toleransını birleştirmek için geliştirilmiştir (Anon., 2023). Buğday ile arpanın verimli ve kaliteli yetişmediği tarla koşullarında tritikale yüksek verim potansiyeline sahiptir. Tritikale buğday ile arpaya göre biyotik ve abiyotik stres koşullarına daha fazla dayanıklıdır (Süzer, 2023). Dünya çapında son yıllarda, tritikale çeşitli zor çevre koşullarında yetiştirilen ticari bir ürün haline gelmiştir (Fras vd., 2016; 2021). Dünyada 17 milyon ton civarı yıllık bir tritikale üretimi vardır ve üretim artarak devam etmektedir (FAOSTAT, 2017). Tritikale geleneksel olarak hayvan yemi olarak kullanılmakla birlikte gıda sektöründe çok az kullanılmaktadır (Pena, 2004; Mergoum vd., 2009). Fakat son yıllarda insan tüketiminde de kullanımı ve kullanılabilirliği sınırlandıran koşulları düzelterek arttırılması ile ilgili çalışmalar artmaktadır (Zhu, 2018).

Tritikale tanesi kimyasal kompozisyonu çavdardan daha çok buğdaya benzemektedir. Tritikale, insan beslenmesinde alternatif bir besin kaynağı olması ve sağlığı koruyucu bazı bileşenleri daha fazla taşıması ile dikkat çekmektedir (Fras vd., 2016). Tritikale tanesi buğday ile kıyaslanabilir protein miktarına (%11.4-14) sahip iken tahıllarda sınırlayıcı amino asit olan lisini daha yüksek miktarda (%0.33-0.71) taşımaktadır (McGoverin vd., 2011; Heger ve Eggum, 1991). Diyet lifi içeriği buğdaya benzer, ancak daha yüksek miktarda çözünür fraksiyona, özellikle sulu bir çözeltide viskoz özellikler gösteren suda ekstrakte edilebilir arabinoksilanlara (WE-AX) sahiptir (Rakha vd., 2011, Fras, 2021). Tritikale ayrıca fazla miktarda antioksidan aktiviteye sahip birçok fenolik bileşenleri, alkilresorsinolleri, fitoöstrojenler, vitaminler ve mikro elementleri içerir (Jonnala vd., 2010; Buchholz, vd. , 2012; Rakha, vd., 2013). Tritikalede yağ içeriği %1.2-1.6 (Fras vd., 2016); doymuş alkilresorsinol içeriği 225 mg/100g ve doymamış 29 mg/100g olarak değişmektedir (Agil vd. 2012). Fenolik asit olarak ferulik, kumarik gallik ve protokateşik asit başlıca fenolik bileşenler olup (Kandil vd., 2012) toplam fenolik madde miktarı 0.7-1.1

mg GAE/g arasında değişmektedir (Fras vd., 2016). Toplam tiamin içeriği 9.74 nmol/g, db olarak bulunmuştur (Buchholz vd., 2012). Son yıllarda modern dünyanın getirisi olarak uygarlık hastalıklarının sayısı sürekli artmıştır ve bunların çoğu gıdaların doğru uygulanmayan diyetle ilgilidir (Kawakita vd., 2019). Bu nedenle, belirli sağlıklı özelliklere sahip ekmek ürünleri de dahil olmak üzere doğal gıdalara olan talep artmaya devam etmektedir (Zhang vd., 2019). Ekmek üretiminde besin değerini artırmanın bir yolu, ekmek üretiminde geniş kapsamlı kullanılmayan besin maddelerince daha zengin tahılların kullanılmasıdır. Yulaf, arpa ve tritikale, sıklıkla fonksiyonel özelliklere sahip hammaddeler olarak sınıflandırılmaktadır (Fras, vd., 2021). Böylelikle biyoaktif bileşenlerle zenginleştirilmiş ekmek ürünlerinin tüketimi sağlanabilecektir (Brodowska vd., 2014; Gosine ve McSweeney, 2019). Tritikale yüksek oranda 43 aminoasid uzunluğunda bir peptit olan antikansirojen, kolestrol düşürücü ve antienflamatuvar özellikte Lunasin taşımaktadır. Tritikalede Lunasin miktarı 6.5 mg/g, buğdayda 0.23 mg/g ve çavdarda 1.5 mg/g dır. Yani buğdayın 30 katına yakındır (Nakurte vd., 2012).

Tritikale tanesinde protein oranı buğday tanesine göre daha düşük olmakla birlikte ortalama %12-13 civarındadır (Navarro-Contreras vd., 2014, Fras vd., 2016). Buğdaya göre endopsermde daha düşük protein miktarı içerir (Pattison vd., 2014). Tritikale proteini yüksek oranda albümin (%38.0-45.4) ve globülin (%19.7-30.2), buğdaya benzer gliadin (%11.4-26.1) ve düşük oranda glutenin (%6.8-9.6) ihtiva eder (Navarro-Contreras vd., 2014). Bu yüzden tritikalenin unlu mamul endüstrisinde kullanımı, düşük gluten içeriği ve buğdaya göre daha düşük gluten kalitesi, yüksek alfa-amilaz aktivitesi ve zayıf reolojik özellikleri nedeniyle sınırlanmaktadır. Tritikale ununun miksograf karıştırma zamanı 2.7 dak ve SDS sedimantasyon değeri 35.5 ml olarak bulunmuştur bu da yumuşak buğday unlarına benzemektedir (Pattison vd., 2014). Tritikale gluteni buğday gluteni ile kıyaslandığında daha sıkı yapıda (tenacious) ve düşük uzama kabiliyetindedir (Pena, 2004, Martinek vd., 2008). Bu durumda yüksek fonksiyonel besinsel özelliklerine rağmen ekmek yapımına uygun bir hamur sağlamamakta ancak ekmek yapım kalitesini geliştirmek için araştırmalar yapılmaktadır (Fras vd., 2016). Tritikale unu buğday unuyla karıştırılarak ekmek üretildiği gösterilmiştir (McGoverin vd., 2011, Pena, 2004; Tohver vd., 2005). Bazı tritikale çeşitleri kabul edilebilir un kalitesi sunarak ekmeğe iyi bir aroma ve tat vermiş ve formülasyonda farklı oranlarda kullanılarak denemeler yapılmıştır (Navarro-Contreras vd., 2014). Tritikale unu tek başına bisküvi üretiminde kullanılabilir (McGoverin vd., 2011). Bir araştırmada

tritikaleden makarna yapılmıştır. Tritikale makarna hamuru, buğday hamuruna kıyasla daha düşük bir renk skoruna ve L* değerine (açıklık) sahip iken, a* (yeşil-kırmızılık) ve b* (sarı-mavilik) değerleri benzer olmuştur. Tritikale makarnası, buğday makarnasından daha düşük a* değerine ve benzer L* ve b* değerlerine sahip olmuştur (Martinez vd., 2012). Farklı pişirme sıcaklıklarının tritikale ekmeklerinin kalite özellikleri üzerine etkisinin araştırıldığı diğer bir çalışmada artan pişirme sıcaklığı, ekmek içi nemini, su aktivitesini, pH'ını ve yapışkanlığını azaltırken sertlik ve asitliği artırmıştır. Tritikale ekmeklerinde toplam 26 adet uçucu bileşik bulunmuştur (Sabovics vd., 2014). Diğer bir araştırmada 2 farklı çevrede yetiştirilmiş tritikale unlarının bisküvi yapım özellikleri değerlendirilmiş ve bisküvilerin çapı 54–56 mm, boyu 3,45–6,14 mm ve ağırlıkları 6,19–7,87 g arasında değişmiştir (Pattison ve Trethowan, 2013). 9 tritikale çeşidi kullanılarak yapılan ekmeklerin ekmek hacmi 313–438 cm^3 arasında değişmiş ve hacim değerleri buğday ekmeğinden daha düşük olmuştur (Frás vd., 2016). Tritikale rafine un ikamesi ile elde edilen ekmeklerin spesifik hacmi, tritikale tam tane ununda yapılandan daha yüksek bulunmuştur. Bu durum tritikale unu ikamesi artışı ile azalan toplam polimerik protein artan albümin içeriğine bağlanmıştır (Navarro-Contreras vd, 2014). Tritikale ekmeğinin hacim ve spesifik hacmi buğdaydan düşük, çavdardan yüksek bulunmuştur (Sabovics vd., 2014). Diğer bir çalışmada, yüksek ürün ve beslenme kalitesine sahip tritikale-yulaf ekmeği elde etmek için tritikale unu, yulaf lifi konsantresi üretiminde bir yan ürün olan artık yulaf unu ile zenginleştirilmiştir. 3 adet kışlık tritikale çeşidinden elde edilen unlar %10, %15 ve %20 oranında yulaf unu ile zenginleştirilmiştir. Artan bir yulaf unu seviyesi, daha yüksek protein ve lipid içeriği ve iki kat daha yüksek β-glukan içeriği sağlamış (kontrol ekmekleri %0,3 ve %20 YUNU %0,6), ayrıca ekmeklerin diyet lifi içeriğini de arttırmıştır. Ekmek yapısal özelliklerinden özellikle ekmek hacmi, şekli, ekmek kabuk rengi ve ekmek içi tekstürü yulaf unu ilavesiyle azalmıştır. En kaliteli tritikale-yulaf ekmekleri %10 yulaf unu ilavesinden elde edilmiştir. Sonuçlar, aynı anda zengin bir DF kaynağı oluşturan benzersiz bir kimyasal bileşime sahip ekmek üretimi için tritikale ve yulaf ununun kullanılabileceğini göstermiştir (Fras, 2021). Tritikale ile ilgili en önemli sorunlardan birisi de düşük un verimidir (Dennett ve Trethowan, 2013). Bir çalışmada tane sertliği ve boyutu ile tavlama neminin tritikale un verimi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Artan tavlama nemi unun un verimini ve kül içeriğini azaltmıştır. Tritikalenin un verimi, %11 ile 15 arasında tavlama nemi ile buğdayınkinden %7,1-10,1 oranında daha düşük bulunmuştur. Sert tritikale tanesi çok düşük bir öğütme verimine sahip olmuştur. Düşük tavlama nem içeriği, tritikalenin un verimini ve unun protein içeriğini

iyileştirmiştir. Tritikale ununun yüksek kül içeriği nedeniyle belirli ürün türleri için daha uygun olabileceği ifade edilmiştir (Dennett ve Trethowan, 2013).Bir diğer çalışmada, bazı tritikale hatlarının kalite özellikleri ile ekmek üretiminde kullanılma potansiyeli araştırılmıştır. Bu çalışma sonucunda, incelenen karakterler açısından 3 tritikale hattının diğer hatlara göre daha üstün özellikler sergilediği tespit edilmiştir. Ancak, elde edilen unların ekmeklik kalitesi açısından istenilen kalite değerlerinin altında kalması, tritikale hatlarının genel olarak zayıf kalite özellikleri gösterdiğini ortaya koymuştur. Ayrıca, çalışmada yer alan hatların yüksek kalite özellikleri taşıyan tritikale genotiplerinin, bisküvi, kuru pasta, kahvaltılık ürünler ve kadayıflık gibi hacim artışı istenmeyen unlu mamuller üretiminde değerlendirilmesi veya buğday unu ile belirli oranlarda karıştırılarak kullanılmasının uygun olacağı sonucuna varılmıştır (Çifçi vd., 2010. Tritikale unu ve gam kullanımının ekmeğin bazı kalite özellikleri üzerine etkisinin araştırdığı bir diğer çalışmada, tritikale ununun ekmek yapımında kullanım imkânları araştırılmıştır. Bu amaçla buğday ununa farklı seviyelerde tritikale unu (%0, %15 ve %30) ve gam katkısı (%0, %1, %2) katılarak ekmek üretimi yapılmıştır. Çalışmada karaya, keçiboynuzu, ksantan ve guar olmak üzere dört farklı gam katkısının ekmeğin kalite özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Tritikale unundan üretilen ekmeklerin ağırlık, hacim ve tekstürel özellikleri (Tekstür Profil Analizi, TPA, ile sertlik, yapışkanlık, elastikiyet değerleri) ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre, tritikale unu katkısının ekmeklerin hacim değerini azalttığı gözlemlenmiştir. Gam katkısının hacim değerini %1'e kadar artırıp sonrasında ise azalttığı görülmüştür. Tritikale un ve gam seviyesinin artmasıyla sertlik değerinin arttığı gözlemlenmiştir. Tritikale unu ilavesine bağlı 2. gün sonunda yapışkanlık değerinin arttığı; gam ilavesine bağlı 2. gün yapışkanlık değerinde farklılık oluşmadığı; tritikale un ve gam seviyesinin artmasıyla elastikiyet değerinin düştüğü gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre %15 seviyesinde tritikale unu ve %1 seviyesinde guar ve keçiboynuzu gamlarının kullanılması ile buğday unundan katkısız olarak üretilen ekmek parametrelerine yakın değerlerde ekmekler üretilmiştir (Tuğan vd., 2022). Bir başka araştırmada insan yapımı tahıl olarak bilinen tritikalenin bisküvi ve kraker üretimine uygun olup olmadığı incelenmiştir. Çalışmada Tatlıcak 97 tritikale çeşidinden elde edilen un bisküvilik yumuşak buğday ununa %0 (kontrol), %25, %50, %75 ve %100 oranlarında ikame edilerek un paçalları kullanılmıştır. Hazırlanan un paçallarından, ticari üretim koşullarında pötibör, kepekli bisküvi ve kraker üretilmiş ve üretilen bisküvi ve krakerler bir yıl süre ile depolanarak her üç ayda bir alınan örneklerde peroksit, serbest yağ asitliği, yağ asitleri kompozisyonu, ransimat değeri, tekstür

analizleri ve duyusal analizler yapılarak, raf ömrü süresince bisküvilerde meydana gelen kimyasal ve duyusal değişimler izlenmiştir. Bisküvi ve kraker örneklerinde en, boy, kalınlık ve ağırlık ölçümleri yapılmıştır. Kullanım oranının artışıyla ters orantılı olarak tritikale unu bisküvi ve krakerlerin boy ve kalınlık ölçümlerinde azalma, ağırlıklarında ise artış saptanmıştır. Yapılan bu analizler ve duyusal değerlendirmeler sonucunda tritikale ununun hiçbir proses ve formül değişikliği yapılmadan pötibör üretiminde %50, kraker üretiminde %25, kepekli bisküvi üretiminde ise %100 oranına kadar kullanımının fiziksel, kimyasal ve duyusal kalite kabul edilebilirlik sınırları içerisinde mümkün olabileceği belirtilmiştir (Gündoğdu, 2006). Hamurun viskoelastik özelliklerindeki iyileşme gluten içeriği ile ilişkilendirilmektedir. Ununun yüksek gluten içeriğine ulaşması üretilecek hamurun viskoelastik özelliklerinin de o düzeyde iyileşmesini gerçekleştirmektedir (Karaoğlu, 2006). Buğday gluteninde bulunan disülfit bağları (SS) ve sülfidril gruplarının (SH) miktarı hamurun fiziksel özelliklerinde oldukça etkilidir. Thiol (SH) gruplarında artış olursa hamurda enzimatik olmayan yumuşama, disülfit (SS) gruplarında artış olursa hamurun yapısında sıkılaşma meydana gelmektedir (Elgün ve Ertugay, 2002). Gluten yapısındaki sülfidril grupları ve disülfit bağları buğday ununun ekstensograf özelliklerinde ve hamur yoğurma niteliklerinde güçlü bir etkiye sahiptir. Hamur reolojisini etkileyen en önemli faktörlerden biri undaki SH-SS oranıdır (Karaoğlu, 2006). Özellikle ekmekçilikte hamurun viskoleastik özelliklerini iyileştirmek için SH-SS dönüşümü sağlamak üzere oksidan özellikte katkı maddeler kullanılmaktadır (Liang vd., 2023). Potasyum bromat ($KBrO_3$), potasyum iyodat (KIO_3), kalsiyum peroksit (CaO_2), aseton peroksitler (AP), askorbik asit (AA) ve azodikarbonamid (ADA) bunlar arasında kullanılan en önemli oksidan bileşenlerdir (Shanmugavel vd., 2021; Dai ve Tyl, 2021).

Tüketicilerin kimyasal katkı maddeleri kullanımı konusunda bilinçlenmesi unun kalitesini arttırmak için alternatif tekniklerin arayışına yol açmıştır (Vargas ve Şimşek, 2021). Son yıllarda bu tür katkı maddelerinin sayısında azalma hatta kullanımdan kaldırılması gibi durumlar söz konusu olmuştur (Barros vd., 2023). Gelişmekte olan bu teknikler iki grup altında toplanmaktadır. Birincisi termal teknolojilerdir. Bunlara ohmik ısıtma ve mikrodalga irradyasyonu örnek verilebilir. İkinci grup ise termal olmayan yöntemlerdir. Örneğin yüksek hidrostatik basınç (HHP), Termal olmayan plazma (NTP), ultrason ozonlama, ultraviyole ışık (UL) termal olmayan teknolojilerden birkaçıdır (Chauhan, 2019). Bu bağlamda, termal olmayan teknolojilerin buğday ununun işlevselliğini

kimyasal katkıların yaptığı gibi geliştirebileceği düşünülmektedir. Bu tür fiziksel süreçler, pastörizasyona veya sterilizasyona alternatif olarak yükselen bir teknoloji alanıdır. Tüketici grupları arasında termal olmayan teknolojilere olan talebin artması dikkat çekmektedir; çünkü bu teknolojiler, katkı maddesi kullanmadan daha taze, besleyici ve daha az işlenmiş ürünler elde edilmesine imkan sağlamaktadır. Ayrıca, termal olmayan teknolojiler, kimyasal maddelere ihtiyaç duymadıkları ve fiziksel süreçlerin aksine atık üretmedikleri için çevre dostu "yeşil" teknolojiler olarak adlandırılmaktadır. Bu teknolojilerin, daha az enerji tüketimleri, daha fazla lezzet ve besin ögesi koruma kapasitesi nedeniyle diğer yöntemlere göre daha avantajlı olduğu kabul edilmektedir (Barros vd., 2023).

2.2. Plazma teknolojisi

Gıda işleme teknolojileri farklı tüketici ihtiyaçları karşılamak, problemleri giderebilmek amacıyla gün geçtikçe gelişme göstermektedir. Çimlendirme, termal olmayan plazma, γ-ışınlama ve yüksek basınç gibi işleme teknikleri, tritikale tahılını/ununa geniş bir işlevsellik yelpazesi oluşturmak için kullanılmaktadır (Zhu vd., 2018). Bu konuda günümüzde gıda endüstrisinde gıda makromoleküllerinin modifikasyonu için çevre dostu, hızlı ve uygun maliyetli termal olmayan teknolojiler özellikle ilgi görmektedir. Farklı ürünlere uygulanan çeşitli gıda prosesleri antinütrisiyonel bileşenlerin azaltılmasını ve tekno-fonksiyonel özelliklerinin değiştirilerek baklagil bazlı fonksiyonel gıda bileşenleri sağlayabilmektedir. Bu amaçla çeşitli işleme yöntemleri uygulanmakla birlikte Soğuk Plazma Teknolojisi, gıda makromoleküllerinin özelliklerini farklı şekillerde geliştirmek için umut verici bir potansiyele sahiptir. Çalışmalar, aktif plazma türlerinin makromoleküllerin tekno-fonksiyonel özelliklerini iyileştirebildiğini göstermiştir. Soğuk Atmosferik Plazma (SAP), ısıl olmayan işleme kategorisinde olup gıdalardaki besin ögelerinin modifikasyonu ile gıdanın yapısını iyileştirmek amacıyla (Pandey ve Chauhan, 2019) yeni bir gıda işleme teknolojisi olarak ortaya çıkmıştır (Park vd., 2018). Plazma, gaz halindeki nötr atom veya moleküllere termal, elektriksel veya elektromanyetik enerji uygulanarak iyonize edilmesi, uyarılmış durumların oluşumu ve elektronik yapılarının yeniden düzenlenmesi sonucu ortaya çıkan, serbest elektron ve iyonlardan oluşan yüksek enerjili bir madde halidir.) (Tendoro vd., 2006; Mir vd., 2016). Sıvı, katı ve gaz hali dışında maddenin dördüncü hali olan plazmanın başlıca bileşenleri fotonlar, iyonlar ve serbest elektronların yanı sıra temel veya uyarılmış hallerinde nötr yüklü atom ve moleküllerdir (Pankaj vd., 2018). Plazma,

enerji kaynağının türüne ve plazmaya aktarılan enerji miktarına bağlı olarak yüksek sıcaklıklı plazma (YSP) ve düşük sıcaklıklı plazma (DSP) olarak sınıflandırılmaktadır. YSP, termodinamik bir denge durumudur, bu elektronların ve diğer gaz türlerinin yaklaşık 10^4 K'de uniform sıcaklık ve enerjiye sahip olduğu anlamına gelir (Akan, 2005). DSP, Soğuk Plazma (SP) olarak alt bölümlere ayrılır. Kısaca SP'de termodinamik denge yoktur, elektronlar yaklaşık 104 K, iyonlar ve nötraller ise oda sıcaklığına yakın sıcaklıklardadır (Surowsky vd., 2015; Pankaj vd., 2018). Yüksek sıcaklık ve basınçtan dolayı HTP uygulamaları gıda işleme için uygun değil iken SP bu anlamda büyük ilgi görmektedir (Özdemir vd., 2023). Polimerlerin yüzey enerjisini arttırmak için geliştirilen SP son yıllarda hem gıda hem de ambalaj malzemelerinin gıda ile temas eden yüzeylerini dekontamine etmenin potansiyel bir yolu haline gelmiştir (Puligundla ve Mok, 2018; Thirumdas vd., 2015). SP, mikrobiyolojik/kimyasal güvenliği sağlamak ve gıdanın besinsel ve fonksiyonel özelliklerini muhafaza etmek için geleneksel gıda işlemeye bir alternatif olarak, kısa işlem süresi düşük işlem sıcaklıkları avantajlarıyla oldukça fazla ilgi görmektedir (Ganesan vd., 2021). Diğer yeni işleme teknolojilerine göre (ultrasound, yüksek basınç uygulaması) SP teknolojisi toz, sıvı ve katı formlara uygulanabilmekte (operasyonel esneklik), minimum enerji girdisi gereksinimleri, düşük işlem süresi ve daha düşük ekipman maliyetleri ile öne çıkmaktadır (Coutinho vd., 2018). Azot, oksijen ve karbondioksit gaz karışımlarının düşük sıcaklıklı plazmalarının kimyasal bileşiminde iyonlar (O^-, O_2^-, N^+, N_2^+, N_2^-, O^+, O_2^+, NO^+, CO_2^+), serbest radikaller ve yüksek oranda iyonlar reaktif ara türler baskındır (Sanguansri, 2010). Bu oksidatif türler, hücre zarlarında lipid oksidasyonunu ve mikrobiyal hücrelerde proteinlerin ve DNA'nın oksidasyonunu arttırmaktadır (Feizollahi vd., 2021). Dezenfeksiyon uygulamalarının yanı sıra, SP işleminin proteinlerin ikincil ve üçüncül yapısını değiştirdiği, nişastaların ve nişasta olmayan zamkların özelliklerini değiştirdiği ve yağları hidrojen bombardımanı yoluyla hidrojene ettiği de tespit edilmiştir (Yepez ve Keener, 2016; Thirumdas vd., 2017). Bu nedenle, SP teknolojisi, gıda makromoleküllerinin fonksiyonel özelliklerini öne çıkarmak için umut verici bir yaklaşım olarak karşımıza çıkmaktadır. Soğuk plazma teknolojisi, proteinlerin jelleşme özelliği, su ve yağ tutma kapasitesi, stabilite, emülsifikasyon ve köpük oluşturma kabiliyetleri üzerinde modifikasyon yapabilen; hızlı, çevre dostu, kimyasal katkısız, operasyonel ve sürdürülebilir bir proses teknolojisi olarak öne çıkmaktadır. Bu benzersiz özellikleri sayesinde soğuk plazma, fonksiyonel gıda ürünlerinin geliştirilmesinde önemli bir işlem alternatifi sunmaktadır. (Chen vd., 2020). Benzer şekilde polisaakkaritlerde SP ile modifiye edilebilmektedir (Kopuk

vd., 2022). Farklı tip nişastalarda moleküler ağırlıkta, yapısal özelliklerde, termal ve morfolojik varyasyonlarda, hidrofobik/hidrofilik dengede, su temas açısında ve çözünürlükte değişikliklere neden olmaktadır. Viskozlaştırma yeteneği, emülsiyon stabilize etme özellikleri, su bağlama kapasitesi, şişme indeksi ve jelatinleşme sıcaklığında iyileştirmeler sağlanmaktadır (Ge vd., 2021, Kopuk vd., 2022). SP işlemi lipidlerdeki çift bağları doyurmakta ve bunları basit bağlara dönüştürebilmekte, bu da katalizör kullanılmadan ve trans yağ asitlerinin oluşumu olmadan oksidasyon kararlılığının ve hidrojenasyonun iyileştirilmesine yol açmaktadır (Yepez ve Keener, 2016; Puprasit vd., 2020; Yepez vd., 2021). Termal olmayan plazma olarak da adlandırılan SP (30-60 ◦C ortam sıcaklığına yakın), nötr bir gaza veya bir gaz karışımına enerji uygulanarak hem vakum hem de atmosferik basınç koşullarında üretilebilir ve radikaller, yüklü parçacıklar ve UV radyasyonları dahil olmak üzere aktif bileşenlerin iyonlaşmasına ve oluşumuna neden olur (Tappi vd., 2016; Pandey ve Chauhan, 2019). Atmosferik koşullarda, bu kimyasal aktif türler, elektronlar ve daha ağır parçacıklar arasındaki çarpışmalar oluşur, burada serbest yük taşıyıcıları bir elektrik veya elektromanyetik alan uygulanarak hızlandırılır, bu durum gazın parçalanmasına neden olur (elastik ve esnek olmayan çarpışmalar yoluyla) (Surowsky, 2015). Bununla birlikte, esnek olmayan çarpışmalar, ağır parçacıkların sıcaklığını yükseltmez ve kısa nano saniyelik uyarım enerjisi patlamaları sağlayarak ısı birikimi önlenir, böylece çok daha düşük bir plazma sıcaklığı elde edilir (Tendero vd., 2006; Sanguansri, vd., 2010). Elektronlar gazlı ortamda bir elektrik alanında hızlandırıldığında, elektronlar ve gazda bulunan atomlar ve moleküller arasında çoklu çarpışmalar meydana gelir. Daha sonra reaktif türler, elektronik darbe süreçleri (titreşim, iyonizasyon, bağlanma, uyarılma ve ayrışma), iyon-iyon nötralizasyonu, iyon-molekül reaksiyonları, Penning iyonizasyonu, söndürme, üç cisim nötr rekombinasyonu, fotoemisyon, foto-absorpsiyon ve fotoiyonizasyonun dahil olmak üzere birincil ve ikincil süreçler tarafından üretilmektedir (Misra vd., 2018). Başlangıçta termal olmayan plazma, vakum koşulları altında üretilmesine karşın, yüksek yatırım maliyetleri, özel vakum sistemleri ve plazma reaktör tasarımları gerektirmesi gibi kısıtlamalar nedeniyle, araştırma ilgisi atmosferik basınçta üretilebilen termal olmayan plazma teknolojilerine kaymıştır. Bu geçiş, düşük maliyet, yüksek işlem hızı ve endüstriyel uygulanabilirlik avantajlarından dolayı tercih edilmiştir. (Pandey ve Chuan, 2019). Soğuk atmosferik basınçlı plazma (SAP), dielektrik bariyer deşarjı (DBD), korona deşarjı, atmosferik basınçlı plazma jetleri (ABPJ'ler) ve kayan ark deşarjları gibi üretim yöntemleri ile karakterize edilebilir (Turner, 2016; Jiang vd., 2020). Üretilen reaktif türlerin

türü ve konsantrasyonu, farklı gaz türleri ve karışımlarına, bir plazma reaktörünün konfigürasyonuna ve bağıl neme ve ayrıca güç girişi, uygulama süresi, gaz basıncı ve uygulama yöntemi gibi çalışma koşullarına bağlıdır (Corradini, 2019). Bu reaktif türler numuneye doğrudan veya dolaylı olarak aktarılabileceği gibi, su gibi plazma ile aktive olan solüsyonlar (PAS) vasıtasıyla da aktarılabilmektedir (Kopuk vd., 2022). SP üretiminde herhangi bir gaz kullanılabilir, ancak etkiler ve reaktif türler, iyonlaşmanın etkinliğini, UV emisyonunun yoğunluğunu ve dalga boyunu ve reaktif türlerin oluşumunu belirleyen gazın türüne bağlı olmaktadır (Pankaj vd., 2018; Feizollahi vd., 2021). Geleneksel olarak, yüksek termal iletkenlik (ısı giderme için), zengin UV emisyon spektrumu ve atmosferik basınçta daha düşük çalışma deşarj voltajı nedeniyle SP oluşturmak için argon ve helyum gibi soy gazlar kullanılmaktadır (Misra ve Jo., 2017). Gaz akış hızı, reaktif türlerin numune yüzeyine iletim hızını belirlemekte (Nishime vd., 2017) ve deşarjın çalışmasını, reaktif türlerin alıkonma süresini ve reaktif türlerin kütle transfer sürecini etkileyebilmektedir (Zhang vd., 2017). Bubler vd. (2015) yaptıkları çalışmada bezelye protein ekstraktına 8.8 kV, 3.0 kHz'de, 12 mm uzaklıkla ve 10 dak plazma uygulanmış, protein ekstraktının su ve yağ bağlama kapasiteleri ile çözünebilirliği artarken oksidasyona bağlı olarak yapısal ve bileşimde modifikasyonlar ortaya çıkmıştır. Bahrami vd. (2016) buğday ununa 60 W, 60 ve 120 s plazma uygulamışlar un protein oranı değişmez iken protein profilinde yüksek molekül ağırlığına doğru kayma olduğunu ve hamur gücünün (strength) arttığını bulmuşlardır. Tam ve yağı alınmış yer fıstıklarına 80 kV ve 15, 30, 45 ve 60 dakika plazma uygulanmış; plazma, proteinlerin ikincil yapısında modifikasyonlar yaparken protein yoğunluk bantlarında değişiklik olmamış, yağı alınmış yerfıstığı ve bütün yerfıstığı için antijenitede sırasıyla %43 ve %9.3'e varan bir azalma elde edilmiştir (Venkataratman vd., 2019). Li vd. (2020) zein süspansiyonuna 60, 70, 80, 90 ve 100 V ve 70 s plazma uygulamışlar ve parçacık boyutu, morfoloji, yüzey hidrofobisitesi ve ikincil yapıdaki değişiklikler çözünürlükte, serbest –SH (tiyol) içeriğinde, spesifik yüzey alanında ve dağılım stabilitesinde çarpıcı bir artış görülmüştür. Misra vd. (2015), güçlü ve zayıf buğday ununun kalitesini iyileştirmek için gelişmiş bir oksidasyon işlemi olarak SP teknolojisini (60–70 kV, 5-10 dakika) inceledikleri çalışmalarında artan G' ve G'' değerlerinin bir sonucu olarak hem güçlü hem de zayıf unun reolojik özelliklerinin iyileştiğini ve bu artışın daha yüksek voltajlar ve işlem süreleri ile daha belirgin hale geldiğini bulmuşlardır. Bu değişiklikleri, glütenin alt birimleri arasındaki gelişmiş disülfid bağına ve ikincil yapıdaki değişikliklere bağlamışlardır. FTIR sonuçları, güçlü buğday için düzenli bir yapının kaybını, zayıf buğdayın düzeninde ve hidrojen bağı

kuvvetinde bir artış gösterdiğini ifade etmişlerdir. SAP tekniği gelişmiş bir oksidasyon yöntemi olarak kabul edilse de, makro moleküllerde olan değişimler işleme parametrelerinden büyük ölçüde etkilenir ve bu nedenle istenen sonuçları elde etmek için SP sistemi, arıtma modu (doğrudan veya dolaylı), çalışma gazı, akış hızı, maruz kalma süresi, voltaj, güç, frekans, bağıl nem, sıcaklık ve basınç gibi süreç ve ürün parametrelerinin optimize edilmesi gerekmektedir. Tritikale unu genellikle düşük gluten içeriği ve kalitesi nedeniyle ekmekler için her zaman arzu edilen pişirme özelliklerini sunmayabilir. Bunun sonucu olarak da genellikle un yapısını geliştirmek için farklı maddeler kullanılmaktadır. Oksitleyici maddeler, emülgatörler, hidrokolloidler veya enzimler en çok kullanılan maddelerdir. Buğday unu üzerine yapılan plazma teknolojisi çalışmalarının sonuçları umut vericidir. Bu çalışmalar plazma uygulamasının unun hidrasyon kapasitesini arttığını (Chaple vd., 2020; Khan vd., 2022), gluten kalitesini iyileştirdiği (Bahrami vd., 2016), glutenin uzamaya karşı direncini arttırdığı (Barros vd., 2023), gluten proteinleri arasındaki disülfit bağlarını güçlendirdiği ve daha güçlü bir protein-nişasta ağ yapısı oluşumunu sağladığı (Khan vd., 2022; Bahrami vd., 2016; Misra vd., 2015), hamur yapısını güçlendirdiğini (Heild vd., 2019; Menkovska vd., 2014; Misra vd., 2015), ekmekte spesifik hacmi iyileştirdiği (Menkovska vd., 2014), buğday proteinlerinin ikincil yapılarında değişikliklere sebep olduğu, molekül yapılarının yeniden düzenlenmesinde etkili olduğunu (Held vd., 2019; Misra vd., 2015) ortaya koymuştur.

Son yayınlanan bir çalışmada süne zararı sonucu bu çalışmada kullandığımız tritikale unu gibi zayıf gluten kalitesinde una, 30, 45, ve 60 saniye soğuk atmosferik plazma (SAP) uygulanmıştır. SAP unun gluten indeks değerini iyileştirmiştir. SAP gecikmeli sedimantasyon değerini özellikle 45 s uygulama süresi ile önemli ölçüde arttırmıştır. SAP uygulaması süneli hamurlarda önemli bir sorun olan SMS/Chen-Hoseney hamur yapışkanlığını azaltmıştır. SAP uygulama ile FTIR'da OH konsantrasyonunda bir artış ve 30 ve 45 saniyelik işlem sürelerinde α-heliks yapısında ve β-tabakasında bir artış olduğu ifade edilmiştir. SAP 30 saniyeden uzun süre uygulandığında, süneli unda hem bağlı hem de serbest fenolik içeriğini azaltmıştır. Sonuçta SAP uygulamasının 30 ve 45 s gibi kısa sürede maruz kalma süreleri ile süneli unun teknolojik özelliklerini iyileştirmek için kullanılabileceği ve ekmek yapım kalitesini iyileştirme potansiyeline sahip olduğu açıklanmıştır (Ulutürk ve Gül, 2025).

Akın vd. (2024) yaptıkları çalışmada yine SAP uygulamasının süne zararı görmüş unun bazı fizikokimyasal ve hamur özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Tritikale unu gibi zayıf gluten kalitesinde una farklı sürelerde (10 s, 30 s ve 45 s) SAP uygulanmış süneli unun gecikmeli sedimantasyon değeri SAP uygulaması ile artmış ve 60 s de hiç süne zararı oluşmamış seviyeye ulaşmıştır. SAP uygulama sürelerinin artışı ile alveograf eastikiyeti (T), uzama kabiliyeti (A) ve enerji (W) değerleri artmış, hamurun gluten dengesi istenilen 1.0-1.3 aralığına ulaşmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışma kapsamında 2023 yılında Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nde geliştirilen Sarp tritikale çeşidi kullanılmıştır. Buğday çeşitlerine ait taneler dokaj cihazı ile temizlendi. Daha sonra süne ve kımıl (Eurygaster spp. ve Aelia spp.) emgili taneler dikkatli bir şekilde elle temizlenmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Ön çalışmalar

Tritikale rafine beyaz ununda soğuk atmosferik plazma (SAP) uygulama süresi belirlemek üzere ön çalışma yapılmıştır. Daha önceki çalışmalar dikkate alınarak öncelikle 10 g una 10 dakika süre ile SAP uygulaması yapılmıştır. Gluten kalitesi ile ilişkili Zeleny sedimentasyon değerinde istatistiki olarak önemli olmayan az bir artış olmuştur. Rutubet miktarında ise %1'lik bir azalma görülmüştür (Çizelge 3.1). Aynı miktarda un karıştırılarak SAP uygulandığında sedimantasyon değerlerinde önemli bir farklılık görülmemiştir.

Çizelge 3.1. Soğuk atmosferik plasma (SAP)'nın 10 g una 10 dak uygulanması ile elde edilen un örneklerine ait sedimantasyon değeri ve rutubet miktarı

SAPUS Dak	n	Sedimantasyon değeri ml	Rutubet miktarı %
0	3	20,67 ± 0,29	11,37 ± 0,06[a]
10	3	21,17 ± 0,29	10,47 ± 0,06[b]
F değeri		ö.d.	364,5**

**: *p<0,01* düzeyinde önemli; Farklı harflerle işaretlenmiş aynı sütundaki tane örneklerine ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır*;* SAPUS: Soğuk atmosferik plazma uygulama süresi; ; ö.d.: önemli değil

Örnek miktarını 20 grama çıkarılıp karıştırma yapılmadan uygulamaya devam edildiğinde gluten yapısının (strength) olumsuz etkilenmesi ile sedimantasyon değerinde önemli oranda düşüş gözlemlenmiştir (Çizelge 3.2.).

Çizelge 3.2. Soğuk atmosferik plasma (SAP)'nın 20 g una karıştırma yapılmadan 10 dak uygulanması ile elde edilen un örneklerine ait sedimantasyon değerleri

SAPUS Dak	n	Sedimantasyon değeri ml
0	2	$16,50 \pm 2,12^{a}$
10	2	$10,00 \pm 0,00^{b}$
F değeri		18,8*

*: *p<0,05* düzeyinde önemli; Farklı harflerle işaretlenmiş olan aynı sütundaki örneklerin ortalamaları istatistiksel açıdan birbirlerinden farklıdır; SAPUS: Soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

Örnek miktarını 20 grama çıkarılıp karıştırma yapılarak 10 dak ve 13 dak uygulama yapıldığında sedimantasyon değerinde düşüş belirgin olmuştur (*p<0,05*) (Çizelge 3.3.).

Çizelge 3. 3. Soğuk atmosferik plasma (SAP)'nın 20 g una karıştırma yapılmış 10 ve 13 dak uygulanması ile elde edilen un örneklerine ait sedimantasyon değerleri

SAPUS Dak	n	Sedimantasyon değeri ml
0	2	$16,50 \pm 2,12^{a}$
10	2	$10,25 \pm 0,35^{b}$
13	2	$11,00 \pm 0,00^{b}$
F değeri		15,1*

*: *p<0,05* düzeyinde önemli; Farklı harflerle işaretlenmiş olan aynı sütundaki örneklerin ortalamaları istatistiksel açıdan birbirlerinden farklıdır; SAPUS: Soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

Örnek miktarını 10 g ve karıştırma yapılmadan 0-300 s arasında 30 s artışla altı farklı sürede SAP uygulaması yapıldığında 30 s ve 60 s'de sedimantasyon değeri bir miktar yükselmiş, daha sonra artan dozlara paralel düşme görülmüştür (*p<0,01*). Özellikle 300 s de bu düşüş çok daha belirgin olmuştur (Çizelge 3.4.).

Çizelge 3.4. Soğuk atmosferik plasma (SAP)'nın 10 g una karıştırma yapılmadan 0-300 s arasında altı farklı sürede uygulanması ile elde edilen un örneklerine ait sedimantasyon değerleri

SAPUS S	n	Sedimantasyon değeri ml
0	2	$19,75 \pm 0,35^{a}$
30	2	$20,25 \pm 0,35^{a}$
60	2	$20,25 \pm 0,35^{a}$
90	2	$17,00 \pm 0,00^{b}$
120	2	$16,75 \pm 0,35^{b}$
300	2	$14,00 \pm 0,00^{c}$
F değeri		152,4**

**: *p<0,01* düzeyinde önemli; Farklı harflerle işaretlenmiş olan aynı sütundaki örneklerin ortalamaları istatistiksel açıdan birbirlerinden farklıdır SAPUS: Soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

Dolayısıyla koku üzerinde olumsuzluk oluşturmadığı karıştırma işleminin de bir etkisi olmadığı sonucuna vararak örnek miktarını 10 g ve karıştırma yapılmadan 0-50 s arasında 5 s artışla onbir farklı sürede SAP uygulaması yapıldığında sedimantasyon değerinde 20 s'ye kadar kademeli bir miktar artış ve sonra değerlerde değişim olmadığı görülmüştür (*p<0,01*) (Çizelge 3.5.).

Çizelge 3.5. Soğuk atmosferik plasma (SAP)'nın 10 g una karıştırma yapılmadan 0-50 s arasında on bir farklı sürede uygulanması ile elde edilen un örneklerine ait sedimantasyon değerleri

SAPUS S	n	Sedimantasyon değeri ml
0	2	$17,25 \pm 0,35^{e}$
5	2	$18,00 \pm 0,00^{d}$
10	2	$18,25 \pm 0,35^{cd}$
15	2	$19,25 \pm 0,35^{b}$
20	2	$20,25 \pm 0,35^{a}$
25	2	$18,00 \pm 0,00^{d}$
30	2	$18,75 \pm 0,35^{bc}$
35	2	$20,25 \pm 0,35^{a}$
40	2	$18,00 \pm 0,00^{d}$
45	2	$18,75 \pm 0,35^{bc}$
50	2	$18,00 \pm 0,00^{d}$
F değeri		23,4**

**: *p<0,01* düzeyinde önemli. Farklı harflerle işaretlenmiş olan aynı sütundaki örneklerin ortalamaları istatistiksel açıdan birbirlerinden farklıdır. SAPUS: Soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

Benzer SAP uygulama süreleri ve şekli gluten reolojk özelliklerini gösteren GlutoPeak ile de test edilmiştir. GlutoPeak BM, PMT değeri 20 s ve 30 s'de ve W (enerji) değerinin 5 s 'den itibaren tüm uygulama sürelerinde artması gluten özelliklerinin etkilendiğini göstermiştir. Ancak BEM, PM, P ve G değerlerinde artış bu durumun gluten direncinde artışla (tenacious gluten) oluştuğunu düşündürmüştür. Ekmek yapım kabiliyetinde olumsuzluğa neden olan uzama kabiliyetini azaltan direnci daha fazla gluten yapısının 35 s ile birlikte daha belirgin ve kalıcı hale geldiği 50,0 GPU'nun üzerinde stabil hale gelen BEM (maksimum tork) değeri ile anlaşılmıştır. Genelde 5 s ile birlikte su absorpsiyonunda artış tritikale ununun ekmek-yapım yeteneği için olumlu olarak değerlendirilmiştir (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6. Soğuk atmosferik plasma (SAP)'nın 10 g una karıştırma yapılmadan 0-50 s arasında on bir farklı sürede uygulanan un örneklerinin GlutoPeak sonuçları

SAPUSS	n	BM GPU	BEM d GPU	PMT s	PM GPU	P GPU	G GPU	W J/10^4	WA %
0	2	16,0 ± 0,0^{a}	35,5 ± 0,71^{h}	29,5 ± 0,71^{ab}	25,5 ± 0,71^{f}	9,2 ± 0,14^{c}	18,6 ± 0,14^{f}	21,5 ± 0,71^{j}	53,2 ± 0,21^{de}
5	2	5,5 ± 0,71^{e}	51,0 ± 1,41^{cd}	19,5 ± 0,71^{e}	30,5 ± 0,71^{bc}	10,2 ± 0,14^{b}	21,6 ± 0,14^{c}	214,0 ± 4,24^{e}	54,6 ± 0,64^{cd}
10	2	7,5 ± 0,71^{d}	46,5 ± 0,71^{e}	21,25 ± 0,35^{de}	27,5 ± 0,71^{ef}	9,6 ± 0,21^{c}	20,2 ± 0,14^{d}	154,5 ± 2,12^{g}	54,1 ± 0,14^{cde}
15	2	9 ,0± 0,0^{cd}	50,5 ± 0,71^{d}	21,5 ± 0,71^{de}	30,0 ± 1,41^{cd}	10,3 ± 0,14^{b}	21,7 ± 0,21^{c}	204,0 ± 1,41^{f}	55,3 ± 0,57^{abc}
20	2	17,5 ± 0,71^{a}	38,5 ± 0,71^{g}	26,5 ± 2,12^{c}	28,0 ± 1,41^{de}	9,4 ± 0,14^{c}	19,6 ± 0,28^{e}	45,0 ± 1,41^{ı}	54,4 ± 0,42^{cd}
25	2	13,0 ± 1,41^{b}	41,0 ± 1,41^{f}	27,5 ± 0,71^{bc}	22,0 ± 1,41^{g}	9,2 ± 0,14^{c}	18,4 ± 0,14^{f}	94,0 ± 1,41^{h}	53,2 ± 0,21^{de}
30	2	17,0 ± 1,41^{a}	36,0 ± 1,41^{h}	30,0 ± 0,00^{a}	25,5 ± 0,71^{f}	9,3 ± 0,21^{c}	18,5 ± 0,07^{f}	10,5 ± 0,71^{k}	52,9 ± 1,20^{e}
35	2	8,5 ± 0,71^{cd}	53,0 ± 1,41^{bc}	21,5 ± 0,71^{de}	34,5 ± 0,71^{a}	10,8 ± 0,35^{a}	23,0 ± 0,07^{a}	243,0 ± 1,41^{c}	56,5 ± 0,28^{a}
40	2	8,5 ± 0,71^{cd}	54,0 ± 1,41^{ab}	22,5 ± 0,71^{d}	31,5 ± 0,71^{bc}	10,3 ± 0,07^{b}	22,3 ± 0,21^{b}	252,5 ± 2,12^{b}	56,3 ± 0,42^{ab}
45	2	8,5 ± 0,71^{cd}	55,5 ± 0,71^{a}	20,5 ± 0,71^{de}	32,5 ± 0,71^{ab}	10,2 ± 0,14^{b}	22,1 ± 0,14^{b}	265,0 ± 1,41^{a}	56,5 ± 0,28^{a}
50	2	9,5 ± 0,71^{d}	52,5 ± 0,71^{bcd}	21,0 ± 1,41^{de}	30,5 ± 0,71^{bc}	10,1 ± 0,07^{b}	21,6 ± 0,21^{c}	228,5 ± 2,12^{d}	55,0 ± 1,41^{bc}
F değeri		51,3**	97,6**	32,1**	28,8**	18,8**	190,0**	4922,3**	8,3**

**: *p<0,01* düzeyinde önemli. Farklı harflerle işaretlenmiş olan aynı sütundaki örneklerin ortalamaları istatistiksel açıdan birbirlerinden farklıdır. SAPUS: Soğuk atmosferik plazma uygulama süresi; PMT: peak maksimum zaman; BEM: maksimum tork; BM: maksimum torktan 15 s önceki tork; PM: maksimum torktan 15 s sonraki tork; G: tahminin gluten miktarı, P: tahmini protein oranı

Tam tane unu ile de çalışmalar yürütülmüştür. Un üzerinde yürütülen çalışmalarda 30 s optimum olarak düşünüldüğünden tam tane unu 10 g ve 30 s SAP uygulaması yapıldığında sedimantasyon değerlerinde istatistiki olarak önemli olmasa da çok az artış olurken azalma olmamıştır (Çizelge 3.7). GlutoPeak BEM, PM ve AGGEN değerlerindeki artış ve BM ve PMT değerlerindeki azalma daha sıkı gluten yapısı oluşumunu tam tane ununda 30 s'de doğrulamıştır (Çizelge 3.8).

Çizelge 3.7. Soğuk atmosferik plasma (SAP)'nın 10 g tam tane ununa karıştırma yapılmadan 30 s uygulanan sedimantasyon değeri sonuçları

SAPUS S	n	Sedimantasyon değeri ml
0	2	16,75 ± 0,354
30	2	17,50 ± 0,00
F değeri		ö.d.

SAPUS: Soğuk atmosferik plazma uygulama süresi; ö.d.: önemli değil

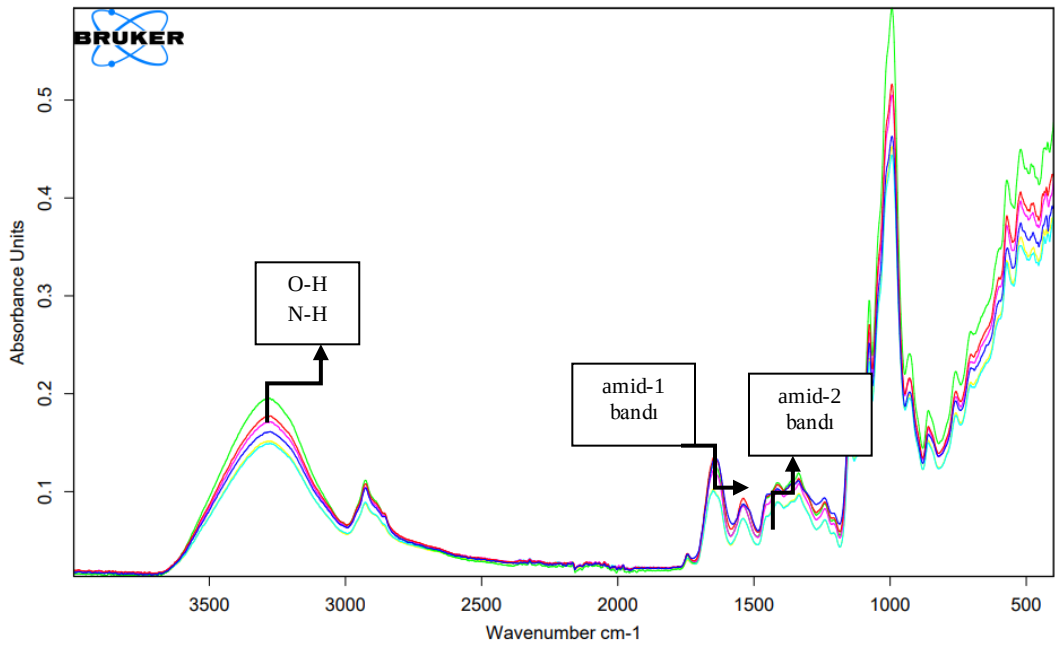
Çizelge 3.8. Soğuk atmosferik plasma (SAP)'nın 10 g tam tane ununa karıştırma yapılmadan 30 s uygulanan GlutoPeak değerleri sonuçları

SAPUS s	n	PMT değeri s	BEM GPU	BM değeri GPU
0	2	40,5 ± 0,71[a]	28,5 ± 0,71[b]	23,0 ± 0,00[a]
30	2	33,0 ± 1,41[b]	34,0 ± 1,41a	19,5 ± 0,71[b]
F değeri		45,0*	24,2*	49,0*
SAPUS s	n	PM GPU	AGGEN değeri cm^2	
0	2	21,0 ± 1,41[b]	793,5 ± 0,07[b]	
30	2	28,0 ± 0,00[a]	909,8 ± 0,35[a]	
F değeri		49,0*	207908,7**	

(*p<0,01; p<0,05)*; Farklı harflerle işaretlenmiş olan aynı sütundaki örneklerin ortalamaları istatistiksel açıdan birbirlerinden farklıdır SAPUS: Soğuk atmosferik plazma uygulama süresi; PMT: peak maksimum zaman; BEM: maksimum tork; BM: maksimum torktan 15 s önceki tork; PM: maksimum torktan 15 s sonraki tork; AGGEN: aggregasyon enerji değeri

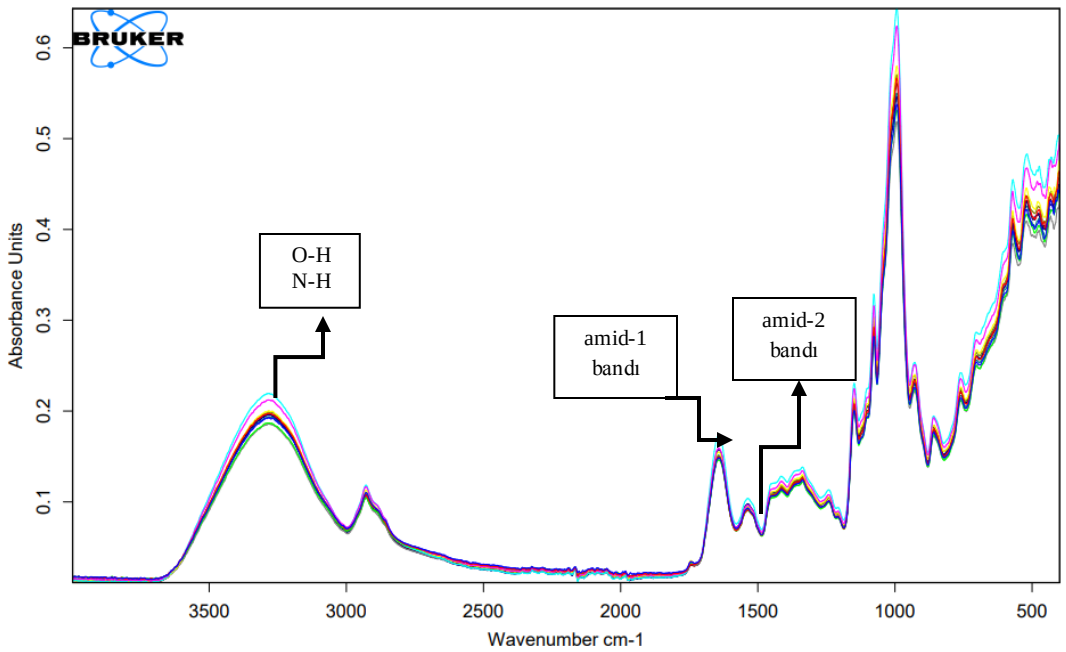
Sonuçta 10 dakika gibi yüksek sürelerin tritikale unlarında oluşan indirgen bazı bileşenlerle gluten yapısında ortaya çıkan S-S S-H dönüşümü ve artan beta dönüşleri ile gluten yapısının olumsuz etkilendiği görülmüştür. Ön çalışmada dikkat çeken en önemli konu düşük sürelerde (5 s) gibi ve karıştırma yapılmasa dahi gluten kalitesinde olumlu değişiklikler görülebilmesi olmuştur. Sedimantasyon değeri ve gluten agregasyon özellikleri bunu göstermiştir. Yalnız maksimum tork (BEM) ve sonrasında azalma (PM) ve enerji değerlerindeki (W ve AGGEN) artış bu durumun daha sıkı bir gluten direncinin artışı ile olabileceğini akla getirmiştir

Sonuç olarak; bu durumun diğer un, hamur ve son ürün (ekmek) özelliklerini etkileme düzeyinin düşük sürelerden başlanılarak yapılmasına karar verilmiştir. Laboratuvar imkanları dahilinde 5 s ve 15 s gluten yapısındaki varyasyonu görmek için yeterli olabileceği düşünülürken 45 s ise fazla uygulama süresi olarak seçilerek çalışmanın her iki un tipi içinde bu 3 farklı uygulama ile devam etmesi gerektiğine karar verilmiştir.



Şekil 3.1. Soğuk atmosferik plazma (SAP)'nın 10 g una karıştırma yapılmadan 0-300 s arasında 6 farklı sürede uygulanması ile elde edilen un örneklerine ait FTIR grafiği

Renkler: lacivert: kontrol un, kırmızı: 30 s, pembe: 60 s, yeşil: 90 s, mavi: 120 s, sarı:300 s



Şekil 3.2. Soğuk atmosferik plazma (SAP)'nın 10 g una karıştırma yapılmadan 0-50 s arasında 11 farklı sürede uygulanması ile elde edilen un örneklerine ait FTIR grafiği

Renkler: lacivert: kontrol un, kırmızı: 50 s, pembe: 45 s, yeşil: 40 s, su yeşili: 35 s, sarı: 30 s açık yeşil: 25 s, gri:20 s, siyah: 15 s, bordo: 10 s, mavi: 5 s

Çalışmada Soğuk atmosferik plasma (SAP)'nın 10 g una karıştırma yapılmadan 0-300 s arasında 6 farklı süre ve 0-50 s arasında 11 farklı süre uygulanması ile elde edilen un örneklerine ait FTIR analiz sonuçları Şekil 3.1 ve 3.2'de verilmiştir. FTIR'da su için pikler H ve OH iyonları temelinde 1640 cm^{-1} ve 3300 cm^{-1} 'de gözlenmektedir. Çalışmada protein için amid-I bandı yaklaşık 1600 cm^{-1} - 1700 cm^{-1} ve amid-II bandı 1550 cm^{-1} - 1570 cm^{-1} SAP uygulamasına bağlı olarak değişim gözlenmiştir (Amir vd., 2013; Manley vd., 2002). Amid I, proteindeki peptit grubunun C=O gerilmesinden kaynaklanır. Amid II bandı çoğunlukla N-H bükülmesinden ve ikincil olarak C-N gerilmesinin etkisinden kaynaklanır. Protein miktarı arttıkça spektrumda N-H gerilmesinin güçlü emilimi gözlemlenir (Manley vd., 2002). Belirlenen amid I bölgesi alfa-heliks (1650–1658 cm^{-1}), beta-tabakalar (1610–1640 $cm1^{-1}$), beta-dönüşler (1660–1700 cm 1) ve rastgele sarmallardan oluşmaktadır (1640–1650 cm 1) (Li vd., 2023). 2800 ila 3000 cm^{-1} arasındaki bölgede (C-H gerilme bölgesi) ve son olarak 3000 ila 3500 cm^{-1} arasındaki bölgede (O-H gerilme bölgesi) gözlenmiştir (Amir vd., 2013).

3.2.2. Tane özellikleri

Sarp tane çeşidinin ortalama hektolitre ağırlığı 75,7 kg; tane ağırlığı 46,6 g; elek üstü-2,8 mm değeri %66,8; elek üstü-2,5 mm değeri %25,9; elek üstü-2,2 mm değeri %7,0; elek altı değeri %0,69; L* değeri 52,2; a* değeri 9,1 ve b* değeri 24,0 olarak bulunmuştur.

3.2.2.1. Hektolitre ağırlığı

Çalışmada yaptığımız analizde, bir litrelik Nilemalitre hektolitre tayin cihazı kullanılmıştır (Anon. , 2024c). Ekipmanda, üst ve alt hazne birbirine bıçak kısmı eklenmeden kapatılmıştır. Örneğin, üst haznenin alt bölümündeki kilit kapatılmıştır. Üst haznenin belirlenen çizgisine kadar numune doldurulduktan sonra, parmak ucu ile kilit kısmına temas ettirilerek, örneğin standart bir hız ve sürede alt hazneye (1 L'lik) akması sağlanmıştır. Alt hazne tamamen dolduğunda bıçak yerine yerleştirilmiştir. Daha sonra, üst hazne yerinden çıkarılmış ve bıçağın üstünde kalan taneler örnek kaplarına aktarılmıştır. Bıçak kısmı çıkarıldıktan sonra, tam 1 L hacmindeki örnek tartılmış ve elde edilen değer 100 ile çarpılarak hektolitre ağırlığı hesaplanmıştır. Analiz, üç kez tekrarlanarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.2. Tane ağırlığı

Yabancı maddesi uzaklaştırılmış olan örnekten 250 adet tane sayılmış ve orantı kurularak 1000 tanenin ağırlığı bulunmuştur. Kurumadde cinsinden bin tane ağırlığının belirlenmesi için bulunan değer aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Özkaya ve Özkaya, 2005).

$$\text{BTA (k.m.)} = \frac{\text{BTA } (100 - \text{R})}{100}$$

BTA : 1000 Tane ağırlığı (g)

R : Örneğin rutubet miktarı (%)

3.2.2.3. Renk analizi

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

3.2.2.4. Elek analizi

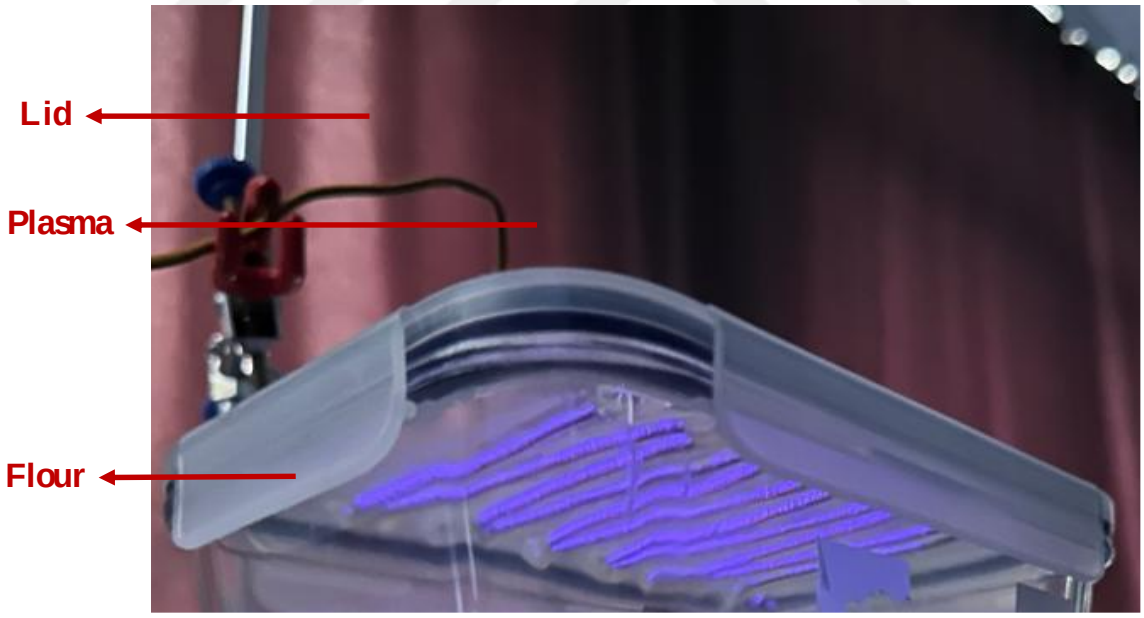
Delik aralığı 2.2, 2.5 ve 2.8 mm olan uzun (oblong) delikli elek takımı olan elek cihazı kullanılmıştır. Delik aralığı büyükten küçüğe doğru dizilmiş elek takımında yabancı maddesi ayrılmış 100 g buğday, elde veya makinada 5 dakika elenmiştir. Daha sonra her bir elek üzerinde kalan kısım ayrı ayrı tartımıştır (Özkaya ve Özkaya, 2005).

3.2.3. Öğütme işlemi

Buğday örnekleri, laboratuvar tipi valsli değirmende (Chopin Moulin CD1, Fransa) öğütülmüştür. Bu değirmen, kırma ve redüksiyon olmak üzere iki temel kısımdan meydana gelmektedir. Temizlenmiş ve tavlanmış buğdaylar öncelikle kırma sistemine verilerek kırılmış, bu işlem sonrasında irmik, kaba kepek ve tam tane unu ayrıştırılmıştır. Elde edilen ana ürün irmik, redüksiyon sisteminde öğütülerek una dönüştürülmekte ve ince kepek yan ürün olarak ayrılmaktadır. Kırma ve redüksiyon sistemlerinden geçirilen un örnekleri tartılarak, öğütülen temizlenmiş ve tavlanmış buğday miktarına göre kırma unu verimi, irmik unu verimi ve toplam un verimi yüzdesel olarak hesaplanmıştır (Elgün vd., 2005). Değirmende elde edilen kırma ve redüksiyon unlarının partikül iriliği, değirmene ait standart elekten geçecek boyutlardadır.

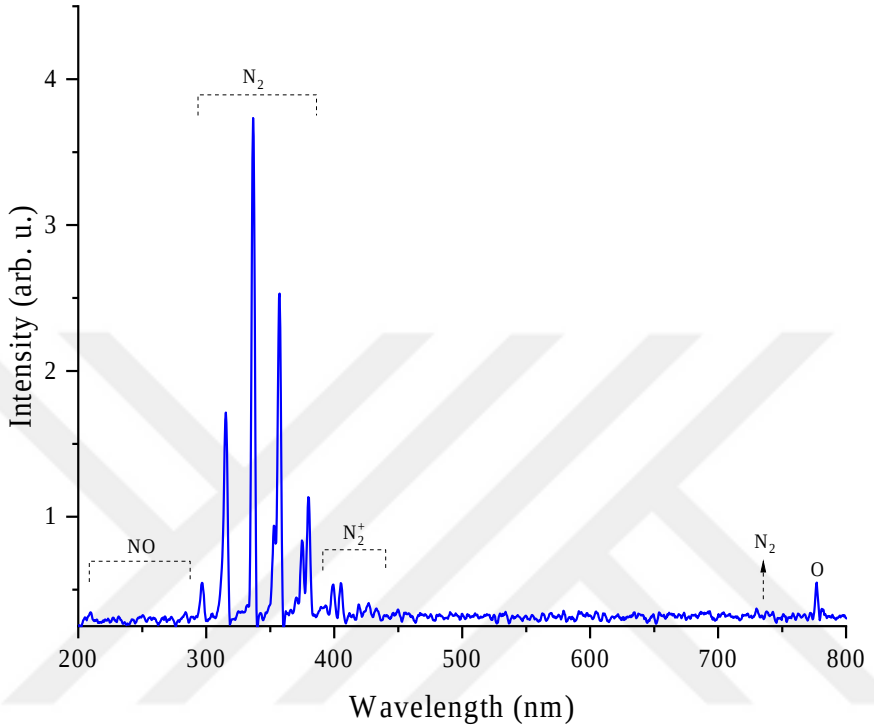
3.2.4. Soğuk atmosferik plazma uygulaması

Bu çalışmada atmosferik hava soğuk plazması olarak Yüzey Dielektrik Bariyer Deşarj (SDBD) sistemi kullanılmıştır. SDBD plazması, 1 litre hacimli kapalı bir kabın kapağında üretilmiştir (Şekil 3.3). Enerji elektrodu görevi görmesi için 1,5 mm kalınlığında bir bakır kablo, kapağın iç kısmına zikzak deseninde 11 kez monte edilmiştir. Her bir montajın mesafesi 10 cm'dir. Toprak elektrodu görevi görmesi için kapağın dış kısmına zikzak deseninde başka bir 1,5 mm kalınlığında bakır kablo, içerideki zikzak bakır kablonun tersine döşenmiştir. Polipropilen kapağın kalınlığı 2 mm'dir. Kabın derinliği 5 cm olduğundan, zeminlerde soğuk plazma uygulaması 4-5 cm yükseklikte kabul edilebilir. Soğuk atmosferik plazmayı (SAP) mikro deşarjlar olarak üretmek için 18 kV voltajlı ve 18 kHz frekanslı yüksek gerilimli bir güç kaynağı kullanılmıştır. Bu işlemde ek gaz kullanılmadığından, sistem enerjilendirildiğinde iç bakır kablo ile kapak arasında mor renkli atmosferik hava plazması oluşmaktadır. Soğuk atmosferik hava plazması unlara 5, 15 ve 45 s'lik farklı sürelerde uygulanmıştır.10 gram un kap içine konularak plazmalama işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.3. SAP'nın un üzerine uygulanması

Mikro deşarjlar olarak üretilen atmosferik hava plazmasının optik emisyon spektrumları Şekil 3.4'de verilmiştir. Spektrum, Ocean Optics USB2000+XR1-ES cihazıyla alınmıştır.



Şekil 3.4. SAP'nın optik emisyon spektrumu

3.2.5. Tam tane unu ve rafine un analizleri:

Plazma uygulanmış tam tane unu (5, 15, 45 s) ve plazma uygulanmamış tam tane unu (UK); Plazma Uygulanmış Un 5, 15, 45 saniye ve plazma uygulanmamış un toplam 8 örnek çalışılmıştır.

3.2.5.1. Makro-SDS sedimantasyon (MSDS) değeri:

Williams vd. (1988)'de belirtilen metoda göre 100 ml standart test tüpleri ile tam tane ununda sonuca ulaşılmıştır. Okunan değerler %14 neme göre düzeltme yapılarak verilmiştir.

3.2.5.2. Nem miktarı:

Plazma uygulanmış rafine ve tam tane unları 135°C'de daha önce kurutularak sabit ağırlığa getirilmiştir. Daha sonra yaklaşık 5 gram örnek desikatörde soğutularak darası alınmış kurutma kaplarına tartılmıştır. Örnekler, etüvde kapakları açık bir şekilde yerleştirilmiş ve 135°C'de sabit ağırlığa ulaşana kadar (yaklaşık 2 saat) kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir.İşlemin sonunda desikatöre kapaklar kapalı şekilde yerleştirilerek, soğutulduktan sonra tartım işlemi gerçekleştirilmiştir (Paraleller arasındaki fark %0.1 i geçmemelidir) (Elgün vd., 2011).

3.2.5.3. Kül miktarı:

AACCI Metot No:08.01'e (AACCI, 2010) göre belirlenmiştir. Sıcaklık değerleri yüksek derecelere kadar ayarlanabilen Kül Fırını (Labcompanion) ile analiz yapılmıştır.

3.2.5.4. Protein miktarı:

Analiz Dumas yakma yöntemiyle AACC Metot 46-30 (AACCI, 2010) göre çalışan azot (N) analizatörü (LECO FP628) ile ölçülmüştür ve N x 5.7 faktörü kullanılarak hesaplanan değerlerin sonucuna göre kalibre edilen FOSS NIRS 6500 cihazı ile hesaplanmıştır. Bulgular kurumaddeye göre düzeltilerek hesaplanmıştır.

3.2.5.5. Renk tayini:

Örneklerin renk analizleri Hunter Lab kolorimetre (ColorFlex EZ) değerleri referans alınarak hesaplanmıştır. Renk değerleri L (parlaklık, 100:beyaz, 0:siyah), a (-a:yeşil, +a:kırmızı), b (-b:mavi, +b:sarı) olarak sonuçlar bulunmuştur.

3.2.5.6. Gluten reolojik özellikleri:

Brabender GlutoPeak Cihazı kullanılmıştır (Brabender GmbH and Co KG, Duisburg, Germany). Analizde 8,5 g tam tane unu ve 9,5 g 0,5 M CaCl2 kullanılarak; analiz 34 0C

sabit sıcaklık ve 900 rpm sabit karıştırma hızında 3 dakikada işlem tamamlanmıştır. Pik maksimum zaman (PMT), maksimum tork (BEM), 15 s önceki tork (AM), 15 s sonraki tork (PM), agregasyon enerji değeri (AGGEN) sonuçları belirlenmiştir. (Karaduman vd., 2020).

3.2.5.7. Mineral madde miktarı:

Örneklerin mineral madde içeriklerinin belirlenmesinde ICPOES (İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi, PerkinElmer 8000, ABD) kullanılmıştır. Numune yakma işlemleri, CEM Mars6 marka mikrodalga fırında gerçekleştirilmiştir. Tüm çözeltiler analitik saflıkta hazırlanmış olup, ultra saf su (18 MΩ cm dirençli) TKA Ultra Pacific ve Genpura su saflaştırma sistemleri kullanılarak elde edilmiştir. Argon gazı (99.9995% saflıkta, Linde, Türkiye) taşıyıcı gaz olarak tercih edilmiştir. Standart stok çözeltiler (1000 mg/L) ise her element için kalibrasyon standartlarını oluşturmak amacıyla kullanılmıştır (Merck,Darmstadt,Almanya).

Numunelerden 0,5 g alınarak polietilen teflon tüplere konulmuş ve üzerine 10 ml derişik HNO3 eklenmiştir. Mikrodalga fırın yakma programına göre, bu karışım 0 dakika süreyle 200°C'de ısıtılmıştır. İşlem tamamlandıktan sonra, örnekler oda sıcaklığında soğutulmuş ve ultrasaf su ile 50 mL hacmine getirilmiştir. Ardından ICP-OES cihazında analiz edilmiştir. Cihazın çalışma koşulları arasında RF gücü 1300 W, plazma akış hızı 15 L/dak, yardımcı gaz akışı 1 L/dak, sisleştirici akışı 0,5 L/dak ve entegrasyon modu pik alanı olarak belirlenmiştir. Örnek akış hızı 0,8 ml/dak olarak ayarlanmış, analizlerde yüksek saflıkta (%99,99) argon ve azot gazları kullanılmıştır. Analiz işlemi iki tekrarlamalı olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.5.8. Diyet lifi miktarı

Toplam, çözünen ve çözünmeyen besinsel lif analizi test kiti kullanılmıştır AOAC Metod No:991.43 (AOAC, 1998) enzimatik ve gravimetrik yönteminden faydalanarak sonuca ulaşılmıştır. Analiz iki paralelli olarak yapılmıştır.

3.2.5.9. Toplam fenolik madde miktarı:

Folin-Ciocalteu metodu kullanılmıştır. Yöntemin temel prensibi redoks potansiyelidir. Alkali ortamda Folin-Ciocalteu ayracı fenolik bileşikler tarafından indirgenmekte ve mavi renge dönüşmektedir. 765 nm dalga boyunda spektrofotometrede standart kurve ile fenolik madde miktarı sonucuna ulaşılmaktadır. Deney sırasında 0.15 mL fenolik ekstraktı üzerine 2.4 mL damıtık su eklenmiştir. 0.25 N FolinCiocalteu reaktifinden 0.15 mL eklendikten sonra, ve vorteks cihazından faydalanarak çalkalanıp 3 dak karanlık odada ışık sızdırmayan kaplar içinde karanlıkta bekletilmiştir. Reaksiyonu durdurmak için 0.5 M Na2CO3 çözeltisinden 0.3 mL eklendikten sonra numuneler oda sıcaklığında 25 dakika inkübasyon yapılmıştır. Süre sonunda çözeltilerin absorbansı UV-vis spektrofotometrede 765 nm dalga boyunda şahit denemeye karşı okunmuştur. Farklı konsantrasyonlardaki standart gallik asit çözeltilerinden yararlanılarak kalibrasyon eğrisi hazırlanmıştır. Bu grafiğin denkleminden yararlanılarak toplam fenolik madde miktarı mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/kg numune şeklinde hesaplanmıştır (Sedej vd., 2016). Analiz üç tekrarlamalı olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.5.10. Antioksidan aktivite (DPPH)

1,1-difenil-2-pikril hidrazil (DPPH) metoduyla 0.1 mL ekstrakt üzerine 4.9 mL etanollü DPPH çözeltisi ilave edilip 20 dakika süreyle oda sıcaklığında ve karanlık bir ortamda yapılan inkübasyondan sonra, karışımın absorbansı 517 nm'de ölçüm gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar % inhibisyon şeklinde belirlenmiştir (Molyneux, 2004). Analiz üç tekrarlamalı olarak yapılmıştır.

3.2.5.11. Su aktivitesi:

Su Aktivitesi Tayin Cihazı (Streoglass, Sweden) kullanılarak ölçüm gerçekleştirilmiştir. Analiz üç tekrarlamalı olarak sonuçlandırılmıştır.

3.2.5.12. FTIR analizi:

Örneklerin bağ yapılarında meydana gelen değişimler FTIR spektrumları Shimadzu IR Affinity Prestige-21 (Japonya) ve Miracle Single-Reflection Diamond ATR ekipmanı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Ölçümün yapılacağı dalga boyu aralığı 4000-650 cm-1 olarak seçilmiştir.

3.2.5.13. Düşme sayısı:

Plazma uygulanmış rafine un analizleri için Falling Number cihazında (Perten Falling Number 1500, Huddinge, İsveç) AACC Standart Metot No: 56-81B (AACCI., 2010)'ye göre sonuca ulaşılmıştır.

3.2.5.14. Gluten reolojik özellikleri:

Plazma uygulanmış rafine un analizleri için Brabender GlutoPeak Cihazı kullanılmıştır (Brabender GmbH and Co KG, Duisburg, Germany). Analizde 8,5 g tam tane ve rafine unm ve 9,5 g 0,5 M CaCl2 kullanılmış; analiz 34 0C sabit sıcaklık ve 900 rpm sabit karıştırma hızında 3 dakika sürede sonuca ulaşılmıştır. Peak maksimum time (PMT), maximum torque (BEM), Torque 15 s before BEM (AM), Torque 15 s after BEM (PM), agregasyon enerji değeri (AGGEN) elde edilmiştir (Karaduman vd., 2020).

3.2.5.15. Farinograf

Plazma uygulanmış rafine unda hamur yoğurma özelliklerinin analizi için, Promilografın büreti 30°C'deki saf su ile doldurulmuştur. Unun iyice karışabilmesi için 1 dakika boyunca çalıştırılmıştır. Bu sürenin sona ermesinin ardından, büretten su verilmesine başlanmıştır. Yoğurucunun kenarında kalan hamur parçaları ise bir plastik spatülle ana kütleye dahil edilmiştir. Su verilmesine, kurvenin 500 BU konsistans çizgisini ortalamaya başlayana kadar devam edilmiştir. Harcanan su miktarı, yani su absorpsiyonu, bu aşamada belirlenmiştir. İşlem tamamlandıktan sonra alet durdurulmuş ve temizlenmiştir.

Ana deneme için, daha sonra tartılan un miktarı yoğurucuya konulmuş ve aynı işlemler tekrarlanmıştır. Ancak bu sefer, daha önce hesaplanan su miktarı büretten 25 saniye içinde verilmiş ve yoğurucunun kapağı kapatılmıştır. Kurvenin düşmeye başlamasından itibaren 12 dakika sonra Promilograf kapatılmış ve temizlenmiştir. Tüm analizler, iki tekrar ile gerçekleştirilmiştir. Bu süreçte hamur direnci, gelişme süresi, su absorpsiyonu, stabilite ve yumuşama değeri belirlenmiştir. Belirlenen su absorpsiyon değerleri, ekmek yapımında hamura eklenmesi gereken su miktarını hesaplamak için de kullanılmıştır.

3.2.5.16. Alveograf

Plazma uygulanmış rafine un hamur alveograf özellikleri, Alveo-link (Chopin Technologies France) kullanılarak American Association of Cereal Chemists International (AACCI) tarafından belirlenen 54.30.02 yönteminin modifiye edilmiş versiyonu ile incelenmiştir. Analiz için 60 gram un kullanılmış ve unun su ihtiyacı, prolomilografta belirlenen su absorpsiyonuna göre ayarlanmıştır. Hamur elde etmek amacıyla 60 gram kapasiteli bir tek bıçaklı mikser (Bastak Instruments) kullanılmıştır 25°C'lik su eklenmesinin ardından, mikserin 1. ve 2. dakikalarında durdurularak kenarlara yapışan hamur karıştırılmıştır. Toplamda 8 dakika süren yoğurma işleminin ardından hamur dikkatlice içe katlanmış ve kenarları ile uç kısımları da içe doğru getirilmiştir. Hamur, şekillendirici cihazın standart kalıbına uygun kalınlıkta açılmış ve gerektiği kadar uzatılarak, standart hamur kesme cihazında kesilmiştir. 20 dakika dinlendirilen hamurlar üzerinde Alveo-AH testi uygulanmış; direnç (T), uzama kabiliyeti (A), T/A oranı, enerji değeri (W) ve elastikiyet indeksi (Ie) değerleri belirlenmiştir.

3.2.5.17. Solvent tutma kapasitesi (STK testleri)

Plazma uygulanmış rafine un analizleri için Guzman vd. (2015)'e göre ve Karaduman (2020)'de çalışılarak belirtilen metodoloji doğrultusunda bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, solvent olarak %5 (w/v) sodyum karbonat, %5(v/v) laktik asit, %50(w/v) sakkaroz ve saf su kullanılmıştır. İşleme başlamak için, 2 ml'lik santrifüj tüplerine 0.3000 g un tartılmış ve üzerine her bir solvent eklenmiştir. Karışım, homojen hale gelene kadar vortekslenmiş, ardından hızlıca bir termomiksere konularak 1400 rpm'de, 25°C'de 5 dakika süreyle bekletilmiştir. Sonrasında tüp içeriği 400 g'de 2 dakika santrifüj

edilmiştir. Solvent içeriği döküldükten sonra, tüpler 45 derece açı ile oda sıcaklığında 10 dakika bekletilmiş, üst kısımları kağıt havlu ile silinerek tüp ve kalıntı ağırlığı tartılmıştır. Tüm analizler üç tekrarlamalı olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, aşağıda belirtilen formülle %14 rutubet göz önünde bulundurularak düzeltilmiştir:

%STK = Tüp + kalıntı ağırlığı- Boş tüp ağırlığı x (100 - 14 / 100 - un rutubeti,%) - 1 X 100 Un ağırlığı

Gluten Şişme İndeksi (GSI) ise Wang ve Kovacs (2002) metoduna göre belirlenmiştir. Öncelikle, izopropanol-laktik asit çözeltisi hazırlanmıştır (AACC 56-60). Bu işlem için, %25'lik laktik asit solüsyonundan 45 ml alınarak üzerine 50 ml izopropanol eklenmiş, ardından hacim 250 ml'ye tamamlanmıştır. 2 ml'lik santrifüj tüpüne 40 g un tartılmış ve üzerine 0.8 ml saf su eklenerek 5 saniye vortekslenmiştir. Karışım, termomikserde 1400 rpm'de, 25 °C'de 10 dakika bekletilmiştir. Sonrasında 0.4 ml izopropanol-laktik asit çözeltisi eklenerek tekrar 5 saniye vortekslenmiştir. Yeniden, termomikserde 1400 rpm'de, 25°C'de 10 dakika bekletilmiş ve daha sonra 100 g'de 5 dakika santrifüj edilmiştir. Çözelti döküldükten sonra tüpün üst kısmı kağıt havlu ile silinmiş ve tartılmıştır. Elde edilen veriler, üç tekrarlamalı analizler ile doğrulanmış ve sonuçlar %14 rutubet dikkate alınarak düzeltilmiştir.

%GSI = Tüp + kalıntı ağırlığı- Boş tüp ağırlığı x (100 - 14 / 100 - un rutubeti,%) Un ağırlığı

3.2.5.18. <u>Yaş gluten (öz) miktarı ve gluten indeks değeri:</u>

Plazma uygulanmış rafine un analizleri için Gluten yıkma cihazı (Perten, Glutomatik) kullanılarak belirlenmiştir. Çalışmaya başlamadan önce aletin 10 litrelik deposu %2'lik tuzlu su çözeltisi ile doldurulmuştur. Alet, yoğurma süresi 20 sn, yıkama süresi 4.5 dak ve yıkama suyunun akış hızı 50-54 ml/dak olacak şekilde ayarlanmıştır. Aletin yıkama başlığına takılan özel elek içerisine 10 g un örneğinden tartılmıştır. Un için ince elek (gözenek aralığı 80 µm), tam tane unu için kalın elek (gözenek aralığı 800 µm) kullanılmıştır. Unun randımanına ve gluten kalitesine gore 4.95.2 mL kadar yıkama çözeltisi ilave edilerek ve başlık yerine takılmıştır. Alet çalıştırılarak önceden ayarlanan sürelerde, önce yoğurma sonra yıkama işlemi otomatik olarak yapılmıştır. Alet durduktan sonra başlık

çıkarılarak 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. Analiz üç tekrarlamalı olarak yapılmıştır.

Yaş gluten miktarı (k.m, %) = 100 x yaş gluten miktarı, % x (100-örnek rutubeti,%)

Elde edilen yaş gluten daha sonra santrifüj eleklerine yerleştirilir ve 1 dakika boyunca 6000 rpm (devir/dakika) sabit hızda santrifüj edilir. Santrifüj işleminden sonra, elekten geçen gluten bir spatül yardımıyla kazınarak tartılır. Elekten geçmeyen gluten ise bir pens kullanılarak alınır ve tartılır. Bu işlemle elde edilen elekten geçmeyen gluten miktarı, toplam gluten oranı dikkate alınarak hesaplanır ve böylece gluten indeks değeri belirlenmiş olur.

3.2.5.19. <u>Amino asit profilinin belirlenmesi:</u>

Henderson vd. (2007) tarafından önerilen metoda göre Agilent 1200 HPLC cihazında, DAD dedektörü kullanılarak Zorbax Eclipse-AAA 4.6 X 150 mm, 3.5 µm kolonunda gerçekleştirilmiştir. Amino asitleri, türevlendirme reaktörü olarak OPA (ortho-phthalaldehyde) ve FMOC (9- fluorenylmethyl chloroformate), tampon olarak ise 0,4 N borat kullanılmıştır.

3.2.6. Ekmeklerin eldesi ve analizleri:

Plazma Uygulanmış Un ve tam tane unu (5, 15, 45 saniye) ve plazma uygulanmamış un ve tam tane unu toplam 8 numunede laboratuvar tipi ekmek yapılmıştır. Modifiye edilerek AACC Metot No:10-10A (AACCI, 2010) uygulanmıştır. 100 g una (%14 km), tuz-şeker çözeltisi (%3 tuz, %2 şeker, w/w), yaş maya çözeltisi (%3) ilave edilmiştir. GlutoPeak' te belirlenen miktarda su ilave edilerek (yaş maya çözeltisinden gelen su miktarı göz önünde bulundurularak) 10 dakika mutfak tipi hamur yoğurma makinesinde (KitchenAid, 5KSM45, ABD) yoğrulmuştur. Yaş maya çözeltisi (15 ml) ilave edilerek 1 dk yoğurma devam etmiştir. En son tuz çözeltisinden 15 ml ilave edilerek 2.5 dk yoğurma ile sonlandırılmıştır. Yoğurma işleminden sonra hamur 30 0C'de % 80±5 neme sahip fermantasyon kabininde 30 dakikalık fermentasyon işleminde bekletilmiştir. Katlama (gaz alma) işlemi sonrasında aynı koşullarda 30 dakika daha fermantasyona bırakılmıştır. Daha sonra ise son katlama işlemi

gerçekleştirilerek şekil verilerek kalıplara konulmuştur. 55 dakika süreyle 30 °C'de son fermentasyon için bekletilen hamurlar laboratuvar tipi döner fırında 25 dakika 230°C'de pişirilmiştir.

3.2.6.1. Ekmeklerin kabuk ve ekmek içi renk değerleri:

Ekmek diliminin kabuk ve iç kısmı ayrı olmak üzere 3 farklı yerinden ölçülmüştür. 3.2.1.5'e göre yapılmıştır. Analiz iki tekrarlamalı olarak yapılmıştır.

3.2.6.2. Tekstür profil analizi (TPA):

Sertlik, yapışkanlık, esneklik, çiğnenebilirlik değerleri tekstür analiz cihazı (Stable Microsysytems, TA-XT plus, Godalming, Surrey, İngiltere) ile ekmek içi için belirlenmiştir. 1,25 mm kalınlığında 2 dilim ekmek üstüste getirilerek, 36 mm'lik prob (P/36) ile ölçüm gerçekleştirilmiştir. 5 kg'lık yük hücresi kullanılmıştır. Analizin yürütüldüğü koşullar ön test hızı: 1.0mm/s, test hızı: 2.0 mm/s, test sonrası hız: 2.0 mm/s, sıkıştırma oranı: %40, tetikleme gücü: 20 g, zaman: 5 saniye şeklinde karar verilmiştir. Analiz iki tekrarlamalı olarak yapılmıştır.

3.2.6.3. Ekmek hacim değerleri:

Yapmış olduğumuz ekmekler, oda sıcaklığında iki saat soğutulmuş ve ekmek hacimleri, hacim ölçme aleti ile kolza tohumu kullanılarak Standard Metot No 10-05A (AACCI, 2010) çerçevesinde belirlenmiştir. 100 g una karşılık gelen hacim verimi (mL) ve ağırlık verimi (g) saptanmış; bu değerler kullanılarak spesifik hacim (g/mL) hesaplanmıştır. Analiz, iki tekrarlı olarakmgerçekleştirilmiştir.

3.2.6.4. Duyusal özellikler

Gıda bilimi ve teknolojisi alanında uzmanlaşmış 15 gönüllü panelist, 20-55 yaş aralığında 8 erkek ve 7 kadından oluşan bir grup, duyusal analiz gerçekleştirmiştir.

Panelistlere çalışmanın amacı hakkında bilgilendirme yapılmıştır. Her duyusal oturum için rastgele numaralarla kodlanmış ekmek örnekleri, ağzı çalkalamak amacıyla bir bardak saf su ile birlikte plastik bir tabakta 20 °C'de değerlendirilmeleri için sunulmuştur (Altuğ Onoğur ve Elmacı, 2011; Karaduman vd., 2023).Kabuk rengi, iç rengi, görünüş, gözenek yapısı, ekmek içi yapı, lezzet, çiğnenebilirlik ve genel beğeni gibi duyusal öğeler, 1 ila 9 arasında bir aralık sağlayan hedonik bir ölçekte puanlanmıştır (1 = hiç beğenmedim, 5 = orta derecede beğendim, 9 = çok beğendim.)

3.2.6.5. İstatistiksel analizler:

Tam tane unu, rafine un ve ekmek üzerinde yapılan analizler şansa bağlı deneme deseninde JMP 13.0.0 (SAS Institute Inc. Cary, NC, USA) analiz programı kullanılarak varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır. Ortalamalar arasındaki önemli fark %95 ($p<0.05$) anlamlılık düzeyindeki Student-t testi kullanılarak analiz edilmiştir (SAS, 1998).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Tam Tane Unu Analizleri

4.1.1 Renk analizi

Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane unu örneklerinin renk değerlerine (L*, a*, b*) ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1'de gösterilmiştir. L*, a*, b* renk değerlerinin üç farklı sürede soğuk atmosferik plasma (SAP) uygulamasının renk değerleri üzerinde istatistiki olarak önemli bir etkisi gözlemlenmemiştir. Üç farklı sürede SAP uygulanan un örneklerine ait L*, a*, b* renk değerleri ortalamaları Çizelge 4.2'de verilmiştir. L* değerleri 85,35- 85,49 arasında; a* değerleri 2,69-2,73 ve b* renk değerleri 11,62-11,78 değer aralığındadır. Tritikale unlarının rengi bileşimindeki pigmentlerden kaynaklanır. Beyaz-sarı endosperm parçacıkları karotenoid pigmentlerini ve koyu renkli kepek parçacıkları flavonoid pigmentlerini taşırlar (Ghendov-Mosanu vd., 2024). Daha düşük L* değerleri (parlaklık kaybı) unda daha fazla flavonoid pigmentini, daha yüksek a* değerleri ksantofiller gibi daha fazla kırmızı pigmenti gösterir (Grabovets ve Krokhmal, 2012). b* parametresinin değeri, tritikale ununda karotenoidlerin varlığından kaynaklı unun sarı renginin ölçütüdür, (Atudorei vd., 2022). Bir araştırmada tritikaleden makarna yapılmıştır. Tritikale makarna hamuru, buğday hamuruna kıyasla daha düşük bir renk skoruna ve L değerine (açıklık) sahip iken, a* (kırmızılık) ve b* (sarılık) değerleri benzer olmuştur. Tritikale makarnası, buğday makarnasından daha düşük a* değerine ve benzer L ve b* değerlerine sahip olmuştur (Martinez vd., 2012). Ghendov-Mosanu vd., (2024) yaptıkları çalışmada farklı tritikale çeşitleri tam tane ununda L* değerleri 81,08-82,62; a* değerleri 2,01-2,51; b* değerleri 10,79-12,39 arasında değişmiştir.

Çizelge 4.1. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tam tane unları örneklerine ait L*, a*, b* renk değerleri varyans analiz değerleri

VK	SD	L*			a*			b*		
		KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	0,074	0,025	0,287	0,006	0,002	0,600	0,048	0,016	0,588
Hata	8	0,690	0,086		0,024	0,003		0,218	0,027	
Toplam	11	0,764			0,029			0,266		

VK: varyasyon kaynağı; SD: serbestlikderecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması; L*: parlaklık; a*: +kırmızı/-yeşil; b*: +sarı/-mavi; SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

Çizelge 4.2. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane unu örneklerine ait L*, a*, b* renk değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

SAPUSs	n	L*	a*	b*
0	3	85,35 ± 0,37	2,73 ± 0,03	11,62 ± 0,18
5	3	85,48 ± 0,35	2,67 ± 0,05	11,63 ± 0,14
15	3	85,57 ± 0,14	2,71 ± 0,06	11,70 ± 0,14
45	3	85,49 ± 0,26	2,69 ± 0,08	11,78 ± 0,20

L*: parlaklık; a*: +kırmızı/-yeşil; b*: +sarı/-mavi SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

4.1.2 Fizikokimyasal özellikler

Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane unu örneklerinin su aktivitesi, protein oranı, rutubet miktarı, kül miktarı ve sertlik değerlerine ait varyans analiz değerleri Çizelge 4.3'te gösterilmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre yalnız su aktivitesi (a_w) değerinde istatistiki olarak önemli bir farklılık gözlemlenmiştir ($p < 0,05$).

Çizelge 4.3. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane unu örneklerine ait rutubet miktarı, kül miktarı, su aktivitesi ve sertlik değeri varyans analiz sonucu değerleri

VK	SD	Su aktivitesi değeri			Protein oranı %			Sertlik değeri		
		KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	0,001	0,0004	6,908*	0,023	0,008	0,575	10,626	3,542	0,634
Hata	8	0,0004	0,00005		0,108	0,014		44,7	5,588	
Toplam	11	0,002			0,131			55,326		

VK	SD	Rutubet miktarı %			Kül miktarı %		
		KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	0,115	0,038	2,193	0,001	0,0002	0,374
Hata	8	0,140	0,018		0,003	0,0004	
Toplam	11	0,255			0,004		

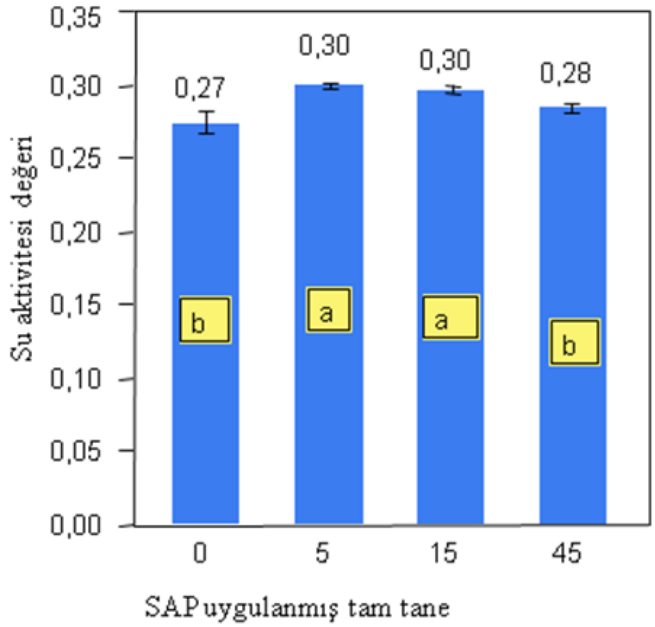
**: $p<0,05$* düzeyinde önemli; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: karelertoplamı; KO: karelerortalaması; SAPUS: soğuk atmosferik plasma uygulama süresi

Çizelge 4.3'te $p< 0,05$ düzeyinde önemli çıkan üç farklı sürede SAP uygulanmış tam tane unlarına ait su aktivitesi değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma sonuçları ve diğer parametrelere ait ortalamalar Çizelge 4.4'te verilmiştir. Çalışmada, farklı saniyelerde plazma uygulanmış tam tane unlarına ait su aktivitesi değerleri istatistiki olarak kontrol tam tane ununa göre 5 ve 15 saniyede daha yüksek bulunmuştur (0,30). 45 saniyede ise istatistiki olarak bir değişim gözlemlenmemiştir (Şekil 4.1). Unlarda mikrobiyal (küf) ve ezimatik gelişim ve doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu ile ilişkili su aktivite değeri (Özay vd., 1993) 5 s ve 15 s de yükselse de bu reaksiyonları hızlandıracak yüksek seviyelerde değildir. Çalışmada tam tane ununda SAP uygulama sürelerinde tane protein oranı %13,79-18,86; sertlik değeri 43,62-46,08; rutubet miktarı miktarı %10,69-10,95 ve kül miktarı %1,74-1,75 arasında çok dar aralıkta değişim göstermiştir. Demir vd (2024), tritikalede tanedeki protein oranının %12-14 arasında değiştiğini belirtirken kuru ve sulu koşullarda yetiştirdikleri 22 hat ve 3 standart çeşitte yaptıkları çalışmada tane protein oranının kuru koşullarda %9,90-13,81 ve sulu koşullarda %11,87-13,49 arasında değiştiğini ifade etmişlerdir. Yazlık tritikale tane protein oranı %10,3-15,6 ve kışlık tritikalede %10,2-13,5 arasında değiştiği bildirilmiştir (Pena, 2004). Tritikale tane proteinleri yapısında çavdardan gelen genler nedeni ile zayıf gluten yapısına sahip olup ekmek-yapım kabiliyeti düşüktür (Amaya ve Pena, 1991). Kül; fosfor, potasyum, kalsiyum,magnezyum,demir, çinko ve bakır mineral bileşiklerinden oluşur (Czaja vd., 2020). Ghendov-Mosanu vd., (2024) yaptıkları çalışmada tritikale farklı tritikale çeşitlerinde tam tane ununda kül miktarı %1,5-1,8 arasında değişmiştir. Tritikale taneleri ekmeklik buğdaylar için SKCS sertlik verileri ile yapılan değerlendirmeye göre orta sertlik düzeyindedir (Karaduman vd., 2020). Nem içeriği, unun ihtiva ettiği bağlı ve serbest suyu nem miktarını berlirler (Khan vd. , 2023). Çalışmada örneklerde nem miktarı %10,69-10,95 arasında olup unların depolama stabilitesi için istenilen %14,0'ün altındadır (Golea vd., 2023).

Çizelge 4.4. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane unu örneklerine ait protein oranı, rutubet miktarı, kül miktarı, su aktivitesi ve sertlik değeri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonucu değerleri

SAPUS s	n	Protein oranı %	Sertlik	Rutubet miktarı %
0	3	13,79 ± 0,05	46,08 ± 3,63	10,69 ± 0,24
5	3	13,86 ± 0,13	43,62 ± 2,65	10,95 ± 0,09
15	3	13,91 ± 0,12	44,37 ± 0,86	10,74 ± 0,05
45	3	13,87 ± 0,14	44,00 ± 1,18	10,77 ± 0,07
SAPUS s	n	Su aktivitesi %	Kül miktarı %	
0	3	0,27 ± 0,01[b]	1,74 ± 0,02	
5	3	0,30 ± 0,00[a]	1,75 ± 0,03	
15	3	0,30 ± 0,01[a]	1,74 ± 0,01	
45	3	0,28 ± 0,01[b]	1,74 ± 0,01	

($p<0,05$); Farklı harflerle işaretlenmiş olan aynı sütundaki örneklerin ortalamaları istatistiksel açıdan birbirlerinden farklıdır SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi



Şekil 4.1. Farklı sürelerde soğuk atmosferik plazma (SAP) uygulanan tam tane unlarına ait su aktivitesi (a_w) değerleri. 0: kontrol; 5: 5 s uygulama; 15: 15 s uygulama; 45: 45 s uygulama

4.1.3. Gluten kalitesi

Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane un örneklerine ait sedimantasyon değeri ve yaş gluten miktarı varyans analiz sonuçları Çizelge 4.5'te verilmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre sedimantasyon ve yaş gluten miktarlarında istatistiki olarak önemli bir değişim gözlemlenmemiştir.

Çizelge 4.5. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane unlarına ait sedimantasyon değeri ve yaş gluten miktarı varyans analiz sonuçları

VK	SD	Sedimantasyon değeri Ml			Yaş gluten miktarı %		
		KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	8,25	2,75	2,316	0,349	0,116	0,893
Hata	4	4,75	1,188		1,044	0,131	
Toplam	7	13			1,393		

VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması; SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

Tam tane un örneklerine ait makro SDS sedimantasyon değeri ve yaş gluten miktarı ortalama değerleri ise Çizelge 4.6'da verilmiştir. Kontrole göre soğuk atmosferik plazma (SAP) uygulama sürelerinde sedimantasyon süreleri 45 s de 22,50 ml'ye çıksa da değişim istatistiki olarak anlamlı değildir. Uygulama sürelerinin yaş gluten miktarları ise birbirine yakındır (%31,0). Tritikale unları buğday ile karşılaştırıldığında tane protein oranları yakın olmakla birlikte gluten kaliteleri zayıf olduğundan yeterli gluten elde edilememektedir (Köse vd, 2002). Tam tane ununda yaş gluten eldesinde kepek tabakasınında suyu tutması ve ayrılmaması nedeni ile una göre yaş gluten miktarları daha yüksek çıkmıştır. Gluten kalitesi ekmek yapımında gluten miktarından çok daha önemlidir (Ghendov-Mosanu vd., 2024). Demir vd. (2024) yaptıkları çalışmada tritikale tam tane ununda SDS sedimantasyon değerlerinin 11,75-21,25 ml arasında bulmuşlardır. Aydoğan vd. (2021) 1020 adet tritikale örrneklerinde SDS sedimantasyon değerlerinin 10-24 ml arasında değiştiğini ifade etmişlerdir.

Yüksek değerleri ekmek hacmi ve kalitesini gösteren sedimantasyon analizi (Elgün vd. , 2002); tritikalenin zayıf gluten kalitesinden dolayı diğer çalışmalara benzer şekilde düşük elde edilmiştir ve uygulama sürelerinin uygulama yapılmayan unun 20,0 ml sedimantasyon değerinde önemli bir değişime neden olamamışlardır. Khan. vd., (2023) buğday ununda yaptıkları çalışmada SAP uygulaması buğday ununda sedimantasyon değerlerini değiştirmemiştir.

Çizelge 4.6. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane unlarına ait sedimantasyon değeri ve yaş gluten miktarı değeri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

SAPUS s	n	Sedimantasyon değeri ml	Yaş gluten miktarı %
0	3	20,00 ± 0,00	31,07 ± 0,49
5	3	20,25 ± 0,35	30,97 ± 0,24
15	3	20,25 ± 0,35	31,13 ± 0,10
45	3	22,50 ± 2,12	30,68 ± 0,47

SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

4.1.4. GlutopPeak değerleri

Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane un örneklerine ait GlutoPeak peak maksimum zaman (PMT), maksimum tork (BEM), maksimum torktan 15 s önceki tork (BM), maksimum torktan 15 s önceki tork (PM) ve agregasyon enerji (AGGEN) değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.7'de verilmiştir. Varyans analiz sonuçları değerlendiridiğinde kontrole göre SAP uygulama süresi ile BEM değerlerinde önemli ($p<0,05$) ve AGGEN değerinde çok önemli farklılık gözlemlenmiştir. Tam tane un örneklerine GlutoPeak ortalama değerlerinde ait çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane un örneklerine ait GlutoPeak değerlerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	GlutoPeak PMT değeri S			GlutoPeak BEM değeri GPU			GlutoPeak BM değeri GPU		
		KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	31	10,333	1,531	16,375	5,458	8,733*	65,5	21,833	3,359
Hata	4	27	6,75		2,5	0,625		26	6,5	
Toplam	7	58			18,875			91,5		

VK	SD	GlutoPeak PM değeri GPU			GlutoPeak AGGEN değeri cm^2		
		KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	13,375	4,458	1,8772	13200,836	4400,279	307,833**
Hata	4	9,5	2,375		57,177	14,29	
Toplam	7	22,875		0,2744	13258,014		

*: *p<0,05* ; **:*p<0,01* düzeyinde önemli; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması PMT: peak maksimum zaman; BEM: maksimum tork; BM: maksimum torktan 15 s önceki tork; PM: maksimum torktan 15 s sonraki tork; AGGEN: GlutoPeak agregasyon enerji değeri; SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

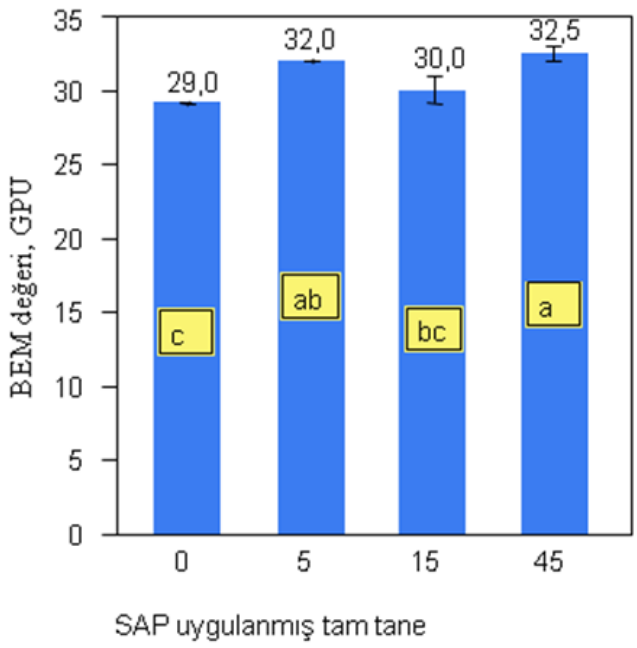
Gluten agregasyon özelliklerinin değerlendirilmesinde yaygınlaşmaya başlayan GlutoPeak cihazı gluten oluşumu ve bu sırada yapısında meydana gelen değişimleri göstermesi bakımından önemli bilgiler sağlamaktadır (Karaduman vd., 2019; Şahin vd., 2020; Durmuş vd., 2023; Wang vd., 2024); BEM değeri gluten 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; AGGEN değeri agregasyon enerji değerini ifade etmektedir (Chandi ve Seetharaman, 2012). Çizelge 4.8'de ve Şekil 4.2.'de görüldüğü gibi plazma uygulanmış tam tane unlarına ait BEM ve AGGEN değerleri kontrol ununa göre üç süre içinde daha yüksek olmuştur. Kontrol örneğin BEM değeri 29,0 BU olurken 5, 15 ve 45 s lerde sırasıyla 32,0 BU, 30,0 ve 32,5 GPU olmuştur. BEM değerindeki artış gluten yapısının güçlendiğini göstermiştir. Bu durum agregasyon enerji değerlerine yansımış ve AGGEN değerleri 830,4 cm^2'den BEM değerine paralel artmıştır (899,5 cm^2; 852,0 cm^2; 934,6 cm^2). İstatistiksel olarak önemli olmasa da uygulama yapılmayan tam tane ununa göre SAP uygulama yöntemleri ile PMT değerleri uzamış, maksimum torktan 15 s önceki tork değerleri artmıştır. Bu iki parametrede artışta gluten yapısında güçlenmeyi desteklemiştir. Karaduman vd. (2015) yüksek GlutoPeak BEM, PMT ve PM deeğerinin yüksekliğinin gluten dayanımının fazlalığını gösterdiğini belirtmişlerdir. Wang vd. (2017) ve Song vd. (2020) GlutoPeak PMT ile gluten gücü arasındaki pozitif ilişki bulmuştur. Rakita vd. (2018) un kalitesinin en ayırt edici parametrenin BEM değeri olduğunu ifade etmiştir. Karaduman vd. (2020) yumuşak buğdaylar üzerinde yaptıkları çalışmada 30-50 s arasındaki PMT ve düşük BM değerlerinin zayıf gluten yapısı ile ilişkili olarak değerlendirmişlerdir. Perisic vd., (2019) yaptıkları çalışmada Bingo tritikale çeşidinde GlutoPeak maksimum tork değeri 54,0-57,0 BU ve PMT değeri 44,5-46,5 s arasında değişirken; KG-20 çeşidinde ise 35,0-36,5 BU ve PMT değeri 63,5-73,0 s arasında değişmiştir. SAP uygulama süresi artışı ile artan GlutoPeak BEM ve AGGEN değerleri plazma uygulamasının unun gluten kalitesini iyileştirmesi (Bahrami vd., 2016), glutenin uzamaya karşı direncini arttırması (Barros vd., 2023), gluten proteinleri arasındaki disülfit bağlarını güçlendirmesi ve daha güçlü bir protein-nişasta ağ yapısı oluşumunu sağlaması (Khan vd., 2022; Bahrami vd., 2016; Misra vd., 2015), buğday proteinlerinin ikincil yapılarında değişikliklere yol açması, molekül yapılarının yeniden düzenlenmesinde etkili olması (Held vd., 2019; Misra vd., 2015) nedeni iledir.

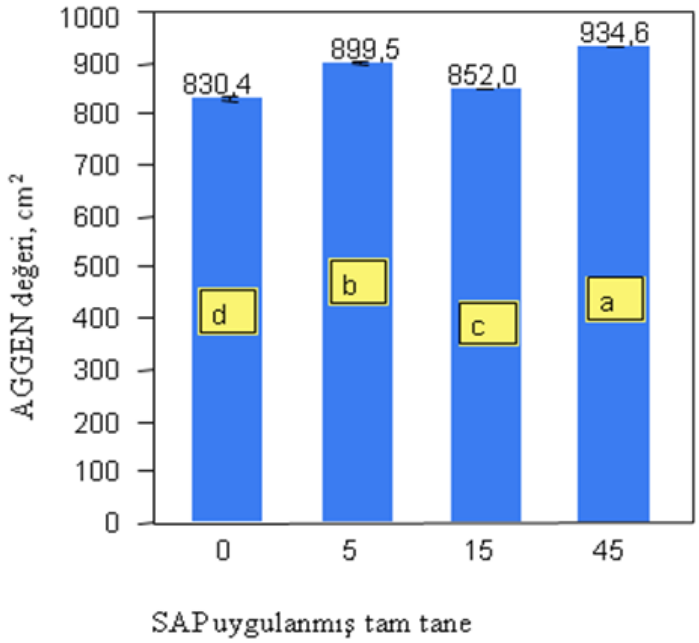
Çizelge 4.8. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane un ait GlutoPeak değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

SAPUS s	n	GlutoPeak PMT değeri s	GlutoPeak BEM değeri GPU	GlutoPeak BM değeri GPU
0	3	32,0 ± 2,83	29,0 ± 0,00^{c}	21,5 ± 2,12
5	3	35,0 ± 4,24	32,0 ± 0,00^{ab}	27,5 ± 3,54
15	3	37,5 ± 0,71	30,0 ± 1,41^{bc}	23,5 ± 2,12
45	3	35,5 ± 0,71	32,5 ± 0,71^{a}	28,5 ± 2,12

SAPUS s	n	GlutoPeak PM değeri GPU	GlutoPeak AGGEN değeri cm^2
0	3	27,5 ± 0,71	830,4 ± 6,97^{d}
5	3	26,5 ± 0,71	899,5 ± 2,79^{b}
15	3	25,0 ± 2,83	852,0 ± 0,92^{c}
45	3	28,5 ± 0,71	934,6 ± 0,14^{a}

(**: *p<0,01;* *: *p<0,05*); Farklı harflerle işaretlenmiş olan aynı sütundaki örneklerin ortalamaları istatistiksel açıdan birbirlerinden farklıdır. BEM: maksimum tork; BM: maksimum torktan 15 s önceki tork; PM: maksimum torktan 15 s sonraki tork; AGGEN: GlutoPeak agregasyon enerji değeri; SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi





Şekil 4.2. Farklı sürelerde soğuk atmosferik plazma (SAP) uygulanan tam tane unlarına ait GlutPeak BEM ve AGGEN değerleri. 0: kontrol; 5: 5 s uygulama; 15: 15 s uygulama; 45: 45 s uygulama

4.1.5. Mineral madde analizleri

Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane un örneklerine ait (kalsiyum, bakır, demir, potasyum, magnezyum, mangan, fosfor) varyans analiz sonuçları Çizelge 4.9'da verilmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre mineral madde içeriğinde istatistiki olarak önemli bir farklılık gözlemlenmemiştir. Tam tane un örneklerine ait kalsiyum, bakır, demir, potasyum, magnezyum, mangan, fosfor, çinko miktarları ortalama değerleri ise Çizelge 4.10'da verilmiştir. Mineral maddeler vücutta çok küçük miktarlarda gereksinim duyulan besin ögeleridir. Çalışmamızda belirlenen kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), potasyum (K), fosfor (P) makro; demir (Fe), mangan (Mn), bakır (Cu) ve çinko (Zn) mikro minerallerdir (Gharibzahedi, 2017). Trtikale tanesinde kepek tabakası mineral maddelerce zengindir (Jiang vd., 2024). Tam tane unlarında fitik asit mineral maddelerin biyoerişilebilirliği azaltır. Tritikalenin fitik asit içeriği 1,29 g 100 $^{g-1}$ olup, buğday (1,03 g 100 g^{-1}) ve çavdarda (0,79 g 100 g^{-1}) daha yüksek fitik asit içerir. Tritikalenin fitaz aktivitesi ise buğdayda yüksek ve çavdardan daha düşüktür (Egli vd., 2002).

Kül miktarı mineral madde içeriğinin bir göstergesidir. SAP uygulama süreleri ile tam tane ununda kül miktarı istatistiki olarak değişmediğinden minearal madde miktarlarınmda da değişim olmamıştır (Abdulrahman, 2016).

Çizelge 4.9. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane un örneklerine ait kalsiyum (Ca), bakır (Cu), demir (Fe), potasyum (K), magnezyum (Mg), mangan (Mn), fosfor (P) ve çinko (Zn) miktarları varyans analiz sonuçları

VK	SD	Kalsiyum mg/kg			Bakır mg/kg			Demir mg/kg			Potasyum mg/kg		
		KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	13,844	4,615	0,116	1,506	0,502	2	4,710	1,570	3,722	2422,375	807,458	0,068
Hata	4	159,765	39,941		1,004	0,251		1,687	0,422		47257,5	11814,4	
Toplam	7	173,609			2,510			6,397			49679,88		
VK	SD	Magnezyum mg/kg			Mangan mg/kg			Fosfor mg/kg			Çinko mg/kg		
		KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	390,5	130,167	0,130	2,693	0,898	0,599	17440,5	5813,5	0,837	0,505	0,168	0,913
Hata	4	4003	1000,75		5,993	1,498		27897	6974,25		0,738	0,184	
Toplam	7	4393,5			8,685			45337,5			1,242		

VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

Çizelge 4.10. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane unlarına ait kalsiyum (Ca), bakır (Cu), demir (Fe), potasyum (K), magnezyum (Mg), mangan (Mn), fosfor (P) ve çinko (Zn) miktarları ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonucu değerleri

SAPUS s	n	Kalsiyum mg/kg	Bakır mg/kg	Demir mg/kg	Potasyum mg/kg
0	3	272,3 ± 10,47	3,7 ± 0,23	31,3 ± 0,47	4121,5 ± 135,06
5	3	270,8 ± 4,88	4,2 ± 0,67	32,6 ± 0,15	4120,0 ± 79,20
15	3	270,7 ± 4,38	3,7 ± 0,20	33,4 ± 1,15	4120,5 ± 150,61
45	3	268,6 ± 2,69	4,8 ± 0,68	32,0 ± 0,37	4080,5 ± 7,78
SAPUS s	n	Magnezyum mg/kg	Mangan mg/kg	Fosfor mg/kg	Çinko mg/kg
0	3	1168,5 ± 44,55	38,0 ± 1,56	3222,0 ± 128,69	23,8 ± 0,76
5	3	1159,5 ± 16,26	37,2 ± 0,57	3144,0 ± 7,07	23,3 ± 0,13
15	3	1178,0 ± 41,01	38,0 ± 1,80	3181,5 ± 98,29	23,9 ± 0,38
45	3	1163,0 ± 8,49	36,6 ± 0,07	3095,5 ± 40,31	23,9 ± 0,04

SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

4.1.6. Toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite

Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane un örneklerine ait antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde miktarları varyans analiz sonuçları Çizelge 4.11'de verilmiştir. SAP uygulama sürelerinde unların antioksidan değerlerinde istatistiki olarak önemli düzeyde farklılık gözlemlenmiştir. Tam tane un örneklerinin antioksidan aktivite değerlerine ait çoklu karşılaştırma ve toplam fenolik madde miktarları Çizelge 4.12'de verilmiştir. Tritikale yapısında antioksidan aktiviteye sahip birçok fenolik, alkilresorsinol, fitoöstrojen, vitamin ve mineral maddeler bulundurur (Jonnala vd.., 2010). Yapılan bir çalışmada 9 adet tritikale çeşidi tanesinde toplam fenolik madde 1,3 ila 1,6 mg GAE)/g arasında değişmiş ve buğdaya (1,5 GAE/g) benzer olmuştur. Tanelerin öğütülmesi ile elde edilen unlarda ise toplam fenolik miktarı 0,7 ila 1,1 mg GAE/g arasında değişmiş ve yine buğday ununa (1,1 mg GAE/g) yakın olmuştur (Frás vd., 2016). Başka bir çalışmada, tritikale çeşidinde toplam fenolik madde 1135,5 µg/g (db) olarak bildirilmiş; tritikale tam tane ununda fenolik asitlerin çoğunlukla bağlı formda oldukları (> %90) ve ferulik, kumarik, protokatekuik ve gallik asitleri içerdikler beliritlmiştir (Kandil vd., 2012). Tritikaledeki serbest fenolik asit seviyesin (295,0 µg/g) çavdar, yulaftan ve arpadan daha düşük, pirinçten ise daha yüksekt bağlı fenolik asit düzeyinin (1346,24 µg/g) yulaftan düşük, pirinçten ise yüksek olduğu bildirilmiştir (Iraklı vd., 2012). Soğuk atmosferik plazma, singlet oksijen, ozon ve reaktif oksijen türlerinin (ROS) bir kaynağı olduğundan (Misra vd., 2014); radikal kaynaklı ve ozonla yayılan oksidasyon yoluyla buğday ununun kimyasal bileşimini ve böylece unun fonksiyonel özellikleri değiştirme etkisine sahiptir (Bahrami vd., 2016). Çalışmada 25 s ve 45 s SAP uygulması ile antioksidan aktivite değeri 25,0 µmol TE/g düzeyine çıkmıştır (Şekil 4.3). Kontrole göre üç uygulama süresinde antioksidan aktivite değerinin yüksek olması unun fonksiyonel özellikleri bakımından oldukça önemli görülmüştür.

Çizelge 4.11. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane un örneklerine ait antioksidan ve toplam fenolik madde miktarları varyans analiz sonuçları

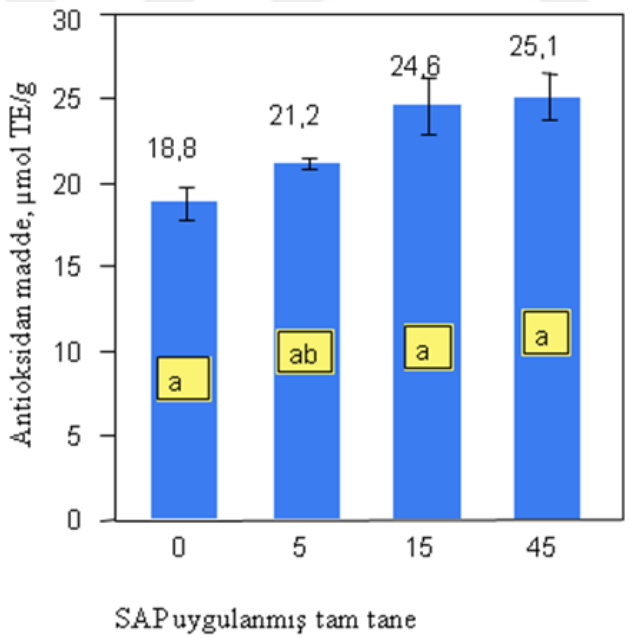
VK	Antioksidan aktivite µmol TE/g				Toplam fenolik madde mg GAE/kg		
	SD	KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	80,626	26,875	6,396*	29,163	9,721	1,571
Hata	8	33,614	4,2018		49,520	6,190	
Toplam	11	114,241			78,683		

*: $p<0,05$ düzeyinde önemli; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

Çizelge 4.12. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane unlarına ait antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde miktarları ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

SAPUS s	n	Antioksidan aktivite µmol TE/g	Toplam fenolik madde mg GAE/kg
0	3	18,78 ± 1,63^{a}	68,6 ± 2,41
5	3	21,17 ± 0,50^{ab}	70,9 ± 2,52
15	3	24,57 ± 2,78^{a}	68,6 ± 2,93
45	3	25,14±2,48^{a}	72,2 ±2,00

($p<0,05$); Farklı harflerle işaretlenmiş olan aynı sütundaki örneklerin ortalamaları istatistiksel açıdan birbirlerinden farklıdır SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi



Şekil 4.3. Farklı sürelerde soğuk atmosferik plazma (SAP) uygulanan tam tane unlarına ait antioksidan madde değerleri 0: kontrol; 5: 5 s uygulama; 15: 15 s uygulama; 45: 45 s uygulama

4.1.7. Diyet lifi miktarı

Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane un örneklerine ait toplam, çözünür ve çözünmez diyet lifi miktarları varyans analiz sonuçları Çizelge 4.13'de verilmiştir. SAP uygulama sürelerinde unların toplam, çözünebilir diyet lifi miktarlarında istatistiki olarak önemli düzeyde farklılık gözlemlenmiştir. Çizede 4.13'de önemli çıkan tam tane unu örneklerinin toplam, çözünür diyet lifi miktarlarına ait çoklu karşılaştırma ve çözünmez diyet lifi miktarları Çizelge 4.14'de verilmiştir.

Çizelge 4.13. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane un örneklerine ait toplam, çözünür ve çözünmez diyet lifi miktar değerleri varyans analiz sonuçları

VK	SD	Toplam diyet lifi miktarı %			Çözünmez diyet lifi miktarı %		
		KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	6,662	2,221	40,727**	0,266	0,089	0,469
Hata	4	0,218	0,055		0,755	0,189	
Toplam	7	6,880			1,021		

VK	SD	Çözünür diyet lifi miktarı %		
		KT	KO	F
SAPUS	3	8,681	2,894	19,719**
Hata	4	0,587	0,147	
Toplam	7	9,267		

**:*p<0,01* düzeyinde önemli; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması; SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

Diyet lifi nişasta olmayan polisakkaritler olup (Chen vd., 2022) kabızlık, obezite, kalp damar hastalıkları, kan şeker düzeyinin kontrolü, bağırsakların hızlı boşalması ve kolon kanserinin önlenmesi ve bağısakta faydalı bakterilerin gelişimi gibi vücutta çok önemli işlevleri bulunmaktadır (Saini vd., 2023; Fu vd., 2022; Gill vd., 2021). Diyet lifi suda çözünebilirliğine göre çözünür ve çözünmez olmak üzere ikiye ayrılır (O'Grady vd., 2019). Özellikle çözünür lif prebiyotik olarak bağırsaklardaki mikroorganizmaları beslemekte (Shrivastava ve Goyal, 2007); kardiyovasküler hastalıkları ve diyabetin önlenmesinde etkili olmakta (Ma vd., 2006); faydalı kısa zincirli yağ asitlerinin oluşmasını sağlamaktadır (Galvez vd., 2005). Tritikalenin diyet lifi içeriğinin buğdaya benzediği ancak daha yüksek miktarda çözünür fraksiyona, özellikle sulu bir çözeltide viskoz özellikler gösteren suda ekstrakte edilebilir arabinoksilanlara (WE-AX) sahip olduğu belirtilmiştir (Rakha vd., 2011, Fras, 2021). İsveç'teki iki lokasyonda yetiştirilen 8 tritikale genotipinin toplam diyet lifi

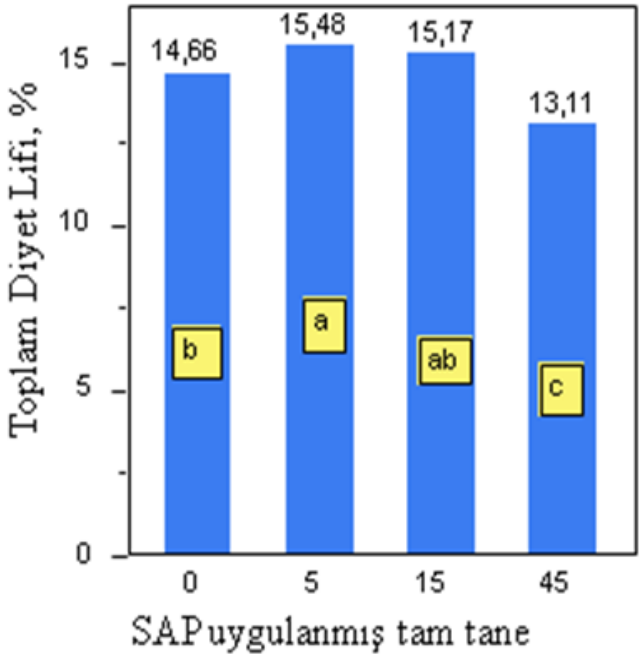
içeriği %13 ila %16 arasında değişmiştir (Rakha vd., 2011). Tritikale diyet lifinin çoğunlukla arabinoksilan (ortalama %6,8), fruktan (ortalama %2,3), selüloz (ortalama %2,1), Klason lignin (ortalama %1,6) ve β-glukan (ortalama %0,7) içerdiği ifade edilmiştir (Rakha vd., 2011). Tritikale tanesindeki (9 genotip üzerinde yapılan çalışmada) çözünmeyen ve çözünür nişasta olmayan polisakkaritlerin içeriği sırasıyla %7,7-9,1 ve %1,5-2,8 arasında değiştiği belirtilmiştir (Frás vd., 2016). Aynı zamanda lignin miktarı tanede ve unda sırasıyla %2,1-2,8 ve %0,6-1,2 arasında bulunmuştur (Frás vd., 2016). Başka bir çalışmada, tritikalenin (11 genotipin) nötr ve asit deterjan lif içeriklerinin sırasıyla %13,71 ila %16,53 ve %3,82 ila %5,18 arasında değiştiği ve buğdaya çok benzer olduğu bildirilmiştir (Dennett, Wilkes vd, 2013). Çalışmada 5 ve 15 s soğuk atmosferik plasma uygulaması kontrol örneğe göre toplam diyet lifi miktarı artarken (%15,48 ve %15,17); 45 s de %13,11'e düşmüştür ($p<0,01$) (Şekil 4.4.). Yine 5 s ve 15 s de çözünür diyet lifi içeriği artarken (%4,72 ve %4,67), 45 s'de azalmıştır (%2,14). Bu durum, 5 ve 15 s SAP uygulama süreleri ve bu nedenle metod ile belirlenen miktarını arttırdığını göstermiştir. Nitekim çözünür diyet lifi de bu sürelerde artmıştır. Yalnız 45 s uygulaması tam tersi bir etki göstererek protein, yağlar ve diğer karbohidratlar üzerinde etkisi ile lif ve diğer bileşenler arasındaki bağı daha da güçlendirek metod ile belirlenebilir diyet lifi içeriği azalmış ve çözünür diyet lifi içeriği de önemli oranda düşmüş olabileceği değerlendirilmiştir (%2,14). Beslenme fizyoloji açısından 5 ve 15 s'lerin vücudumuzda diyet lifinin sağlık üzerinde olumlu etkilerinin ortaya çıkmasında daha etkili olabileceği değerlendirilmiştir

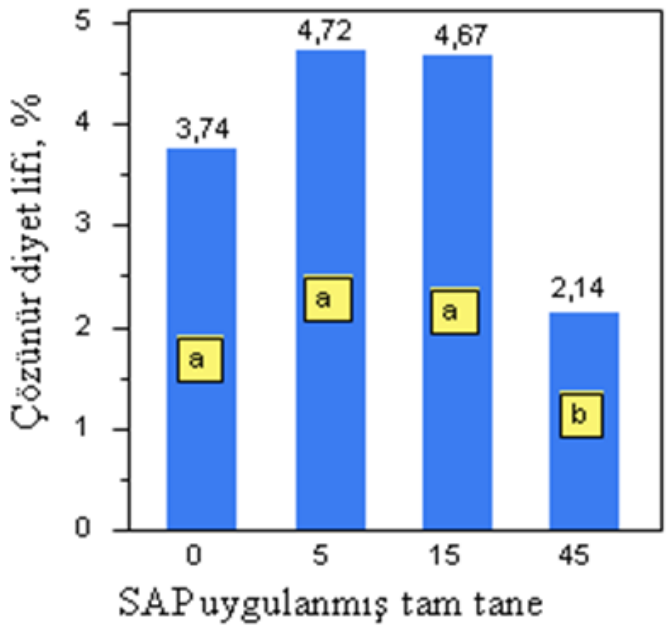
Makromoleküllerin (Protein ve nişasta) yapılarındaki bağları ve lifli bileşenler ile yaptıkları interaksiyonlar 5 ve 15 saniye SAP uygulaması ile güçlendiği için metotta enzimlerle parçalanabilirlikleri azalmış ve toplam ve çözünür diyet lifi miktarlarının arttığı; 45 saniyede ise bağlar parçalanarak daha düşük molekül ağırlıklı bileşenlerin serbest hale geçmesini sağladığı için toplam diyet lifi ve çözünür diyet lifi miktarı azaldığı değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.14. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane unlarına ait toplam diyet lifi, çözünür ve çözünmez diyet lifi miktarları ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

SAPUSS	n	Toplam diyet lifi %	Çözünmez diyet lifi %	Çözünür diyet lifi %
0	2	14,66± 0,08^{b}	10,92 ± 0,03	3,74 ± 0,05^{a}
5	2	15,48 ± 0,12^{a}	10,77 ± 0,02	4,72 ± 0,10^{a}
15	2	15,17 ± 0,29^{ab}	10,50 ± 0,40	4,67 ± 0,11^{a}
45	2	13,11 ± 0,06^{c}	10,96 ± 0,46	2,14 ± 0,52^{b}

(*p<0,01*) ; Farklı harflerle işaretlenmiş olan aynı sütundaki örneklerin ortalamaları istatistiksel açıdan birbirlerinden farklıdır SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi





Şekil 4.4. Farklı sürelerde soğuk atmosferik plazma (SAP) uygulanan tam tane unlarına ait toplam diyet lifi miktarı ve çözünür diyet lifi miktarı. 0: kontrol; 5: 5 s uygulama; 15: 15 s uygulama; 45: 45 s uygulama

4.2. Tam Tane Unu Ekmek Analizleri

4.2.1. Ekmek hacim özellikleri

Tam tane unu un örneklerine ait ekmeklerin hacim, hamur ağırlığı ve ağırlık değerlerinin varyans analiz değerleri Çizelge 4.15'te verilmiştir. SAP uygulama sürelerinde tam tane unu ekmek ağırlığında istatistiki açıdan önemli düzeyde farklılık gözlemlenmiştir *($p<0,01$)*.

Tritikale, bazı ülkelerde istenmeyen kabarma özellikleri nedeniyle yöresel ekmek üretiminde kullanılmaktadır. Ancak, düşük gluten içeriği, düşük gluten kalitesi ve yüksek alfa amilaz aktivitesi, tritikalenin ekmeklik kalitesini olumsuz etkilemektedir. Ayrıca, buğday ununa kıyasla yoğurma süreleri genellikle daha kısa, su emme kapasiteleri daha düşük ve yoğurma dayanıklılıkları da azalmaktadır. Bu nedenle, tritikale, ekmek yapımında çavdar ekmeği benzeri yöntemlerle veya buğday unu ile belirli oranlarda karıştırılarak

kullanılmalıdır (Köse vd.,2002). Tritikale ununun ekmek sanayisinde tek başına kullanımında karşılaşılan en büyük sorun, yüksek alfa amilaz aktivitesidir; bu da malt ve maya üretimi için uygun bir özellik taşımaktadır (Furan vd., 2005). Buğday ve tritikalelerin kalitesini araştıran diğer çalışmalarda Ünal (2002), iyi bir ekmeklik kalitesi için unların kül miktarının %1.3-2.5, gluten miktarının %28-35, sedimentasyon değerinin 25-35 ml, düşme sayısının (FN) 250±25 sn ve alveograf enerji (W) değerinin 300-400 10^-4 J arasında olması gerektiğini göstermiştir. Ancak araştırma sonuçları, bu kriterlerin altında kalmıştır. Tritikale'nin kalite özelliklerini ve ekmek yapımındaki potansiyelini inceleyen diğer araştırmalarda, Sehgal vd. (1983), hektolitre ağırlığını 64.7–73.5 kg/hl, kül oranını ortalama %1.83 ve enerji (W) değerini 1486 kJ/100 g olarak bulmuşlardır. Gluten oranını %15.1–24.3, sedimentasyon değerlerini ise 18–29 ml arasında tespit eden araştırmacılar, bu tür tritikale genotiplerinin bisküvi ve pasta üretiminde kullanılmasının gerektiğini belirtmişlerdir. Hadjıchrıstodoulou (1984) ise tritikalenin hektolitre ağırlığını 65–70.5 kg/hl olarak bulmuş ve bu çalışma, elde edilen sonuçlarla uyumlu görünmektedir. Pena ve Amaya (1992), buğday ve tritikaleyi karıştırarak ekmeklik özelliklerini inceledikleri çalışmalarında kül değerlerini %0.47-0.56 ve enerji (W) değerlerini 117 10^-4 J - 232 10^-4 J arasında bulmuşlardır. Çalışma sonunda, %50-50 karışımın iyi bir ekmek kalitesi sağladığını saptamışlardır. Başka bir araştırmada Leon vd. (1996), kül değerlerini %0.9-3.0, hektolitre ağırlığını 55-75 kg/hl, düşme sayısını (FN) 62-134 sn ve sedimentasyon değerlerini 5.4-8.4 cm^3 arasında tespit etmişlerdir. Köse vd.(2002) tarafından gerçekleştirilen Tatlıcak-97 tritikale çeşidi üzerine yapılan çalışmada, sedimentasyon değeri 16 ml, düşme sayısı ise 376 sn olarak belirlenmiş ve bu çalışma sonuçları, tespit edilen gluten miktarının yetersiz olduğunu ortaya koymuştur. Tohver vd. (2005), tritikaleyle yaptıkları çalışmada gluten değerlerini %0-26. 5, sedimentasyon değerlerini 10. 5-21. 0 ml, düşme sayısı (FN) değerlerini ise 109.8-245.0 sn olarak belirlemişler ve bu sonuçların iyi bir ekmek üretimi için yetersiz olduğunu vurgulamışlardır. Yanbeyi ve Sezer (2006), kullandıkları tritikale örneklerinde 1000 tane ağırlığını 38.3-53.1 g olarak tespit etmiş ve elde ettikleri değerler, araştırmamızın sonuçlarına benzerlik göstermiştir. Kucerova (2007), kışlık tritikale çeşitlerinin kalite özelliklerini incelediği çalışmasında, hektolitre ağırlığını 68.75-73.56 kg/hl, düşme sayısını (FN) 94.8-66.3 sn ve sedimentasyon değerlerini 23. 88-20. 16 ml arasında bulmuş, bu durum da çalışmamızdaki sonuçları desteklemiştir. Tritikale ile gerçekleştirilen başka bir çalışmada, Akgün vd. (2008) 1000 tane ağırlığını 34.3-46.7 g, Kaydan ve Yağmur (2008) ise 1000 tane ağırlığını 26.3-28.4 g arasında tespit etmişlerdir.

Martinek vd. (2008) ise tritikalede agronomik ve kalite özelliklerini inceledikleri çalışmalarında sedimentasyon değerini 18-27 ml, yaş öz içeriğini %8-12 arasında bulmuş, kaliteli özelliklerin çalışmamızdaki tespitlerle benzer şekilde zayıf olduğunu belirtmişlerdir. Sonuç olarak, 1, 3 ve 11 numaralı tritikale hatlarının incelenen özellikler bakımından diğer hatlara kıyasla daha üstün olduğu görülmüştür. Ancak tritikale hatlarından elde edilen unların, iyi bir ekmek kalitesi sağlayabilmesi için gerekli olan standartların altında kalması nedeniyle, kalite özelliklerinin zayıf olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma, yüksek kalite özellikleri gösteren tritikale genotiplerinin, buğday unu ile belirli oranlarda karıştırılarak istenmeyen kabarma özelliklerine sahip un mamulleri, bisküvi, kuru pasta, kahvaltılık ürünler ve kadayıf gibi ürünlerin üretiminde değerlendirilebileceği sonucuna ulaşmıştır.

Çizelge 4.15. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane un örneklerine ait ekmek hacmi, hamur ağırlığı ve ekmek ağırlığı varyans analizsonuçları

VK	Ekmek hacmi ml				Hamur ağırlığı G			Ekmek ağırlığı g		
	SD	KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	59,375	19,792	2,111	6,708	2,236	33,771**	6,198	2,066	32,696**
Hata	4	37,5	9,375		0,265	0,066		0,253	0,063	
Toplam	7	96,875			6,973			6,451		

***:p<0,01* düzeyinde önemli; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması; SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

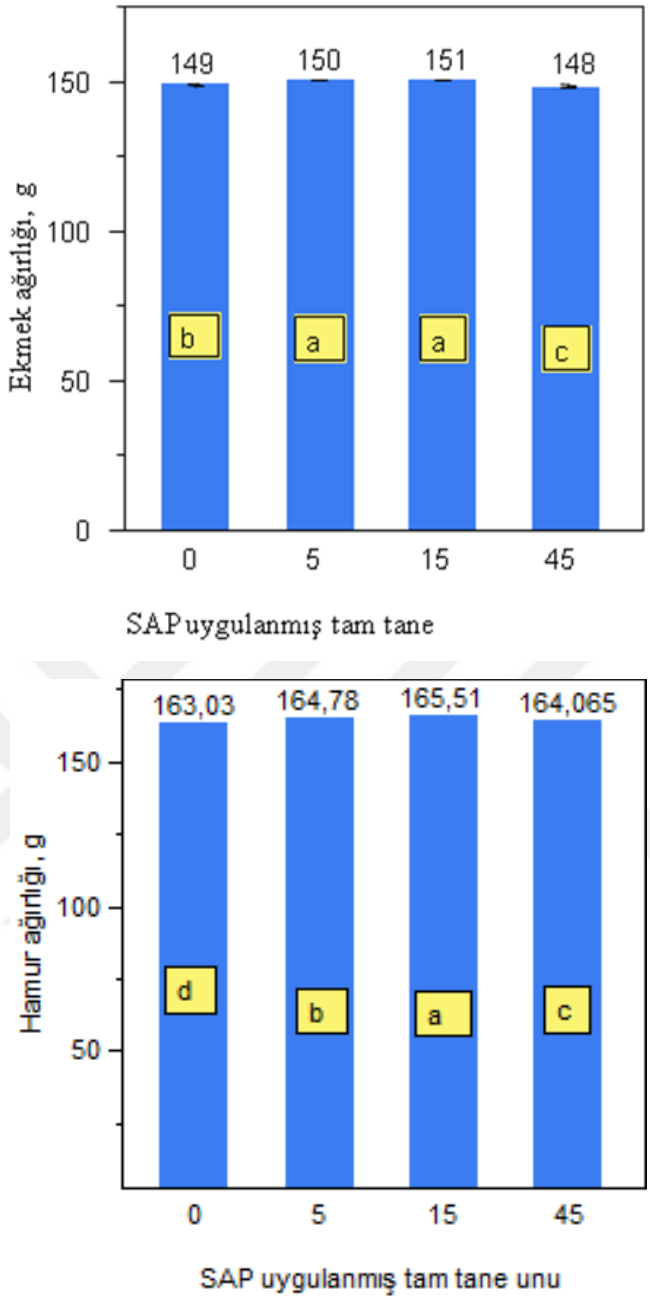
Ekmek hacim ve hamur ağırlığına ait ortalamalar ve önemli çıkan ekmek ağırlığı değeri ortalamalarının çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.16'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.16'da gösterildiği gibi plazma uygulanmış tam tane unu unlarına ait ekmek ağırlığı değerleri plazma uygulanmayan kontrol ununa göre 5, 15 saniye uygulamalarda daha yüksek olmuştur (150,0 g'ın üzerinde). 45 saniye plazma uygulamasında ise daha düşüktür (148,3) (Şekli 4.6). Tritikale tam tane unu, rafine un ve ekmeklerinin kimyasal kompozisyonlarının değerlendirildiği bir çalışmada 9 tiritikale ununda yapılan tüm ekmeklerin ekmek hacmi ekmeklik buğdayda ununda yapılan ekmeklerin altında olmuştur (Fras vd., 2016). Çalışmada SAP uygulama süresinde 15 s de ekmek hacmi 277,5 ml'ye çıksa da ve kontrole göre ekmek hacimleri artasa da tritikale tam buğday ununda yapılan ekmeklerin ekmek hacminde istatistiki olarak önemli bir değişim olmamıştır. Gluten miktarının düşüklüğü, gluten gücünün zayıflığı, yüksek diastatik aktivite, hamurun düşük su absorpsiyonu ve yoğurma toleransı tritikalenin tek başına ekmek yapımını güçleştirmekte ve daha düşük ekmek hacimleri elde edilmektedir (Köse vd., 2002).

Çizelge 4.16. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane unlarına ekmek hacmi, hamur ağırlığı ve ekmek ağırlığı ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

SAPUS S	n	Ekmek hacmi ml	Hamur ağırlığı g	Ekmek ağırlığı G
0	3	270,0 ± 0,00	163,03 ± 0,33^{d}	149,2 ± 0,02^{b}
5	3	272,5 ± 3,54	164,78 ± 0,26^{b}	150,1 ± 0,01^{a}
15	3	277,5 ± 3,54	165,51 ± 0,30^{a}	150,6 ± 0,01^{a}
45	3	272,5 ± 3,54	164,07 ± 0,08^{c}	148,3 ± 0,50^{c}

($p<0,01$); Farklı harflerle işaretlenmiş olan aynı sütundaki örneklerin ortalamaları istatistiksel açıdan birbirlerinden farklıdır SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi



Şekil 4.5. Farklı sürelerde soğuk atmosferik plazma (SAP) uygulanan tam tane unlarına ait ekmeklerin ağırlık değerleri. 0: kontrol; 5: 5 s uygulama; 15: 15 s uygulama; 45: 45 s uygulama



Şekil 4.6. Farklı sürelerde soğuk atmosferik plazma (SAP) uygulanan tritikale tam tane unlarından yapılan ekmeklerin görüntüleri. 5: kontrol; 6: 5 s uygulama; 7: 15 s uygulama;8: 45 s uygulama

Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane unlarına ait ekmeklerin görüntüleri Şekil 4.6.'da verilmiştir.

4.2.2. Renk değerleri

Tam tane unu ekmek örneklerinin kabuk ve ekmek içi renk değerlerine ait (L*,a*, b*) varyans analiz sonuçları Çizelge 4.17'de gösterilmiştir. Ekmek rengi tüketici tercihlerini ve açısından en önemli görsel faktörlerden birisidir (Messina vd., 2024). Tritikale unu miktarı un karışımlarımda arttıkça ekmeğin kabuğunda rengin koyulaştığı ifade edilmektedir (Sheikholeslami vd., 2021).Ekmek kabuğunda ve içinde renk değişimlerinde protein denatürasyonunun, enzim inaktivasyonunun, yapıdaki nemin buharlaşmasının, şekerlerin karamelizasyonun ve Maillard reaksiyonları ile yüksek sıcaklıklarda meydana gelen bazı bileşenlerinde önemli etkisi olduğu belirtilmektedir (Dennett ve Trethowan, 2013; Mezaize vd., 2009; Navarro-Contreras vd., 2014). Ekmek içi ve kabukta SAP uygulama süresine bağlı olarak istatistiki olarak önemli bir sonuç gözlemlenmemiştir. Ekmek kabuğu ve içinin renk değerleri ortalamaları Çizelge 4.18'de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane un örneklerine ait ekmek içi ve dışı renk değerleri varyans analiz sonucu değerler

VK	SD	L* kabuk			a*kabuk			b*kabuk		
		KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	5,020	1,6733	3,106	3,164	1,055	3,360	3,307	1,102	2,844
Hata	8	4,310	0,5388		2,511	0,314		3,102	0,388	
Toplam	11	9,330			5,675			6,409		
VK	SD	L*iç			a*iç			b*iç		
		KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	6,716	2,239	2,756	0,500	0,166	2,741	2,315	0,772	1,684
Hata	8	6,499	0,812		0,486	0,061		3,666	0,458	
Toplam	11	13,215			0,985			5,981		

VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması; SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

Çizelge 4.18. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane un örneklerine ait ekmek içi ve kabuk renk değerleri ortalamaları

SAPUS	n	L*-kabuk	a*-kabuk	b*-kabuk
0	3	51,89 ± 0,96	10,90 ± 0,60	28,84 ± 0,86
5	3	50,85 ± 0,02	11,21± 0,38	29,28 ± 0,30
15	3	50,10 ± 0,78	12,27 ± 0,50	30,26 ± 0,05
45	3	50,69 ± 0,79	11,59 ± 0,71	29,71 ± 0,85
SAPUS	n	L*-iç	a*iç	b*-iç
0	3	50,24 ± 1,24	7,05 ± 0,15	22,72 ± 0,23
5	3	50,78 ± 0,61	7,12 ± 0,37	22,00 ± 1,18
15	3	49,84 ± 1,14	7,45 ± 0,20	23,18 ± 0,55
45	3	48,74 ± 0,19	7,52 ± 0,20	22,92 ± 0,31

SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

4.2.3. Fizikokimyasal özellikler

Tam tane unu ekmeklerinin rutubet, kül ve su aktivitesi değerleri varyans analiz sonucu değerleri Çizelge 4.19'da gösterilmiştir. Ekmeklerde SAP uygulama süresine bağlı olarak fizikokimyasal özelliklerde istatistiki olarak önemli bir farklılık gözlemlenmemiştir. Rutubet, kül ve su aktivitesi değerleri ortalamalarının Çizelge 4.20'de verilmiştir.

Ekmeklerde rutubet miktarı %61,43-60,77; kül miktarı %1,943-2,303 ve su aktivitesi 0,891-0,905 arasında değişmiştir. Ticari tam buğday ununun farklı oranlarda tritikale unu ile ikame edildiği ekşi hamur ekmekleirnde için a_w değerleri 0,90-0,97 arasında değişmiştir (Messina vd., 2024). Çalışmada kontrol ve farklı SAP süreleri ile elde ekmeklerin a_w değerleri daha düşük elde edilmiştir. Bu durum tritikale ekmeklerinin raf ömrü için olumlu bulunmuştur.

Çizelge 4.19. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane unu ekmeklerine ait Rutubet, kül ve su aktivitesi değerleri varyans analiz sonucu değerleri

VK	SD	Rutubet miktarı %			Kül miktarı %			Su aktivitesi		
		KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	1,268	0,423	0,779	0,228	0,076	1,332	0,0003	9,19E-05	0,812
Hata	4	2,172	0,543		0,457	0,057		0,0005	0,0001	
Toplam	7	3,440			0,685			0,0007		

VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması; SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

Çizelge 4.20. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane unu ekmeklerine ait Rutubet, kül ve su aktivitesi değerleri ortalamaları

SAPUS S	n	Rutubet % ekmek	Kül miktarı % ekmek	Su aktivitesi değeri ekmek
0	3	61,43 ± 0,78	2,062 ± 0,33	0,893 ± 0,008
5	3	61,00 ± 0,69	1,996 ± 0,28	0,891 ± 0,003
15	3	60,32 ± 0,56	2,303 ± 0,07	0,892 ± 0,002
45	3	60,77 ± 0,88	1,943 ± 0,20	0,905 ± 0,020

SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

4.2.4. Ekmeklerin dokusal özellikleri

Tam tane unu ekmek örneklerinin tekstürmetre ile ölçülen sertlik ve esneklik değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.21'da gösterilmiştir. Ekmeklerde SAP uygulama süresine bağlı olarak dokusal özelliklerinde istatistiki olarak önemli bir farklılık gözlemlenmemiştir. Sertlik ve esneklik değerleri ortalamalarının Çizelge 4.22'de verilmiştir.

Bu çalışmada, ekmeklerin dokusal özellikleri açısından sertlik ve esneklik belirlenmiştir (Rahman vd., 2021). Sertlik, dişlerin kesme işlemi için gereken gücü ifade eder (Monaco vd., 2008). Esneklik ise, bir gıdanın deformasyona uğradıktan sonra, bu deformasyonu kaldıran hız ve kuvvetlerle ilişkili olarak geri kazanma yeteneğini tanımlar (Chandra ve Shamasundar, 2015).Örneklerde sertlik değerleri çok yüksek olup sertlik değerleri 5,000 g nin üzerindedir. Sertlik değerlerinin çok yüksek olması Tekstür profil analizinde diğer parametrelerin elde edilmemesine neden olmuştur. Eneklik değeri kontrol ve 5 s ekmeklerinde %0,49 diğer iki sürede %0,53 olmuştur.

Çizelge 4.21. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane unu ekmeklerinin tekstür özelliklerine ait varyans analiz sonuçları

VK	SD	Sertlik g			Esneklik %		
		KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	8705378	2901793	1,007	0,003	0,0009	0,157
Hata	4	11532549	2883137		0,024	0,006	
Toplam	7	20237927			0,027		

VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması; SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

Çizelge 4.22. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane unu ekmeklerine ait değerleri ortalamaları

SAPUS S	n	Sertlik g	Esneklik %
0	2	5341,8 ± 3,33	0,49 ± 0,11
5	2	5343,3 ± 8,13	0,49 ± 0,06
15	2	5335,0 ± 5,93	0,53 ± 0,08
45	2	5347,2 ± 11,10	0,53 ± 0,06

SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

4.2.5. Ekmeklerin duyusal özellikleri

Tam tane unu ekmek örneklerinin duyusal özelliklerinin varyans analiz sonucu değerleri Çizelge 4.23'de gösterilmiştir. Ekmeklerde SAP uygulama süresine bağlı olarak duyusal özelliklerinde istatistiki olarak önemli bir farklılık gözlemlenmemiştir. Ekmeklerde SAP uygulama süresine bağlı kabuk rengi, iç rengi, iç yapı, tad ve koku, görünüm, gözenek yapısı, çiğnenebilirlik, genel beğeni özellikleri ortalamaları Çizelge 4.24'de verilmiştir.

Duyusal özellikler son ürünün tüketici tarafından tercihinde en önemli parametrelerdendir (Couvain, 2012; Mollakhalili-Meybodi vd., 2023). Çalışmada tüm duyusal özellikler 4 ve üzerinde olması önemli olmuştur. Kontrol örneği genellikle 5'e yakın ve en yüksek duyusal puanları almıştır. Kabuk rengi bakımından 15 s ve 45 s; iç rengi, tad ve koku ve genel beğeni bakımından 5 s; görünüm ve çiğnenebilirlik bakımından 15 s; gözenek yapısı bakımından 5 s ve 15 s kontrole en yakın duyusal puanları vermiştir.

Çizelge 4.23. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane unu ekmeklerinin duyusal özelliklerinin varyans analiz sonucu değerleri

VK	SD	Kabuk rengi			İç rengi		
		KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	3,714	1,238	0,162	2,964	0,988	0,161
Hata	24	183,143	7,631		147,714	6,155	
Toplam	27	186,857			150,679		
VK	SD	İç yapı			Tad ve koku		
		KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	0,714	0,238	0,080	2,107	0,702	0,119
Hata	24	71,714	2,988		141,143	5,881	
Toplam	27	72,429			143,25		
VK	SD	Görünüm			Gözenek yapısı		
		KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	5,536	1,845	0,387	2,571	0,857	0,285
Hata	24	114,571	4,774		72,286	3,012	
Toplam	27	120,107			74,857		
VK	SD	Çiğnenebilirlik			Genel beğeni		
		KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	1,286	0,429	0,075	0,286	0,095	0,016
Hata	24	137,429	5,726		143,429	5,976	
Toplam	27	138,714			143,714		

VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması; SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

Çizelge 4.24. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale tam tane unu ekmeklerin duyusal değerlerine ait ortalama değerler

SAPUS	n	Kabuk rengi	İç rengi	Görünüm	Gözenek yapısı
0	7	5,00 ± 1,00	5,00 ± 1,00	6,29 ± 0,81	5,00 ± 0,90
5	7	4,00 ± 0,87	4,86 ± 0,96	5,71 ± 0,68	4,57 ± 0,57
15	7	4,71 ± 1,11	4,29 ± 0,89	6,14 ± 0,71	4,57 ± 0,57
45	7	4,57 ± 1,17	4,29 ± 0,89	5,14 ± 1,06	4,14 ± 0,51
SAPUS	n	İç yapı	Tad ve koku	Çiğnenebilirlik	Genel beğeni
0	7	4,57 ± 0,69	5,14 ± 0,80	4,43 ± 0,87	4,29 ± 0,75
5	7	4,29 ± 0,68	4,86 ± 0,96	4,00 ± 0,72	4,43 ± 0,95
15	7	4,43 ± 0,61	4,43 ± 0,78	4,43 ± 0,89	4,29 ± 0,78
45	7	4,14 ± 0,63	4,57 ± 1,09	4,00 ± 1,09	4,14 ± 1,16

SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması; SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

4.3. Rafine Un Analizleri

4.3.1 Fizikokimyasal özellikler

Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin su aktivitesi, protein oranı, nem miktarı ve kül miktarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.25'de verilmiştir. SAP uygulanmış un örnekleri arasında fizikokimyasal özellikler bakımından da istatistiki olarak önemli farklılık ($p<0,01$) görülmüştür.

Çizelge 4.25. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin su aktivitesi, protein oranı, nem miktarı ve kül miktarına ait varyans analiz sonucu değerleri

VK	SD	Su aktivitesi değeri			Protein oranı %		
		KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	0,014	0,005	17,166**	0,680	0,227	15,429**
Hata	8	0,002	0,0003		0,118	0,0147	
Toplam	11	0,016			0,798		
VK	SD	Nem miktarı %			Kül miktarı %		
		KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	11,376	3,792	350,026**	0,0193	0,006	25,408**
Hata	8	0,087	0,0108		0,002	0,0003	
Toplam	11	11,463			0,021		

*: $p<0,05$; **:p<0,01 düzeyinde önemli; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması; SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

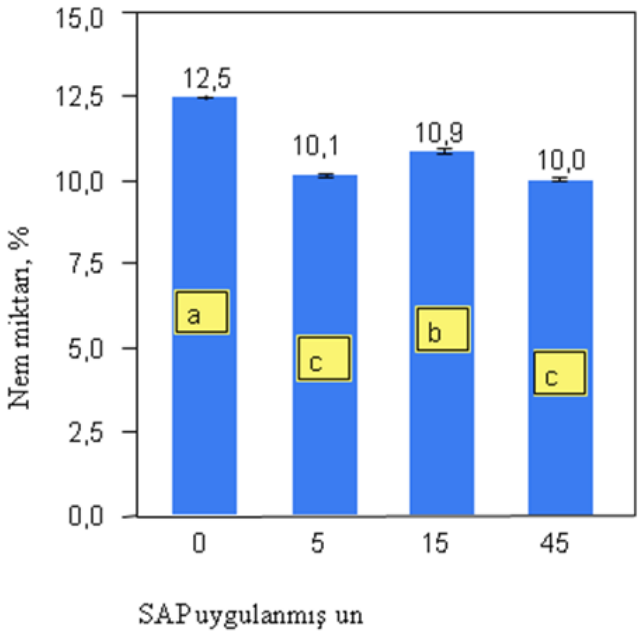
Çizelge 4.25'de çok önemli ($p<0,01$) çıkan farklı saniyelerde plazma uygulanmış unlara ait su aktivitesi, protein miktarı, kül miktarı ve nem miktarı ortalamalarının çoklu karşılaştırma değerleri Çizelge 4.26'da verilmiştir. Unlarda su aktivitesi 0,349-0,443; protein oranı %9,65-10,25; %0,725-0,834 ve nem miktarı %10,03-12,47 arasında değişmiştir. Çizelge 4.20'de görüldüğü gibi plazma uygulanmış unlara ait su aktivitesi değerleri plazma uygulanmayan kontrol ununa göre 5, 15 ve 45 s plazma uygulanan unlarının değerleri daha yüksek olmuştur. Su aktivitesinin 0,4-0,7 arasında ise mikrobiyal aktivitesi gıdaların bozulmasını sınırlandırır (Labuza vd., 1972).Tam tane ununda olduğu gibi unlarda mikrobiyal (küf) ve ezimatik gelişim ve doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu ile ilişkili su aktivite değeri (Özay vd., 1993) 5 ve 15 saniyelerde daha yüksek olsa da bu reaksiyonları hızlandıracak yüksek seviyelerde değildir. Protein oranı ise15 s de düşük olsa da unlarda önemli bir değişim olmamıştır. Protein miktarının düştüğü 15 saniye plazma uygulamasında su aktivitesi değeri de diğer örneklerin üzerindedir. Tritikale tanesinde buğdaya göre endopsermde daha düşük protein miktarı içerir (Pattison vd., 2014). Tritikale proteini yüksek oranda albümin (%38.0-45.4) ve globülin (%19.7-30.2), buğdaya benzer gliadin (%11.4-26.1) ve düşük oranda glutenin (%6.8-9.6) ihtiva eder (Navarro-Contreras vd., 2014). 12 tiritikale çeşidi ununda protein oranı 9,65-13,10% arasında değişmiştir (Chavoushi vd., 2022). Plazma uygulanmış unlara ait kül değerleri plazma uygulanmamış kontrol ununa göre en yüksek 5 saniyede en düşük ise 15 saniyede gözlemlenmiştir (%0,834 ve %0.795). Plazma uygulanmış unlara ait nem değerleri plazma uygulanmamış kontrol ununa göre en düşük 45 saniye plazma uygulamasında gözlemlenmiştir. Çiftçi vd. (2010) 13 tritikale genotip üzerinde 2 yıllık yaptıkları çalışmada unlarda kül miktarı ilk yıl %0,56-1,07 ve ikinci yıl %0,89-1,40 arasında değişmiştir. Tritikale tam tane unu ve rafine ununun (10 genotipte) kül içerikleri sırasıyla %1,3-1,9 ve %0,5-0,9 arasında değişmiş ortalama olarak buğdaydan daha yüksek bulunmuştur (Pattison ve Trethowan, 2013). Bu durum unda SAP uygulaması ile tane hücre duvarları bileşenlerin, enzim ve pigmentlerin yapısında yer alan ve oluşan çelatların (fitatlar gibi) parçalanması ile mineral maddelerin serbet hale geçmesinin unda kül miktarını yükseltiği düşünülmektedir. Nem içeriği, unun ihtiva ettiği bağlı ve serbest suyu nem miktarını berlirler (Khan vd., 2023). Khan vd., (2023) yaptıkları çalışmada plasma uygulanmış buğday unlarında kontrol una göre % 0,5 civarı nem miktarı artmıştır. Bu artışı plasma uygulamasının un partiküllerinin yüzeyinde modifikasyonlara neden olmasına bağlamışlardır. Plazma uygulaması su temas açısında azalmaya yol açmaktadır (Los vd., 2019). Çalışmamızda tersine nem değerleri en yüksek kontrol ununda

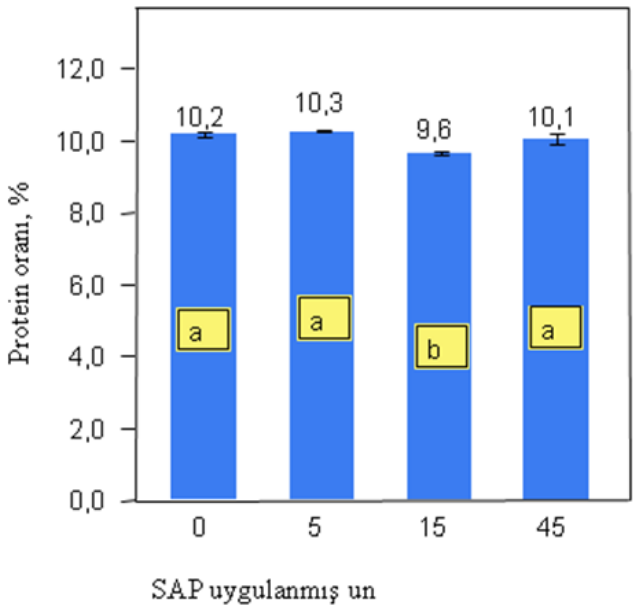
en düşük ise 45 saniye plazma uygulamasında gözlemlenmiştir. Nem miktarı SAP uygulanmış unlarda yaklaşık %2,0 daha azdır ($p<0,01$). Nem değerlerindeki bu çok önemli düzeydeki azalış depolama faaliyetleri, raf ömrü açısından olumlu bir gelişme olarak yorumlanabilir (Golea vd., 2023). Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin su aktivitesi, protein oranı, nem miktarı ve kül miktarı değerlerindeki değişim ($p<0,01$) Şekil 4.7'de verilmiştir.

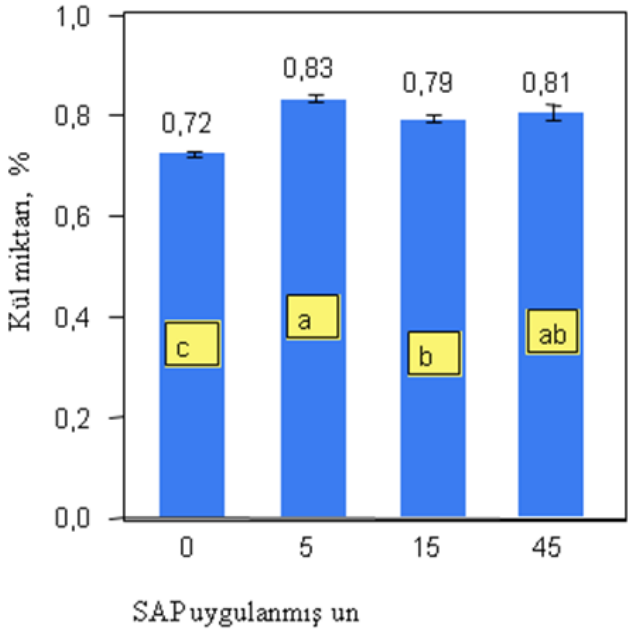
Çizelge 4.26. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin su aktivitesi, protein oranı, nem miktarı ve kül miktarına ait ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

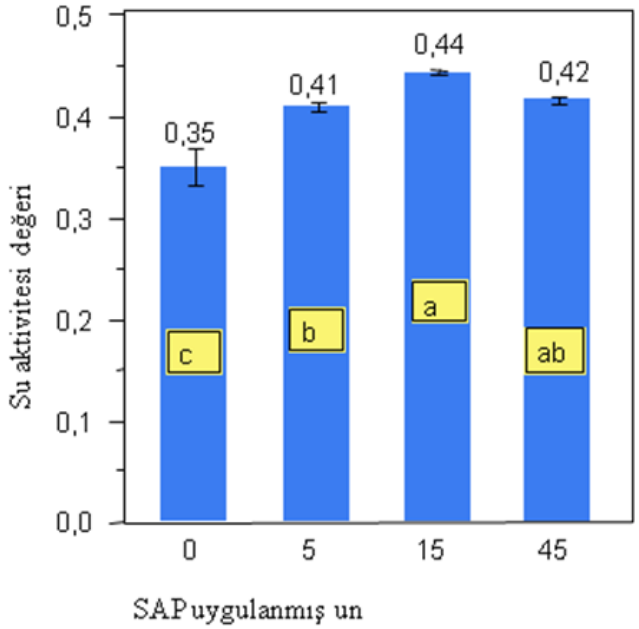
SAPUS s	n	Su aktivitesi değeri	Protein oranı %
0	3	0,349 ± 0,031^{c}	10,21 ± 0,12^{a}
5	3	0,409 ± 0,007^{b}	10,25 ± 0,07^{a}
15	3	0,443 ± 0,006^{a}	9,65 ± 0,07^{b}
45	3	0,415 ± 0,006^{ab}	10,05 ± 0,19^{a}
SAPUS s	n	Kül miktarı %	Nem miktarı %
0	3	0,725 ± 0,007^{c}	12,47 ± 0,06^{a}
5	3	0,834 ± 0,016^{a}	10,13 ± 0,12^{c}
15	3	0,795 ± 0,009^{b}	10,87 ± 0,12^{b}
45	3	0,806 ± 0,025^{ab}	10,03 ± 0,12^{c}

($p<0,01$); Farklı harflerle işaretlenmiş olan aynı sütundaki örneklerin ortalamaları istatistiksel açıdan birbirlerinden farklıdır SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi




12,0
10,0
8,0
6,0
4,0
2,0
0,0
Protein oranı, %
10,2
10,3
9,6
10,1
a
a
b
a
0
5
15
45
SAP uygulanmış un


1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
0,0
Kül miktarı, %
0,72
0,83
0,79
0,81
c
a
b
ab
0
5
15
45
SAP uygulanmış un



Şekil 4.7. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin su aktivitesi, protein oranı, nem miktarı ve kül miktarı değerleri. 0: kontrol; 5: 5 s uygulama; 15: 15 s uygulama; 45: 45 s uygulama; SAP: soğuk atmosferik plazma

Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin su aktivitesi, protein oranı, nem miktarı ve kül miktarı değerleri Şekil 4.7.'de gösterilmiştir.

4.3.2. Renk analizi

Farklı sürede SAP uygulanan un örneklerine ait L*, a*, b* renk değerleri varyans analiz sonuçları Çizelge 4.21'de verilmiştir. L*, a* ve b* değerlerinde istatistiki olarak çok önemli düzeyde farklılık un örneklerinde gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.27. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin L*, a*, b* renk değerlerine ait varyans analiz sonucu değerleri

VK	SD	L*			a*			b*		
		KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	1,027	0,343	334,136**	0,064	0,021	43,793**	2,605	0,868	280,851**
Hata	8	0,008	0,001		0,0039	0,0005		0,025	0,003	
Toplam	11	1,036			0,067			2,63		

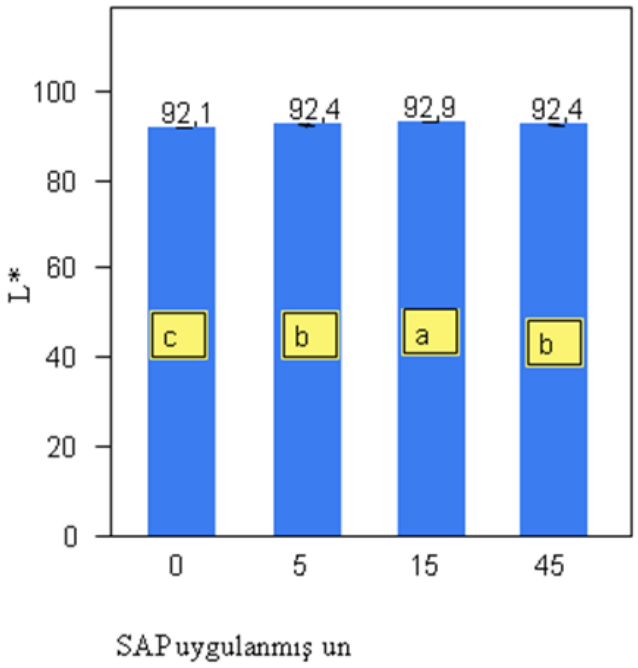
*: *p<0,05* düzeyinde önemli; **:p<0,01 düzeyinde önemli; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması. L*: parlaklık; a*: +kırmızı/-yeşil; b*: +sarı/-mavi; SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

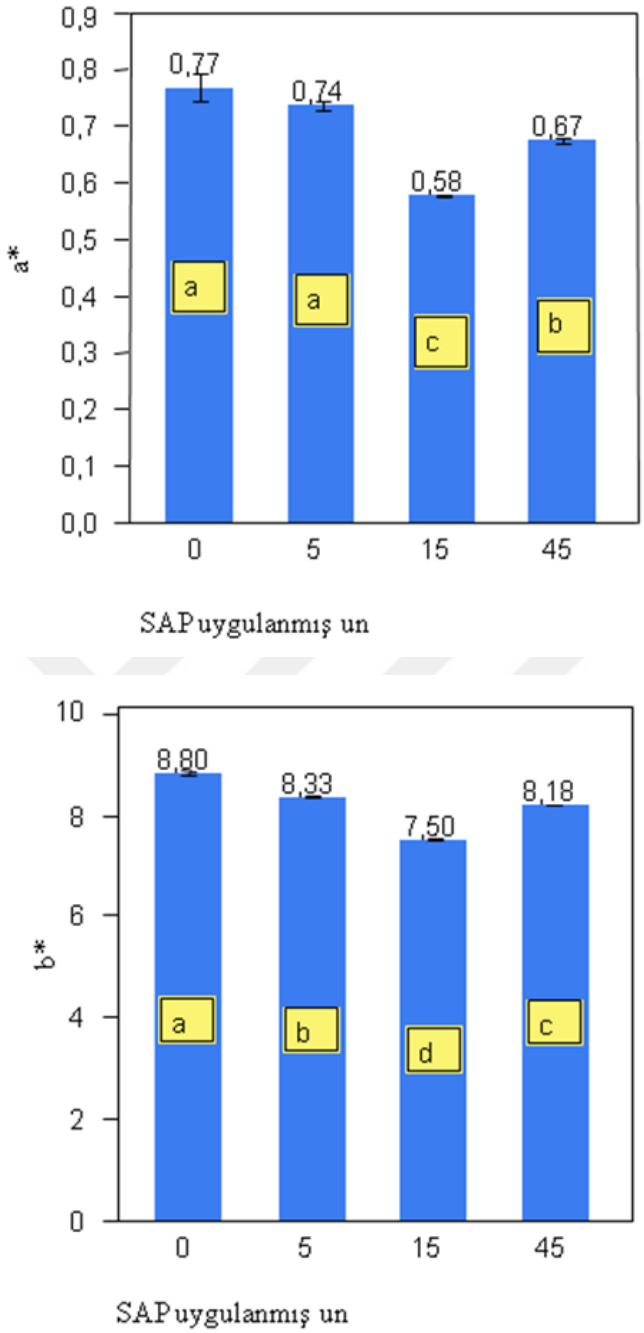
Çizelge 4.27'de önemli çıkan ($p<0,01$) farklı sürelerde SAP uygulanmış unlara ait L*, a* ve b* renk değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.28'de verilmiştir. Çizelge 4.28'de görüldüğü gibi SAP uygulanmış unlara ait L* değerleri kontrol ununa göre daha yüksek olmuştur. Yani unlarda bir miktar renk açılmıştır. Bununla birlikte artan SAP uygulama süresi unların a* ve b*değerlerinde azalmaya neden olmuştur. Özellikle kontrol unun 0.77 olan a* 15 s ve 45 s uygulamalarında oldukça düşmüştür (sırasıyla 0,58 ve 0,67). b* değerinde tüm sürelerde kontrol una göre istatistiki olarak azalma görülmüştür. Kontrol unun 8,80 olan b* değeri 45 s 'de 8,18 olurken; a* değerine benzer şekilde 15 s de en düşük (7,50) b* değeri elde edilmesi dikkat çekicidir. Unun rengi tüketici tercihleri bakımından son derece önemlidir (Li vd., 2022). Tritikale unlarının rengi bileşimindeki pigmentlerden kaynaklanır. Beyaz-sarı endosperm parçacıkları karotenoid pigmentlerini ve koyu renkli kepek parçacıkları flavonoid pigmentlerini taşırlar (Ghendov-Mosanu vd., 2024). Daha düşük L* değerleri (parlaklık kaybı) unda flavonoid pigmentlerin SAP uygulaması ile kaybedildiğini göstermiştir. Ayrıca diğer taraftan a* değerindeki azalma ksantofiller gibi kırmızı rengi veren pigmentlerde (Grabovets ve Krokhmal, 2012) ve sarı rengin ölçütü b* değeri, unun, tritikale ununda karotenoidlerin varlığından kaynaklanır (Audorei vd., 2022), kayıplar olduğunu göstermektedir. Li vd. (2022) yaptıkları çalışmada buğday ununun L* (açıklık) değeri plasma uygulaması sonrası artarken, a* (kırmızılık veya yeşil) ve b* (sarılık veya mavilik) değerleri önemli ölçüde azalmıştır ($p<0,05$). Chaple vd. (2020)'de benzer sonuçları bulmuştur. Bu durum plasma işleminden sonra buğday ununda bulunan karotenoidlerin oksidasyonu ve termal bozunmasına atfedilmiştir (Mei vd., 2016; Li vd., 2022). 15 s de kırmızı ve sarı pigment değerlerinde azalma fazla iken süre 45 s çıktığında mevcut renk bileşenlerinin ve yapıdaki fenolik bileşenlerin renk değiştirmesi ile a* ve b* değerlerinin bir miktar arttığı değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.28. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin L*, a*, b* renk değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

SAPUS s	n	L*	a*	b*
0	3	92,11 ± 0,02^{c}	0,77 ± 0,04^{a}	8,80 ± 0,08^{a}
5	3	92,41 ± 0,03^{b}	0,74 ± 0,02^{a}	8,33 ± 0,06^{b}
15	3	92,92 ± 0,04^{a}	0,58 ± 0,01^{c}	7,50 ± 0,05^{d}
45	3	92,37 ± 0,03^{b}	0,67 ± 0,01^{b}	8,18 ± 0,03^{c}

($p<0,01$); Farklı harflerle işaretlenmiş olan aynı sütundaki örneklerin ortalamaları istatistiksel açıdan birbirlerinden farklıdır. L*: parlaklık; a*: +kırmızı/-yeşil; b*: +sarı/-mavi; SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi





Şekil 4.8. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin L*, a* ve b* renk değerleri. 0: kontrol; 5: 5 s uygulama; 15: 15 s uygulama; 45: 45 s uygulama; SAP: soğuk atmosferik plazma

Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin L*, a* ve b* renk değerleri Şekil 4.8.'de gösterilmiştir.

4.3.3. Gluten kalitesi

Belirlediğimiz sürelerde SAP uygulanan un örneklerinin sedimantasyon değeri, gluten indeks değeri, yaş gluten miktarı ve düşme sayısı değerine ait varyans analiz sonucu değerleri Çizelge 4.29'da verilmiştir. Un örneklerinin sedimantasyon değeri, gluten indeks değeri, yaş gluten miktarı ve düşme sayısı değerlerinde istatistiki olarak çok önemli düzeyde farklılık görülmemiştir. Un örneklerine ait sedimantasyon değeri, gluten indeks değeri, yaş gluten miktarı ve düşme sayısı değeri ortalamaları Çizelge 4.30'da verilmiştir. 13 tritikale çeşit ve hatlarına ait unlar üzerinde yapılan çalışmada birinci yıl sedimantasyon değerleri 12,01-17,01 ml ve ikinci yıl 16,67-26,01 ml arasında değişmiştir (Çiftçi vd., 2010). Tritikale proteini yüksek oranda albümin (%38.0-45.4) ve globülin (%19.7-30.2), buğdaya benzer gliadin (%11.4-26.1) ve düşük oranda glutenin (%6.8-9.6) ihtiva eder (Navarro-Contreras vd., 2014). Bu yüzden tritikalenin unlu mamul endüstrisinde kullanımı, düşük gluten içeriği ve buğdaya göre kalitesiz olması nedeniyle hamurun yüksek alfa-amilaz aktivitesi ve zayıf reolojik özellikleri nedeniyle engellenmektedir (Dennet vd., 2013; Rakha, vd., 2011). Tritikale ununun mikaograf karıştırma zamanı 2.7 dak ve SDS sedimantasyon değeri 35.5 ml olarak bulunmuştur bu da yumuşak buğday unlarına benzemektedir (Pattison vd., 2014). Tritikale un örneklerinde Martinek vd.(2008) sedimentasyon değerini 18-27 ml ve Kuccerova vd., (2007) 20,16-23,88 ml arasında; Sehgal vd. (1983) tiritikalede gluten miktarını %15,1-24,3 ve sedimantasyon değerini 18-29 ml ve Tohver vd., (2006) gluten miktarını % 0-26.5 ve sedimantasyon değerini 10,5-211,0 ml arasında bulmuşlardır. Jańczak-Pieniążek.ve Kaszuba (2024) tritikale çeşitlerinde gluten indeks değerlerini (%21,9-37,2) arasında bulmuşlardır. Perisic vd., (2019) yaptıkları çalışmada Bingo tritikale çeşidinde yaş gluten miktarı değeri %30,60-33,35 arasında değişirken; KG-20 çeşidinde ise %23,20-24,35 arasında değişmiştir. Gluten indeks değerleri ise %30-50 arasında olmuştur. Çalışmamızda dikkat çeken konu sedimentasyon değerlerinde önemli bir değişme olmaz iken gluten indeks değerlerinde yükselmektedir. Khan. vd., (2023) buğday ununda yaptıkları çalışmada soğuk atmosferik plasma uygulaması sedimantasyon değerlerini değiştirmemiştir. Gluten indeksi (GI), gluten kalitesinin değerlendirilmesinde oldukça önemli bir parametre olup GI < %30 ise zayıf, GI = %30-80 normal ve GI > %80 güçlü olarak ifade edilmektedir (Oikonomou, 2015). Yani GI değerleri yükseldikçe gluten kalitesi artmaktadır. 5 s ve 15 s SAP uygulamaları ile unların gluten indeks değerlerinin %50'ye yaklaşması ile gluten kalitesi iyileşmiştir.

Glutenin kalitesini gösteren gluten indeks değeri Khan vd., (2023) buğday ununda yaptıkları çalışmada kontrole göre SAP uygulaması ile yükselmiştir ve 5 dakikada %97,2'ye çıkmıştır. SAP glutenin altbirimlerinde disülfit bağı oluşumunu teşvik etmekte yüksek molekül ağırlıklı gluteninlerin dağılımında değişiklere yol açmakta ve unda gluten indeks değeri artmaktadır (Bahrami vd., 2016; Misra vd., 2015; Menkov0 bvcx ska vd., 2014; Khan. D., 2023). Li vd. (2023) ifade edildiği gibi orta düzeyde SAP uygulaması gluten proteininin suyu tamamen absorlamasını sağlamakta oluşumuna katkıda bulunması ve böylece yıkama sürecinde gluten proteininin kaybını azalmaktadır ve bu da hamurun yapısal özelliklerinin iyileştirilmektedir (Pleijel vd, 2019). Fakat uzun sürelerde, gluten yapısında oluşan değişiklikler ile yıkamada gluten kaybı çoğalmaktadır. Süneli buğdaylara 30, 45, ve 60 s plazma uygulanan çalışmada gluteni oluşturan disülfit bağlarındaki artışa bağlı olarak uygulma yapılan tüm örneklerde gluten indeks değeri artmıştır (Ulutürk ve Gül, 2025).

Çalışmada unların düşme sayısı değerleri oldukça düşük yani alfa amilaz aktivitesi yüksektir. Tritikalenin unlu mamul endüstrisinde kullanımı, düşük gluten içeriği ve buğdaya göre kalitesiz olması nedeniyle hamurun yüksek alfa-amilaz aktivitesi ve zayıf reolojik özellikleri nedeniyle engellenmektedir (Dennet vd., 2013; Rakha, vd., 2011). SAP uygulama süresi ile amilaz aktivitesi değişmemiştir. Tahıl unlarında α-amilaz aktivitesini değerlendirmek için Düşme Sayısı testi sıklıkla kullanılmakta 250 s altı yüksek amilaz aktivitesini gösterir (Jukic vd.., 2023) ve çok yüksek amilaz aktivitesi un kalitesini olumsuz etkiler (He vd., 2019). Khan. vd., (2023) buğday ununda yaptıkları çalışmada soğuk atmosferik plasma uygulaması düşme sayısı değerlerini değiştirmemiştir (>300 s olmuştur).

Çizelge 4.29. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin sedimantasyon, gluten indeks, yaş gluten varyans analiz sonucu değerleri

VK	SD	Sedimantasyon değeri ml			Gluten indeks değeri %			Yaş gluten miktarı %			Düşme sayısı s		
		KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	0,125	0,042	0,667	682,885	227,628	5,810	167,934	55,978	5,939	237,333	79,111	3,175
Hata	4	0,25	0,063		156,723	39,181		37,705	9,426		199,333	24,917	
Toplam	7	0,375			839,608			205,639			436,667		

VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması; SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

Çizelge 4.30. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin sedimantasyon değeri, gluten indeks değeri, yaş gluten miktarı ve düşme sayısı değeri ortalamaları

SAPUS	n	Sedimantasyon değeri ml	Yaş gluten miktarı	Gluten indeks değeri	Düşme sayısı
0	3	18,00 ± 0,00	17,60 ± 0,00	31,54 ± 0,40	123,7±3,51
5	3	18,25 ± 0,35	29,20 ± 5,37	44,24 ± 4,72	135,0±6,00
15	3	18,00 ± 0,00	18,70 ± 1,84	47,11 ± 0,01	129,7±6,51
45	3	18,25 ± 0,35	23,45 ± 2,33	24,47 ± 11,59	125,0±3,00

($p<0,01$); Farklı harflerle işaretlenmiş olan aynı sütundaki örneklerin ortalamaları istatistiksel açıdan birbirlerinden farklıdır SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

4.3.4. Solvent tutma kapasitesi özellikleri

Farklı sürelerde SAP uygulanan un örneklerinin solvent tutma kapasitesi su, sakkaroz, laktik asit, sodyum karbonat ve gluten performans indeks değerleri (GPI) ve glutenin şişme indeksi (GSI) değerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.33'de gösterilmiştir. SAP uygulanmış un örneklerinin solvent tutma kapasitesi değeri arasında istatistiki açıdan çok önemli düzeyde farklılık olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.31. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait solvent tutma kapasitesi (STK)-su, sakkaroz, laktik asit, sodyum karbonat, gluten performans indeksi, glutenin şişme indeksi değerleri varyans analiz sonucu değerleri

VK	SD	STK-su %			STK-sakkaroz %			STK-laktik asit %		
		KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	51,232	17,077	20,299**	37,898	12,633	2,610	94,724	31,575	97,699**
Hata	8	6,7303	0,841		38,717	4,840		2,586	0,323	
Toplam	11	57,963			76,615			97,310		
VK	SD	STK-sodyum karbonat %			Gluten performans indeksi			Glutenin şişme indeksi		
		KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	94,351	31,450	6,903*	0,0015	0,0005	2,871	0,349	0,116	44,308**
Hata	8	36,451	4,556		0,0014	0,0002		0,021	0,003	
Toplam	11	130,801			0,0029			0,370		

*: $p<0,05$ düzeyinde önemli; **:$p<0,01$ düzeyinde önemli; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması; SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

Çizelge 4.31'de çok önemli çıkan farklı sürelerde SAP uygulanmış un örneklerine ait solvent tutma kapasitesi (STK) -su, sakkaroz, laktik asit, sodyum karbonat, gluten performans indeksi, glutenin şişme indeksi ortalama değerleri ve çoklu karşılaştırma test sonuçları ise Çizelge 4.32'de verilmiştir. Solvent tutma kapasitesi un bileşenlerinin özelliklerinin ortaya koyularak un kalitesinin ortaya koyulmasını sağlar. STK su tüm su ile etkileşime geçen tüm bileşenler, sodyum karbonat zedelenmiş nişasta içeriği, sakkaroz pentozan miktarı, laktik asit glutenin kalitesi ile ilşikilidir (Kweon vd., 2011). Çizelge 4.32'de görüldüğü gibi kontrole göre tüm sürelerde STK su, sodyum karbonat ve sakkaroz değerleri artmıştır. Genel olarak SAP uygulama süresi arttıkça artmıştır. Tüm uygulama sürelerinde STK-su ve STK-sodyum karbonat değerleri kontrol unun üzerindedir. STK-su değerleri %55'ten %60'a ve STK-sodyum karbonat değerler %75'ten %80'e yükselmiştir. STK-sakkaroz değerinde ise artış yaklaşık %3-5 arasındadır. Bu durum tritikale ununda SAP uygulamasının hidrofilik grupların, zedelenmiş nişastanın ve hemiselüloz bileşenlerin su tutma özellikleri iyileştirdiğini göstermiştir. Li vd. (2022) plasma uygulaması ile su absorpsiyonundaki artışını zedelenmiş nişasta miktarındaki artışa bağlamışlardır. Hamur yoğurma sırasında su absorpsiyonunun yüksek olması gluten gelişmesinin teşvik edilmesi ve ekmek hacminn artmasında oldukça önemli bir kriterdir. Tritikale unlarında miksolab su absorpsiyon değeri %58,8-61,7 arasında değişmiştir (Ghendov-Mosanu vd., 2024). Tritikale unlarının STK-su, STKsakaroz ve STK-sodyum karbonat değerleri sırasıyla %66,10-88,92; %100,33-129,85 ve %84,73-%115,60 arasında değişmiştir (Chavoushi, 2022). Solvent tutma kapasitesi laktik asit ve glutenin şişme indeksi (GSI) ve gluten performan indeksi gluten gücü ile ilişkilidir. Yüksek STK-laktik asit (Karaduman, 2020; Guzman vd., 2015) ve GSI değerleri (Wang ve Kovacks, 2002; Karaduman vd., 2019, 2024; Karaduman, 2020; Akman ve Karaduman, 2021); de ekmek-yapım kabiliyeti için istenilen güçlü hamur yapısını göstergesidir. Gluten performans indeksi (GPI) değeri STK laktik asit değerinin STK sakkaroz ve STK sodyum karbonat değerleri toplamına bölünmesi ile elde edilir glutenin genel performansını temsil eder (Lindgren ve Simsek, 2016). Plazma uygulanmış unlara ait STK- laktik asit ve GSI değerleri plazma uygulanmamış kontrol ununa göre 5, 15 ve 45 s plazma uygulanan unlarının değerleri daha yüksek değer almıştır. STK-laktik asit değerleri %64'den SAP uygulama sürelerinde %70,0'e artmıştır. Glutenin şişme indeksi değeri ise kontrol unda 2,50 iken 5 ve 15 s lerde 2,71'e ve 45 s'de 2,98'e yükselmiştir. SAP uygulama süresi artışı ile artan STK-laktik ast ve GSI değerleri SAP uygulamasının unun gluten kalitesini iyileştirmesi (Bahrami vd., 2016), glutenin uzamaya karşı direncini arttırması

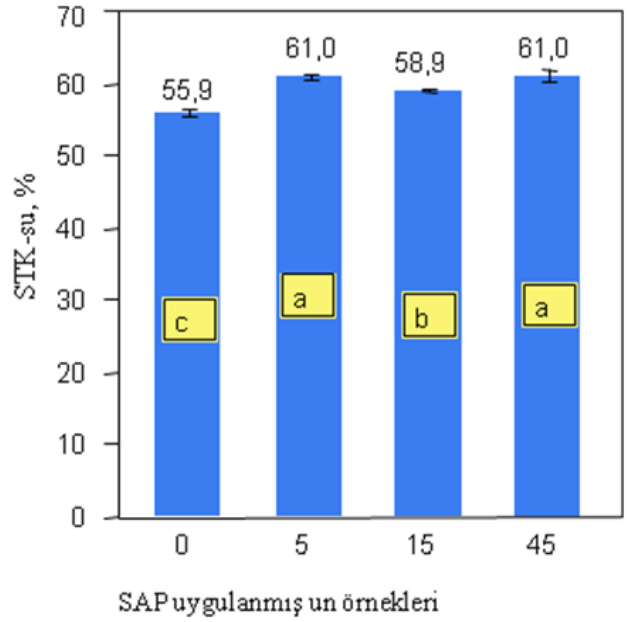
(Barros vd., 2023), gluten proteinleri arasındaki disülfit bağlarını güçlendirmesi ve daha güçlü bir protein-nişasta ağ yapısı oluşumunu sağlaması (Khan vd., 2022; Bahrami vd., 2016; Misra vd., 2015), buğday proteinlerinin ikincil yapılarında değişikliklere yol açması, molekül yapılarının yeniden düzenlenmesinde etkili olması (Held vd., 2019; Misra vd., 2015) nedeni iledir.

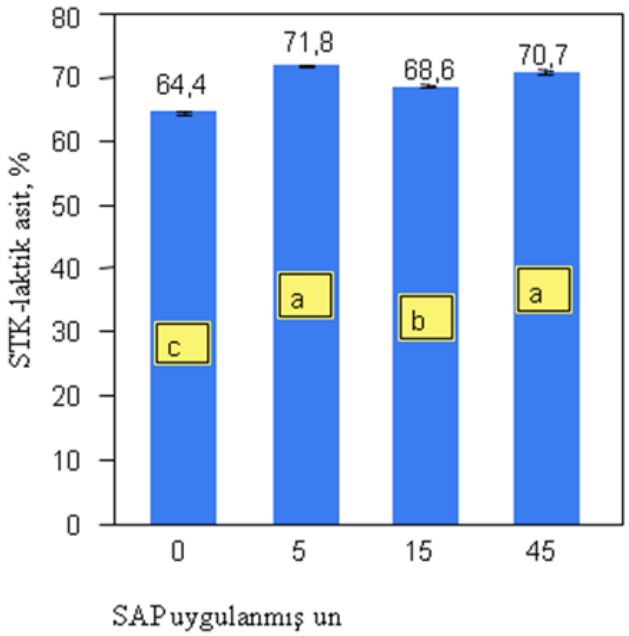
Çizelge 4.32. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait solvent tutma kapasitesi (STK)-su, sakkaroz, laktik asit, sodyum karbonat, gluten performans indeksi, glutenin şişme indeksi değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma test sonuçları

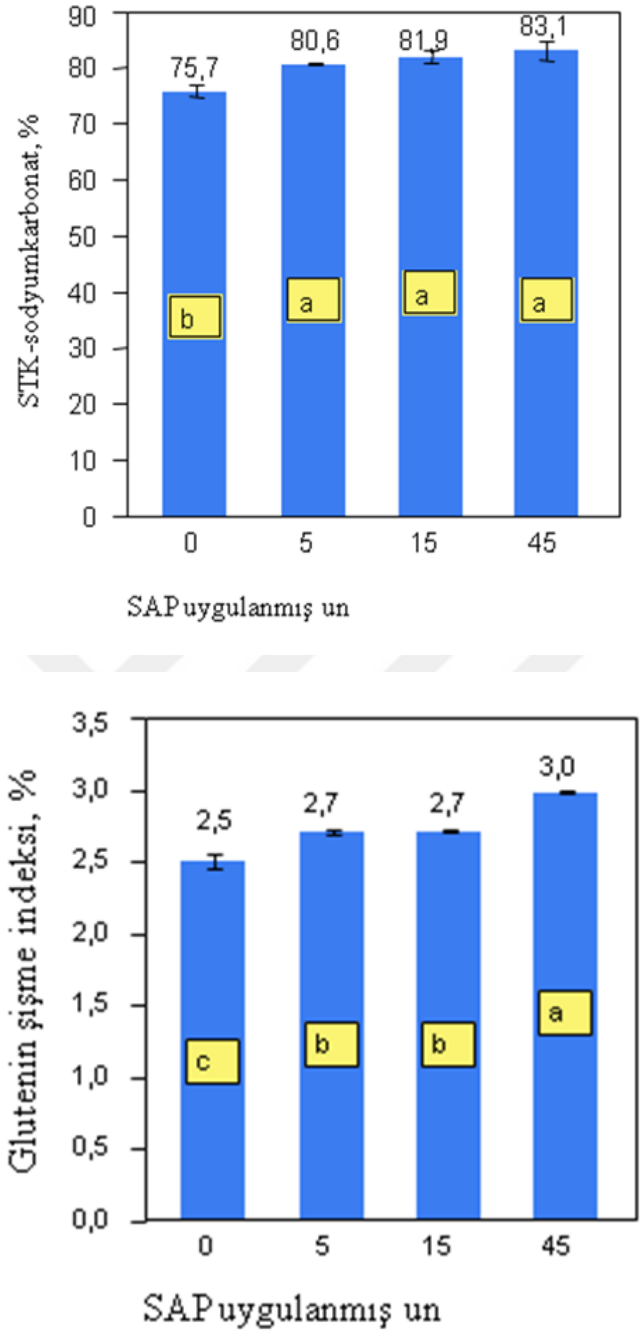
SAPUS	n	STK-su %	STK-sakkaroz %	STK-laktik asit %
0	3	55,92 ± 1,05^{b}	62,51 ± 2,60	64,44 ± 0,50^{c}
5	3	60,95 ± 0,64^{a}	65,46 ± 1,14	71,78 ± 0,22^{a}
15	3	58,92 ± 0,38^{ab}	66,37 ± 2,69	68,56 ± 0,40^{b}
45	3	60,98 ± 1,31^{a}	67,23 ± 2,02	70,71 ± 0,91^{a}
SAPUS	n	STK-sodyum karbonat %	Gluten performans indeksi	Glutenin şişme indeksi
0	3	75,72 ± 1,91^{b}	0,47 ± 0,01	2,50 ± 0,09^{c}
5	3	80,61 ± 0,63^{a}	0,49 ± 0,00	2,71 ± 0,02^{b}
15	3	81,85 ± 2,07^{a}	0,46 ± 0,01	2,71 ± 0,03^{b}
45	3	83,13 ± 3,14^{a}	0,47 ± 0,02	2,98 ± 0,02^{a}

(*p<0,01*); Farklı harflerle işaretlenmiş olan aynı sütundaki örneklerin ortalamaları istatistiksel açıdan birbirlerinden farklıdır SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin solvent tutma kapasitesi (STK)-su, laktik asit, sodyum karbonat, glutenin şişme indeksi değerleri Şekil 4.9'da gösterilmiştir


70
60
50
40
30
20
10
0
STK-su, %
55,9
61,0
58,9
61,0
c
a
b
a
0
5
15
45
SAP uygulanmış un örnekleri


80
70
60
50
40
30
20
10
0
STK-laktik asit, %
64,4
71,8
68,6
70,7
c
a
b
a
0
5
15
45
SAP uygulanmış un



Şekil 4.9. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin ait solvent tutma kapasitesi (STK)-su, laktik asit, sodyum karbonat, glutenin şişme indeksi değerleri. 0: kontrol; 5: 5 s uygulama; 15: 15 s uygulama; 45: 45 s uygulama; SAP: soğuk atmosferik plazma

4.3.5. Gluten agregasyon özellikleri

Farklı sürelerde SAP uygulanan örneklerine ait GlutoPeak maksimum torktan 15 s önceki tork (BM), maksimum tork (BEM), peak maksimum zaman (PMT), maksimum torktan 15 s sonraki tork (PM), protein (P), gluten (G), enerji değeri (W), su absorpsionu (Wa) varyans analiz sonuçları Çizelge 4.35'da verilmiştir. GlutoPeak BM, BEM, PMT, PM, protein, gluten, W ve Wa değerleri arasında istatistiki olarak önemli farkılılık oluşmuştur.

Çizelge 4.33. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait GlutoPeak BM, BEM, PMT, PM, protein, gluten, W ve Wa değerleri varyans analiz sonucu değerleri

VK	SD	BM, GPU			BEM, GPU		
		KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	66,375	22,125	11,8*	186,5	62,16667	82,889**
Hata	4	7,5	1,875		3	0,75	
Toplam	7	73,875			189,5		
VK	SD	PMT, s			PM, GPU		
		KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	51,375	17,125	27,4**	28,375	9,458	75,667**
Hata	4	2,5	0,625		0,125	0,125	
Toplam	7	53,875					
VK	SD	Protein, %			Gluten, %		
		KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	0,944	0,315	162,346**	8,286	2,761	159,075**
Hata	4	0,008	0,0019		0,070	0,0174	
Toplam	7	0,951			8,355		
VK	SD	W (Enerji), $J/10^4$			WA (su absorpsiyonu), %		
		KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	27837	9279	79,139**	2,746	0,915	126,667**
Hata	4	469	117,25		0,029	0,007	
Toplam	7	28306			2,774		

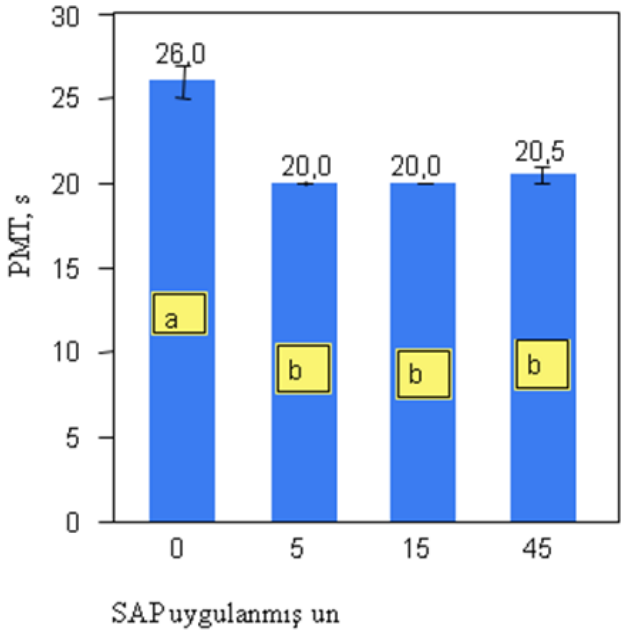
*: *p<0,05* düzeyinde önemli; **: *p<0,01* düzeyinde önemli; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması; PMT: peak maksimum zaman; BEM: maksimum tork; BM: maksimum torktan 15 s önceki tork; PM: maksimum torktan 15 s sonraki tork; G: tahminin gluten miktarı, P: tahmini protein oranı; W: enerji değeri, WA: su absorpsiyonu, SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

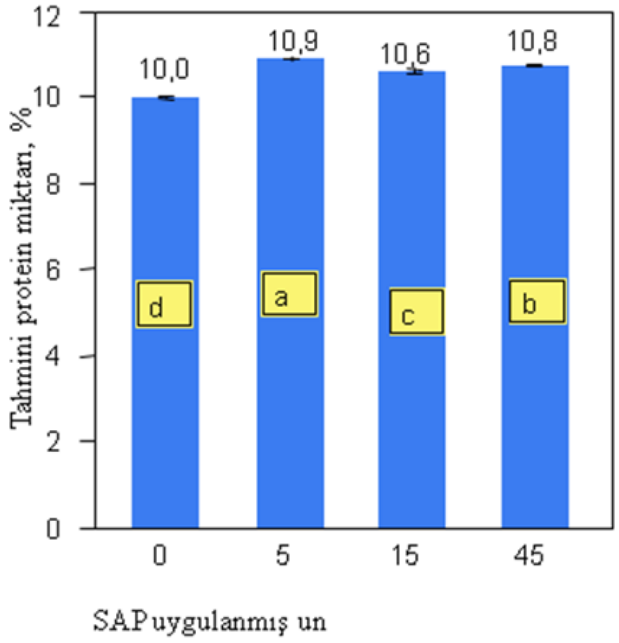
Çizelge 4.33'de önemli çıkan farklı saniyelerde plazma uygulanmış unlara ait GlutoPeak değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.34'te verilmiştir. Gluten agregasyon özelliklerinin değerlendirilmesinde GlutoPeak cihazı az örnekte, kısa sürede ve kontrollü koşullarda önemli bilgiler sağlamaktadır (Karaduman vd., 2019; Şahin vd., 2020; Durmuş vd., 2023; Wang vd., 2024). BEM gluten maksimum direncini; PMT gluten maksimum dirence ulaşmak için geçen zamanı; BM maksimum dirençten 15 s önceki direncini; PM 15 s sonraki direncini; AGGEN agregasyon enerji değerlerini gösterir (Chandi ve Seetharaman, 2012). Çalışmada SAP uygulanmış unların BM değeri düşük olsa da daha sonrasın gluten direnci artmış, BEM ve dolayısıyla PM, P, G, W ve Wa değerleri yükselmiştir. Wa değerlerindeki artış solvent tutma kapasitesi su değeri ile benzer olmuştur. Su absorpsiyonu kontrolda %55,80 olurken; diğer unlarda yaklaşık olarak %1 artmıştır. Gluten direncinin artması gluten oluşum zamanını kısaltmış ve PMT değerleri 26,0 s den 20,0 s civarına düşmüştür. Proteinde yaklaşık %1 ve glutende %2 artış görülmüştür. 15 s SAP uygulama süresinde en yüksek BEM (57,0 GPU), W (278,50 J/10^4) ve Wa (%57,41) değerleri dikkat çekmiştir. 45 SAP uygulamasında ise 15 s uygulamasına göre bu değerler azalmıştır (BEM değeri 50,50 GPU, W değeri 199,0 J/10^4 ve Wa değeri %56,90). SAP uygulama süresi artışı ile artan GlutoPeak değerleri SAP uygulamasının unun gluten kalitesini iyileştirmesi (Bahrami vd., 2016), uzamaya karşı direncini arttırması (Barros vd., 2023), gluten proteinleri arasındaki disülfit bağlarını güçlendirmesi ve daha güçlü bir protein-nişasta ağ yapısı oluşturması (Khan vd., 2022; Bahrami vd., 2016; Misra vd., 2015), buğday proteinlerinin ikincil yapılarında değişikliklere yol açması ve molekül yapılarının yeniden düzenlenmesinde etkili olması (Held vd., 2019; Misra vd., 2015) nedeni iledir. SAP uygulması ile aynı zamanda oluşan bazı reaktifler indirgen olup yapıyı zayıflatabilirler. Karaduman vd. (2015) yüksek GlutoPeak BEM, PMT ve PM değerinin yüksekliğinin gluten dayanımının fazlalığını gösterdiğini belirtmişlerdir. Wang vd. (2017) ve Song vd. (2020) GlutoPeak PMT ile gluten gücü arasındaki pozitif ilişki bulmuştur. Rakita vd. (2018) un kalitesinin en ayırt edici parametrenin BEM değeri olduğunu ifade etmiştir. Karaduman vd. (2020) yumuşak buğdaylar üzerinde yaptıkları çalışmada 30-50 s arasındaki PMT ve düşük BM değerlerinin zayıf gluten yapısı ile ilişkili olarak değerlendirmişlerdir. Perisic vd., (2019) yaptıkları çalışmada Bingo tritikale çeşidinde GlutoPeak maksimum tork değeri 54,0-57,0 BU ve PMT değeri 44,5-46,5 s arasında; KG-20 çeşidinde ise 35,0-36,5 BU ve PMT değeri 63,5-73,0 s arasında değişmiştir.

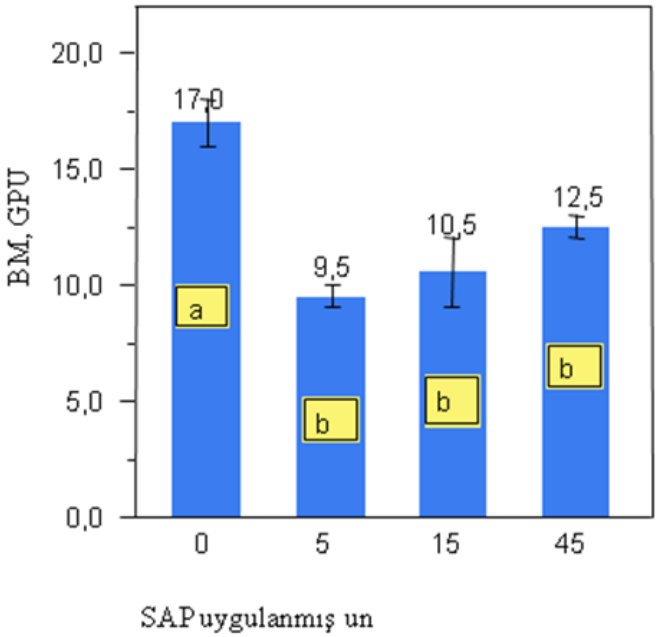
Çizelge 4.34. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait GlutoPeak BM, BEM, PMT, PM, protein, gluten, W ve Wa değerleri çoklu karşılaştırma test sonuçları

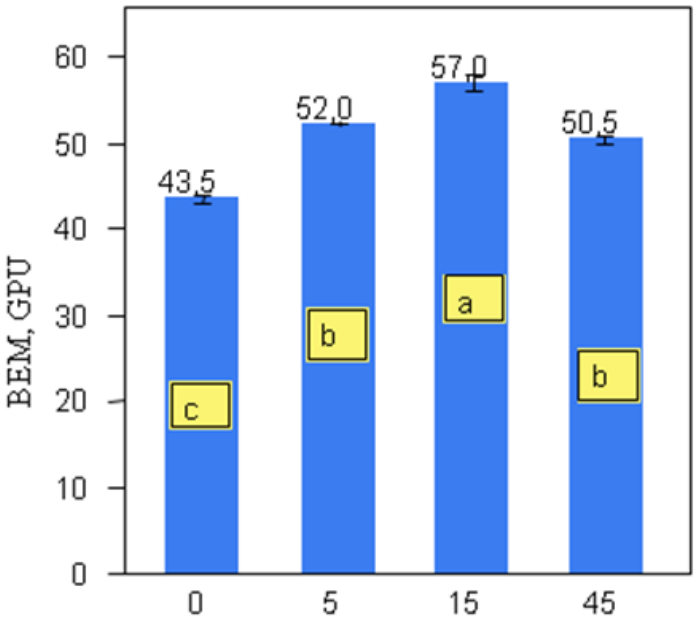
SAPUS	n	BM, GPU	BEM , GPU	PMT, s	PM , GPU
0	3	$17,00 \pm 1,41^{a}$	$43,50 \pm 0,71^{c}$	$26,00 \pm 1,41^{a}$	$31,00 \pm 0,00^{d}$
5	3	$9,50 \pm 0,71^{b}$	$52,00 \pm 0,00^{b}$	$20,00 \pm 0,00^{b}$	$36,00 \pm 0,00^{a}$
15	3	$10,50 \pm 2,12^{b}$	$57,00 \pm 1,41^{a}$	$20,00 \pm 0,00^{b}$	$33,50 \pm 0,71^{c}$
45	3	$12,50 \pm 0,71^{b}$	$50,50 \pm 0,71^{b}$	$20,50 \pm 0,71^{b}$	$35,00 \pm 0,00^{b}$
SAPUS s	n	Tahmini protein miktarı, %	Tahmini gluten miktarı, %	W (Enerji), $J/10^4$	WA (su absorpsiyonu), %
0	3	$9,99 \pm 0,03^{d}$	$21,23 \pm 0,07^{d}$	$113,50 \pm 9,19^{c}$	$55,80 \pm 0,12^{c}$
5	3	$10,90 \pm 0,02^{a}$	$23,91 \pm 0,07^{a}$	$217,00 \pm 0,00^{b}$	$56,82 \pm 0,12^{b}$
15	3	$10,59 \pm 0,08^{c}$	$23,00 \pm 0,23^{c}$	$278,50 \pm 17,68^{a}$	$57,41 \pm 0,00^{a}$
45	3	$10,75 \pm 0,02^{b}$	$23,47 \pm 0,07^{b}$	$199,00 \pm 8,49^{b}$	$56,90 \pm 0,00^{b}$

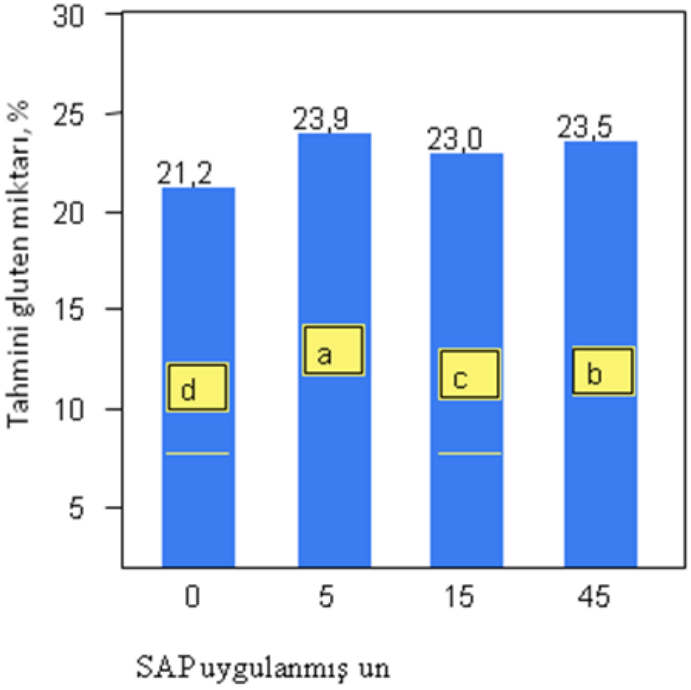
(*$p<0,01$);* Farklı harflerle işaretlenmiş aynı sütundaki tane örneklerine ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır*;* SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

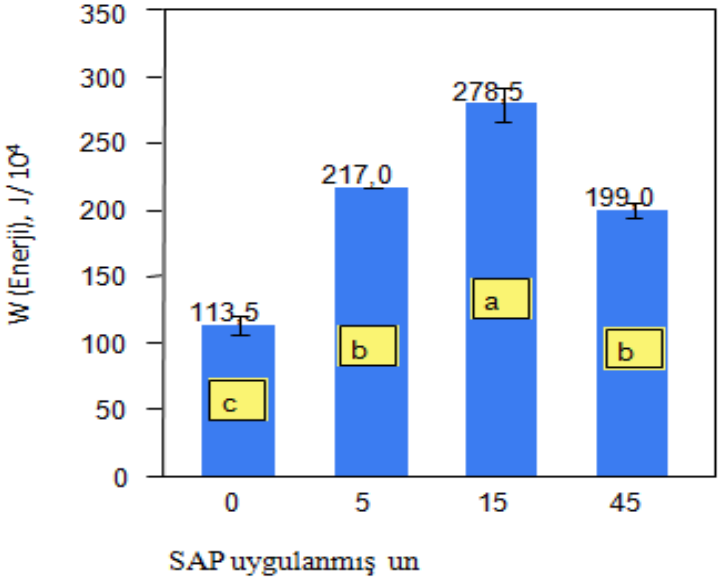

30
25
20
15
10
5
0
PMT, s
26,0
20,0
20,0
20,5
a
b
b
b
0
5
15
45
SAP uygulanmış un

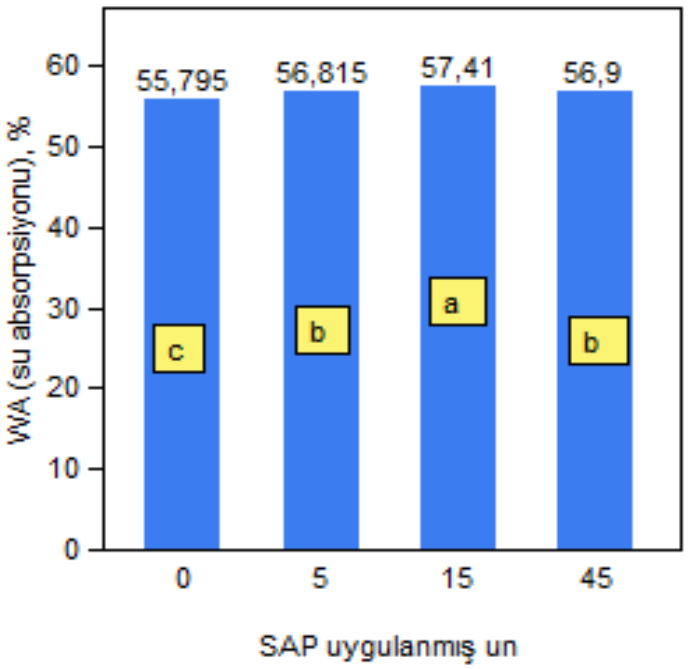

12
10
8
6
4
2
0
Tahmini protein miktarı, %
10,0
10,9
10,6
10,8
d
a
c
b
0
5
15
45
SAP uygulanmış un


20,0
15,0
10,0
5,0
0,0
BM, GPU
17,0
9,5
10,5
12,5
a
b
b
b
0
5
15
45
SAP uygulanmış un


60
50
40
30
20
10
0
BEM, GPU
43,5
52,0
57,0
50,5
c
b
a
b
0
5
15
45


Tahmini gluten miktarı, %
30
25
20
15
10
5
21,2
23,9
23,0
23,5
d
a
c
b
0
5
15
45
SAP uygulanmış un


W (Enerji), J/10⁴
350
300
250
200
150
100
50
0
113,5
217,0
278,5
199,0
c
b
a
b
0
5
15
45
SAP uygulanmış un



Şekil 4.10. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin GlutoPeak PMT, protein, gluten, W, BEM değerleri. 0: kontrol; 5: 5 s uygulama; 15: 15 s uygulama; 45: 45 s uygulama; SAP: soğuk atmosferik plazma

Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin GlutoPeak PMT, protein, gluten, W, BEM değerleri Şekil 4.11'de gösterilmiştir.

4.3.6. Alveograf özellikleri

Farklı sürelerde SAP uygulanan un örneklerine ait alveograf direnç (T), uzama kabiliyeti (A), elastikiyet indeksi (Ex), enerji (W) ve gluten dengesi (T/A) değerleri varyans analiz sonuçları Çizelge 4.37'de verilmiştir. Direnç ve enerji değerinde istatistiki açıdan önemli düzeyde farklılık görülmüştür ($p<0,01$).

Çizelge 4.35'de önemli çıkan farklı sürelerde SAP uygulanmış unlara ait alveograf değerleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma değerleri Çizelge 4.36'da verilmiştir. Çalışmada direnç (T) değerleri 104,5-133,0 mm; uzama yeteneği (A) değeri 17,0-21,0 mm; enerji (Fb) değerleri 86,0-101,5 10^{-4} x J; T/A değerleri 5,03-7,92; elastikiyet indeksi (Ex) 9,03-10,2 arasında değişmiştir. 13 tritikale çeşit ve hatlarına ait unlar üzerinde yapılan çalışmada iki yıllık ortalamaya göre direnç (T) değerleri 104,5-133,0 ml; A değeri 16,5-21,0

ml; enerji (W) değerleri 30,67-74,17 10^{-4} x J ve T/A değerleri 0,91-3,01arasında değiştiği bildirilmiştir (Çiftçi vd., 2010). (Ghendov-Mosanu vd., 2024) yaptıkları çalışmada T değeri 85-127 mm; A değeri 24-31 mm; Fb değeri 76-127 10^{-4} x J ve T/A değeri 3,27-4,88 arasında değişmiştir. Tritikale gluteni buğday gluteni ile kıyaslandığında daha sıkı yapıda ve düşük uzama kabiliyetindedir (Pena, 2004). Yüksek ekmeklik kalite için unda yüksek enerji, Ex, A değerleri ve gluten dengesinin (T/A) 1,0-1,3 arasında olması istenir (Zanetti, 2001; Guzman vd., 2016). T değeri hamurun direnci olup yüksek değerler hamurun gluten yapısının sıkılığını gösterir (Jødal ve Larsen, 2021). Çalışmamızda 15 ve 45 s SAP uygulama süresi ile direnç değerlerinin azalmıştır ($p<0,01$). 5 s unlar kontrole en yakın T, A, T/A ve elastikiyet indeksine sahiptir. Tüm unlarda oranlarında enerji değerlerinin artışı ($p<0,05$) hamur viskoelastik yapısının iyileştiğini göstermiştir. İstatistiki olarak önemli olmasa da uygulama süreleri ile A değerindeki artış ve gluten dengesindeki yine özellikle 15s ve 45 s deki iyileşme 1,0-1,3 arasında olmasada bu durumu doğrulamıştır.

Çizelge 4.35. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin direnç (T), uzama yeteneği (A), elastikiyet indeksi (Ex), enerji (W), gluten dengesi (T/A) değerlerine ait varyans analiz sonucu değerleri

VK	SD	Direnç değeri (T) mm			Uzama yeteneği (A) mm			Elastikiyet indeksi (Ex)		
		KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	983	327,667	62,413**	24,375	8,125	2,241	1,623	0,541	2,227
Hata	4	21	5,25		14,5	3,625		0,971	0,243	
Toplam	7	1004			38,875			2,594		

VK	SD	Enerji değeri (Fb) 10^{-4} *x* J			Gluten dengesi (T/A)		
		KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	317,375	105,792	9,957*	10,797	3,599	6,430
Hata	4	42,5	10,625		2,239	0,560	
Toplam	7	359,875			13,036		

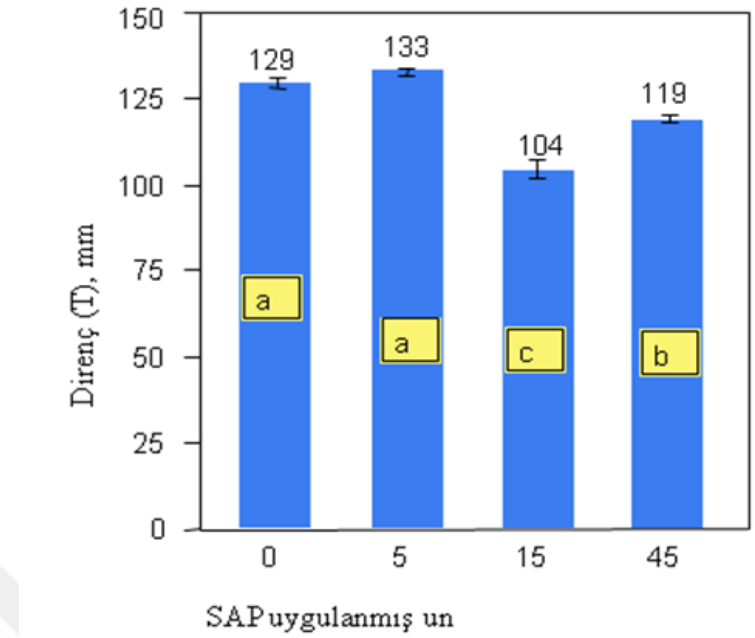
*: *p<0,05* düzeyinde önemli; **:*p<0,01* düzeyinde önemli; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması T: direnç, A: uzama kabiliyeti; Ex: elastikiyet indeksi; Fb: enerji değeri; T/A: gluten dengesi; SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

Çizelge 4.36. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin direnç (T), uzama yeteneği (A), elastikiyet indeksi (Ex), enerji (Fb), gluten dengesi (T/A) değerlerine ait çoklu karşılaştırma test değerleri

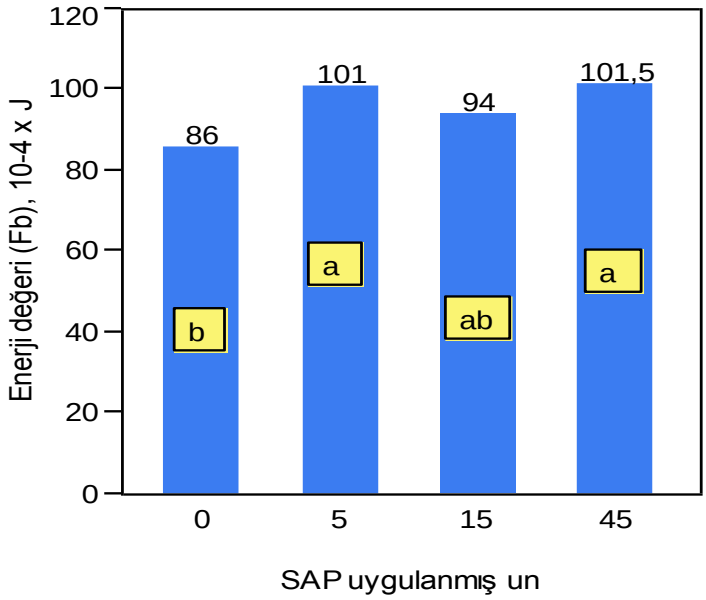
SAPUS s	n	Direnç değeri (T) mm	Uzama yeteneği (A) mm	Elastikiyet indeksi (Ex)
0	3	129,50 ± 2,12[a]	16,50 ± 2,12	9,03 ± 0,58
5	3	133,00 ± 1,41[a]	17,00 ± 0,00	9,18 ± 0,00
15	3	104,50 ± 3,54[c]	21,00 ± 2,83	10,20 ± 0,71
45	3	119,00 ± 1,41[b]	18,00 ± 1,41	9,44 ± 0,37

SAPUS s	n	Enerji değeri (Fb) $10^{-4}\,x$ J	Gluten dengesi (T/A)
0	3	86,00 ± 1,41[b]	7,92 ± 1,15
5	3	101,00 ± 2,83[a]	7,80 ± 0,12
15	3	94,00 ± 5,66[ab]	5,03 ± 0,85
45	3	101,50 ± 0,71[a]	6,63 ± 0,44

(*p<0,01*); Farklı harflerle işaretlenmiş olan aynı sütundaki örneklerin ortalamaları istatistiksel açıdan birbirlerinden farklıdır T: direnç; A: uzama yeteneği; Ex: elastikiyet indeksi; Fb: enerji değeri; T/A: gluten dengesi; SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi



.



Şekil 4.11. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin direnç (T) ve enerji (Fb) değerleri. 0: kontrol; 5: 5 s uygulama; 15: 15 s uygulama; 45: 45 s uygulama; SAP: soğuk atmosferik plazma

Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin direnç (T) ve enerji (Fb) değerleri Şekil 4.11'de gösterilmiştir.

4.3.7. Farinograf analizi

Farklı sürelerde SAP uygulanmış un örneklerine ait farinograf su absorpsiyonu (WA), gelişme süresi, stabilite, yumuşama değeri ve farinograf kalite sayısı değerleri varyans analiz sonuçları Çizelge 4.37'de verilmiştir. Stabilite değerinde istatistiki olarak önemli düzeyde farklılık görülmüştür ($p<0,01$).

Çizelge 4.37. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin farinograf su absorpsiyonu (WA), gelişme süresi, stabilite, yumuşama değeri ve farinograf kalite sayısı değerleri varyans analiz sonucu değerleri

VK	SD	Su absorbsiyonu %			Gelişme süresi dak		
		KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	1,85	0,617	1,059	0,045	0,015	2
Hata	4	2,33	0,583		0,03	0,0075	
Toplam	7	4,18			0,075		
VK	SD	Yumuşama derecesi FU			Stabilite dak		
		KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	360,5	120,167	1,946	0,695	0,231667	15,444**
Hata	4	247	61,75		0,06	0,015	
Toplam	7	607,5			0,755		
VK	SD	Farinograf kalite sayısı (FKN)					
		KT	KO	F			
SAPUS	3	12,5	4,167	1,852			
Hata	4	9	2,25				
Toplam	7	21,5					

**: $p<0,01$ düzeyinde önemli VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi, KT: kareler toplamı; SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

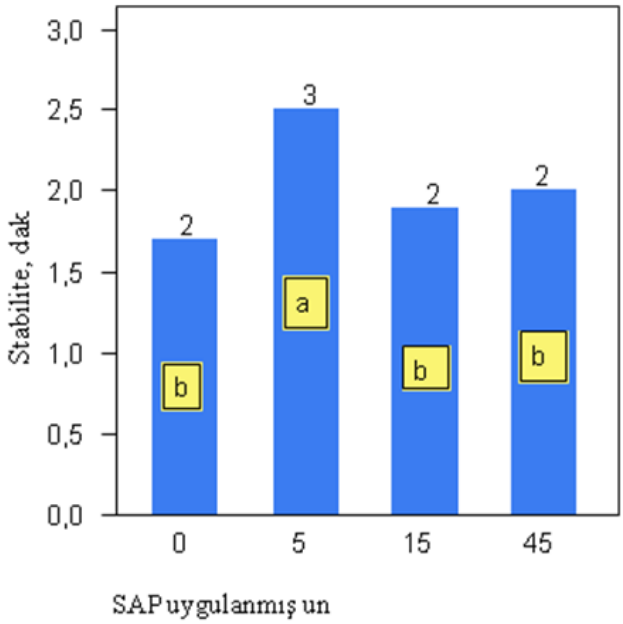
Çizelge 4.37'de önemli çıkan farklı sürelerde SAP uygulanmış un örneklerine ait farinograf su absorpsiyonu (WA), gelişme süresi, stabilite, yumuşama değeri ve farinograf kalite sayısı değerleri varyans analiz sonuçları çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.38'de gösterilmiştir. Çalışmada un örneklerinde su absorpsiyonu %62,3-63,,6; gelişme süresi 1,40-1,65 dak; stabilite değeri değerleri 1,7-2,5 dak; yumuşama derecesi 391,0-409,0; farinograf kalite sayısı (FKN) 16,5-20,0 arasında değişmiştir. Farinograf su absorpsiyonu tüm unlarda kontrol unun (%62,3) üzerindedir. 15 s %63,6 olmuştur. 5 s ve 45 s'de %63,0'e yakındır. Yine hamur gluten gücü ile ilişkili hamur stabilite değeri unlarda yine kontrol unun üzerindedir. Lakin 5 s de istatistiki olarak en yüksektir (2,5 dak). 5 s uygulamasında hamur

gelişme süresi de en yüksektir (1,60). Farinograf kalite sayısı da en yüksek 45 s de olmak üzere kontrol unun üzerindedir. Plasma uygulamasının, disülfit bağlarını ve kovalent olmayan bağları etkileyerek hamur yapısını güçlendirebileceğini göstermektedir (Pankaj vd, 2014; Li vd., 2023)..

Çizelge 4.38. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin farinograf su absorpsiyonu (WA), gelişme süresi, stabilite, yumuşama değeri ve farinograf kalite sayısı değerleri çoklu karşılaştırma test sonuçları

SAPUS s	n	Su absorbsiyonu %	Gelişme süresi dak	Stabilite dak
0	2	62,3 ± 1,06	1,40 ± 0,00	1,7 ± 0,14^{b}
5	2	62,9 ± 0,00	1,60 ± 0,14	2,5 ± 0,0^{a}
15	2	63,6 ± 0,28	1,45 ± 0,07	1,9 ± 0,14^{b}
45	2	63,1 ± 1,06	1,45 ± 0,07	2,0± 0,14^{b}
SAPUS s	n	Yumuşama derecesi FU	Farinograf kalite sayısı (FKN)	
0	2	409,0 ± 0,00	16,5 ± 2,12	
5	2	402,5 ± 2,12	18,0 ± 1,41	
15	2	396,5 ± 0,71	18,5 ± 0,70	
45	2	391,0 ± 15,56	20,0 ± 1,41	

(*p<0,01*); Farklı harflerle işaretlenmiş olan aynı sütundaki örneklerin ortalamaları istatistiksel açıdan birbirlerinden farklıdır SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi



Şekil 4.12. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin farinograf stabilite değerleri. 0: kontrol; 5: 5 s uygulama; 15: 15 s uygulama; 45: 45 s uygulama; SAP: soğuk atmosferik plazma

Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin farinograf stabilite değerleri Şekil 4.12'de gösterilmiştir.

4.2.8. Mineral madde miktarı

Farklı sürede SAP uygulanan un örneklerinin mineral madde miktaarlarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.39'da verilmiştir. Un örneklerinin bakır, demir ve çinko içeriklerinde istatistiki açıdan önemli farklılık görülmüştür.

Un örneklerine ait kalsiyum, bakır, demir, potasyum, magnezyum, mangan, fosfor, çinko ortalama değerleri ve çoklu karşılaştırma test sonuçları ise Çizelge 4.40'da verilmiştir. Mineral maddeler vücutta çok küçük miktarlarda gereksinim duyulan besin ögeleridir. Çalışmamızda belirlenen kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), potasyum (K), fosfor (P) makro; demir (Fe), mangan (Mn), bakır (Cu) ve çinko (Zn) mikro minerallerdir (Gharibzahedi, 2017). Trtikale tanesinde kepek tabakası mineral maddelerce zengindir (Jiang vd., 2024). Kül miktarı mineral madde içeriğinin bir göstergesidir (Abdulrahman, 2016). Unda SAP uygulaması ile tane hücre duvarları bileşenlerin, enzim ve pigmentlerin yapısında yer alan

ve oluşan çelatların (fitatlar gibi) parçalanması ile mineral maddelerin serbet hale geçmesi unda kül miktarını yükselmiştir. Sonuçta kalsiyum, bakır, demir, potasyum, magnezyum, mangan, fosfor, çinko miktarları SAP uygulanmış unlarda uygulama yapılmamış kontrol una göre artmıştır. Özellikle bakır, demir ve çinko içeriklerinde istatistiki olarak fark oluşmuştur. SAP uygulanmış unlara ait bakır, demir ve çinko miktarları kontrol ununa göre 5, 15 ve 45 s de istatistiki olarak daha yüksek olmuştur. En yüksek bakır ve demir miktarı 5 s. uygulamada -(11,77 mg/kg ve 22,17 mg/kg); çinko miktarı ise en yüksek 45 s de (8.76 mg/kg) elde edilmiştir. Bakır, vücutta birçok metabolik reaksiyonda yer alan çok sayıda enzimin bir bileşeni olan ve eksikliğinde anemi, nötropeni, iskelet anormallikleri ve diğer klinik belirtilere neden olan temel bir mineral maddedir (Shike, 2009). Vücudumuzda demir oldukça hayati olup, proteinlere (hemoprotein) bağlı olarak hemoglobinin veya miyoglobinin yapısında yer alır, aynı zamanda hem olmayan bileşiklerde (flavin-demir enzimleri, transfer ve ferritin) bulunur (Hurrell, 1997). Çinko eksikliği büyüme geriliğine neden olur. Çinko, Epidermal, gastrointestinal, santral sinir, bağışıklık, iskelet ve üreme sistemleri için önemli bir elementtir (Roohani, 2013).

Çizelge 4.39. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin kalsiyum, bakır, demir, potasyum, magnezyum, mangan, fosfor, çinko miktarlarına ait varyans analiz sonucu değerleri

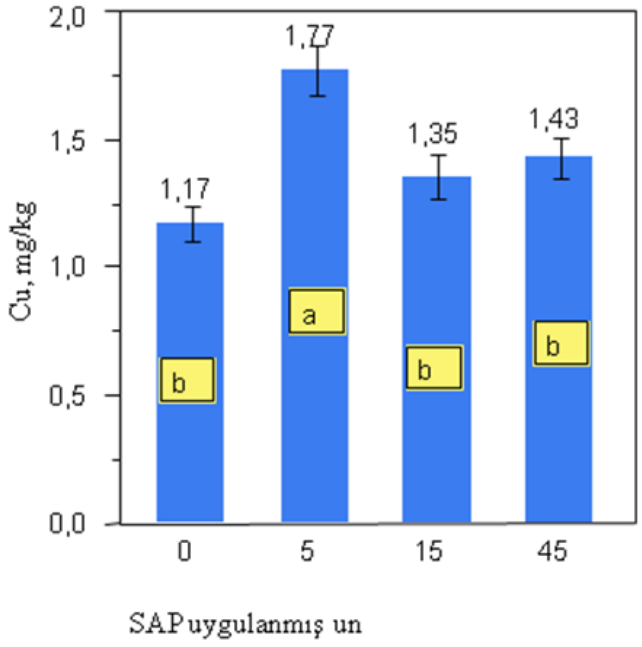
VK	SD	Kalsiyum, mg/kg			Bakır, mg/kg		
		KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	133,19	44,3967	0,752	0,375	0,1249	8,9037*
Hata	4	236,15	59,0375		0,056	0,014	
Toplam	7	369,34			0,431		
VK	SD	Magnezyum, mg/kg			Mangan, mg/kg		
		KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	6341,29	2113,763	6,114	3,326238	1,109	4,6075
Hata	4	1382,91	345,73		0,963	0,241	
Toplam	7	7724,2			4,289		
VK	SD	Demir mg/kg			Potasyum, mg/kg		
		KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	33,0831	11,0277	10,8096*	17415,38	5805,125	1,4097
Hata	4	4,0807	1,0202		16472,5	4118,13	
Toplam	7	37,1638			33887,88		
VK	SD	Fosfor, mg/kg			Çinko, mg/kg		
		KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	29867,38	9955,792	3,2174	2,770	0,923196	166,8602**
Hata	4	12377,5	3094,38		0,022	0,005533	
Toplam	7	42244,88			2,791718		

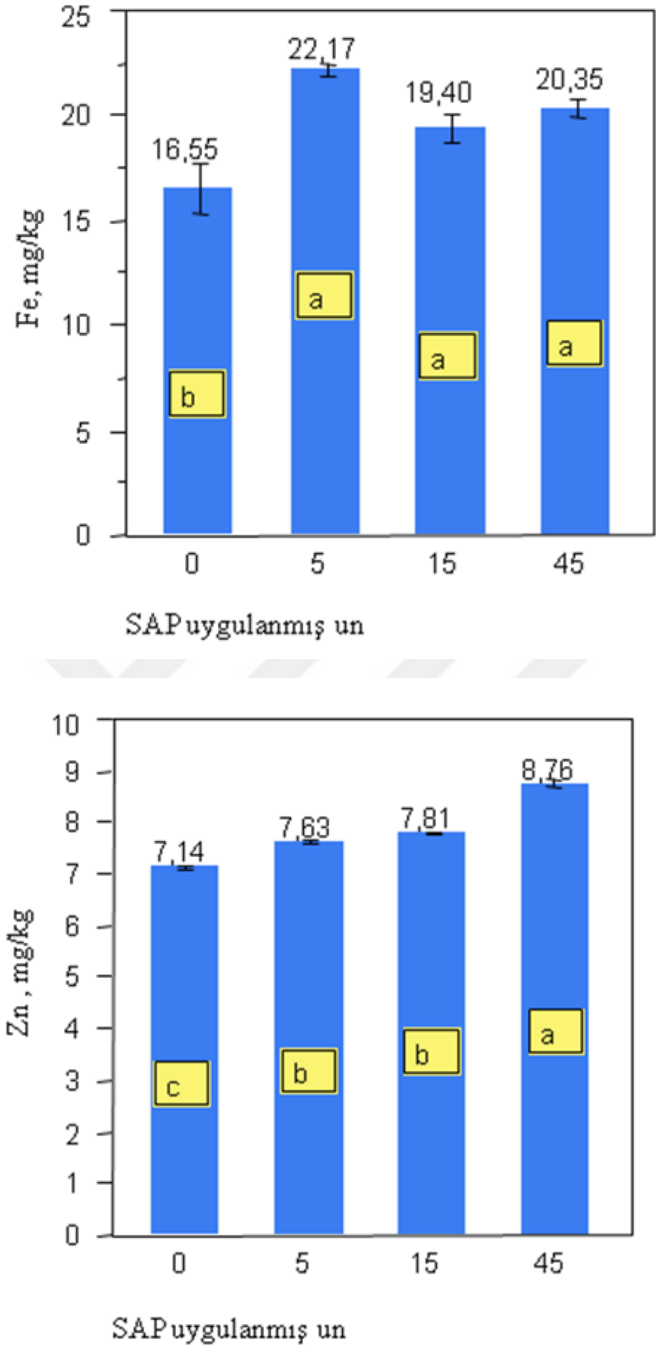
*: $p<0,05$ düzeyinde önemli; **: $p<0,01$ düzeyinde önemli; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması; SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

Çizelge 4.40. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait kalsiyum, bakır, demir, potasyum, magnezyum, mangan, fosfor, çinko miktarlarına ait ortalamalarının çoklu karşılaştırma test değerleri

SAPUSs	n	Kalsiyum mg/kg	Bakır mg/kg	Demir mg/kg	Potasyum mg/kg
0	3	145,15 ± 10,11	1,17 ± 0,10^{b}	16,55 ± 1,68^{b}	1597,00 ± 21,21
5	3	154,15 ± 11,53	1,77 ± 0,14^{a}	22,17 ± 0,38^{a}	1669,00 ± 114,55
15	3	155,30 ± 0,99	1,35 ± 0,12^{b}	19,40 ± 0,90^{a}	1691,50 ± 3,54
45	3	149,00 ± 0,28	1,43 ± 0,11^{b}	20,35 ± 0,57^{a}	1724,00 ± 53,74
SAPUSs	n	Magnezyum mg/kg	Mangan mg/kg	Fosfor mg/kg	Çinko mg/kg
0	3	350,65 ± 2,33	11,21 ± 0,59	1107,50 ± 10,61	7,14 ± 0,04^{c}
5	3	415,40 ± 35,36	12,62 ± 0,74	1226,00 ± 110,31	7,63 ± 0,07^{b}
15	3	386,15 ± 1,63	11,82 ± 0,04	1187,50 ± 3,54	7,81 ± 0,04^{b}
45	3	421,80 ± 11,17	12,82 ± 0,28	1274,50 ± 9,19	8,76 ± 0,12^{a}

(*p<0,01*); Farklı harflerle işaretlenmiş olan aynı sütundaki örneklerin ortalamaları istatistiksel açıdan birbirlerinden farklıdır SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi





Şekil 4.13. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin bakır, demir ve çinko miktarları. 0: kontrol; 5: 5 s uygulama; 15: 15 s uygulama; 45: 45 s uygulama; SAP: soğuk atmosferik plazma

Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin bakır, demir ve çinko miktarları Şekil 4.13'te gösterilmiştir.

4.3.9. Antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde miktarı

Farklı sürelerde SAP uygulanmış un örneklerine ait antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde varyans analiz sonuçları Çizelge 4.31'de verilmiştir. İstatistiki olarak antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde değerlerinde önemli düzeyde *(p<0,01)* farklılık görülmüştür.

Çizelge 4.41. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde miktarı varyans analiz sonucu değerleri

VK	SD	Antioksidan aktivite µmol TE/g			Toplam fenolik madde mg GAE/kg		
		KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	180,019	60,006	4,6677*	120,684	40,228	6,645**
Hata	8	102,844	12,856		48,4286	6,0536	
Toplam	11	282,863			169,113		

**: p<0,05* düzeyinde önemli; ***:p<0,01* düzeyinde önemli; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması; SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

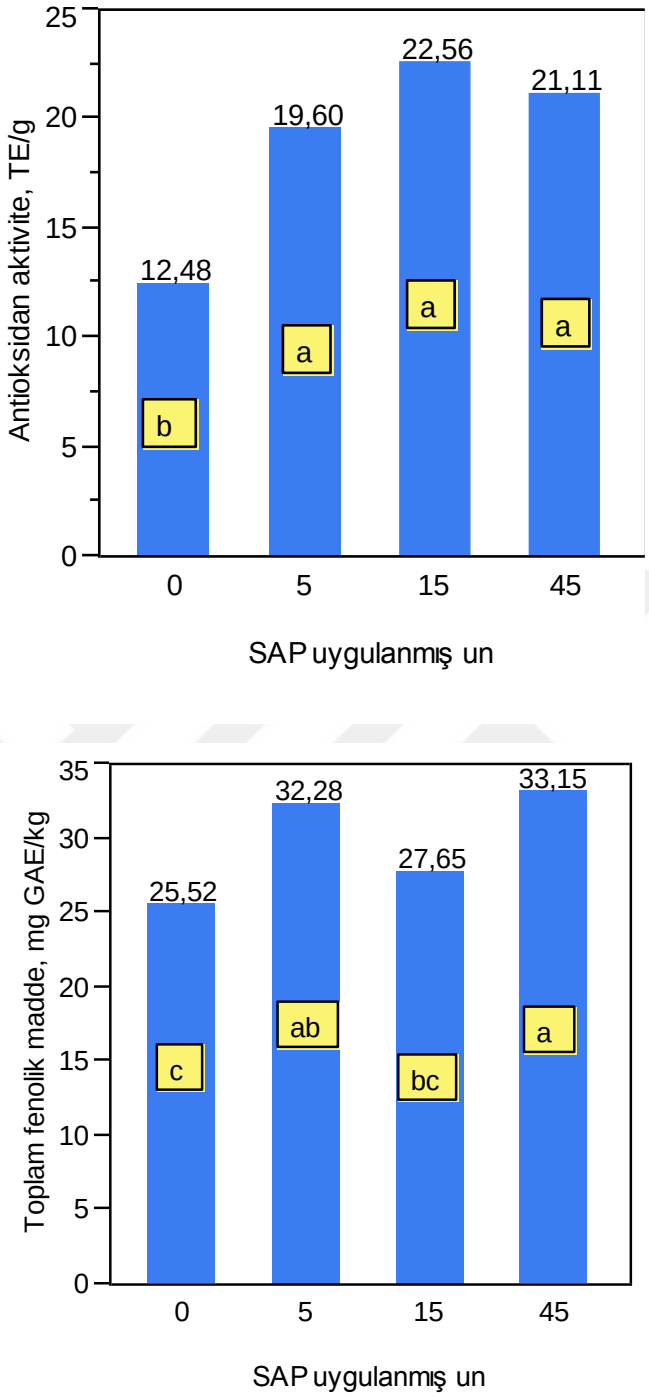
Çizelge 4.41'de önemli çıkan (*p<0,01*) farklı sürelerde SAP uygulanmış unlara ait antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde miktarı çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.42' de verilmiştir. Çizelge 4.42' de görüldüğü gibi SAP uygulanmış unlara ait antioksidan aktivite değerleri kontrol ununa göre 5, 15 ve 45 s plazma uygulanan unlarının değerleri daha yüksek olmuştur. Kontrol örnekte 12,48 µmol TE/g olan antioksidan aktivite değeri 5 s'de 19,60 µmol TE/g'a ve 15 s ve 45 s'de 20,0 µmol TE/g'ın üzerine çıkmıştır. Toplam fenolik madde değerleri plazma uygulanmayan kontrol ununa göre (25,52 mg GAE/kg); 5 ve 45 s'de sırasıyla 32,28 mg GAE/kg ve 33,15 mg GAE/kg olarak önemli artış göstermiştir. 15 s'de ise 27,65 mg GAE/kg'dır. Tritikale yapısında antioksidan aktiviteye sahip birçok fenolik, alkilresorsinol, fitoöstrojen, vitamin ve mineral maddeler bulundurur (Buchholz, vd. , 2012; Rakha, vd., 2013; Jonnala vd., 2010). Tritikalede yağ içeriği %1.2-1.6 (Fras vd., 2016); doymuş alkilresorsinol içeriği 225 mg/100g ve doymamış 29 mg/100g olarak değişmektedir (Agil vd. 2012). 9 adet tritikale çeşidi tanesinde toplam fenolik madde 1,3 ila 1,6 mg GAE)/g arasında değişmiş ve buğdaya benzer olmuştur (1,5 GAE/g). Tanelerin öğütme ile elde edilen unlarda ise toplam fenolik içeriği 0,7 ila 1,1 mg GAE/g arasında değişmiş ve yine buğday ununa yakın olmuştur (1,1 mg GAE/g) (Frás vd., 2016).

Başka bir çalışmada, tritikale çeşidinde toplam fenolik madde 1135,5 µg/g (db) olarak bildirilmiş; tritikale tam tane ununda fenolik asitlerin çoğunlukla bağlı formda oldukları (> %90) ve ferulik, kumarik, protokatekuik ve gallik asitleri içerdikler belirtilmiştir (Kandil vd., 2012). Tritikaledeki serbest fenolik asit seviyesin (295,0 µg/g) çavdar, yulaftan ve arpadan daha düşük, pirinçten ise daha yüksekt bağlı fenolik asit düzeyinin (1346,24 µg/g) yulaftan düşük, pirinçten ise yüksek olduğu bildirilmiştir (Iraklı vd., 2012). Toplam tiamin içeriği 9.74 nmol/g, db olarak bulunmuştur (Buchholz vd., 2012). Soğuk atmosferik plazma, singlet oksijen, ozon ve reaktif oksijen türlerinin (ROS) bir kaynağı olduğundan (Misra vd., 2014); radikal kaynaklı ve ozonla yayılan oksidasyon yoluyla buğday ununun kimyasal bileşimini ve böylece unun fonksiyonel özellikleri değiştirme etkisine sahiptir (Bahrami vd., 2016). SAP bu anlamda antioksidan aktivite ve fenolik madde içeriğini artırmada önemli görülmüştür. Son yıllarda uygarlık hastalıklarının sayısı sürekli artmıştır ve bunların çoğu diyetle ilgilidir (Kawakita vd., 2019). Bu nedenle, belirli sağlıklı özelliklere sahip ekmek ürünleri de dahil olmak üzere doğal gıdalara olan talep artmaya devam etmektedir (Zhang vd., 2019). Ekmek üretiminde besin değerini artırmanın bir yolu, ekmek üretiminde geniş kapsamlı kullanılmayan besin maddelerince daha zengin tahılların kullanılmasıdır. Yulaf, arpa ve tritikale, sıklıkla fonksiyonel özelliklere sahip hammaddeler olarak sınıflandırılmaktadır (Fras, vd., 2021). SAP yolu ile biyoaktif bileşenlerle zenginleştirilmiş bu tahılların ekmek ürünlerinin tüketimi sağlıklı beslenmeye önemli katkılar sunabilecektir (Brodowska vd., 2014; Gosine ve McSweeney, 2019)

Çizelge 4.42. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde miktarı çoklu karşılaştırma test sonuçları

SAP uygulama süresi	n	Antioksidan aktivite µmol TE/g	Toplam fenolik madde mg GAE/kg
0	3	$12,48 \pm 2,29^{b}$	$25,52 \pm 1,92^{c}$
5	3	$19,60 \pm 4,51^{a}$	$32,28 \pm 1,22^{ab}$
15	3	$22,56 \pm 4,62^{a}$	$27,65 \pm 4,25^{bc}$
45	3	$21,11 \pm 2,12^{a}$	$33,15 \pm 0,98^{a}$

($p<0,05$); Farklı harflerle işaretlenmiş olan aynı sütundaki örneklerin ortalamaları istatistiksel açıdan birbirlerinden farklıdır. SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi



Şekil 4.14. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde miktarı. 0: kontrol; 5: 5 s uygulama; 15: 15 s uygulama; 45: 45 s uygulama; SAP: soğuk atmosferik plazma

Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde miktarı Şekil 4.14'te gösterilmiştir.

4.3.10. Diyet lifi

Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait toplam, çözünür ve çözünmez diyet lifi miktarları varyans analiz sonuçları Çizelge 4.43'de verilmiştir. SAP uygulama sürelerinde unların toplam, çözünür diyet lifi miktarlarında istatistiki olarak önemli düzeyde farklılık gözlemlenmiştir. Çizede 4.44'de önemli çıkan tam tane unu örneklerinin toplam, çözünür diyet lifi miktarlarına ait çoklu karşılaştırma ve çözünmez diyet lifi miktarları Çizelge 4.44'de verilmiştir.

Çizelge 4.43. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait diyet lifi miktarları varyans analiz sonuçları

VK	SD	Toplam diyet lifi %			Çözünür diyet lifi %		
		KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	3,168	1,056	70,824**	0,037	0,012	3,723
Hata	4	0,060	0,015		0,013	0,003	
Toplam	7	3,23			0,051		

VK	SD	Çözünmez diyet lifi %		
		KT	KO	F
SAPUS	3	2,581	0,860	42,396**
Hata	4	0,081	0,020	
Toplam	7	2,662		

**:*p<0,01* düzeyinde önemli; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması; SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

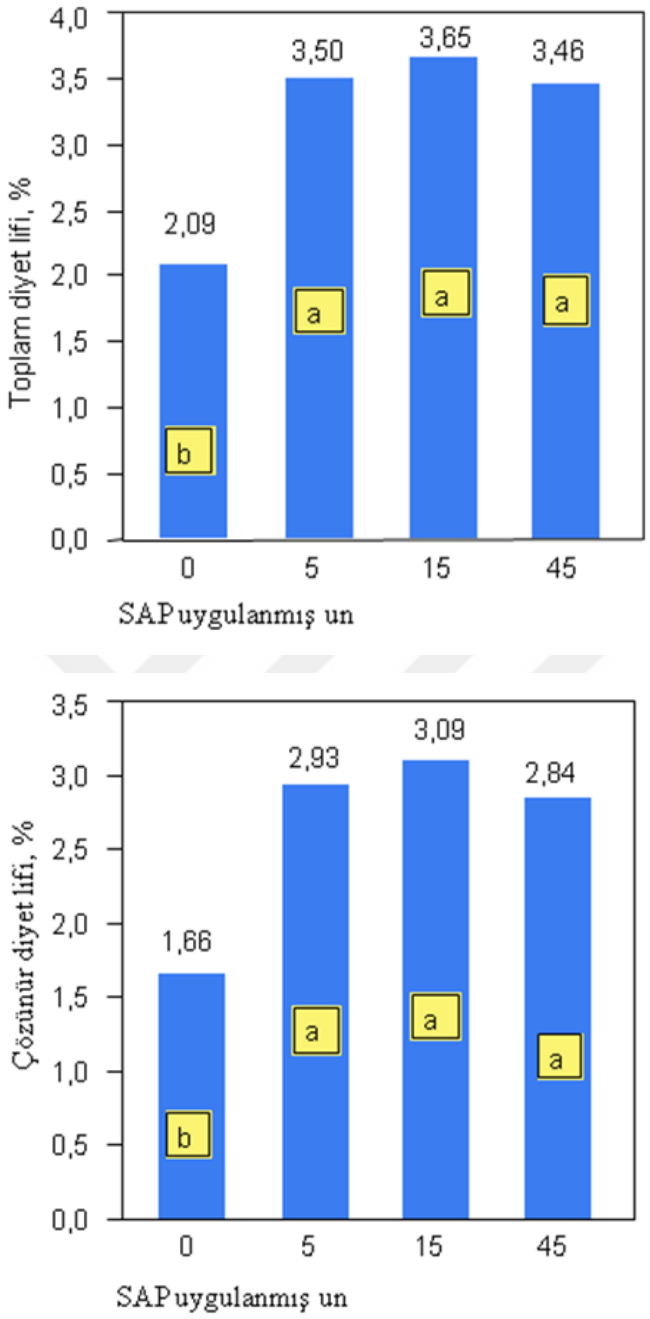
Diyet lifi nişasta olmayan polisakkaritler olup (Chen vd., 2022) kabızlık, obezite, kalp damar hastalıkları, kan şeker düzeyinin kontrolü, bağırsakların hızlı boşaalması ve kolon kanserinin önlenmesi ve bağısakta faydalı bakterilerin gelişimi gibi vücutta çok önemli işlevleri bulunmaktadır (Saini vd., 2023; Fu vd., 2022; Gill vd., 2021). Diyet lifi suda çözünebilirliğine göre çözünebilir ve çözünmez olmak üzere ikiye ayrılır (O'Grady vd., 2019). Özellikle çözünür lif prebiyotik olarak bağırsaklardaki mikroorganizmaları beslemekte (Shrivastava ve Goyal, 2007); kardiyovasküler hastalıkları ve diyabetiin önlenmesinde etkilii olmakta (Ma vd., 2006); faydalı kısa zincirli yağ asitlerinin oluşmasını sağlamaktadır (Galvez vd., 2005). Tritikalenin diyet lifi içeriğinin buğdaya benzediği ancak daha yüksek miktarda çözünür fraksiyona, özellikle sulu bir çözeltide viskoz özellikler gösteren suda ekstrakte edilebilir arabinoksilanlara (WE-AX) sahip olduğu belirtilmiştir

(Rakha vd., 2011, Fras, 2021). İsveç'teki iki lokasyonda yetiştirilen 8 tritikale genotipinin toplam diyet lifi içeriği %13 ila %16 arasında değişmiştir (Rakha vd., 2011). Tritikale diyet lifinin çoğunlukla arabinoksilan (ortalama %6,8), fruktan (ortalama %2,3), selüloz (ortalama %2,1), Klason lignin (ortalama %1,6) ve β-glukan (ortalama %0,7) içerdiği ifade edilmiştir (Rakha vd., 2011). Tritikale tanesindeki (9 genotip üzerinde yapılan çalışmada) çözünmez ve çözünür nişasta olmayan polisakkaritlerin içeriği sırasıyla %7,7-9,1 ve %1,5-2,8 arasında değiştiği belirtilmiştir (Frás vd., 2016). Aynı zamanda lignin miktarı tanede ve unda sırasıyla %2,1-2,8 ve %0,6-1,2 arasında bulunmuştur (Frás vd., 2016). Başka bir çalışmada, tritikalenin (11 genotipin) nötr ve asit deterjan lif içeriklerinin sırasıyla %13,71 ila %16,53 ve %3,82 ila %5,18 arasında değiştiği ve buğdaya çok benzer olduğu bildirilmiştir (Dennett, Wilkes vd, 2013). Çalışmada tam tane ununda olduğu gibi SAP uygulanmış unlarda kontrole göre toplam diyet lifi miktarı artmış; %2,0'den %3,5'ler düzeyine yükselmiştir (*p<0,01*). Yine çözünür diyet lifi içeriği %1,5'lerden %3 düzeylerine çıkmıştır (*p<0,01*). Bu durum, SAP uygulamasının mevcut diyet lifi ile diğer bileşenler arasındaki bağları parçalayarak serbest hale geçmesini sağladığı ve bu nedenle metod ile belirlenen miktarını arttırdığını göstermiştir. Nitekim çözünür diyet lifi de bu sürelerde artmıştır. Beslenme fizyoloji açısından SAP uygulamasının vücudumuzda diyet lifinin sağlık üzerinde olumlu etkilerinin ortaya çıkmasında daha etkili olabileceğini göstermiştir.

Çizelge 4.44. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait diyet lifi miktarları çoklu karşılaştırma test sonuçları

SAPUS s	n	Toplam diyet lifi %	Çözünmez diyet lif %	Çözünür diyet lifi %
0	2	$2,09 \pm 0,08^{b}$	$0,43 \pm 0,01$	$1,66 \pm 0,09^{b}$
5	2	$3,50 \pm 0,08^{a}$	$0,57 \pm 0,02$	$2,93 \pm 0,06^{a}$
15	2	$3,65 \pm 0,13^{a}$	$0,56 \pm 0,005$	$3,09 \pm 0,12^{a}$
45	2	$3,46 \pm 0,039^{a}$	$0,62 \pm 0,08$	$2,84 \pm 0,12^{a}$

(*p<0,01*); Farklı harflerle işaretlenmiş olan aynı sütundaki örneklerin ortalamaları istatistiksel açıdan birbirlerinden farklıdır SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi



Şekil 4.15. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin toplam diyet lifi ve çözünür diyet lifi miktarı. 0: kontrol; 5: 5 s uygulama; 15: 15 s uygulama; 45: 45 s uygulama; SAP: soğuk atmosferik plazma

Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin toplam diyet lifi ve çözünür diyet lifi miktarı Şekil 4.15'te gösterilmiştir.

4.3.11. Amino asit profilinin belirlenmesi

.

Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait amino asit miktarları varyans analiz sonuçları Çizelge 4.45'te verilmiştir. SAP uygulama sürelerinde unların amino asit miktarlarında istatistiki olarak çok önemli düzeyde farklılık gözlemlenmiştir. Un örneklerine ait Histidin, Treonin, Ariginin, Valin, Metionin, Fenil Alenin, İzolösin, Lösin ve Lisin amino asitlerinin ortalama değerleri ve çoklu karşılaştırma test sonuçları ise Çizelge 4.46' da verilmiştir. Horlein ve Valentine (1995), tritikalenin ekmeklik kalitesinin, ekmeklik buğdaya oranla daha düşük olmasına karşın, tritikale tanelerinin mutlak gerekli amino asitler yönünden oldukça zengin olmasının onu, buğdaya oranla daha değerli bir besin kaynağı yaptığını bildirmişlerdir.

SAP uygulaması ile önemli düzeyde artan amino asit miktarları için yapıdaki proteinlerin parçalanmış çalışmamızda kontrol una göre amino asitçe zengin SAP uygulanmış rafine unlar elde edilmiştir. Sonuçta Histidin Ariginin, Valin, Metionin, Fenil Alanin, İzolösin, Lösin ve Lisin amino asitlerinin miktarları SAP uygulanmış unlarda uygulama yapılmamış kontrol una göre artmıştır. Amino asit miktarındaki azalmalar ise SAP uygulamasının yapısındaki indirgen bileşikler ile proteinleri denatürasyona uğratmasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Çalışmamızda amino asitlerin rafine tritikale ununda SAP uygulaması ile Çizelge 4.46'daki değerlere göre azalış ve artışlarını inceleyecek olursak; histidin SAP uygulaması ile en yüksek artış 15 saniyede ve 45 saniye de artış olurken, 5 saniyede azalma ; Treoninde tüm değerlerde azalma gözlemlenirken; Valin ise 5 s'de en yüksek değerdeyken tüm değerlerde artış ; Metioninde ise en yüksek 15 s iken 5 s'de artış 45 s'de azalma ; Fenil alaninde sadece 15 s'de artış; İzolösinde en yüksek 5 s'de, 45 s'de artış, 45 s'de azalma; Lösin ve Lisin ve Arginin ise en yüksek 15 s'de ve tüm değerlerde artış gözlemlenmiştir. Tritikale tanesi buğday ile kıyaslanabilir protein miktarına (%11.4-14) sahip iken tahıllarda sınırlayıcı amino asit olan Lisini daha yüksek miktarda (%0.33-0.71) taşımaktadır. Tritikale yüksek oranda 43 amino asit uzunluğunda bir peptit olan antikansirojen, kolestrol düşürücü ve antienflamatuvar özellikte Lunasin taşımaktadır. Tritikalede Lunasin miktarı 6.5 mg/g, buğdayda 0.23 mg/g ve çavdarda 1.5 mg/g dır. Yani buğdayın 30 katına yakındır (Nakurte vd., 2012).

Çizelge 4.45. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine unlarına ait aminoasit miktarı varyans analiz sonuçları

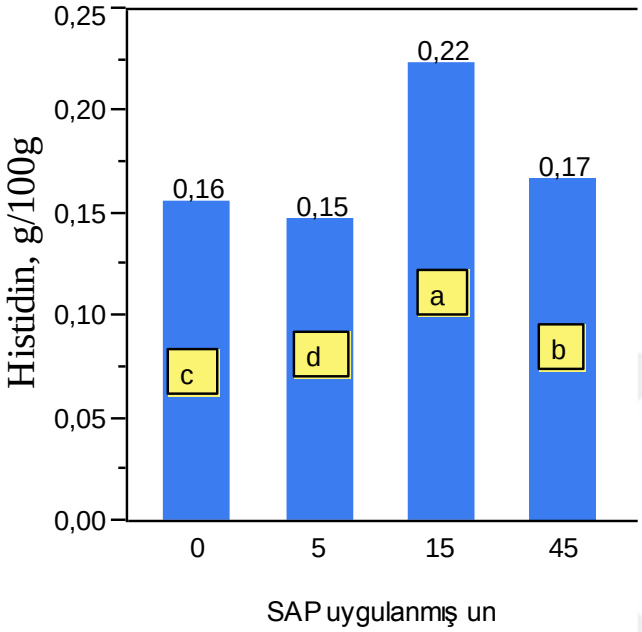
VK	SD	Histidin g/100g			Treonin g/100g			Arginin g/100g		
		KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	0,007	0,002	2461,8	0,176	0,059	1293,27	0,095	0,032	5942,39
Hata	4	3,8E-06	9,53E-07		0,0002	4,5E-05		2,1E-05	5,30E-06	
Toplam	7	0,007			0,176			0,095		
VK	SD	Valin g/100g			Metionin g/100g			Fenil Alanin g/100g		
		KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	0,0027	0,0009	64,9789	0,00894	0,00298	164,18	0,012	0,005	193,156
Hata	4	5,5E-05	1,4E-05		7,3E-05	1,8E-05		9,6E-05	2,4E-05	
Toplam	7	0,0028			0,00902			0,014		
VK	SD	İzolösin g/100g			Lösin g/100g			Lisin g/100g		
		KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	0,103	0,035	848,815	0,020	0,007	557,195	0,152	0,0507	1142,99
Hata	4	0,0002	4,1E-05		4,9E-05	1,2E-05		0,0002	4,4E-05	
Toplam	7	0,103			0,020			0,152		

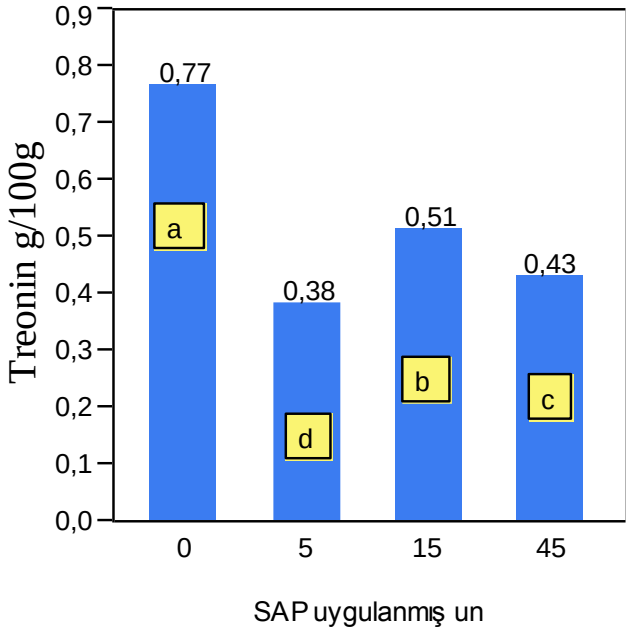
**:*p<0,01* düzeyinde önemli; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması; SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

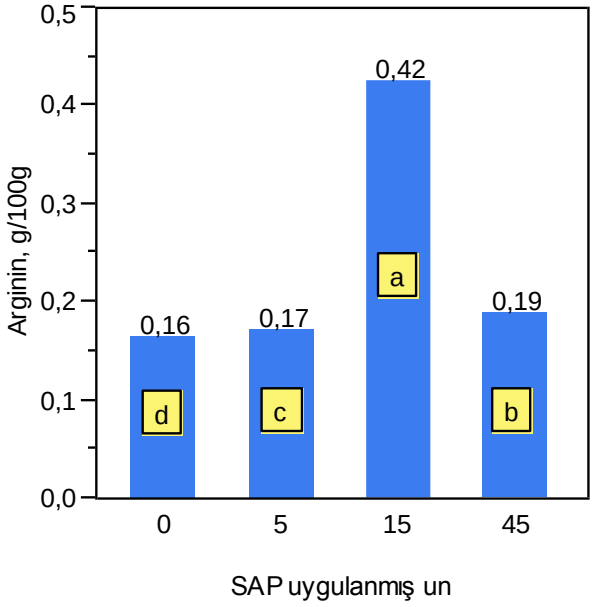
Çizelge 4.46. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait aminoasit miktarları çoklu karşılaştırma test sonuçları

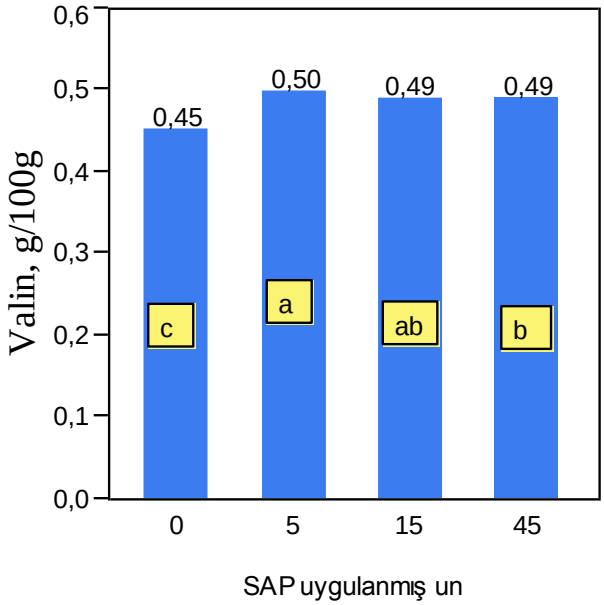
SAPUSs	n	Histidin g/100g	Treonin g/100g	Arginin g/100g	Valin g/100g	Metionin g/100g
0	2	0,156 ± 0,000778^{c}	0,767 ± 0,007^{a}	0,163 ± 0,003^{d}	0,452 ± 0,005^{c}	0,145 ± 0,001^{c}
5	2	0,147 ± 0,000778^{d}	0,382 ± 0,006^{d}	0,172 ± 0,001^{c}	0,500 ± 0,0003^{a}	0,158 ± 0,003^{b}
15	2	0,223 ± 0,00099^{a}	0,513 ± 0,008^{b}	0,425 ± 0,002^{a}	0,490 ± 0,003^{ab}	0,221 ± 0,008^{a}
45	2	0,166 ± 0,001273^{b}	0,430 ± 0,006^{c}	0,189 ± 0,003^{b}	0,489 ± 0,005^{b}	0,135 ± 0,001^{c}
SAPUSs	n	Fenil Alanin g/100g	İzolösin g/100g	Lösin g/100g	Lisin g/100g	
0	2	0,782 ± 0,007^{b}	0,645 ±0,009^{c}	0,570 ± 0,005^{d}	0,170 ± 0,0006^{d}	
5	2	0,718 ± 0,004^{d}	0,754 ± 0,009^{a}	0,688 ± 0,005^{b}	0,346 ± 0,007^{b}	
15	2	0,826 ± 0,006^{a}	0,461 ± 0,0005^{d}	0,698 ± 0,001^{a}	0,549 ± 0,006^{a}	
45	2	0,739 ± 0,003^{c}	0,723 ± 0,002^{b}	0,648 ± 0,002^{c}	0,280 ± 0,010^{c}	

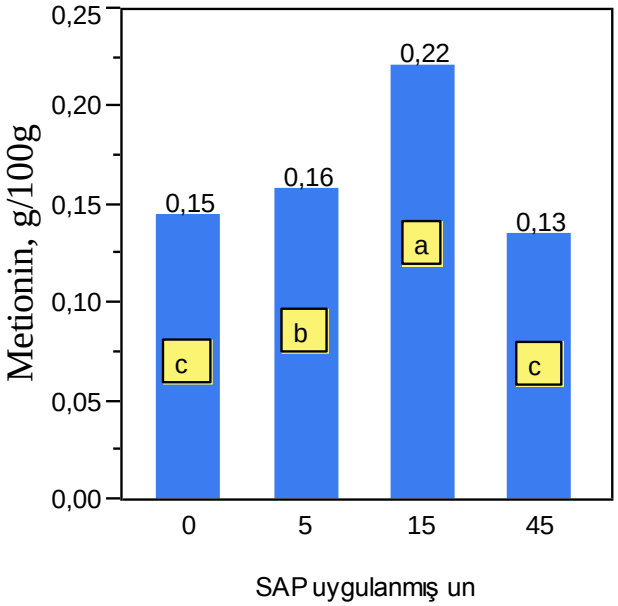
Farklı harflerle işaretlenmiş aynı sütundaki tane örneklerine ait ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($p<0,01$); SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

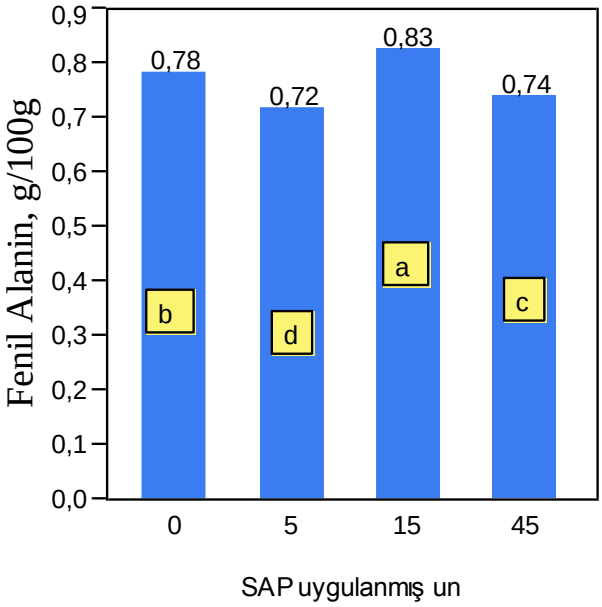

Histidin, g/100g
0,25
0,20
0,15
0,10
0,05
0,00
0,16
0,15
0,22
0,17
c
d
a
b
0
5
15
45
SAP uygulanmış un

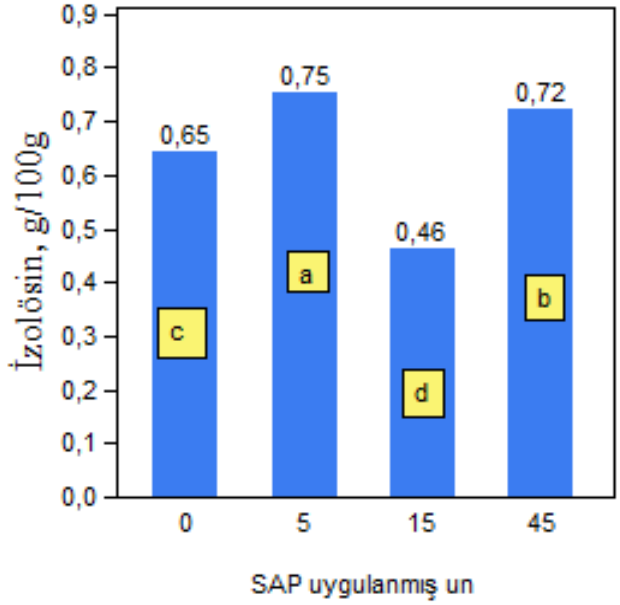

Treonin g/100g
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0,0
0,77
0,38
0,51
0,43
a
d
b
c
0
5
15
45
SAP uygulanmış un

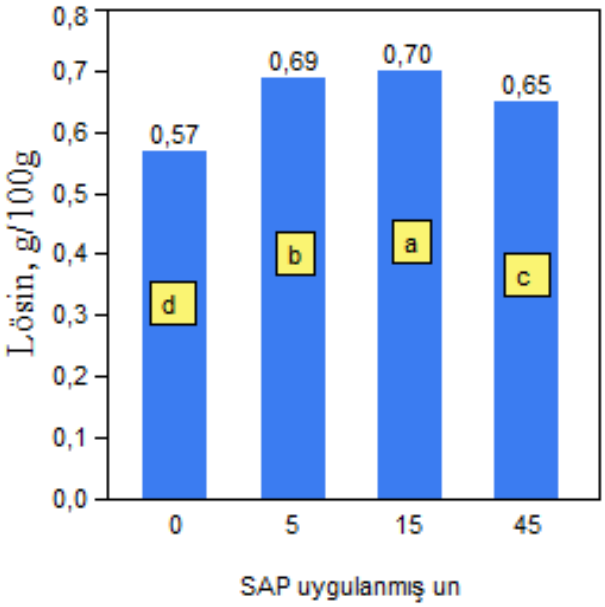

0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0,0
Arginin, g/100g
0,16
0,17
0,42
0,19
d
c
a
b
0
5
15
45
SAP uygulanmış un

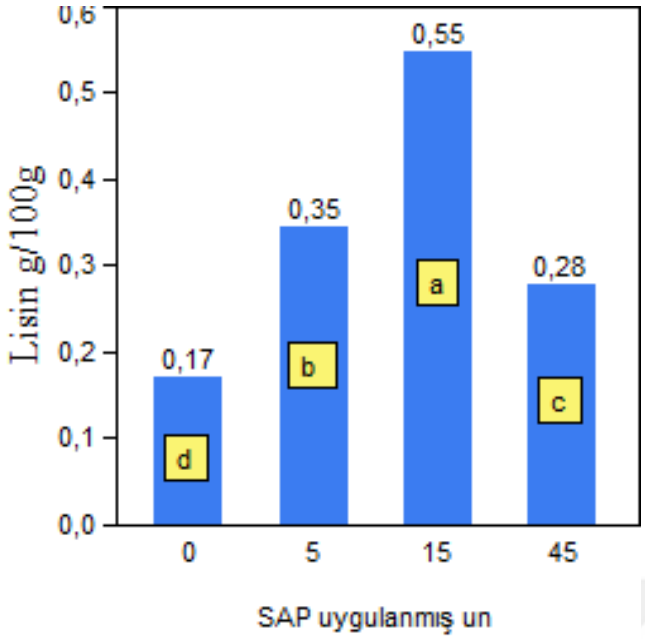

0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0,0
Valin, g/100g
0,45
0,50
0,49
0,49
c
a
ab
b
0
5
15
45
SAP uygulanmış un


Metionin, g/100g
0,25
0,20
0,15
0,10
0,05
0,00
0,15
0,16
0,22
0,13
c
b
a
c
0
5
15
45
SAP uygulanmış un


Fenil Alanin, g/100g
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0,0
0,78
0,72
0,83
0,74
b
d
a
c
0
5
15
45
SAP uygulanmış un


İzolösin, g/100g
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0,0
0,65
0,75
0,46
0,72
c
a
d
b
0
5
15
45
SAP uygulanmış un


Lösin, g/100g
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0,0
0,57
0,69
0,70
0,65
d
b
a
c
0
5
15
45
SAP uygulanmış un



Şekil 4.16. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait amino asit miktarları 0: kontrol; 5: 5 s uygulama; 15: 15 s uygulama; 45: 45 s uygulama; SAP: soğuk atmosferik plazma

Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait amino asit miktarları Şekil 4.16'da gösterilmiştir. SAP uygulaması ile unlarda Treonin içeriği azalmış, Valin, Arginin, Lösin, Lisin içerikleri artmış; Histidin, Metionin, Fenil Alanin ve İzolösin SAP uygulama sürelerinde unlarada değişkenlikler görülmüştür. Özellikle 15 s SAP uygulaması ile tahıllarda sınırlayıcı amino asit olan Lisinin yanında, Arginin, Histidin, Metionin, Fenil Alanin ve Lösin aminoasitlerinde en yüksek artış sağlanmıştır.

4.4. Ekmek Analizleri

4.4.1. Ekmek hacim özellikleri

Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait ekmek hacim özellikleri (ekmek hacmi, ekmek ağırlığı, hamur ağırlığı, spesifik hacim) varyans analiz sonuçları Çizelge 4.47'de verilmiştir. SAP uygulama sürelerinde unların ekmek ağırlığı, hamur ağırlığı, spesifik hacim miktarlarında istatistiki olarak önemli düzeyde farklılık gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.47. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait ekmek hacim değerleri varyans analiz sonuçları

VK	SD	Ekmek hacmi Ml			Hamur ağırlığı g		
		KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	1712,5	570,833	91,333**	38,301	12,767	209,684**
Hata	4	25	6,25		0,244	0,061	
Toplam	7	1737,5			38,545		
VK	SD	Ekmek ağırlığı G			Spesifik-hacim ml/g		
		KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	39,380	13,127	40389,59**	0,115	0,038	123,610**
Hata	4	0,001	0,0003		0,001	0,0003	
Toplam	7	39,381			0,116		

***:p<0,01* düzeyinde önemli; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması; SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

Çizelge 4.48'de çok önemli çıkan farklı sürelerde SAP uygulanmış unlara ait ekmek hacmi değerleri (ekmek hacmi, ekmek ağırlığı, hamur ağırlığı, spesifik hacim) ortalamalarının çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.48'de verilmiştir. Çizelge 4.48'de görüldüğü gibi SAP uygulanmış unlara ait ekmek hacmi kontrole göre (300,0 ml) 15 s SAP uygulamasında daha yüksek olmuştur (310,0 ml). 5 ve 45 saniye plazma uygulamasında ise değerler daha düşüktür (sırasıyla 282,5 ml ve 272,5 ml). Hamur ve ekmek ağırlığı değerleri SAP uygulama süresine paralel artmış kontrol ekmeğin sırasıyla 155,40 g ve 138,01 g olan değerleri 161,17 ml ve 143,98 g'a çıkmıştır. Spesifik-hacim değerleri plazma uygulanmayan kontrol ununa göre 5, ve 45 s plazma uygulanan unlarının değerleri daha düşük (sırasıyla 2,00 vee 1,89) 15 saniyede ise değeri aynı kalmıştır (2,17). Tritikale gluteni buğday gluteni

ile kıyaslandığında daha sıkı yapıda ve düşük uzama kabiliyetindedir (Pena, 2004, Martinek vd., 2008). Ekmek yapımına uygun bir hamur yüksek fonksiyonel besinsel özelliklerine rağmen sağlamamakta fakat ekmek yapım kalitesini geliştirmek için araştırmalar yapılmaktadır (Fras vd., 2016). Tritikale unu buğday unuyla karıştırılarak ekmek üretilmiştir (McGoverin vd., 2011, Pena, 2004; Tohver vd., 2005). Bazı tritikale çeşitleri kabul edilebilir un kalitesi sunarak ekmeğe iyi bir aroma ve tat vermektedir. Formülasyonda farklı oranlarda kullanılarak denemelere yapılmıştır (Navarro-Contreras vd., 2014).

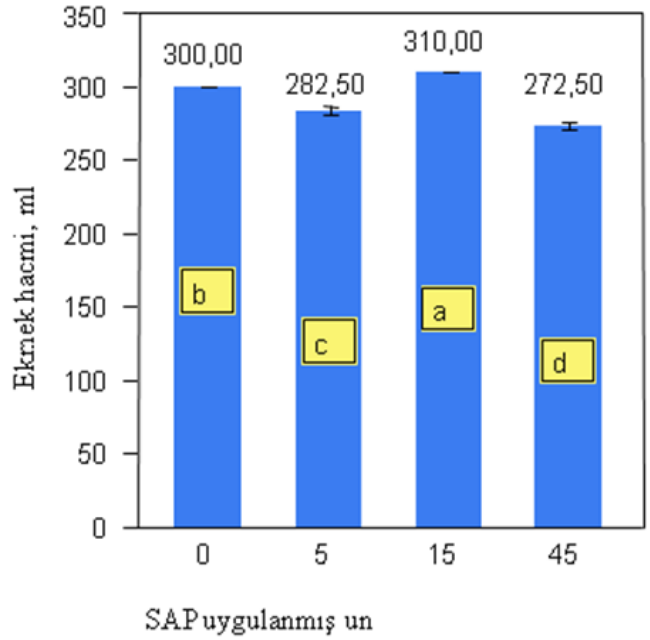
Çizelge 4.48. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait ekmek hacim değerleri çoklu karşılaştırma test sonuçları

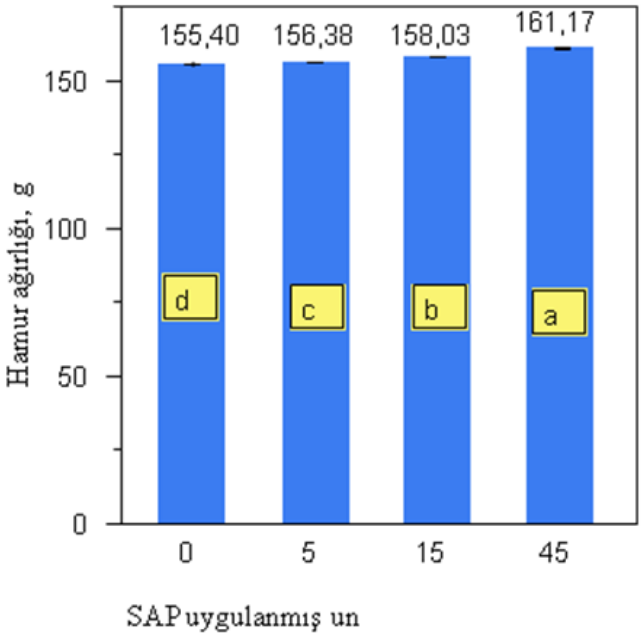
SAPUS s	n	Ekmek hacmi ml	Hamur ağırlığı g	Ekmek ağırlığı g	Spesifik hacim ml/g
0	3	$300,00 \pm 0,00^{b}$	$155,40 \pm 0,04^{d}$	$138,01 \pm 0,03^{d}$	$2,17 \pm 0,00^{a}$
5	3	$282,50 \pm 3,54^{c}$	$156,38 \pm 0,22^{c}$	$141,44 \pm 0,02^{c}$	$2,00 \pm 0,03^{b}$
15	3	$310,00 \pm 0,00^{a}$	$158,03 \pm 0,18^{b}$	$142,67 \pm 0,01^{b}$	$2,17 \pm 0,00^{a}$
45	3	$272,50 \pm 3,54^{d}$	$161,17 \pm 0,40^{a}$	$143,98 \pm 0,00^{a}$	$1,89 \pm 0,02^{c}$

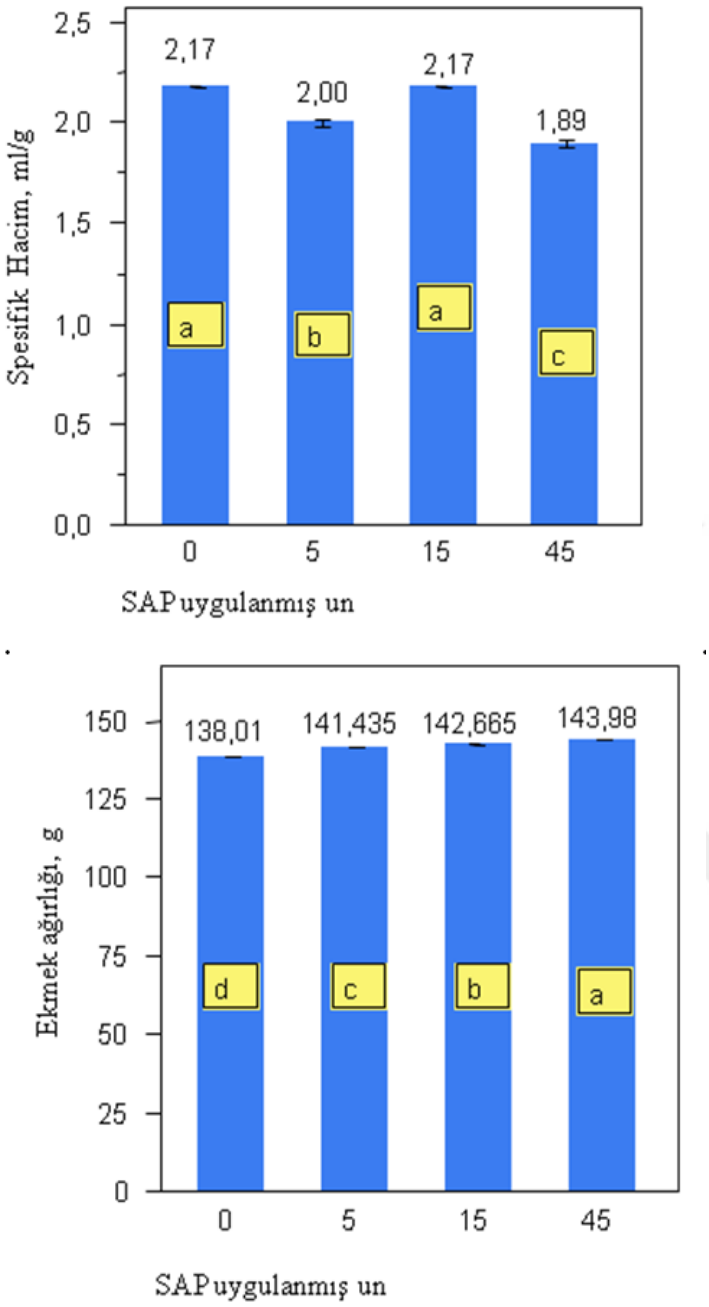
($p<0,01$); Farklı harflerle işaretlenmiş olan aynı sütundaki örneklerin ortalamaları istatistiksel açıdan birbirlerinden farklıdır SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

Tritikale tam tane unu, rafine un ve ekmeklerinin kimyasal kompozisyonlarının değerlendirildiği bir çalışmada, 9 farklı tritikale unundan yapılan ekmeklerin hacminin, ekmeklik buğday unundan hazırlanan ekmeklerle kıyaslandığında daha düşük olduğu belirlenmiştir (Fras vd., 2016). Çalışmada SAP uygulama süresince 15 saniyede ekmek hacminin 310 ml'ye ulaştığı gözlemlenmiştir. Tritikale unlarının ve hamurlarının yüksek gluten kalitesine sahip olmasına rağmen, SAP uygulaması ile elde edilen ekmeklerin hamur gazını yeterince tutamadığı ve bu nedenle ekmeklerde hacim artışının yanı sıra çökme sorunlarının da meydana geldiği tespit edilmiştir. Gluten miktarının düşüklüğü, gluten gücünün zayıflığı, yüksek diastatik aktivite, hamurun düşük su absorpsiyonu ve yoğurma toleransının az olması, tritikalenin tek başına ekmek yapımını zorlaştırmaktadır (Köse vd. , 2002). Bu bağlamda, çeşitli hidrokolloidlerin eklenmesi ve gluten yapısının güçlendirilmesi önemli bir katkı sağlayabilir. Tritikale ekmeklerinin pişirme sıcaklıklarının kalite özellikleri üzerindeki etkisini araştıran bir başka çalışmada ise, artan pişirme sıcaklığının ekmek içindeki nem seviyesini, su aktivitesini, pH'ı ve yapışkanlığını azalttığı, buna karşın sertlik ve asitlikte bir artış sağladığı gözlemlenmiştir. Çalışmada toplam 26 adet uçucu bileşik tespit edilmiştir(Sabovics vd. , 2014).9 tritikale çeşidinden yapılan ekmeklerin ekmek hacmi 313-438 cm^3 arasında değişmiş ve buğday ekmeğinden daha düşük bulunmuştur (Frás vd., 2016).

Tritikale ikamesi ile elde edilen ekmeklerin spesifik hacmi, tam tritikale unundan yapılandan daha yüksek sonuç bulunmuştur. Bu durum tritikale unu ikamesi artışı ile azalan toplam polimerik protein artan albümin içeriğine bağlanmıştır (Navarro-Contreras vd., 2014). Tritikale ekmeğinin hacim ve özgül hacmi buğdaydan düşük, çavdardan yüksek bulunmuştur (Sabovics vd., 2014). Khan. vd., (2023) buğday ununda yaptıkları çalışmada 1, 3 ve 5 dakika soğuk atmosferik plasma uygulaması ile gluten gücünde iyileşmeye bağlı olarak iki ekmek türünde ekmek hacimleri artmıştır. Araştırmacılar bu durumun SAP uygulamasının protein ve nişasta ağı oluşumu üzerindeki etkisiyle bağlantı kurmuşlardır.


350
300
250
200
150
100
50
0
Ekmek hacmi, ml
300,00
282,50
310,00
272,50
b
c
a
d
0
5
15
45
SAP uygulanmış un


150
100
50
0
Hamur ağırlığı, g
155,40
156,38
158,03
161,17
d
c
b
a
0
5
15
45
SAP uygulanmış un



Şekil 4.17. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait ekmek hacim değerleri. 0: kontrol; 5: 5 s uygulama; 15: 15 s uygulama; 45: 45 s uygulama; SAP: soğuk atmosferik plazma

Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin ekmek hacim değerleri Şekil 4.17'de gösterilmiştir.

Ekmek hacmi değerleri 15 saniye plazma uygulamasında en yüksek değere sahiptir. 45 s örneklerinde süre uzadıkça ekmekler çökmüş en düşük ekmek hacimleri elde edilmiştir.

Bu durum uzayan süre ile birlikte gluten proteininin yapısını koruyan kovalent ve disülfit bağları gibi moleküller arası kuvvetlerin SAP uygulamasından sonra yok olmasından kaynaklabileceği değerlendirilmiştir (Nutter vd., 2019). Ayrıca SAP uygulaması a-helix, b-yaprak, b-dönüşler ve rasgele sarmal gibi gluten proteinin mikro ve ikincil yapısının değişmesine neden olmaktadır (Li vd., 2023). Bu nedenle, gluten protein ağının gelişimi ve buğday ununda ikincil yapı içeriklerinin optimum düzeyde değişmesi için orta düzeyde SAP uygulanmalıdır.



Şekil 4.18. Farklı sürelerde soğuk atmosferik plazma (SAP) uygulanan rafine unlara ait ekmeklerin görüntüleri. 1: kontrol; 2: 5 s uygulama; 3: 15 s uygulama; 4: 45 s uygulama

4.4.2. Ekmek dokusal analizleri

Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait tekstürmetre ile ölçülen ekmek dokusal özellikleri varyans analiz sonuçları Çizelge 4.49'da verilmiştir. SAP uygulama sürelerinde sertlik ve sakızımsılık bakımından istatistiki farklılık görülmüştür ($p<0,05$).

Çizelge 4.49. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait ekmek dokusal özellikleri varyans analiz sonuçları

VK	SD	Sertlik g			Yapışkanlık g		
		KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	1123216	374405,2	6,6677*	144,4386	48,14618	0,4241
Hata	4	224608	56152		454,1526	113,538	
Toplam	7	1347824			598,5911		
VK	SD	Elastikiyet %			Koheziliflik %		
		KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	7,34E-05	2,45E-05	0,364	0,0012	0,0004	4,271
Hata	4	0,00026	0,00007		0,0004	0,000095	
Toplam	7	0,00034			0,0016		
VK	SD	Sakızımsılık g			Çiğnenebilirlik g		
		KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	558156,2	186052,1	7,145*	5031,348	1677,116	5,904
Hata	4	104160,5	26040		1136,217	284,05	
Toplam	7	662316,7			6167,565		
VK	SD	Esneklik %					
		KT	KO	F			
SAPUS	3	0,002	0,0008	2,066			
Hata	4	0,002	0,0004				
Toplam	7	0,004					

*:$p<0,05$ düzeyinde önemli; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalaması; SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

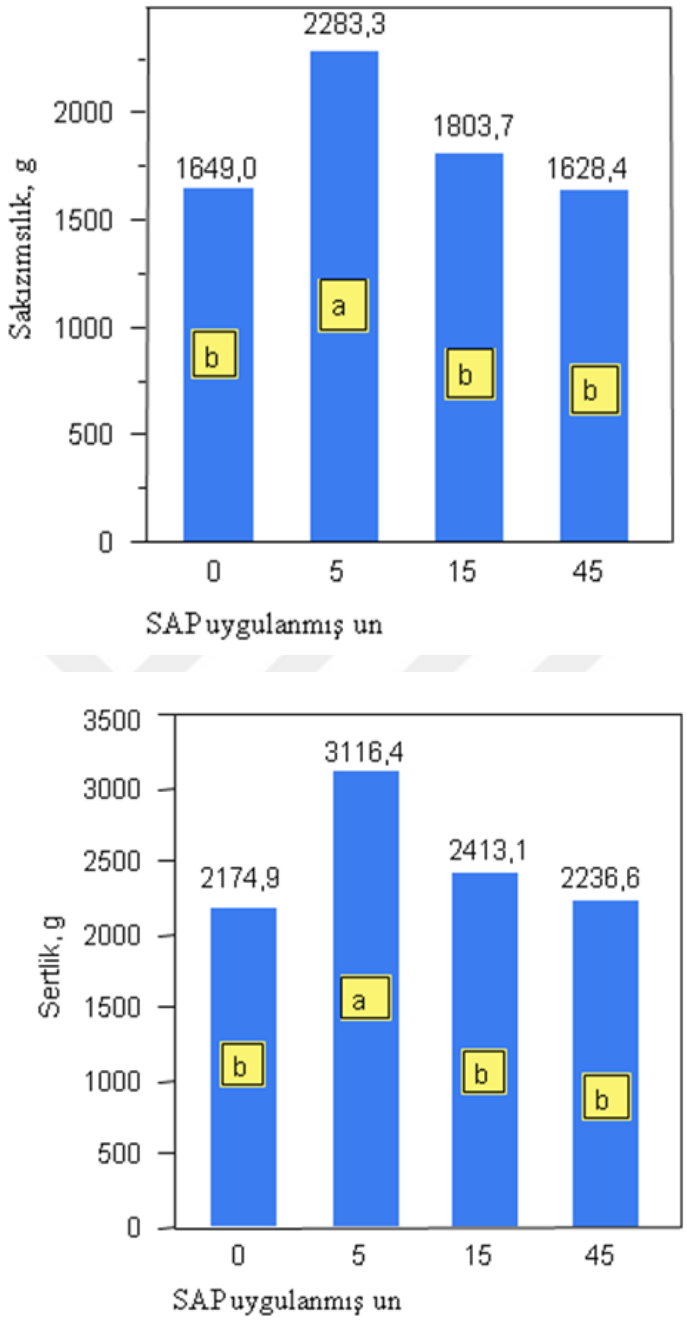
Çizelge 4.49'da önemli çıkan farklı sürelerde SAP uygulanmış unlara ait ekmek dokusal özellikleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.50'da verilmiştir. Kesme için gerekli güç sertliği**;** güç uygulaması sonrası oluşan deformasyon sonrası

ekmeğin eski haline haline dönme hızıdır elastikiyeti; gıdayı parçalayıp yutmaya hazır hale getirmek için ihtiyaç duyulan sertlik, koheziflik ve elastikiyet değerleri ile ortaya çıkan çiğnenebilirlik; sertlik ve yapışkanlık değerlerinin çarpımıyla hesaplanan sakızımsılık; deforme edici bir kuvvet kaldırıldığında geri kazanım sürecinde rol alan hız ve kuvvetler esneklik; ısırmada kopma öncesi yapıda değişim yani deformasyon düzeyi koheziflik olarak belirtilir (Gerçekaslan vd., 2007). Başka bir çalışmada cold plazma uygulanan süneli unlara, plazma işlemi uygulanmamış kontrol ununa göre işlem uygulanan unlarda hamur yapışkanlığını, yapışma işini ve hamur mukavemetini azaltmıştır. Hamur yapışkanlığında, yapışma işinde ve hamur mukavemetinde 45 saniyeye kadar gözle görülür kademeli bir düşüş ve 60 saniyeden sonra hafif bir artış olmuştur, ancak yine de kontrolden çok daha azdır (Ulutürk ve Gül, 2025). Çalışmada elde edilen ekmeklerden 15 s ve 45 s ekmeklerin sertlik ve sakızımsılık değerlerinin istatistiki olarak kontrol ekmeğe benzemesi değerli bulunmuştur. 5 s de ise bu iki değer daha yüksektir. 5 s ekmeklerin hacim değeri düşük; farinograf stabilite değeri yüksek olsa da alveograf direnci de daha yüksektir. Daha sert yapıda ekmekler elde edilemsi sonucu sakızımsılıkta yükselmiştir.

Çizelge 4.50. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait ekmek dokusal özellikleri çoklu karşılaştırma test sonuçları

SAPUS s	n	Sertlik g	Yapışkanlık g	Elastikiyet %	Koheziliflik %
0	2	2174,95 ± 283,73^{b}	-14,82 ± 20,14	0,08 ± 0,01	0,76 ± 0,01
5	2	3116,35 ± 377,57^{a}	-8,46 ± 4,86	0,08 ± 0,003	0,73 ± 0,01
15	2	2413,10 ± 12,65^{b}	-2,81 ± 2,62	0,08 ± 0,009	0,75 ± 0,005
45	2	2236,60 ± 37,242^{b}	-8,42 ± 4,26	0,07 ± 0,008	0,73 ± 0,01
SAPUS s	n	Sakızımsılık g	Çiğnenebilirlik g	Esneklik %	
0	2	1648,97 ± 188,30^{b}	130,86 ± 3,87	0,40 ± 0,03	
5	2	2283,26 ± 255,69^{a}	185,36 ± 27,80	0,36 ± 0,01	
15	2	1803,70 ± 20,61^{b}	137,73 ± 16,86	0,38 ± 0,02	
45	2	1628,35 ± 53,85^{b}	119,62 ± 8,02	0,37 ± 0,01	

(*p<0,05*) Farklı harflerle işaretlenmiş olan aynı sütundaki örneklerin ortalamaları istatistiksel açıdan birbirlerinden farklıdır; SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi



Şekil 4.19. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin ait ekmek dokusal özelliklerinden sertlik ve sakızımslık değerleri. 0: kontrol; 5: 5 s uygulama; 15: 15 s uygulama; 45: 45 s uygulama; SAP: soğuk atmosferik plazma

Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin ait ekmek dokusal özelliklerinden sertlik ve sakızımslık değerleri Şekil 4.19'da gösterilmiştir.

4.4.3. Ekmek renk analizleri

Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait ekmeklerin içi ve kabuğunda renk özellikleri (L*, a* ve b*) varyans analiz sonuçları Çizelge 4.41' de verilmiştir. SAP uygulama sürelerinde ekmek içinde L* ve a* deeğerleri bakımından istatistiki açıdan farklılık görülmüştür ($p<0,05$).

Çizelge 4.51. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un varyans analiz sonucu değerleri

VK	SD	L*kabuk			a*kabuk			b*kabuk		
		KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	8,923	2,974	1,4015	9,387	3,129	2,354	15,049	5,017	1,606
Hata	8	16,978	2,122		10,633	1,329		24,988	3,124	
Toplam	11	25,900			20,020			40,038		
VK	SD	L*iç			a*iç			b*iç		
		KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	23,245	7,748	4,961*	1,0178	0,3393	26,316**	1,890	0,630	0,851
Hata	8	12,496	1,562		0,1031	0,0129		5,926	0,741	
Toplam	11	35,740			1,1209			7,817		

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

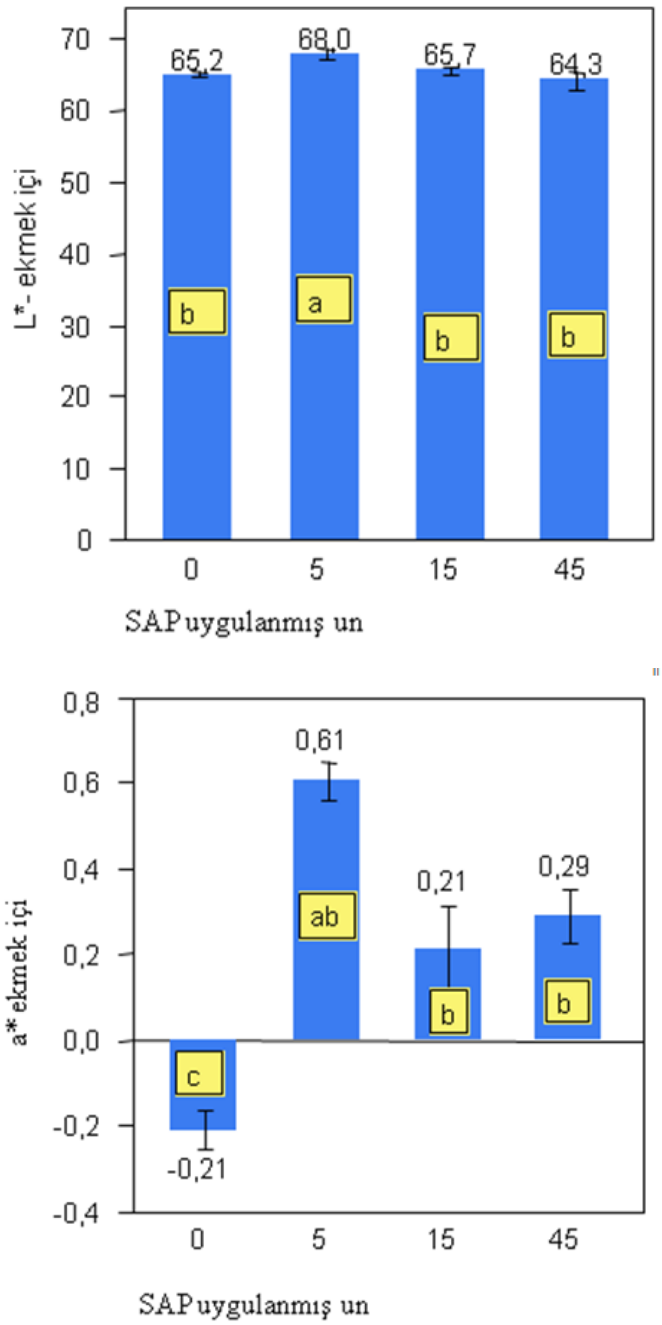
Çizelge 4.51'de önemli çıkan farklı sürelerde SAP uygulanmış unlara ait ekmeklerin içi ve kabuğunda renk özellikleri (L*, a* ve b*) özellikleri ortalamalarının çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.52'de gösterilmiştir.

Ekmek rengi tüketici tercihlerini ve açısından en önemli görsel faktörlerden birisidir (Messina vd., 2024). Tritikale unu miktarı un karışımlarımda arttıkça ekmeğin kabuğunda rengin koyulaştığı ifade edilmektedir (Sheikholeslami vd., 2021). Messina vd. (2024) yaptıkları çalışmada ekmek kabuğunda tritikale tam tane ununun ekmeklik buğday tam tane ununa ikame orranı arttıkça tritikale ekmeklerinin kabuğunda L* değeri düşmüş ekmekler daha koyu renkli olmuştur. Pycia vd. (2018) L* değerinde benzer düşüşü ikame oranı artışı ile bulurken bunu yüksek sıcaklıklarda maillard reaksiyonlarına dahi olup rengin koyulaşmasını sağlayan tritikale unundaki daha yüksek monosakkarritlere bağlamışlardır. Çalışmada SAP uygulama sürelerinde ekmek kabuğunda renk değerlerinde bir değişim görülmemiştir. Kabukta L* değerleri önemli oranda değişmez iken; a* ve b* değerleri SAP uygulama süresi ile azalsa da istatistki olarak önemli olmamıştır. Ekmek kabuğunda ve içinde renk değişimlerinde protein denatürasyonunun, enzim inaktivasyonunun, yapıdaki nemin buharlaşmasının, şekerlerin karamelizasyonun ve Maillard reaksiyonları ile yüksek sıcaklıklarda meydana gelen bazı bileşenlerinde önemli etkisi olduğu belirtilmektedir (Dennett ve Trethowan, 2013; Mezaize vd., 2009; Navarro-Contreras vd., 2014). Diğer taraftan çalışmada SAP uygulama sürelerinde ekmek içinde 5 s de L* ve a* değerleri daha yüksek bulunurken uzayan sürelerde düşmüştür. a* ve b* değerleri ekmek içinde kontrol ekmeğe göre daha yüksektir. Ekmeklerin kül miktarında 5 s de daha yüksek bulunması hücre duvarlarının etkilenmesi ile endosperme daha fazla serbest mineral geçişinin sağlandığını ve kül mikarındaki artış ile a* de b* değerlerinin yükseldiğini göstermiştir. Daha koyu renkteki tritikale unundan elde edilen ekmeklerin yapıdaki pigmentlerden daha düşük su içeriğinden de kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Sheikholeslami vd., 2020). Ekmeklerin aynı zamanda 5 s'de su aktiviteside daha yüksek olduğundan bu durum kırmızı ve sarı renk maddelerinin korunmasına yardımcı olabileceğini düşündürmektedir.

Çizelge 4.52. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait ekmek içi ve kabuğunda renk özellikleri (L*, a* ve b*) çoklu karşılaştırma test sonuçları

SAPUS	n	L*-kabuk	a*-kabuk	b*-kabuk
0	3	67,18 ± 1,17	6,96 ± 0,19	31,69 ± 0,29
5	3	68,17 ± 0,30	5,26 ± 1,20	31,05 ± 2,11
15	3	68,61 ± 2,65	4,66 ± 1,91	29,06 ± 2,78
45	3	66,39 ± 0,13	5,00 ± 0,45	29,30 ± 0,46
SAPUS	n	L*-iç	a*iç	b*-iç
0	3	65,16 ± 0,80^{b}	-0,21 ± 0,08^{c}	16,10 ± 0,73
5	3	68,02 ± 1,09^{a}	0,61 ± 0,08^{ab}	17,21 ± 1,38
15	3	65,66 ± 0,79^{b}	0,21 ± 0,17^{b}	16,71 ± 0,37
45	3	64,25 ± 1,95^{b}	0,29 ± 0,11^{b}	16,80 ± 0,62

($p<0,01$) Farklı harflerle işaretlenmiş olan aynı sütundaki örneklerin ortalamaları istatistiksel açıdan birbirlerinden farklıdır L*: parlaklık; a*: +kırmızı/-yeşil; b*: +sarı/-mavi; SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi



Şekil 4.20. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin ait ekmek içi a* ve L* değerleri. 0: kontrol; 5: 5 s uygulama; 15: 15 s uygulama; 45: 45 s uygulama; SAP: soğuk atmosferik plazma

Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin ait ekmek dokusal özelliklerinden sertlik ve sakızımsılık değerleri Şekil 4.20'de gösterilmiştir.

4.4.4. Fizikokimyasal özellikler

Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait ekmeklerin rutubet miktarı, kül miktarı ve su aktivitesi değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.53'de verilmiştir. SAP uygulama sürelerinde ekmekllerin su aktivitesi değerlerinde istatistiki olarak farklılık görülmüştür ($p<0,05$).

Çizelge 4.53. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait ekmeklerin rutubet miktarı, kül miktarı ve su aktivitesi değerlerine ait varyans analiz sonucu değerleri

VK	SD	Rutubet miktarı %			Kül miktarı %			Su aktivitesi değeri		
		KT	KO	F	KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	3,807	1,269	6,264	0,125	0,042	1,3852	0,0015	0,0005	5,388*
Hata	4	0,810	0,203		0,240	0,030		0,0004	0,000095	
Toplam	7	4,617			0,365			0,0019		

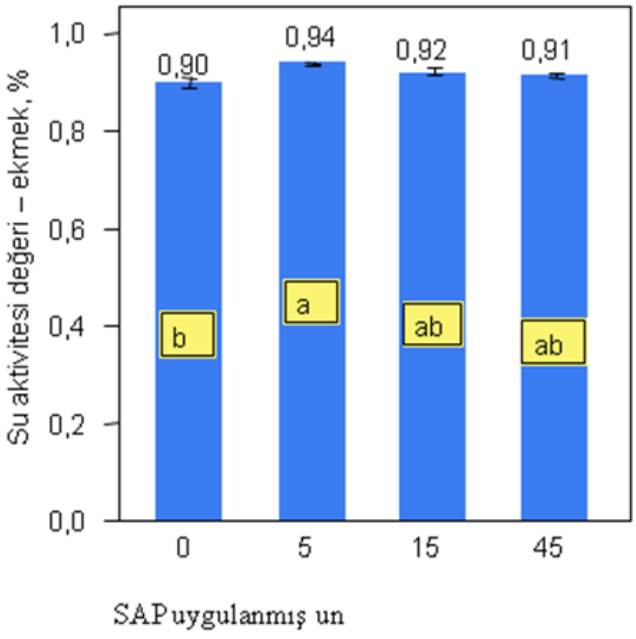
**: $p<0,05$* düzeyinde önemli; VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalamas; SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

Çizelge 4.53 'de önemli çıkan farklı sürelerde SAP yguşanmış unlara ait ekmeklerin su aktivitesi değeri ortalamalarının çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.44'de verilmiştir. Su aktivitesinin 0,4-0,7 arasında ise mikrobiyal aktivitesi gıdaların bozulmasını sınırlandırır (Labuza vd., 1972). Özellikle 5 s'de su aktivitesi 0,94 gibi bir miktar yüksek değere çıkmıştır. SAP uygulaması 5 s'de bir miktar nem miktarı da yüksektir.

Çizelge 4.54. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin ekmeklerinin rutubet miktarı, kül miktarı ve su aktivitesi değerlerine ait çoklu karşılaştırma test sonuçları

SAPUS S	n	Rutubet miktarı %	Kül miktarı %	Su aktivitesi değeri
0	3	62,91 ± 0,11	1,47 ± 0,17	0,90 ± 0,01[b]
5	3	62,55 ± 0,40	1,55 ± 0,07	0,94 ± 0,00[a]
15	3	62,02 ± 0,20	1,37 ± 0,05	0,92 ± 0,01[ab]
45	3	61,08 ± 0,77	1,28 ± 0,29	0,91 ± 0,01[ab]

(*p<0,01*) Farklı harflerle işaretlenmiş olan aynı sütundaki örneklerin ortalamaları istatistiksel açıdan birbirlerinden farklıdır.



Şekil 4.21. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerinin ait ekmek içi a* ve L* değerleri. 0: kontrol; 5: 5 s uygulama; 15: 15 s uygulama; 45: 45 s uygulama; SAP: soğuk atmosferik plazma

4.4.5. Ekmek duyusal analiz

Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait ekmeklerin duyusal özellikleri varyans analiz sonuçları Çizelge 4.55'de verilmiştir. SAP uygulama sürelerinde ekmek duyusal özellikleri bakımından istatistiki farklılık görülmemiştir.

Duyusal özellikler son ürünün tüketici tarafından tercihinde en önemli parametrelerdendir (Couvain, 2012; Mollakhalili-Meybodi vd., 2023). Çalışmada tüm duyusal özellikler 6 ve üzerinde olması önemli olmuştur. Kabuk rengi ve çiğnenebilirlik bakımından kontrol ve 45 s ve aynı değeri almıştır (6,43 ve 5,29). Çiğnenebilirlik 5 s de de puanı 5,29'dur. İç yapı ve gözenek yapısı 45 s en yüksek değeri almıştır (6,71 ve 6,14). İç rengi bakımındn 15 s ve 45 s en yüksek puanı almıştır. Tad ve koku bakımından 5 s ve 45 s kontrole yakındır. Görünüm bakımından ise 5 s ve 15 s kontrole benzer puana sahiptir. Genel beğeni bakımından kontrol en yüksek puaanı alsa da (5,86); 15 s oldukça yakın (5,71) ve 5s ve 15 s ler çok düşük değer almamıştır (5,57).

Çizelge 4.55. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait ekmeklerin duyusal özelliklerinin varyans analiz sonucu değerleri

VK	SD	Kabuk rengi			İç rengi		
		KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	0,143	0,048	0,023	0,393	0,131	0,051
Hata	24	50,29	2,095		61,714	2,571	
Toplam	27	50,43			62,107		
VK	SD	İç yapı			Tad ve koku		
		KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	2,429	0,810	0,372	1,25	0,417	0,147
Hata	24	52,286	2,179		68	2,833	
Toplam	27	54,714			69,25		
VK	SD	Görünüm			Gözenek yapısı		
		KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	2,964	0,988	0,401	0,857	0,286	0,126
Hata	24	59,143	2,464		54,571	2,274	
Toplam	27	62,107			55,428		
VK	SD	Çiğnenebilirlik			Genel beğeni		
		KT	KO	F	KT	KO	F
SAPUS	3	1,714	0,571	0,146	0,393	0,131	0,061
Hata	24	93,714	3,905		51,714	2,155	
Toplam	27	95,428			52,107		

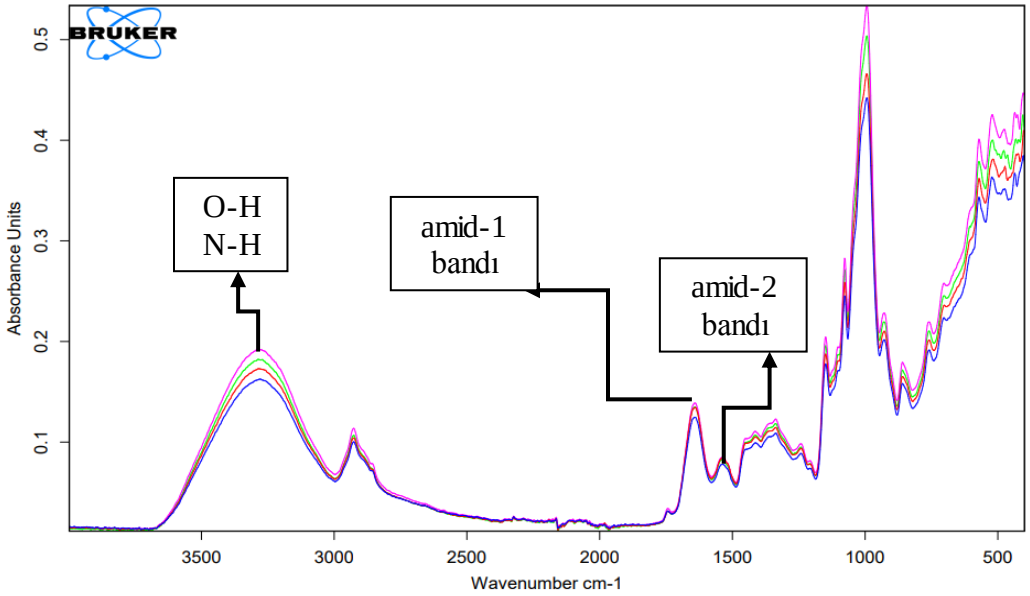
VK: varyasyon kaynakları; SD: serbestlik derecesi; KT: kareler toplamı; KO: kareler ortalamas; SAPUS: soğuk atmosferik plazma uygulama süresi

Çizelge 4.56. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un örneklerine ait ekmeklerin duyusal özelliklerinin çoklu karşılaştırma test değerleri

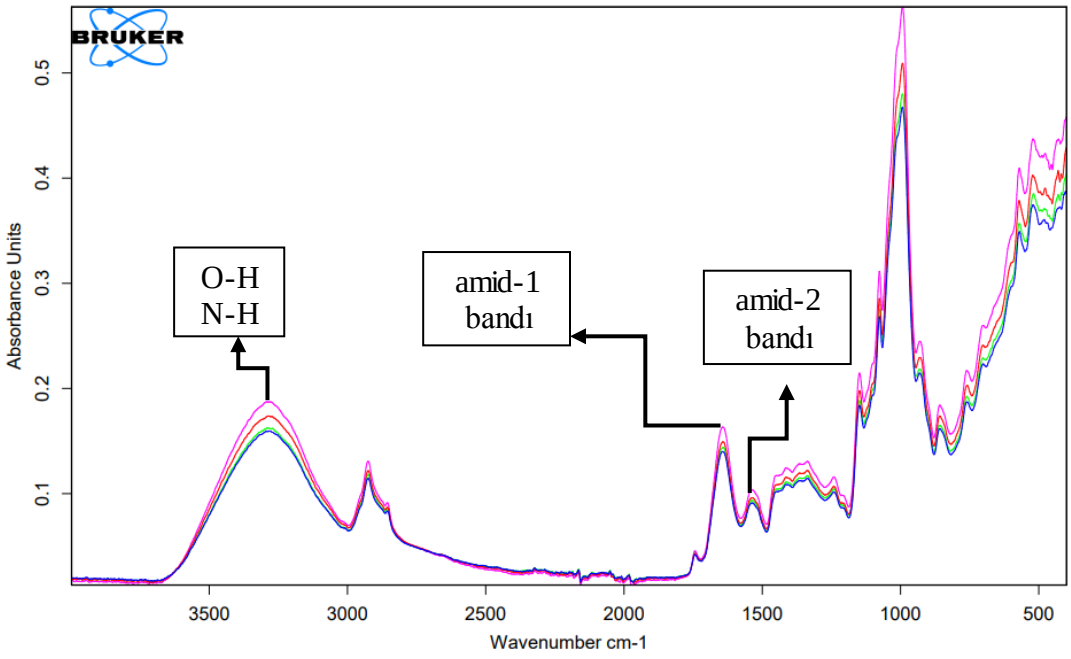
SAPUS	n	Kabuk rengi	İç rengi	Görünüm	Gözenek yapısı
0	7	6,43 ± 0,43	6,14 ± 0,67	7,00 ± 0,66	5,71 ± 0,61
5	7	6,29 ± 0,52	6,00 ± 0,58	6,86 ± 0,55	5,71 ± 0,61
15	7	6,29 ± 0,64	6,29 ± 0,47	6,71 ± 0,57	5,86 ± 0,51
45	7	6,43 ± 0,57	6,29 ± 0,68	6,14 ± 0,60	6,14 ± 0,55
SAPUS	n	İç yapı	Tad ve koku	Çiğnenebilirlik	Genel beğeni
0	7	6,14 ± 0,67	6,00 ± 0,66	5,29 ± 0,81	5,86 ± 0,63
5	7	6,00 ± 0,54	5,86 ± 0,74	5,29 ± 0,71	5,57 ± 0,53
15	7	6,00 ± 0,54	5,43 ± 0,57	4,71 ± 0,84	5,71 ± 0,57
45	7	6,71 ± 0,48	5,71 ± 0,57	5,29 ± 0,61	5,57 ± 0,48

SAPUS: soğuk atmosfer plazma uygulama süresi

4.5. FTIR Analizleri



Renkler: lacivert: rafine un 0 s, kırmızı: rafine un 5 s, pembe: rafine un 15 s, yeşil: rafine un 45 s



Renkler: lacivert: tam tane unu 0 s, kırmızı: tam tane unu 5 s, pembe: tam tane unu 15 s, yeşil: tam tane unu 45 s

Şekil 4.22. Farklı sürelerde SAP uygulanmış tritikale rafine un ve tam tane unu örneklerinin FTIR grafikleri

Çalışmada Soğuk atmosferik plasma (SAP)'nın 10 g una karıştırma yapılmadan 0-45 s arasında 4 farklı sürede rafine ve tam tane unlarına SAP uygulanması ile oluşturduğumuz un örneklerine ait FTIR analiz sonucu değerleri Şekil 4.21'de verilmiştir. FTIR'da su için pikler H ve OH iyonları temelinde 1640 cm^{-1} and 3300 cm^{-1} 'de gözlenmektedir. Çalışmada protein için amid-I bandı yaklaşık 1600 cm^{-1} - 1700 cm^{-1} ve amid-II bandı 1550 cm^{-1} - 1570 cm^{-1} SAP uygulamasına bağlı olarak değişim gözlenmiştir (Amir vd., 2013; Manley vd., 2002). Amid I, proteindeki peptit grubunun C=O gerilmesinden kaynaklanır. Amid II bandı çoğunlukla NH bükülmesinden ve ikincil olarak CN gerilmesinin etkisinden kaynaklanır. Protein miktarı arttıkça spektrumda NH gerilmesinin güçlü emilimi gözlemlenir (Manley vd., 2002). Belirlenen amid I bölgesi alfa-heliks (1650–1658 cm^{-1}), beta-tabakalar (1610–1640 cm^{-1}), beta-dönüşler (1660–1700 cm 1) ve rastgele sarmallardan oluşmaktadır (1640–1650 cm 1) (Li vd., 2023). 2.800 ila 3.000 cm^{-1} arasındaki bölgede (C-H gerilme bölgesi) ve son olarak 3.000 ila 3.500 cm^{-1} arasındaki bölgede (O-H gerilme bölgesi) gözlenmiştir (Amir vd., 2013).

Süneli unlara soğuk plazma uygulanan başka bir çalışmada yapılan FTIR analizi tüm soğuk plazma sürelerinde OH konsantrasyonunda bir artış olduğunu ve 30 ve 45 s işlem sürelerinde α-sarmal yapı ve β-tabakasında bir artış olduğunu ortaya koymuştur. CPT 30 saniyeden daha uzun süre uygulandığında, SDWF'nin hem bağ hem de serbest fenolik içeriği azalmıştır. Sonuçlarımıza dayanarak, CPT'nin 30 ve 45 s gibi kısa maruz kalma sürelerinde bile SDWF'nin teknolojik özelliklerini iyileştirmek için kullanılabileceğini kuvvetle önerebiliriz; bu nedenle, bu yenilikçi teknolojisi bu unların ekmek yapım kalitesini artırma potansiyeline sahiptir (Ulutürk ve Gül, 2025).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

SAP uygulamasında ortaya çıkan ve hedeflenen gıdalarda makromoleküllerin yapısal özelliklerinin değişimine neden olan faktörler arasında en önemlileri uygulama süresi ve uygulama şekli olduğundan tez çalışmasında mevcut uygulama koşullarında en uygun süreyi belirleyebilmek için bir ön çalışma planlanmıştır. Ön çalışma kapsamında öncelikli olarak gluten kalitesini gösterir en kolay, hızlı, etkili ve yaygın olarak bilinen ve uygulanan yöntem olan sedimantasyon değeri ve gluten agregasyon özellikleri (GlutoPeak) seçilmiştir. Burada amacımız SAP uygulamasının gluten kalitesi (strength) üzerindeki etkisini görmek olup buna bağlı olarak besin ögelerindeki ortaya çıkan değişimin belirlenmesi ise daha sonraki hedefimiz olmuştur. Ön çalışmalarda mevcut uygulama koşullarımızda tritikale ununa miktar olarak 10 g ve uygulama kolaylığı nedeni ile karıştırma yapılmadan uygulama yapılmasının yeterli olabileceği değerlendirilmiştir. SAP uygulama süresi tecrübelere ve daha önceki çalışmalara göre 10 dakika düzeylerine çıkarıldığında ortamda ortaya çıktığı düşünülen bazı indirgen bileşenler ile gluten yapısının olumsuz etkisi olabildiğini dolayısıyla daha fazla sürenin işlemin ekonomikliği ve uygulanabilirliği yanında amaçladığı hedefler için uygun olamayabileceği değerlendirerek daha düşük sürelerin denenmesine karar verilmiştir. Çalışmamızda ilginç bir şekilde mevcut uygulama koşullarında unların üzerine SAP uygulamasının etkinliğinin hemen uygulama başlar başlamaz başlayabildiği sedimantasyon ve GlutoPeak değerlerindeki değişim ile görüldüğünden uygulama süresinin 5 s den başlamasına karar verilmiştir. Diğer taraftan 1 dakika süreye kadar gluten kalitesinde olumlu değişimler olabileceği görülürken süre uzatıldığında gluten kalitesinin kademeli olarak azaldığı görülmüştür. Diğer taraftan sedimantasyon değerlerinde görülmese de gluten agregasyon değerlerinde tritikale unları için istenmeyen gluten sıkılık ve direnç değerindeki artış(tenacious yapı) özellikle 35s ve sonrasında ortaya çıktığı görülmüştür. Bu durumda mevcut laboratuvar uygulama altyapısı, eldeki örnek miktarı, tez süresi ve yapılacak diğer analizler düşünüldüğünde üç uygulama süresinin yapılabileceğine karar verilmiştir. İlk uygulama süresi 5s olarak seçilirken ikinci süre olarak sedimantasyon ve gluten agregasyon özelliklerinde sınırlı da olsa olumlu etkisi olan ara süre 15 s seçilmiştir. Her ne kadar 35 s sonra gluten sıkı yapısının artma olasılığı bulunsa da daha önce seçilen iki süre ile kıyaslayabilmek ve elde edilen varsayımı görebilmek amacıyla bu sürenin bir miktar üzeri 45 s seçilmiştir. Çalışmada SAP uygulaması ile sedimantasyon değerlerindeki artışın çok

sınırlı olması tritikalenin oldukça zayıf gluten yapısına ve özellikle çavdardan gelen genler ile su ile gluten meydana getirme kabiliyetinin oldukça düşük olmasına bağlanmıştır. Hatta etkinliğinin arttırılması için daha yüksek süreler indirgen etki göstererek yapıya olumsuz etki etmiş, gluten oluşturma yeteneği düşmüş ve ekmek-yapım kalitesi düşük sıkı gluten yapısı oluşturulmuştur.

SAP uygulaması tritikale tam tane ununda gluten kalitesi ile ilişkili sedimantasyon değerlerini değiştirmez iken; artan uygulama sürelerinin GlutoPeak maksimum tork (BEM) ve agregasyon enerji (AGGEN) değerlerindeki artış sıkı bir gluten yapısının oluşmasına neden olmuştur. SAP uygulaması ile tam tane ununda kül miktarı ve mineral madde miktarlarında değişim olmamıştır. SAP uygulaması kontrole göre üç uygulama süresinde de tam tane ununda antioksidan aktivite değerini artırmıştır. Düşük SAP uygulama süreleri (5 ve 15 s) mevcut diyet lifi ile diğer bileşenler arasındaki bağları parçalayarak serbest hale geçmesini sağlamakta ve diyet lifi miktarı artarken 45 s de lif ve diğer bileşenler arasındaki bağı daha da güçlendirerek hem toplam hem de çözünür diyet lifi düşmüştür. Daha düşük sürelerde bile antioksidan ve diyet lifi üzerindeki olumlu etki SAP fonksiyonel tam tane ununun son ürün eldesinde önemli olabileceğini göstermiştir. SAP uygulaması tam tane unu ekmeklerinde hacim değerlerinde önemli bir etki yapmamıştır. Gluten miktarının düşüklüğü, gluten gücünün zayıflığı, gluten oluşturma kabiliyetinin düşüklüğü, yüksek diastatik aktivite, hamurun düşük su absorpsiyonu ve yoğurma toleransı tritikalenin tek başına ekmek yapımını güçleştirmekte ve ekmek haciminde artış elde edilmektedir. Ayrıca artan SAP uygulama süresine bağlı olarak artan GlutoPeak'te görülen sıkı gluten yapısı hacim artışını olumsuz etkilemektedir. Farklı sürelerde SAP uygulaması ile tritikale tam tane ununda elde edilen ekmeklerin kabuk ve içinde renk değerleri, rutubet ve su aktivitesi, TPA sertlik ve esneklik değerlerinde önemli bir farklılık oluşmamıştır. SAP uygulaması ile unlarda okside edici madde kokusu duyulmuştur. Bununla birlikte ekmeklerin tad ve kokusunda bu koku duyulmamıştır. Tüm duyusal özellikler bakımından SAP uygulanmış tam tane ununda elde edilen ekmekler 4,0'ün üzerinde duyusal puan almıştır. İstatistiki olarak önemli olmasa da 15 s uygulama ile elde edilen tam tane unu ekmeklerin kabuk rengi, görünüm, gözenek yapısı, içyapı, çiğnenebilirlik bakımından diğer uygulamaların üzerinde duyusal puan alması önemli bulunmuştur. Bu sürenin genel beğeni puanı da kontrol ekmek ile aynıdır. 5 s ekmeklerinin genel beğeni bakımından kontrolü de üzerinde ve iç rengi, gözenek yapısı, tad

ve koku bakımından kontrole yakın düzeyde duyusal özelliklere sahiptir. Genel olarak değerlendirilebildiğinde 45 s uygulaması ile duyusal özellikler düşmüştür.

SAP uygulanmış rafine unlarda nem miktarında yaklaşık %2,0 daha azalma unların depolama ve raf ömrü açısından olumlu olarak değerlendirilmiştir. Bununla birlikte SAP uygulanmış rafine unlarda su aktivitesi değeri bir miktar artsa da yine de mikrobiyal ve oksidatif stabilite bakımından olumsuzluk oluşturmayacak düzeydedir. SAP uygulaması ile tane hücre duvarları bileşenlerin, enzim ve pigmentlerin yapısında yer alan ve oluşan çelatların (fitatlar gibi) parçalanması ile mineral maddelerin serbest hale geçmesinin rafine unda kül miktarını yaklaşık olarak %1 yükselttiği değerlendirilmiştir. SAP uygulaması ile L* değeri önemli oranda değişmezken a* ve b* değerlerinde renk pigmentlerindeki degradasyona bağlı olarak azalma görülmüştür. Kırmızı ve sarı pigment değerlerinde azalma 15 s de fazla iken süre 45 s çıktığında mevcut renk bileşenlerinin ve yapısıdaki fenolik bileşenlerin renk değiştirmesi ile a* ve b* değerlerinin bir miktar arttığı görülmüştür. Düşük ve orta düzeyde SAP uygulaması gluten proteinin suyu tamamen absorplamasını sağlamakta ve oluşumuna katkıda bulunmaktadır ve böylece yıkama sürecinde gluten proteinin kaybını azaltmaktadır. Nitekim yaş gluten miktarı kontrol una göre 5 s ve 15 s de istatistiki olarak önemli olmasa da yükselmiştir. Ancak, daha uzun sürede (45 s), gluten yapısında oluşan değişiklikler ile yıkamada gluten kaybı artmaktadır. SAP uygulamasının tritikale unlarındaki ekmekçilik için olumsuz olan yüksek amilaz aktivitesini azaltıcı etksi olmamıştır. Tüm sürelerde STK su, sodyum karbonat ve sakkaroz değerleri artmıştır. STK-su değerleri %55'ten %60'a ve STK- sodyum karbonat değerler %75'ten %80'e yükselmiştir. STK-sakkaroz değerinde ise artış yaklaşık %3-5 arasındadır. SAP uygulamasının rafine unda hidrofilik grupların, zedelenmiş nişastanın ve hemiselüloz bileşenlerin su tutma özelliklerini iyileştirmiştir. GlutoPeak Wa (su absorpsiyonu) değerlerindeki artış solvent tutma kapasitesi su değeri ile benzer olmuştur. Su absorpsiyonu kontrolde %55,80 olurken; diğer unlarda yaklaşık olarak %1 artmıştır. Farinograf su absorpsiyonu yine tüm SAP uygulanmış un hamurlarında uygulama yapılmayan un hamuruna göre ortalama %1 civarı daha yüksektir. Hamur yoğurma sırasında su absorpsiyonunun yüksek olması gluten gelişmesinin teşvik edilmesi ve ekmek hacminin artmasında önemlidir. Hamur ve ekmek ağırlığı değerleri SAP uygulama süresine paralel artmış su absorpsiyonundaki artışa bağlı 3-6 g arasında artmıştır. SAP uygulanmış un örneklerinin gluten kalitesinde tambuğday ununda olduğu gibi sedimantasyon değeri değişmemiş buna karşılık 5 s ve 15 s SAP uygulamaları ile unların

gluten indeks değerlerinin %30'dan artarak %50'ye yaklaşması gluten kalitesinin iyileştiğini göstermiştir. Nitekim gluten gücü ile ilişkili solvent tutma kapasitesi laktik asit ve glutenin şişme indeksi (GSI) istatistiki olarak önemli artış göstermiştir. STK-laktik asit değerleri %64'den SAP uygulama sürelerinde %70,0'e artmıştır. Gluten şişme indeksi değeri ise 2,50 den 5 ve 15 s lerde 2,71'e ve 45 s'de 2,98'e yükselmiştir. Bu sonuçlar SAP uygulama süresi artışı ile gluten kaitesinin iyileştiğini ortaya koymaktadır. Gluten kalitesindeki bu iyileşmenin gluten oluşma ve daha sonrasında parçalanma özelliklerini değerlendirdiğimiz GlutoPeak değerlerindeki etkisine bakıldığında SAP uygulaması ile birlikte unlarda değişimler ortaya çıkmasıdır. Çalışmada SAP uygulanmış unların ekmekçilik kabiliyeti anlamında istenilen yüksek BM ve PMT değeri düşerken gluten direnci artmıştır. SAP uygulaması daha çok elastikiyetten sorumlu gluten makromolekülünü etkileyerek ilave bağlar ve ikincil yapılardaki değişiklikler ile daha elastik (dirençli) bir yapıya yol açmış bu da maksimum tork (BEM), devam eden karıştırma ile son direnç (PM) değerlerini yükseltmiştir. GlutoPeak enerji (W) değerinde artış büyük oranda bu nedenle oluşmuştur. Bu değerlerdeki artış gluten yapısının viskoelastik yapısının artışından ziyade daha sıkı bir hal aldığını göstermektedir. Nitekim SAP uygulanmış unlarda tritikalenin yapısı gereği sedimantasyon değerlerinde de bir artış ortaya çıkmamıştır. Daha yüksek STK laktik asit ve GSI değerleri özellikle bu testlerin glutendeki glutenin makromolekülündeki değişimler ile daha fazla ilişkili olmasından kaynaklanmıştır. Tahmini gluten ve protein değerlerinde SAP rafine unlarda yükselmede bu durum ile ilişkili olarak değerlendirilmiştir. Son ürün yapımından hemen önce tüm bileşenlerin bir araya geldiği ve son ürünün karakteristiklerini belirleyen ana materyal olan hamur özelliklerine SAP uygulamasının hamurun viskoelastik yapısına etkisi çok yönlü olarak alveograf ile değerlendirildiğinde uzama kabiliyeti (A), enerji değeri (W) ve gluten dengesi oldukça kritik değerlerdir. Gluten dengesi ekmekçilik kabiliyeti yüksek buğday hamurlarında 1,0-1,3 arasında olması istenir. Lakin tritikale çok zayıf ve "tenacious" gluten yapısı nedeniyle bu değerden oldukça uzak sıkı gluten yapısında sahiptir. Yani ekmek yapımında genişleyerek gazı tutabilecek bir gluten yapısı oluşturma kabiliyeti oldukça sınırlıdır. Çalışmada artan SAP uygulama sürelerine etkinin istenilen düzeyde olmadığı değerlendirilmiştir. Çalışmada 15 s ve 45 s SAP uygulama süreleri yüksek gluten direncinin (T) bir miktar azalmasına ve uzama yeteneğinin bir miktar artışına neden olsa da tritikale unun oldukça dengesiz olan gluten viskoelastik yapısının (gluten balance) iyileşmesine sınırlı oranda katkı sağlamıştır. Diğer taraftan yine ekmekçilik kabiliyeti için önemli olan hamurun karıştırma özellikleri farinograf ile değerlendirildiğinde gluten

özelliğindeki etkiden dolayı önemli bir gelişim gözlenmemiştir. Yalnız 5 s de stabilite değerinde çok az iyileşme görülse de bu durum yumuşama değerinde daha fazla azalma sonucu doğurmamıştır. SAP uygulamanın etkisi ile su absorpsiyonu ve gluten sıkılığındaki artış hamur karıştırma özelliklerinde çok sınırlı bir iyileşmeye neden olmuştur. Özellikle daha farklı süre, uygulama şekli, uzaklığı, daha kontrollü atmosfer koşulları bu etkinin daha da iyileşmesine katkı sağlayabileceği düşünülmüştür. Bu durum da tritikale rafine unlarının ekmek yapım yeteneğinde daha fazla iyileşme sağlanabilecek ve bu alanda kullanım olanakları arttırılabilecektir. Gluten kalitesinde ve hamur reolojik özelliklerinde önemli oranda sağlanamayan iyileşme ekmeklerin hacimlerine yansımış ekmek hacimleri belirgin oranda geliştirilememiştir. Ekmek görüntülerinden de görülebileceği gibi mevcut oldukça zayıf ve gelişemeyen gluten yapısından dolayı fermantasyon sırasında oluşan gaz tutulamamış ve ekmekler biraz daha fazla kabarsa bile çökme olmuştur. Yalnız 15 saniye SAP uygulamasında sınırlı da olsa daha ekmek hacimleri artmıştır. 15 s uygulamasının en önemli farkı alveograf değerlerinde de görüldüğü gibi gluten dengesinin diğerlerine göre daha düşük olması ve direnç değerinden ziyade uzama yeteneğinin daha iyi olmasıdır. Aynı 15 s uygulamasında daha fazla su absorpsiyon gluten ağ yapısının olumlu yönde yeterli gelişimine katı yapmıştır. Ekmeklerde düşük düzeyde olmasını istediğimiz sertlik ve sakızımsılık değeri 15 s ve 45 s ekmeklerinde daha düşük direnç ve gluten dengesi nedeni ile daha düşük olmuştur. Ekmek kabuğunda L* değerleri önemli oranda değişmez iken; a* ve b* değerleri SAP uygulama süresi ile azalmıştır. a* değerleri ekmek içinde kontrol ekmeğe göre daha yüksektir. Ekmeklerin kül miktarının da 5 s de daha yüksek bulunması hücre duvarlarının etkilenmesi ile endosperme daha fazla serbest mineral geçişinin sağlandığını ve kül miktarındaki artış ile a* değerinin yükseldiği düşünülmektedir. Ekmeklerin su aktivitesi ve kül miktarlarında önemli bir değişim olmamıştır. Ekmeklerin tüm duyusal özelliklerinin 5 puan ve üzerinde olması önemli görülmüştür. SAP uygulaması ile elde edilen ekmeklerden 15 s ekmekleri en yüksek genel beğeni puanı almıştır. 15 s ekmeklerin gözenek yapısı, iç renk puanı da yüksektir.

SAP uygulaması ile rafine unda ane hücre duvarları bileşenlerin, enzim ve pigmentlerin yapısında yer alan ve oluşan çelatların (fitatlar gibi) parçalanması ile mineral maddelerin serbest hale geçmesi unda kül miktarını bundan dolayı yükseltmiş olabilir. Sonuçta kalsiyum, bakır demir, potasyum, magnezyum, mangan, fosfor, çinko miktarları kontrol una göre artmıştır. Özellikle bakır, demir ve çinko içeriklerinde istatistiki olarak fark

oluşmuştur. SAP uygulaması ile önemli düzeyde artan amino asit miktarları için yapıdaki proteinlerin parçalandığı düşünülerek çalışmamızda kontrol una göre aminoasitçe zengin SAP uygulanmış rafine unlar elde edilmiştir. Sonuçta histidin ariginin, valin, metionin, fenil alenin, izolösin, lösin ve lisin amino aitlerinin miktarları SAP uygulanmış unlarda bazı değerlerde uygulama yapılmamış kontrol una göre artmıştır. Amino asit miktarındaki azalmalar için ise SAP uygulamasının bazı proteinlerin denatürasyona uğramasına yapısındaki indirgen bileşiklerden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Soğuk atmosferik plazma, singlet oksijen, ozon ve reaktif oksijen türlerinin (ROS) bir kaynağı olduğundan, radikal kaynaklı ve ozonla yayılan oksidasyon yoluyla buğday ununun kimyasal bileşimini ve böylece unun fonksiyonel özellikleri değiştirme etkisine sahiptir. SAP bu anlamda antioksidan aktivite ve fenolik madde içeriğini artırmada önemli etki göstermiştir. 15 s de 22,56 µmol TE/g ile en yüksek antioksidan aktivite değeri ve 5 ve 15 s lerde 30,0 mg GAE/kg'ın üzerinde toplam fenolik madde içeriği saptanmıştır.

Çalışmada tam tane ununda olduğu gibi SAP uygulanmış unlarda kontrole göre toplam diyet lifi miktarı artmış; %2,0'den % 3,5'ler düzeyine yükselmiştir. Yine çözünür diyet lifi içeriği %1,5'lerden %3,5'ler düzeyine yükelmiştir. Yine çözünür diyet lifi içeriği %1,5'lerden %3 düzeylerine çıkmıştır. Bu durum, SAP uygulamasının mevcut diyet lifi ile diğer bileşenler arasındaki bağları parçalayarak serbest hale geçmesini sağladığı ve bu nedenle metod ile belirlenen miktarını arttırdığını göstermiştir. Nitekim çözülebilir diyet lifi de bu sürelerde artmıştır. Beslenme fizyolojisi açısından SAP uygulamasının vücudumuzda diyet lifinin sağlık üzerine olumlu etkilerinin ortaya çıkmasında daha etkili olabileceğini göstermiştir. Çalışmada öneri olarak gelecekte SAP teknolojisi unun gluten yapısını iyileştirerek ekmeklik kalitesini artıran kimyasal katkı maddelerinin kullanımını azaltacak etkiye sahiptir. Ayrıca SAP uygulaması mikrobiyolojik bozulmaları engelleyecek teknolojiye de sahiptir. Bu alanda çalışmalar genişletilebilir. Çalışmamızda 10 g ile kurulan SAP uygulama sistemi toplu üretimlerde geliştirilerek uygulama kabı ve ürün miktarı değiştirilerek büyük ölçekli üretime geçilebilir. Öğüttüğümüz tritikaleye tavlama yapılarak tavlama suyuna SAP teknolojisi uygulanarak daha verimli sonuçlar alınabileceğini öngörmekteyiz. Daha yumuşak yapıdaki tortilla gibi son ürün eldesinde 5, 15 ve 45 saniye SAP uyguladığımız tritikale unları kullanılabilir. Yaptığımız ön çalışmalar tritikalenin ve benzer yapıdaki ürünlerin SAP uygulama süresini belirlemede diğer çalışmalara da ışık tutacaktır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

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

Abdulrahman, W. F., & Omoniyi, A. O. (2016). *Proximate analysis and mineral compositions of different cereals available in ɑwaɑwalada market*, FCT, Abuja, Nigeria. Journal of Advances in Food Science and Technology, 3(2), 50-55.

Agil, R., Hosseinian, F., 2012. *Dual functionality of triticale as a novel dietary source of prebiotics with antioxidant activity in fermented dairy products*. Plant Foods for Human Nutrition, 67, 88–93.

Akan, T., 2005. *Maddenin 4. Hali Plazma ve Temel Özellikleri*, Elektronik Çağdaş Fizik Dergisi , 4, 1-11.

Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 20(2):171-182.

Akgün, İ., M. Kaya ve D. Altındalı,2008. *Isparta Ekolojik Koşullarında Bazı Tritikale Hat/Çeşitlerinin Verim ve Verim Unsurlarının Belirlenmesi*

Akın, A., Karaduman, Y., & Akan, T. (2024). *Improvement of the quality by the cold plasma on the sunn pest (Eurygaster Integriceps)-damaged wheat flour*. European Food Science and Engineering, 5(1), 20-2Akman, 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.

Altındeğer, M., 2005.Tritikale Yetiştiriciliği T.C.Samsun Valiliği İl Tarım Müdürlüğü No: T/13.

Altuğ Onoğur, T., & Elmacı, Y. (2011). Sensory evaluation in foods. *Sidas Medya, İzmir*.

Amaya, A. & Peña, R.J. 1991. *Triticale industrial quality improvement at CIMMYT: past, present and future.* In Proc. 2nd Int. Triticale Symp., Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brazil, 1-5 Oct. 1990, p. 412-421. Mexico, DF, CIMMYT.

Amir, R. M., Anjum, F. M., Khan, M. I., Khan, M. R., Pasha, I., & Nadeem, M. (2013). *Application of Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy for the identification of wheat varieties. Journal of food science and technology, 50*, 1018-1023.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Anon., 2023. *Samsun 19 Mayıs Üniversitesi Akademik veri yönetim sistemi ders notları-Tritikale*. Erişim tarihi 01.05. 2023.

Anonim, 1976. *Tahıllar-Düşme Sayısının Tayini.* Türk Standartları Enstitüsü. TS 2235.

Anonim, 1984. Buğday Unu-Yaş Gluten (Öz) Tayini. Türk Standartları Enstitüsü. TS 4179.

Anonim, 2000. *Tahıllar ve Öğütülmüş Tahıl Ürünleri Toplam Kül Muhtevası Tayini*. Türk Standartları Enstitüsü. TS 1511 ISO 2171.

Anonim, 2001. *Buğday- Sedimentasyon Endeksi Tayini-Zeleny Deneyi.* Türk Standartları Enstitiüsü. Ts4867 ISO 5529.

AOAC Official Methods of Analysis., 1998. *Method 991.43, total, soluble, and insoluble dietary fiber in foods*. Association of Official Analytical Chemists International, Gaithersburg.

Atudorei, D., Atudorei, O., & Codină, G. G. (2022). *The Impact of germinated chickpea flour addition on dough rheology and bread quality*. *Plants*, *11*(9), 1225.

Bahrami, N., Bayliss, D., Chope, G., Penson, S., Perehinec, T., Fisk, I. D., 2016. *Cold plasma: A new technology to modify wheat our functionality*. Food Chemistry, 202, 247–253. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.113.

Bahrami, N.; Bayliss, D.; Chope, G.; Penson, S.; Perehinec, T.; Fisk, I.D. *Cold plasma: A new technology to modify wheat flour functionality. Food Chem*. 2016, *202*, 247–253

Barros, J., Oliveira, L., Cristianini, M., Steel, C., 2023. *Non-thermal emerging technologies as alternatives to chemical additives to improve the quality of wheat flour for breadmaking:* a review, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 63:11, 1612-1628.

Boekema, B.K.H.L., Vlig, M., D Guijt, D., Hijnen, S.K., Hofmann, S., Smits, P., Sobota, A., van Veldhuizen, E.M., Bruggeman P., E Middelkoop, E., 2016. *A new flexible DBD device for treating infected wounds: in vitro and ex vivo evaluation and comparison with a RF argon plasma jet, J. Phys. D: Appl. Phys.* 49 (2016) 044001 (10pp) doi:10.1088/0022-3727/49/4/044001.

Brodowska, M., Guzek D., Wierzbicka, A., 2014. *Modern technological solution used in the production of bakery products with high biological value*. Advances in Science and Technology, 8:83–92.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Bubler, S., Steins, V., Ehlbeck, J., Schlüter, O., 2015. *Impact of thermal treatment versus cold atmospheric plasma processing on the techno-functional protein properties from Pisum sativum Salamanca*. Journal of Food Engineering, 167, 166–174. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.05.036.

Buchholz, M., Drotleff, A. M., Ternes, W., 2012. *Thiamin (vitamin B1) and thiamin phosphate esters in five cereal grains during maturation*. Journal of Cereal Science, 56, 109–114.

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

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

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

Chaple, S., Sarangapani, C., Jones, J., Carey, E., Causeret, L., Genson, A., ... & Bourke, P. (2020). Effect of atmospheric cold plasma on the functional properties of whole wheat (Triticum aestivum L.) grain and wheat flour. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *66*, 102529.

Chaple, S., Sarangapani, C., Jones, J., Carey, E., Causeret, L., Genson, A., Duffy, B., Bourke, P., 2020. Effect of atmospheric cold plasma on the functional properties of whole wheat (Triticum Aestivum L.) grain and wheat flour. Innovative Food Science & Emerging Technologies 66:102529.

Chauhan, O. P., 2019. Non-thermal processing of foods. 1st ed. Boca Raton: CRC Press. Chen, G., Dong, S., Chen, Y., Gao, Y., Zhang, Z., Li, S., Chen, Y., 2020. Complex coacervation of zein-chitosan via atmospheric cold plasma treatment: Improvement of encapsulation ef ciency and dispersion stability. Food Hydrocolloids, 107, Article 105943. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105943.

Chavoushi, M., Kadivar, M., Arzani, A., & Sabzalian, M. R. (2022). Relationships between grain, flour, and dough quality characteristics and solvent retention capacity tests of twelve triticale cultivars and parental species. *Food Chemistry*, *371*, 131283.

Chavoushi, M., Kadivar, M., Arzani, A., & Sabzalian, M. R. (2022). Relationships between grain, flour, and dough quality characteristics and solvent retention capacity tests of twelve triticale cultivars and parental species. *Food Chemistry*, *371*, 131283.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Chen, G., Dong, S., Chen, Y., Gao, Y., Zhang, Z., Li, S., Chen, Y., 2020. *Complex coacervation of zein chitosan via atmospheric cold plasma treatment: Improvement of encapsulation ef ciency and dispersion stability*. Food Hydrocolloids, 107, Article 105943. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105943.

Cheng, W., Sun, Y., Fan, M., Li, Y., Wang, L., & Qian, H. (2022). Wheat bran, as the resource of dietary fiber: A review. *Critical reviews in food science and nutrition*, *62*(26), 7269-7281.

Corradini, M. G., 2019. *Modeling microbial inactivation during cold atmospheric- pressure plasma (CAPP) processing*. In D. Bermudez-Aguirre (Ed.), Advances in cold plasma applications for food safety and preservation (pp. 93–108). Academic Press.

Coutinho, N. M., Silveira, M. R., Rocha, R. S., Moraes, J., Ferreira, M. V. S., Pimentel, T. C., ... Cruz, A. G., 2018. Cold plasma processing of milk and dairy products. Trends in Food Science & Technology, 74, 56–68. https://doi.org/10.1016/j. tifs.2018.02.008.

Çifçi, E. A., Kınabaş, S., Yelbey, S., & Yağdı, K. (2010). *Bazı tritikale hatlarının kalite özellikleri ve ekmek yapımında kullanılma olanaklarının araştırılması.* Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 24(2), 93-102.

Dai, Y.,ve C. Tyl. 2021. *A review on mechanistic aspects of individual versus combined uses of enzymes as clean label-friendly dough conditioners in breads*. Journal of Food Science 86 (5):1583–98. doi: 10.1111/1750-3841.15713.

Demir, B., Şahin, M., Akçacık, A. G., Aydoğan, S., Hamzaoğlu, S., Gür, S., ... & Ozer, E. (2024). *Farklı yetiştirme koşullarının tritikale genotiplerinin bazı kalite parametrelerine etkilerinin belirlenmesi.* Wheat Studies, 12(2), 32-39.

Dennett, A. L., & Trethowan, R. M. (2013). *Milling efficiency of triticale grain for commercial flour production*. Journal of Cereal Science, 57, 527–530.

Dennett, A. L., Cooper, K. V., & Trethowan, R. M. (2013). *The genotypic and phenotypic interaction of wheat and rye storage proteins in primary triticale*. *Euphytica*, *194*(2), 235–242. https://doi.org/10. 1007/s10681-013-0950-y

Dennett, A. L., Trethowan, R. M., 2013. *Milling efficiency of triticale grain for com- mercial flour production*. Journal of Cereal Science, 57, 527–530.

Dennett, A. L., Wilkes, M. A., & Trethowan, R. M. (2013). *Characteristics of modern triticale quality: The relationship between carbohydrate properties, α-amylase activity, and falling number*. Cereal Chemistry, 90(6), 594-600.

KAYNAKLAR DİZİNİ

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.

Özdemir, E., Başaran, P., Kartal S., & Akan T. , *"Cold plasma application to fresh green leafy vegetables: Impact on microbiology and product quality,"* Comprehensive reviews ın food scıence and food safety , vol.22, no.1, pp.4484-4515, 2023

Egli, I., Davidsson, L., Juillerat, M. A., Barclay, D., & Hurrell, R. F. (2002). *The influence of soaking and germination on the phytase activity and phytic acid content of grains and seeds potentially useful for complementary feedin.* Journal of food science, 67(9), 3484-3488.

Elgün, A., Ertugay, Z. 2002. *Tahıl İşleme Teknolojisi*. 4. Bakı, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisleri, Erzurum.

Elgün, A., Ertugay, Z., 2011. *Tahıl İşleme Teknolojisi*, Atatürk Ünv. Ziraat Fakültesi Yayınları, No:718, Erzurum, 411 s.

FAOSTAT., 2017. *Statistics division of food and agriculture organization of the united nations*. Available from http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E, Accessed on May 8th, 2017.

Feizollahi, E., Misra, N. N., Roopesh, M. S., 2021. *Factors in uencing the antimicrobial ef cacy of dielectric barrier discharge (DBD) atmospheric cold plasma (ACP) in food processing applications*. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 61(4), 666–689. https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1743967.

Frás, A., Gołębiewska, K., Gołębiewski, D., Mańkowski, D. R., Boros, D., & Szecówka, P. (2016). *Variability in the chemical composition of triticale grain, flour and bread*. Journal of Cereal Science, 71, 66–72.

Fraś, A., Gołębiewska, K., Gołębiewski, D., Wiśniewska, M., Gzowska, M., Mańkowski, D.R., 2021. *Utilisation of triticale (X Triticosecale Wittmack) and residual oat flour in breadmaking*. Czech J. Food Sci., 39: 226–233.

Fu, J., Zheng, Y., Gao, Y., & Xu, W. (2022). *Dietary fiber intake and gut microbiota in human health. Microorganisms, 10*(12), 2507.

Furan, M. A.,İ. Demir, S. Yüce, R. R. Akçalı Can ve F. Aykut, 2005. *Ege Bölgesi Tritikale Çeşit Geliştirme Çalışmaları; Geliştirilen Çeşit ve Hatların Verim ve Kalite Özellikleri Üzerinde Araştırmalar*. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 18(2):251-256.

Galvez, J., Rodríguez-Cabezas, M. E., & Zarzuelo, A. (2005). *Effects of dietary fiber on inflammatory bowel disease.* Molecular nutrition & food research, 49(6), 601-608

. KAYNAKLAR DİZİNİ

Ganesan, A., Tiwari, U., Ezhilarasi, P. N., Rajauria, G., 2021. *Application of cold plasma on food matrices: A review on current and future prospects.* Journal of Food Processing and Preservation, 45, Article e15070. 10.1111/jfpp.15070.

Ge, X., Shen, H., Su, C., Zhang, B., Zhang, Q., Jiang, H., Li, W., 2021. *The improving effects of cold plasma on multi-scale structure, physicochemical and digestive properties of dry heated red adzuki bean starch.* Food Chemistry, 349, Article 129159. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129159.

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

Gharibzahedi, S. M. T., & Jafari, S. M. (2017). *The importance of minerals in human nutrition: Bioavailability, food fortification, processing effects and nanoencapsulation. Trends in Food Science & Technology, 62*, 119-132.

Ghendov-Mosanu, A., Popa, N., Paiu, S., Boestean, O., Bulgaru, V., Leatamborg, S., ... & Codină, G. G. (2024). *Breadmaking Quality Parameters of Different Varieties of Triticale Cultivars*. Foods, 13(11), 1671.

Gill, S. K., Rossi, M., Bajka, B., & Whelan, K. (2021). Dietary fibre in gastrointestinal health and disease. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology, 18*(2), 101-116.

Golea, C. M., Codină, G. G., & Oroian, M. (2023). *Prediction of wheat flours composition using fourier transform infrared spectrometry (FT-IR).* Food Control, 143, 109318.

Gosine, L., McSweeney, M.B., 2019. *Consumers' attitudes towards alternative grains: A conjoint analysis study.* International Journal of Food Science and Technology, 54:1588–1596.

Grabovets, A. I., & Krokhmal', A. V. (2012). *Prospects of breeding triticale for increased grain carotenoid content*. Russian agricultural sciences, 38(5), 345-347.

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.

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

Gündoğdu, S., 2006. *Bisküvi ve Kraker Üretiminde Tritikale Ununun Kullanım Olanakları. Doktora tezi,* Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Hadjıchrıstodoulou, A., 1984.*Performance of Triticale in Comparison with Barley and Wheat in A Semi-Arid Mediterranean Region.* Expl. Agric., 20: 41-51.

He, Y., Lin, Y. L., Chen, C., Tsai, M. H., & Lin, A. H. M. (2019). *Impacts of starch and the interactions between starch and other macromolecules on wheat falling number*. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 18(3), 641-654.

Heger, J., Eggum, B.O., 1991. *The nutritional values of some high-yielding cultivars of triticale.* J. Cereal Sci. 14, 63-71.

Held, S., Tyl, C. E., Annor , G. A., Šerá, B., 2019. *Effect of radio frequency cold plasma treatment on intermediate wheatgrass (Thinopyrum intermedium) flour and dough properties in comparison to hard and soft wheat (Triticum aestivum L.).* Journal of Food Quality 2019:1–8.

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

Horlein, A, J. Valentine, 1995. Triticale (x Triticosecale). In. Williams J.T. (ed) Cereals and pseudocereals. Chapman and Hall, New York, pp. 187-221.

Hurrell, R. F. (1997). Bioavailability of iron. European Journal of Clinical Nutrition, 51(1).

Jańczak-Pieniążek, M., & Kaszuba, J. (2024). *The Influence of Agrotechnical Factors on the Yield and Quality Parameters of Winter Triticale Grain*. *Agriculture, 14*(12), 2219.

Jiang, Y. H., Cheng, J. H., Sun, D. W., 2020. *Effects of plasma chemistry on the interfacial performance of protein and polysaccharide in emulsion.* Trends in Food Science & Technology, 98, 129–139. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.009.

Jiang, Z., Li, M., Han, Q., Zhou, S., Wen, X. and Ni, Y., 2024. *The content and distribution pattern of chemicals and bioactive compounds of triticale grains.* International Journal of Food Science & Technology.

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

Jonnala, R.S., Irmak, S., MacRitchie, F., Bean, S.R., 2010. *Phenolics in the bran of waxy wheat and triticale lines.* J. Cereal Sci. 52, 509-515.

Jukić, M., Šumanovac, F., Nakov, G., Šimić, G., Komlenić, D. K., Ivanova, N., & Lukinac, J. (2023). *Application of the falling number method in the evaluation of the α-amylase activity of malt flour.* Applied Sciences, 13(5), 3218.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Kandil, A., Li, J., Vasanthan, T., Bressler, D. C., 2012. *Phenolic acids in some cereal grains and their inhibitory effect on starch liquefaction and saccharification*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 60, Yazım alanları gerektiği kadar uzatılabilir 8444–8449.

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

Karaduman, Y., Belen, S., Olgun, M., Ceyhan, M., Kartal, Y., & Özkan, K. (2020). *Ülkesel Ekmeklik Buğday Alım Bareminde Ekmeklik Buğday Çeşitlerinin Ayrımı: Yapay Zeka Destekli Örüntü Tanıma Uygulamalarının Kullanılabilirliği.* Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi, 13(2), 45-59.

Karaduman, Y., Çiçek, O., Sarsilmazer, N., Üstünkaya, Z. S., Kaymak, E., & Yüksel, M. , 2024. *Physicochemical, dough rheological and gluten aggregation properties of flours used in the production of flat breads in Eskişehir.* European Food Science and Engineering, 5(2), 8-15.

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

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

Karaduman, Y., 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., 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., 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.

Karaoğlu, M.M., 2006. *Cephalaria syriaca addition to wheat flour dough and effect on rheological properties.* International Journal of Food Science and Technology, 41 (2), 37-46.

Kawakita, D., Lee, Y.C.A., Gren, L.H., Buys, S.S., LaVe cch i aC., Hashibe, M., 2019. *Fiber intake and the risk of head and neck cancer in the prostate, lung, colorectal and ovar-ian (PLCO) cohort*. International Journal of Cancer, 145:2342–2348.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Kim, J. E., Lee, D. U., Min, S. C., 2014. *Microbial decontamination of red pepper powder by cold plasma. Food Microbiology*, 38, 128–136. https://doi.org/10.1016/j.fm.2013.08.019.

Kaydan, D. ve M.Yağmur, 2008. *Bazı Tritikale (X Triticosecale Wittmack) Çeşitlerinde Farklı Ekim Sıklıklarının Tane Verimi ve Verim Öğeleri Üzerine Etkileri.* Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi,14 (2) :175-182.

Khan, M. J., Jovicic, V., Zbogar-Rasic, A., Zettel, V., Delgado, A., & Hitzmann, B. (2023). *Influence of Non-Thermal Plasma Treatment on Structural Network Attributes of Wheat Flour and Respective Dough*. *Foods*, *12*(10), 2056.

Khan, M.J. Jovicic, V. Zbogar-Rasic, A. Delgado, A., 2022. *Enhancement of Wheat Flour and Dough Properties by Non-Thermal Plasma Treatment of Wheat Flour.* Appl. Science, 12, 7997.

Kınacı, G. ve E. Kınacı, 2000. *Yeni Tahıl Türü Tritikalenin Buğdaya Karıştırılması ile Elde Edilen Paçalların Kalite Özellikleri ve Ekmek Yapımında Kullanılma Olanakları.* Unlu Mamuller Teknolojisi, 4(9):41-47.

Kopuk, B., Günes, R., Palabiyik, İ., 2022. *Cold plasma modification of food macromolecules aaand effects on related products.* Food Chemistry, 382, 132356, ISSN 0308-8146. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132356.

Köse, E., S. Ünal, Ö. Çağındı, Kınacı, G., 2002. Tatlıcak-97 *Tritikale Çeşidinin Ekmek Yapımında Kullanılma Olanaklarının Araştırılması.* Hububat 2002 Hububat Ürünleri ve Teknolojisi Kongre ve Sergisi. 3-4 Ekim 2002, Gaziantep. s:203-209

Köse, E., S. Ünal, Ö. Çağındı ve G. Kınacı, 2002. Tatlıcak-97 *Tritikale Çeşidinin Ekmek Yapımında Kullanılma Olanaklarının Araştırılması.* Hububat 2002 Hububat Ürünleri ve Teknolojisi Kongre ve Sergisi.3-4 Ekim 2002,Gaziantep. s:203-209

Kucerova, J. 2007. *The Effect of Year, Site and Variety on The Quality Characteristics and Bioethanol Yield of Winter Triticale.* Journal of The Institute of Brewing. 113(2):142-146.

Kucerova, J. 2007. *The Effect of Year, Site and Variety on The Quality Characteristics and Bioethanol Yield of Winter Triticale.* Journal of The Institute of Brewing. 113(2):142- 146.

KAYNAKLAR DİZİNİ

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.

Labuza, T. P., McNally, L., GALLAGHER, D., Hawkes, J., & Hurtado, F. (1972). *Stability of intermediate moisture foods.* 1. Lipid oxidation. *Journal of Food Science*, *37*(1), 154-159.

Lazukin, A.V., Serdyukov, Y.A., I A Moralev, I.A., Selivonin, I.V., Krivov, S.A., 2019. *Effect of the surface dielectric barrier discharge plasmas on winter rye seeds germination,* IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1147 (2019) 012124 doi:10.1088/1742-6596/1147/1/012124.

Leon, A. E., A. Rubıolo and M. C. Anon, 1996.*Use of Triticale Flours in Cookies:* Quality Factors Cereal Chem., 73(6):779-784.

Li, N., Yu, J.-j., Jin, N., Chen, Y., Li, S.-h. and Chen, Y, 2020. *Modification of the physicochemical and structural characteristics of zein suspension by dielectric barrier discharge cold plasma treatment*. Journal of Food Science, 85: 2452-2460. https://doi.org/10.1111/1750-3841.15350.

Li, X., Wen, Y., Zhang, J., Ma, D., Zhang, J., An, Y., ... & Zhang, W. (2022). *Effects of non-thermal plasma treating wheat kernel on the physicochemical properties of wheat flour and the quality of fresh wet noodles. International journal of food science & technology*, *57*(3), 1544-1553.

Liang, Z., Gao, J., Yu, P., & Yang, D. (2023). *History, mechanism of action, and toxicity: a review of commonly used dough rheology improvers. Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *63*(7), 947-963.

Lindgren, A., & Simsek, S. (2016). *Evaluation of hard red spring wheat mill stream fractions using solvent retention capacity test. Journal of Food Processing and Preservation*, *40*(2), 131-13

Los, A., Ziuzina, D., Boehm, D., Cullen, P. J., & Bourke, P. (2019). *Investigation of mechanisms involved in germination enhancement of wheat (Triticum aestivum) by cold plasma: Effects on seed surface chemistry and characteristics. Plasma Processes and Polymers*, *16*(4), 1800148.

Ma, Y., Griffith, J. A., Chasan-Taber, L., Olendzki, B. C., Jackson, E., Stanek III, E. J., ... & Ockene, I. S. (2006). *Association between dietary fiber and serum C-reactive protein*. The American journal of clinical nutrition, *83*(4), 760-766.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Manley M, Zyl LV, Osborne BG (2002) *Using Fourier transform near- infrared spectroscopy in determining kernel hardness, protein, and moisture content of whole wheat flour*. J Near Infrared Spectrosc 10:71–76.

Martinek, P., M. Vinterova, I. Buresova and T. Vyhnanek. 2008. *Agronomic and Quality Characteristics of Triticale (X Triticosecale Wittmack) with HMW Glutenin Subunits 5 +10*. Journal of Cereal Science. 47:68-78.

Martinez, C. S., Ribotta, P. D., Leon, A. E., Añon, M. C., 2012. *Colour assessment on bread wheat and triticale fresh pasta*. International Journal of Food Properties, 15, 1054–1068.

McGoverin, C. M., Snyders, F., Muller, N., Botes, W., Fox, G., Manley, M., 2011. *A review of triticale uses and the effect of growth environment on grain quality*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 91, 1155–1165.

Mei, J., Liu, G., Huang, X., & Ding, W. (2016). *Effects of ozone treatment on medium hard wheat (Triticum aestivum L.) flour quality and performance in steamed bread making. CyTA-Journal of Food, 14*(3), 449-456.

Menkovska, M., Mangova, M., Dimitrov, K., 2014. Effect of cold plasma on wheat flour and bread making quality. Macedonian Journal of Animal Science 4 (1):27–30.

Menkovska, M.; Mangova, M.; Dimitrov, K. *Effect of Cold Plasma on Wheat Flour and Bread Making Quality*. Maced. J. Anim. Sci. 2014, 4, 27–30.

Mergoum, M., Singh, P.K., Pena, A.J., Lozano del Rio, A.J., Cooper, K.V., Salmon, D.F., GomezMacpherson, H., 2009. *Triticale: a "new" crop with old challenges*. In: Carena, M.J., Cereals (Eds.), Handbook of Plant Breeding. Springer, pp. 267-287.

Messina, V., Cano, J., Silvio, A., Pattison, A. L., & Roberts, T. H. (2024). *Wholegrain triticale sourdough: Effects of triticale: Wheat flour ratio and hydration level on bread quality*. Food Science & Nutrition.

Mezaize, S., Chevallier, S., Le Bail, A., & De Lamballerie, M. (2009). *Optimization of gluten-free formulations for French-style breads. Food Science, 74*(3), 140–146. https://doi.org/10.1111/j.1750- 3841.2009.01096.x

Mir, S. A., Shah, M. A., Mir, M. M., 2016. *Understanding the role of plasma technology in food industry*. Food and Bioprocess Technology, 9(5), 734–750. https:// doi.org/10.1007/s11947-016-1699-9.

Misra, N. N., Jo, C., 2017. *Applications of cold plasma technology for microbiological safety in meat industry*. Trends in Food Science & Technology, 64, 74–86. https://doi. org/10.1016/j.tifs.2017.04.005.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Misra, N. N., Kaur, S., Tiwari, B. K., Kaur, A., Singh, N., Cullen, P. J., 2015. *Atmospheric pressure cold plasma (ACP) treatment of wheat flour.* Food Hydrocolloids. 44:115–21.

Misra, N. N., Yong, H. I., Phalak, R., Jo, C., 2018. *Atmospheric pressure cold plasma improves viscosifying and emulsion stabilizing properties of xanthan gum*. Food Hydrocolloids, 82, 29–33. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.03.031.

Misra, N.N.; Kaur, S.; Tiwari, B.K.; Kaur, A.; Singh, N.; Cullen, P. *Atmospheric pressure cold plasma (ACP) treatment of wheat flour.* Food Hydrocoll. 2015, *44*, 115–121.

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

Molyneux, P., 2004. *The use of the stable free radical diphenyl picrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity, Songklanakarin*. Journal of Science and Technology, 26 (2), 211- 219.

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

Mut, Z., S. Albayrak ve Ö. Töngel.2006. *Tritikale (Xtriticosecale Wittmack) Hatlarının Tane Verimi ve Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi*.Ankara Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi.12(1):56-64.

Nakurte, I., Klavins, K., Kirhnere, I., Namniece, J., Adlere, L., Matvejevs, J., ... & Muceniece, R. (2012). *Discovery of lunasin peptide in triticale (X Triticosecale Wittmack). Journal of Cereal Science*, *56*(2), 510-514.

Navarro-Contreras, A. L., Chaires-González, C. F., Rosas-Burgos, E. C., Borboa-Flores, J., Wong-Corral, F. J., Cortez-Rocha, M. O., et al. (2014). *Comparison of protein and starch content of substituted and complete triticales (× Triticosecale Wittmack): Contribution to functional properties.* International Journal of Food Properties, 17, 421–432.

Navarro-Contreras, L., Chaires-González, C., Rosas-Burgos, E., Borboa, J., Flores, F., Wong-Corral, M., & Cortez-Rocha, O. (2014). *Comparison of protein and starch content of substituted and complete triticales (X Triticosecale Wittmack): Contribution to functional properties.* International Journal of Food Properties, 17, 421–432. https://doi. org/10.1080/10942912.2011.642440.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Nishime, T. M. C., Borges, A. C., Koga-Ito, C. Y., Machida, M., Hein, L. R. O., Kostov, K. G., 2017. *Nonthermal atmospheric pressure plasma jet applied to inactivation of different microorganisms.* Surface and Coating Technology, 312, 19–24. https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2016.07.076.

Nutter, J., Saiz, A.I. & Iurlina, M.O. (2019). *Microstructural and conformational changes of gluten proteins in wheat-rye sourdough.* Journal of Cereal Science, 87, 91–97.

O'Grady, J., O'Connor, E. M., & Shanahan, F. (2019). *Dietary fibre in the era of microbiome science. Alimentary pharmacology & therapeutics*, 49(5), 506-515.

Oikonomou, N. A., Bakalis, S., Rahman, M. S., & Krokida, M. K. (2015). *Gluten index for wheat products: Main variables in affecting the value and nonlinear regression model. International journal of food properties*, *18*(1), 1-11.

Özkaya H., Özkaya B. 2005. *Tahıl ve Ürünleri Analiz Yöntemleri.* A.Ü. Mühendislik Fak. Gıda Müh. Bölümü Gıda Teknolojisi Yayınları N0:30, Ankara.

Pai, K., Timmons, C., Roehm, K.D., Ngo, A., Narayanan, S.S., Ramachandran, A., Jacob, J.D., Ma, L.M., Madihally, S.V., 2018. *Investigation of the Roles of Plasma Species Generated by Surface Dielectric Barrier Discharge"*, Scientific RePoRTS | (2018) 8:16674 | DOI:10.1038/s41598-018-35166-0.

Pandey, A.K., Chauhan, O.P., 2019. *Use of Plasma in Food Processing*. 1st Edition, CRC Press, 32 pages, eBook ISBN 978315233017.

Pankaj, S. K., Wan, Z., Keener, K. M., 2018. *Effects of cold plasma on food quality: A review*. Foods, 7(4), 1– 21. https://doi.org/10.3390/foods7010004.

Pankaj, S.K., Bueno-ferrer, C., Misra, N.N. et al. (2014). *Applica- tions of cold plasma technology in food packaging.* Trends in Food Science & Technology, 35, 5–17.

Park, Y., Oh, K. S., Oh, J., Seok, D. C., Kim, S. B., Yoo, S. J., Lee, M. J., 2018. *The biological effects of Yazım alanları gerektiği kadar uzatılabilir surface dielectric barrier discharge on seed germination and plant growth with barley.* Plasma Processes and Polymers, 15(2), 1–8.

Pattison, A. L., & Trethowan, R. M. (2013). *Characteristics of modern triticale quality: Commercially significant flour traits and cookie quality*. Crop and Pasture Science, 64, 874–880.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Pattison, A. L., Trethowan, R. M., 2013. *Characteristics of modern triticale quality: Commercially significant flour traits and cookie quality.* Crop and Pasture Science, 64, 874–880.

Peña, R. J. (2004). *Food uses of triticale. Triticale improvement and production*, 37-48. FAO Plant Production and Protection Paper, 179.

Pena, R.J. and A. Amaya,1992.*Milling and Breadmaking Properties of Wheat-Triticale Grain Blends.* J. Sci. Food Agric., 60: 483-487. 102

Perišić, V., Perišić, V., Hadnađev, M., Đekić, V., Dapčević-Hadnađev, T., Vuković, S., & Vukajlović, F. (2019). *Impact of diatomaceous earth application on the rheological properties of wheat, triticale and rye flour dough.* Journal of Stored Products Research, 82, 91-97.

Pina-Pérez, M.C., Rodrigo, D., Ellert, C., Michael Beyrer, M., 2021. *Surface Micro Discharge–Cold Atmospheric Pressure Plasma Processing of Common House Cricket Acheta domesticus Powder: Antimicrobial Potential and Lipid-Quality Preservation, Front*. Bioeng. Biotechnol., 02 July 2021 Sec. Industrial Biotechnology Volume 9 - 2021 https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.644177.

Pleijel, H., Broberg, M.C. & Uddling, J. (2019). *Ozone impact on wheat in Europe, Asia and North America - A comparison.* The Science of the Total Environment, 664, 908–914.

Puligundla, P., Mok, C., 2018. *Inactivation of spores by nonthermal plasmas.* World J Microbiol Biotechnol 34, 143 (2018). https://doi.org/10.1007/s11274-018-2527-3.

Puprasit, K., Wongsawaeng, D., Ngaosuwan, K., Kiatkittipong, W., Assabumrungrat, S., 2020. *Non-thermal dielectric barrier discharge plasma hydrogenation for production of margarine with low trans-fatty acid formation.* Innovative Food Science & Emerging Technologies, 66, Article 102511. https://doi.org/10.1016/j. ifset.2020.102511.

Pycia, K., Jaworska, G., Telega, J., Sudoł, I., & Kuźniar, P. (2018). *Effect of adding potato maltodextrins on baking properties of triticale flour and quality of bread. LWT- Food Science and Technology, 96,* 199–204. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.05.039

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

KAYNAKLAR DİZİNİ

Rakha, A., Åman, P., & Andersson, R. (2011). *Dietary fiber in triticale grain: Variation in content, composition, and molecular weight distribution of extractable components.* Journal of Cereal Science, 54(3), 324-331.

Rakha, A., Åman, P., & Andersson, R. (2011). *Dietary fiber in triticale grain: Variation in content, composition, and molecular weight distribution of extractable components*. Journal of Cereal Science, 54, 324–331.

Rakha, A., Aman, P., Andersson, R., 2011. *Dietary fibre in triticale grain: variation in content, composition, and molecular weight distribution of extractable com- ponents.* J. Cereal Sci. 54, 324-331.

Rakha, A., Åman, P., Andersson, R., 2013. *Rheological characterisation of aqueous extracts of triticale grains and its relation to dietary fibre characteristics.* Journal of Cereal Science, 57, 230–236.

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.

Roohani, N., Hurrell, R., Kelishadi, R., & Schulin, R. (2013). *Zinc and its importance for human health: An integrative review. Journal of research in medical sciences*. The official journal of Isfahan University of Medical Sciences, 18(2), 144.

Sabovics, M., Straumite, E., Galoburda, R., 2014. *The influence of baking temperature on the quality of triticale bread. In 9th Baltic conference on food science and technology- food for consumer well-being,* (Foodblatt 2014). pp. 228–233.

Saini, P., Islam, M., Das, R., Shekhar, S., Sinha, A. S. K., & Prasad, K. (2023). *Wheat bran as potential source of dietary fiber: Prospects and challenges.* Journal of Food Composition and Analysis, 116, 105030.

Sanguansri, P., Knoerzer, K., Coventry, J., Versteeg, C., 2010. *Progress and issues with the commercialization of cool plasma in food processing: A selection of case studies.* In C. J. Doona, K. Kustin, & F. E. Feehery (Eds.), Case studies in novel food processing technologies. Woodhead Publishing Ltd.

SAS Institute, 1998. INC SAS/STAT Users' Guide Release 7.0, SAS Institute, Cary, NC, USA. Savaş, K., 2010. *Kızılötesi uygulamasının bulgur üretiminde kullanımı ve bulgur kalitesine etkisi.* Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 93, Ankara.

Sedej, I., Milczarek, R., Wang, S.C., Sheng, R., Avena-Bustillos, R.J., Dao L., Takeok, G. 2016. *Spray drying of a phenolic-rich membrane filtration fraction of olive mill wastewater: Optimisation and dried product quality*. International Journal of Food Science and Technology, 51, 1900–1909.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Sehgal, K.L., S. Bajaj and K. S. Sekho, 1983. *Studies on the Composition, Quality and Processing of Triticale.*Part I. Physico-Chemical Characteristics. Die Nahrung 27(1):31-37.

Sehgal, K.L., S. Bajaj and K. S. Sekho, 1983. *Studies on the Composition, Quality and Processing of Triticale.*Part I. Physico-Chemical Characteristics. Die Nahrung 27(1):31-37.

Shanmugavel, V., K. Komala Santhi, A. H. Kurup, S. Kalakandan, A. Anandharaj, and A. Rawson. 2020. *Potassium bromate: Effects on bread components, health, environment and method of analysis: A review*. *Food Chemistry* 311:125964. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.125964.

Sheikholeslami, Z., Mahfouzi, M., Karimi, M., Hejrani, T., Ghiafehdavoodi, M., & Ghodsi, M. (2021). *Evaluating the traditional bread properties with new formula: Affected by triticale and cress seed gum*. Food Science and Technology International, 27(5), 413-425.

Shike, M. (2009). *Copper in parenteral nutrition*. *Gastroenterology*, *137*(5), S13-S17.

Shrivastava, S., & Goyal, G. K. (2007). *Therapeutic benefits of pro-and prebiotics: A review*. Indian Food Industry, 26(2), 41-49.

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

Surowsky, B., Schlüter, O., Knorr, D., 2015. *Interaction of non-thermal atmospheric pressure plasma with solid and liquid food systems: A review*. Food Engineering Reviews, 7(2), 82–108. https://doi.org/10.1007/s12393-014-9088-5.

Süzer, 2023. T.C. Tarım ve orman Bakanlığı Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. https://arastirma.tarimorman.gov.tr/ttae/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=75.

Şahin, M., Akçacık, A. G., Aydoğan, S., Demir, B., Güçbilmez, Ç. M., Hamzaoğlu, S., ... & Yıldırım, T. (2020). Evaluation of gluten quality of bread wheat (Triticum aestivum) genotypes with glutopeak device

.

Akan, T. *"Maddenin 4. Hali Plazma ve Temel Özellikleri,"* Elektronik Çağdaş Fizik Dergisi , no.4, pp.1-11, 2005

Tappi, S., Gozzi, G., Vannini, L., Berardinelli, A., Romani, S., Ragni, L., Rocculi, P., 2016. *Cold plasma treatment for fresh-cut melon stabilization.* Innovative Food Science & Emerging Technologies, 33, 225–233. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2015.12.022.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Tendero, C., Tixier, C., Tristant, P., Desmaison, J., Leprince, P., 2006. *Atmospheric pressure plasmas: A review*. Spectrochmicia Acta Part B: Atomic Spectroscopy, 61(1), 2–30. https://doi.org/10.1016/j.sab.2005.10.003.

Thirumdas, R., Kadam, D., Annapure, U. S., 2017. *Cold plasma: An alternative technology for the starch modi cation*. Food Biophysics, 12, 129–139. https://doi. org/10.1007/s11483-017-9468-5.

Thirumdas, R., Sarangapani, C., Annapure, U. S., 2015. *Cold plasma: A novel non- thermal technology for food processing.* Food Biophysics, 10(1), 1–11.

Tohver, M., Kann, A., That, R., Mihhalevski, A., Hakman, J., 2005. *Quality of triticale cultivars suitable for growing and bread-making in northern conditions.* Food Chem. 89, 125-132.

Tuğan, S. C., Kotancılar, H. G., Cheraghı, K. S., Civelek, P., 2022. *Tritikale unu ve gam kullanımının ekmeğin bazı kalite özellikleri üzerine etkisi*. Gıda Mühendisliği Bölümü, Ziraat Fakültesi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye /Ata Gıda Dergisi.

Turan, İ. 2008. *Kahramanmaraş Koşullarında Bazı Buğday, Arpa ve Tritikale Çeşitlerinin Verim ve Verim Özelliklerinin Belirlenmesi.* Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. 42s. (Yayınlanmamış)

Turner, M., 2016. *Physics of cold plasma.* In N. N. Misra, O. Schlüter, P. J. Cullen (Eds.), Cold plasma in food and agriculture – Fundamentals and applications (pp. 17–51). Academic Press.

Ulutürk, Ş., & Gül, H. (2025). *Impact of atmospheric pressure cold plasma on physicochemical, rhelogical, chemical functional groups via FTIR spectroscopy and antioxidant characteristics of sunn pest (Eurygaster integriceps)-damaged wheat flour*. Journal of Cereal Science, 123, 104032.

Ünal, S.S.,2002. *Buğdayda Kalitenin Önemi ve Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler.* Hububat 2002. Hububat Ürünleri Teknolojisi Kongre ve Sergisi. 3-4 Ekim 2002. Gaziantep. s: 25-37.

Vargas, M. C. A., & Simsek, S. (2021). *Clean label in bread*. Foods, 10(9), 2054.

Venkataratnam, H., Sarangapani, C., Cahill, O., Barry-Ryan, C. M., 2019. *Effect of cold plasma treatment on the antigenicity of peanut allergen Ara h 1. Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 52, 369– 375. https://doi.org/10.1016/j. ifset.2019.02.001.

KAYNAKLAR DİZİNİ

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

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

Wang, Q., Wang, Z., Wang, Z., Duan, Y., Guo, H., Liang, Y., ... & Wang, J. (2024). *Effect of high-molecular-weight glutenin subunits silencing on dough aggregation characteristics. Food Chemistry*, *441*, 138371.

Williams, P., El-Haramein, F.J., Nakkoul, H. and Rihavi, S. 1988. *Crop quality evaluation methods and guidelines.* International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), 145, Aleppo, Syria.

Yanbeyi, S. ve İ. Sezer, 2006. *Samsun Koşullarında Bazı Tritikale Hatlarının Verim ve Verim Öğeleri Üzerine Bir Araştırma* OMÜ Zir. Fak. Dergisi,21(1):33-39.

Yepez, X. V., Baykara, H., Xu, L., Keener, K. M., 2021. *Cold plasma treatment of soybean oil with hydrogen gas. Journal of the American Oil Chemists* Society, 98, 103–113. https://doi.org/10.1002/aocs.12416.

Yepez, X. V., Keener, K. M., 2016. *High-voltage atmospheric cold plasma (HVACP) hydrogenation of soybean oil without trans-fatty acids.* Innovative Food Science & Emerging Technologies, 38, 169–174. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.09.001.

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.

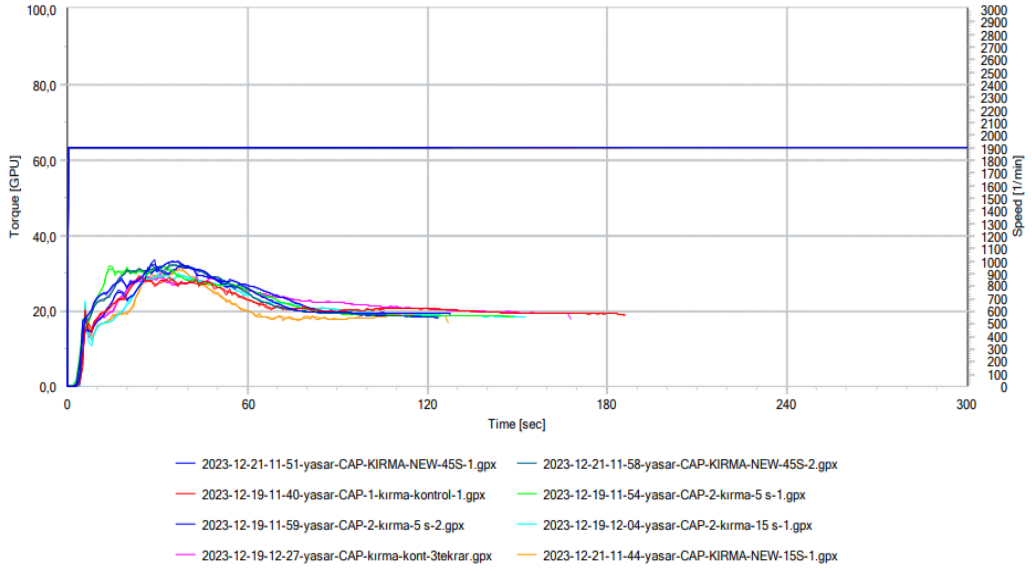
Zhang L., van Boven A., Mulder J., Grandia J., Chen D.X., Boom R.M., Schutyser A.I., 2019. *Arabinoxylans-enriched fractions: From dry fractionation of wheat bran to the in-vestigation on bread baking performance.* Journal of Cereal Science, 87:1–8.Received: October 13, 2020Accepted: June 10, 2021.

Zhang, H., Ma, D., Qiu, R., Tang, Y., Du, C., 2017. *Non-thermal plasma technology for organic contaminated soil remediation: A review*. Chemical Engineering Journal, 313, 157–170. https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.12.067.

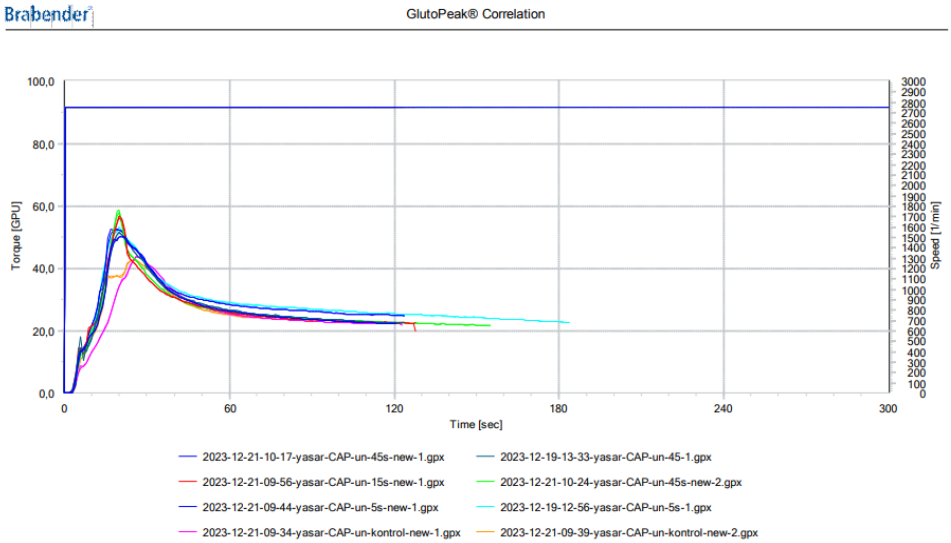
Zhu, F., 2018. *Triticale: Nutritional composition and food uses*. Food Chemistry, 241, 468-479, https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.00

EK AÇIKLAMALAR

Ek Açıklama-A: GlutoPeak resimleri



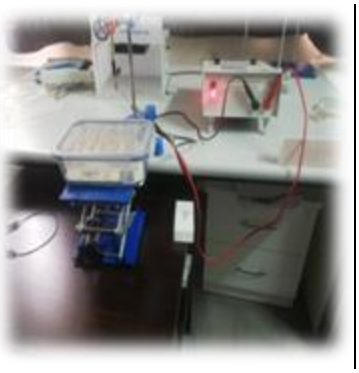
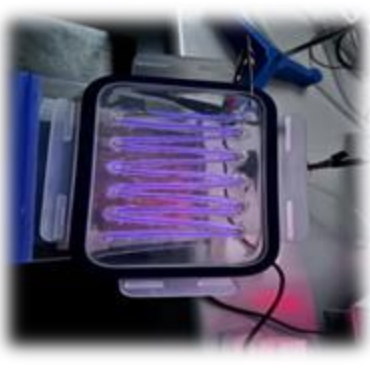
New

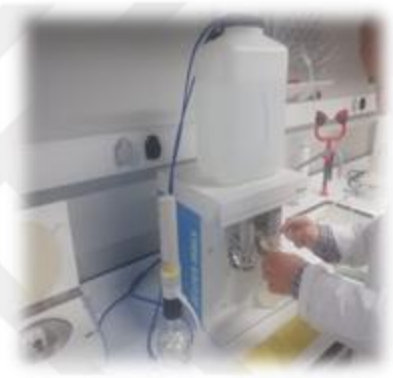


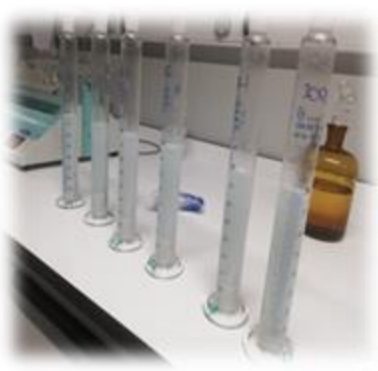
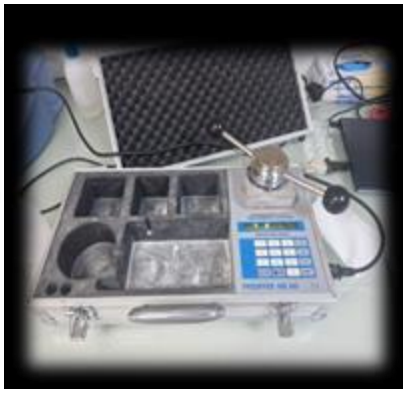
New

1/4

Ek Açıklama-B: Resimler








1













Thermnevo

