T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ATALIK BUĞDAYLARIN VE SÜNE ZARARLI BUĞDAYLARIN EKMEKLİK KALİTESİNİN SOĞUK PLAZMA TEKNOLOJİSİ İLE İYİLEŞTİRİLEBİLME OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

Şeyma ULUTÜRK

Danışman
Prof. Dr. Hülya GÜL

DOKTORA TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA- 2026

© 2026 [Şeyma ULUTÜRK]

İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇİNDEKİLER i
ÖZET iv
ABSTRACT vii
TEŞEKKÜR x
ŞEKİLLER DİZİNİ xi
ÇİZELGELER DİZİNİ xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ xiii
1. GİRİŞ 1
2. KAYNAK ÖZETLERİ 4
2.1. Atalık Buğdaylar 4
2.2. Süne Zararı 11
2.3. Soğuk Plazma Teknolojisi 18
2.3.1. Soğuk plazma teknolojisinin gıdalarda kullanım alanları 20
2.3.2. Soğuk plazma teknolojisinin unlu mamullerde kullanım alanları 24
2.3.3. Plazma ile aktive edilmiş su 31
3. MATERYAL VE YÖNTEM 36
3.1. Materyal 36
3.2. Yöntem 37
3.2.1. Tam tane buğday unlarının elde edilmesi 37
3.2.2. Rafine buğday unlarının elde edilmesi 38
3.2.3. Buğday unlarına soğuk plazma uygulaması 38
3.2.4. Su örneğine soğuk plazma uygulaması 38
3.2.5. Ekmek üretim metodu 39
3.3. Analizler 40
3.3.1. Buğday örneklerinde yapılan analizler 40
3.3.1.1. Yabancı madde tayini 40
3.3.1.2. Bin tane ağırlığı 41
3.3.1.3. Hektolitre ağırlığı 41
3.3.1.4. Tane sertliği 41
3.3.1.5. Elek analizi 41
3.3.1.6. Renk analizi 42
3.4. Ön Deneme: 4 Farklı Süre (0, 15, 60 ve 120 s) Kullanılarak Soğuk Plazma Uygulanmış Olan Tam Tane Buğday Unu Örneklerinde Yapılan Analizler 42
3.4.1. Yaş Gluten, Kuru Gluten ve Gluten İndeks Analizleri 42
3.5. Dört Farklı Süre (0, 150, 300 ve 600 s) Kullanılarak Soğuk Plazma Uygulanmış Olan Tam Tane Buğday Unu Örneklerinde Yapılan Analizler 43
3.5.1. Rutubet miktarı tayini 43
3.5.2. Kül miktarı tayini 43
3.5.3. Fenolik madde içeriğinin belirlenmesi 44
3.5.4. Antioksidan madde içeriğinin belirlenmesi 44
3.5.5. Protein miktarı tayini 45
3.5.6. FTIR Analizi 45
3.5.7. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) analizi 45
3.5.8. Yaş gluten, kuru gluten ve gluten indeks analizleri 46
3.5.9. Sedimantasyon değerinin belirlenmesi 46

3.5.10. Gecikmeli sedimantasyon değerinin belirlenmesi 46
3.5.11. Düşme sayısı değerinin belirlenmesi 47
3.5.12. Renk tayini 47
3.6. Un Örneklerinde Yapılan Reolojik Analizler 47
3.6.1. Farinograf tayini 47
3.6.2. Hamur ve gluten uzayabilirlik (SMS/Kieffer dough and gluten extensibility rig) analizi 48
3.6.3. Hamur yapışkanlığı analizi 48
3.7. Dört Farklı Süre (0, 30, 45 ve 60 s) Kullanılarak Soğuk Plazma Uygulanmış Rafine Buğday Unu Örneklerinde Yapılan Analizler 49
3.8. Beş Farklı Süre (0, 30, 60, 120, 180 s) Kullanılarak Su Örneklerine Soğuk Plazma Uygulanmış Rafine Buğday Unu Örneklerinde Yapılan Analizler 49
3.8.1. Plazma aktif su ile hazırlanan ekmek örneklerinde yapılan analizler 50
3.8.2. Ekmek ağırlığının belirlenmesi 50
3.8.3. Ekmek hacminin belirlenmesi 50
3.8.4. Ekmek en, boy ve yükseklik değerlerinin belirlenmesi 50
3.8.5. Ekmek renk değerlerinin belirlenmesi 50
3.8.6. Ekmek nem değerlerinin belirlenmesi 50
3.8.7. Ekmek içi ve kabuk renginin belirlenmesi 51
3.8.8. Ekmekte FTIR analizi 51
3.8.9. Ekmekte SEM analizi 51
3.8.10. Ekmekte protein analizi 51
3.8.11. Tekstürel analizler 51
3.9. İstatistiksel Analizler 52
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA 53
4.1. Buğday Örneklerinin Fiziksel Özellikleri 53
4.1.1. Yabancı madde miktarı 53
4.1.2. Hektolitre ve bin tane ağırlığı değerleri 57
4.1.3. Tane sertlik değeri 62
4.1.4. Buğday örneklerinin irilik-homojenlik değerleri 64
4.1.5. Renk değerleri 66
4.2. Ön Deneme Analiz Sonuçları 68
4.2.1. Ön deneme: soğuk plazma uygulanan tam tane buğday unlarının yaş ve kuru gluten ve gluten indeks değerleri 68
4.3. Soğuk Plazma Uygulanan Tam Tane Buğday Unlarının Analiz Sonuçları 69
4.3.1. Soğuk plazma uygulanan tam buğday un örneklerinin yaş gluten, kuru gluten ve gluten indeks değerleri 69
4.3.2. Soğuk plazma uygulanan tam buğday un örneklerinin sedimentasyon, gecikmeli sedimentasyon ve düşme sayısı değerleri 74
4.3.3. Soğuk plazma uygulanan tam tane buğday un örneklerinin nem, kül değerleri 77
4.3.4. Soğuk plazma uygulanan tam tane buğday un örneklerinin antioksidan ve fenolik değerleri 79
4.3.5. Soğuk plazma uygulanan tam buğday un örneklerinin yapışkanlık değeri 81
4.3.6. Soğuk plazma uygulanan tam buğday un örneklerinin kieffer hamur ve gluten uzayabilirlik değerleri 84
4.3.7. Soğuk plazma uygulanan FTIR spektrum değerleri 87
4.4. Soğuk Plazma Uygulanan Rafine Unların Analiz Sonuçları 88

4.4.1. Soğuk plazma uygulanan rafine buğday unu örneklerinin nem, su aktivitesi ve kül değerleri 88
4.4.2. Soğuk plazma uygulanan rafine buğday unu örneklerinin antioksidan ve fenolik değerleri..... 91
4.4.3. Soğuk plazma uygulanan rafine buğday unu örneklerinin yaş gluten, kuru gluten ve gluten indeks değerleri 93
4.4.4. Soğuk plazma uygulanan rafine buğday unu örneklerinin sedimantasyon, gecikmeli sedimentasyon ve düşme sayısı değerleri 96
4.4.5. Soğuk plazma uygulanan rafine buğday unu örneklerinin reolojik özellik değerleri..... 99
4.4.6. Soğuk plazma uygulanan rafine buğday unu örneklerinin farinograf değerleri..... 99
4.4.7. Soğuk plazma uygulanan rafine buğday unu örneklerinin hamur yapışkanlığı değerleri 101
4.4.8. Soğuk plazma uygulanan rafine buğday unu örneklerinin Kieffer hamur ve gluten uzayabilirlik değerleri 103
4.4.9. Soğuk plazma uygulanan rafine buğday unu örneklerinin FTIR spektrumları..... 105
4.5. PAS ve Rafine Buğday Unu ile Hazırlanan Örneklerin Analiz Sonuçları ... 108
4.5.1. Kontrol ve PAS örneklerine ait analiz sonuçları 108
4.6. Hamur Örneklerinde Yapılan Analiz Sonuçları 111
4.6.1. SMS/Kieffer hamur ve gluten uzayabilirlik analiz değerleri..... 111
4.6.2. Hamur yapışkanlık analizi değerleri..... 113
4.6.3. PAS ile hazırlanan buğday unu örneklerinin yaş gluten, kuru gluten ve gluten indeks değerleri 116
4.7. Ekmek Örneklerinde Yapılan Analizler 118
4.7.1. Ekmek örneklerinin nem, su aktivitesi ve protein değerleri 118
4.7.2. Ekmek örneklerinin toplam fenolik madde ve antioksidan değerleri ... 120
4.7.3. Ekmek örneklerinin renk analiz değerleri..... 122
4.7.4. Ekmek örneklerinin fiziksel özellik değerleri..... 125
4.7.5. Ekmek örneklerinin tekstür profil analizi (TPA) değerleri..... 127
4.7.6. Ekmek örneklerinin FTIR spektrum değerleri..... 131
4.7.7. Ekmek örneklerinin SEM değerleri 134
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 138
KAYNAKÇA 143
ÖZGEÇMİŞ 176

ÖZET

Doktora Tezi

ATALIK BUĞDAYLARIN VE SÜNE ZARARLI BUĞDAYLARIN EKMEKLİK KALİTESİNİN SOĞUK PLAZMA TEKNOLOJİSİ İLE İYİLEŞTİRİLEBİLME OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

Şeyma ULUTÜRK

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hülya GÜL

Süne zararlısı (*Eurygaster integriceps*) tarafından zarar görmüş buğday unu, zayıf özellikteki ekmeklik un ve atalık buğday unu (Kavılca ve Siyez) ile istenen kalitede ürün özelliklerine ulaşmak hala büyük bir zorluktur. Soğuk plazma teknolojisi (SPT) bu tip unların ve bunlardan elde edilen ürünlerin teknolojik özelliklerini iyileştirmek için umut verici ve yenilikçi bir alternatiftir.

Bu çalışmanın ikinci uygulama kısmında soğuk plazma teknolojisi farklı sürelerde uygulanarak (0, 150, 300 ve 600 s) tam tane buğday (ekmeklik (Esperia), Süneli (Bezostaja), Siyez ve Kavılca) unlarında yaş gluten, kuru gluten, gluten indeks, sedimentasyon ve gecikmeli sedimentasyon, düşme sayısı, nem, kül, antioksidan, fenolik madde, Fourier Dönüşümü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) analizleri ile hamurlarda yapışkanlık, SMS/Kieffer hamur ve uzayabilirlik analizi yapılması amaçlanmıştır.Tam tane buğday unlarına soğuk plazma uygulaması sonrası unların gluten yapısına etkisi değerlendirlerek soğuk plazma uygulamasının gluten kalitesini arttırdığı, süne zararına uğramış tam tane unlarda olumlu etkiler ortaya koyduğu, glutenin ikncil yapılarını değiştirdiği, gluten molekülleri arasındaki disülfit bağ oluşumuna katkı sağladığı, kül, antioksidan ve fenolik maddelerde uygulama süresi ile birlikte bu değerlerin azalma gösterdiği, FTIR spektrumu ile α-sarmalı ve β-tabakalarını oluşturan gliadin proteinlerinde, N-H bağlarında ve hidroksil gruplarında tam tane buğday unlarının çeşidine bağlı olarak uygulama süresinin de etkisiyle değişimler meydana geldiği başarılı bir şekilde tespit edilmiştir. Tam tane buğday unlarının gluten indeks değeri tüm örneklerde iyileştirilmiş, siyez buğdayı hariç gecikmeli sedimentasyon değeri sedimentasyon değerinden daha yüksek belirlenmiş, Uzamaya karşı direnç (Rmax) değerlerinde en fazla etki Esperia tam tane buğday ununda tespit edilmiştir. Ekmeklik (Esperia), Süneli (Bezostaja), Siyez ve Kavılca tam tane buğday unu örneklerinde artan soğuk plazma uygulaması ile Rmax değerlerinin artış gösterdiği tespit edilmiştir. FTIR spektrum verileri incelendiğinde soğuk plazma uygulamasının α-sarmalı ve β-tabakalarını oluşturan gliadin proteinleri üzerinde etkisi olduğu da çalışma kapsamında ortaya konulmuştur.

Bu çalışmanın üçüncü uygulama kısmında FTIR kullanarak soğuk plazma uygulamasının süneli (Bayraktar) ve ekmeklik (Bayraktar) rafine unun fizikokimyasal, reolojik, kimyasal fonksiyonel grupları (N-H, OH, C = O, C-O-C, C-O-H ve C-O) ve

antioksidan özellikleri üzerindeki etkisinin belirlemeyi amaçlamaktadır. Bu iki tip rafine un, çeşitli maruz kalma süreleri (0, 30, 45 ve 60 saniye) için soğuk plazma işlemine tabi tutulmuştur. Soğuk plazma uygulanan süne zararlı unlarda uygulama süresinden bağımsız olarak gluten indeks değerlerinde dikkate değer bir artış tespit edilmiştir. Süneli (Bayraktar) unların 45 ve 60 s'lik soğuk plazma uygulaması ile düşme sayısı değerleri standart değerlere ulaştığı belirlenmiştir. Soğuk plazma uygulaması süne zararının olumsuz etkilediği SMS/Chen-Hoseney hamur yapışkanlık değerini iyileştirerek azalma etkisi gösterdiği belirlenmiştir. FTIR sonuçları incelendiğinde bütün soğuk plazma uygulama sürelerinde β-tabakasında ve α-heliks yapısında artış tespit edilmiştir. 30 s'den daha uzun süre uygulandığında süne zararlı unun hem bağlı hem de fenolik madde içeriğinin azalma gösterdiği belirlenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde soğuk plazmanın 30 ve 45 s gibi kısa sürelerde dahi süne zararlı unun teknolojik kalitesini iyileştirmek için kullanılabileceğini ortaya koymuştur. Soğuk plazma uygulanan ekmeklik unlarda uygulama süresinden bağımsız olarak gluten indeks değerlerinin artış gösterdiği belirlenmiştir. Ekmeklik (Bayraktar) rafine unların 30 s uygulamada azalırken 45 ve 60 s soğuk plazma uygulaması ile düşme sayısı değerlerinin yükseldiği tespit edilmiştir. Soğuk plazma uygulaması ile ekmeklik (Bayraktar) unlarda gecikmeli sedimentasyon değerinin iyileştiği tespit edilmiştir. Soğuk plazma uygulaması ile uygulama süresindeki artışla doğru orantılı olarak ekmeklik (Bayraktar) buğday unlarının SMS/Chen-Hoseney hamur yapışkanlık değerini iyileştirildiği tespit edilmiştir. FTIR sonuçları incelendiğinde 45 s soğuk plazma uygulama sürelerinde β-tabakasında ve α-heliks yapısında artış tespit edilmiştir. Sedimentasyon ve gecikmeli sedimentasyon değerleri de incelendiğinde 45 s plazma uygulamasının süneli (Bayraktar) rafine unların protein yapısının iyileştirdiği, protein yapısının ikincil yapısı üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmanın dördüncü uygulama kısmında plazma ile aktive edilmiş suyun (PAS) süne zararlısı tarafından zarar görmüş unun ve ekmeklik buğday ununun reolojik özellikleri ve ekmeklik kalite üzerine etkileri araştırılmıştır. PAS 0, 30. 60, 120 ve 180 saniye sürelerle argon gazına maruk bırakılmıştır (PAS-0, PAS-30, PAS-60, PAS-120, PAS-180). Plazma uygulaması PAS-120 ve PAS-180 uygulamalarında suyun oksidasyon indirgeme potansiyeli, hidrojen peroksit, pH, nitrit, nitrat ve alkalinite değerleri önemli düzeyde arttırmıştır. Süneli (Bayraktar) rafine unda plazma süresi ile bağlantılı olarak PAS-0 süresine kıyasla SMS/Kieffer hamur ve glüten uzayabilirlik değerleri daha yüksek olarak tespit edilmiştir. PAS-30 VE PAS-60 sürelerinde SMS/Chen-Hoseney hamur yapışkanlığı değeri artmış, PAS-180 uygulamasında azalmıştır. PAS yaş ve kuru gluten değerlerinde azalmaya yol açarken gluten indeks değerinde artışa neden olmuştur. Toplam fenolikler, protein, ekmek hacmi, kırıntı ve kabuk L∗ ve b∗ değerlerinde artış tespit edilmiştir. Süneli (Bayraktar) rafine undan üretilen ekmeklerin su aktivitesi, nem ve antioksidan aktivite değerlerinde ise azalma belirlenmiştir. Süneli (Bayraktar) rafine undan üretilen ekmeklerin SEM görüntüleri incelendiğinde PAS-180'de nişasta partiküllerinin eşit olarak dağıldığı ve iyi gelişmiş bir gluten ağ yapısı ortaya koyduğu tespit edilmiştir. FTIR sonuçları incelendiğinde PAS-180 sen etkili sonuçları gösteren süre olarak tespit edilmiştir. Ekmeklik (Bayraktar) rafine unda reaktif türlerinin konsantrasyonunun yanı sıra Kieffer hamur sonuçları, hamur yapışkanlığı, gluten indeksi ve ekmek özellikleri göz önüne alındığında, 180 s uygulamanın ekmeklerin reolojik ve ekmek kalitesini iyileştirmede yeterli olduğu tespit edilmiştir. Argon gazında OH gibi indirgeyici türlerin varlığı, 180 s'de fenolik bileşiklerin konsantrasyonu zirve yapmasına rağmen antioksidan değerinin azalmasına neden olmuştur. Sonuç olarak, ekmek üretiminde PAS

uygulaması, hamurun reolojik özelliklerinin yanı sıra kimyasal, fiziksel ve dokusal niteliklerini geliştirme potansiyeline sahip olduğu tespit edilmiştir. Nişasta yapısını ve fonksiyonel özelliklerini düzenlenme özelliğine sahip olduğu, özellikle ekmek hacmini ve SEM görüntülerini iyileştirirken, hamur ve ekmek yapışkanlığını ve sertliğini de azaltabildiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Soğuk plazma, Argon, Gluten, Reoloji.

2026, 175 sayfa

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

INVESTIGATION OF IMPROVEMENT POSSIBILITIES OF BREAD QUALITY OF ANCIENT AND SUNN PEST DAMAGED WHEATS BY USING COLD PLASMA TECHNOLOGY

Şeyma ULUTÜRK

Süleyman Demirel University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Enginering

Supervisor: Prof. Dr. Hülya GÜL

Wheat flour damaged by the sunflower beetle (*Eurygaster integriceps*), low-quality bread flour, and ancient wheat flour (Kavılca and Siyez) still pose a significant challenge in achieving the desired product characteristics. Cold plasma technology (CPT) is a promising and innovative alternative for improving the technological properties of these types of flour and the products derived from them.

In the first application part of this study, cold plasma technology was applied for different durations (0, 150, 300 and 600 seconds) to whole wheat (Süne zararlı, Ekmeklik, Kavılca, Siyez) flour. The effect of cold plasma treatment on the gluten structure of whole grain wheat flours was evaluated, demonstrating that cold plasma treatment improves gluten quality, has positive effects on flour from wheat damaged by Süne, alters the secondary structures of gluten, contributes to the formation of disulphide bonds between gluten molecules, It was successfully determined that ash, antioxidant, and phenolic content decreased with application time, and that changes occurred in the gliadin proteins forming the α-helix and β-sheets, N-H bonds, and hydroxyl groups in whole wheat flours, depending on the type of whole wheat flour and the effect of application time, as detected by FTIR spectroscopy. The gluten index value of whole wheat flours was improved in all samples, except for emmer wheat, where the delayed sedimentation value was determined to be higher than the sedimentation value. The greatest effect on Rmax values was observed in Esperia whole wheat flour. It was determined that Rmax values increased with increasing cold plasma application in Esperia, Süne Zararlı, Siyez, and Kavılca whole wheat flour samples. When FTIR spectrum data were examined, it was also revealed within the scope of the study that cold plasma application affected gliadin proteins, which form α-helices and β-sheets.

The second application section of this study aims to determine the effect of cold plasma treatment using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) on the physicochemical, rheological, and chemical functional groups (N-H, OH, C=O, C=O, C-O-H, and C-O) and antioxidant properties of wheat flour. These two types of refined flour were subjected to cold plasma treatment for various exposure times (0, 30, 45, and 60 seconds). A significant increase in gluten index values was observed in flour damaged by aphids treated with cold plasma, regardless of the application time. It was

determined that the falling number values of flour damaged by aphids reached standard values with 45 and 60 seconds of cold plasma application. It was determined that cold plasma treatment improved the SMS/Chen-Hoseney dough stickiness value, which is negatively affected by wheat moth damage, thereby reducing its impact. When the FTIR results were examined, an increase in the β-sheet and α-helix structures was observed at all cold plasma application times. It was determined that when applied for longer than 30 seconds, both the bound and phenolic compound content of the harmful flour decreased. The results revealed that cold plasma can be used to improve the technological quality of flour damaged by weevils even for short durations such as 30 and 45 seconds. It was determined that gluten index values increased in bread flours treated with cold plasma, regardless of the treatment duration. While the number of falls decreased in refined bread flours treated for 30 seconds, it was found to increase with 45 and 60 seconds of cold plasma treatment. It was determined that delayed sedimentation values improved in bread flours treated with cold plasma. It was found that cold plasma treatment improved the SMS/Chen-Hoseney dough stickiness value of bread wheat flours in direct proportion to the increase in treatment time When the FTIR results were examined, an increase in the β-sheet and α-helix structures was observed at 45 seconds of cold plasma application time. When sedimentation and delayed sedimentation values were also examined, it was determined that 45 seconds of plasma application improved the protein structure in flour damaged by the flour moth and had an effect on the secondary structure of the protein.

In the third application part of this study, the effects of plasma-activated water (PAS) on the rheological properties and baking quality of flour damaged by the flour moth and bread wheat flour were investigated. PAS was exposed to argon gas for 0, 30, 60, 120, and 180 seconds (PAS-0, PAS-30, PAS-60, PAS-120, PAS-180). The plasma treatment significantly increased the oxidation-reduction potential of water, hydrogen peroxide, pH, nitrite, nitrate, and alkalinity values in the PAS-120 and PAS-180 treatments. In flour damaged by the sunflower moth, the SMS/Kieffer dough and gluten extensibility values were found to be higher in PAS-0 compared to PAS-0, in relation to the plasma treatment time. The SMS/Chen-Hoseney dough stickiness value increased at PAS-30 and PAS-60 times, while it decreased in the PAS-180 application. PAS caused a decrease in age and dry gluten values while leading to an increase in gluten index values. Increases were observed in total phenolics, protein, bread volume, crumb and crust L∗ and b∗ values. A decrease was determined in the water activity, moisture and antioxidant activity values of breads produced from flour contaminated with Süne. When SEM images of bread produced from flour damaged by sunflower moth were examined, it was found that starch particles were evenly distributed in PAS-180 and that it exhibited a well-developed gluten network structure. When Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) results were examined, PAS-180 swas determined to be the most effective duration. Considering the concentration of reactive species in bread flour, as well as the Kieffer dough results, dough stickiness, gluten index, and bread properties, it was determined that the 180-second application was sufficient to improve the rheological and bread quality of the bread. The presence of reducing species such as OH in argon gas caused a decrease in antioxidant value despite the concentration of phenolic compounds peaking at 180 seconds. Consequently, it was determined that the application of PAS in bread production has the potential to improve the rheological properties of the dough as well as its chemical, physical, and textural qualities. It was found to have the ability to regulate starch

structure and functional properties, particularly improving bread volume and SEM images while also reducing dough and bread stickiness and hardness.

Keywords: Cold plasma, Argon, Gluten, Rheological.

2026, 175 pages

TEŞEKKÜR

Bu tezin planlama aşamasından sonuçlandırılmasına kadar geçen her aşamada tecrübeleri ve bilgisiyle bana yol gösteren, hoşgörü ve sabrıyla beni her daim motive eden Danışman Hocam Prof. Dr. Hülya GÜL'e teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar ve literatür çalışmalarımda yardımlarını esirgemeyen değerli Hocam Dr. Öğr. Üyesi Sultan ACUN'a, plazma uygulaması konusunda laboratuvar ve cihaz kullanımı desteği sağlayan Doç. Dr. Ali GÜLEÇ ve Öğr. Gör. Sevde Nur KUTLU'ya teşekkür ederim.

Analizlerim sırasında yardımlarını esirgemeyen Gıda Yüksek Mühendisi Hülya IŞIK, Gıda Yüksek Mühendisi Tevhide ATLI'ya teşekkür ederim.

FDK-2024-9262 No`lu Proje ile tezimi maddi olarak destek sağlayan Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Şeyma ULUTÜRK
ISPARTA, 2026

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1. Plazma kalem siteminin 2D şematik gösterimi (Kutlu vd., 2018) 39
Şekil 4.1. Soğuk plazma uygulanan süneli (Bayraktar) rafine buğday unu örneklerinin FTIR spektrumları 106
Şekil 4.2. Soğuk plazma uygulanan ekmeklik (Bayraktar) rafine buğday unu örneklerinin FTIR spektrumları 107
Şekil 4.3. Süneli (Bayraktar) rafine buğday unundan üretilen ekmek örnekleri (kontrol, 30, 60, 120 ve 180 sn) 124
Şekil 4.4. Ekmeklik (Bayraktar) rafine buğday unundan üretilen ekmek örnekleri (kontrol, 30, 60, 120 ve 180 sn) 124
Şekil 4.5. Süneli (Bayraktar) rafine buğday unundan üretilen ekmek örneklerine ait FTIR spektrumu 132
Şekil 4.6. Ekmeklik (Bayraktar) rafine buğday unundan üretilen ekmek örneklerine ait FTIR spektrumu 133
Şekil 4.7. Süneli (Bayraktar) rafine buğday unu ile üretilen ekmek örneklerine ait SEM görüntüleri 134
Şekil 4.8. Ekmeklik (Bayraktar) rafine buğday unu üretilen ekmek örneklerine ait SEM görüntüleri 136

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1. Analiz deneme deseni 40
Çizelge 4.1. Buğday örneklerinin yabancı madde içeriklerine ait değerler 54
Çizelge 4.2. Buğday örneklerinin hektolitre ve bintane ağırlığı değerleri 57
Çizelge 4.3. Buğday örneklerinin camsı, unsu ve dönmeli değerleri..... 63
Çizelge 4.4. Buğday örneklerine ait irilik-homojenlik değerleri 65
Çizelge 4.5. Buğday örneklerine ait renk değerleri..... 67
Çizelge 4.6. Soğuk plazma uygulanan tam tane buğday un örneklerinin yaş gluten, kuru gluten ve gluten indeks değerleri..... 69
Çizelge 4.7. Soğuk plazma uygulanan tam tane buğday un örneklerinin yaş gluten, kuru gluten ve gluten indeks değerleri..... 71
Çizelge 4.8. Soğuk plazma uygulanan tam tane buğday un örneklerinin sedimentasyon, gecikmeli sedimentasyon ve düşme sayısı değerleri... 75
Çizelge 4.9. Soğuk plazma uygulanan tam tane buğday un örneklerinin nem, kül değerleri 77
Çizelge 4.10. Soğuk plazma uygulanan tam tane buğday un örneklerinin antioksidan ve fenolik değerleri..... 80
Çizelge 4.11. Soğuk plazma uygulanan tam tane buğday un örneklerinin SMS/Chen- Hoseney hamur yapışkanlık değerleri..... 82
Çizelge 4.12. Soğuk plazma uygulanan tam tane buğday un örneklerinin kieffer hamur ve gluten uzayabilirlik değerleri 85
Çizelge 4.13. Soğuk plazma uygulanan rafine buğday un örneklerinin nem, kül değerleri 89
Çizelge 4.14. Soğuk plazma uygulanan rafine buğday unu örneklerinin antioksidan ve fenolik değerleri..... 91
Çizelge 4.15. Soğuk plazma uygulanan rafine buğday unu örneklerinin yaş gluten, kuru gluten ve gluten indeks değerleri..... 93
Çizelge 4.16. Soğuk plazma uygulanan rafine buğday unu örneklerinin sedimantasyon, gecikmeli sedimantasyon ve düşme sayısı değerleri... 96
Çizelge 4.17. Soğuk plazma uygulanan rafine buğday unu örneklerinin farinograf değerleri 100
Çizelge 4.18. Soğuk plazma uygulanan rafine buğday unu örneklerinin hamur yapışkanlığı değerleri..... 102
Çizelge 4.19. Soğuk plazma uygulanan rafine buğday unu örneklerinin kieffer hamur ve gluten uzayabilirlik değerleri 104
Çizelge 4.20. Soğuk plazma ile aktive edilen suyun özellikleri 108
Çizelge 4.21. SMS/Kieffer hamur ve gluten uzayabilirlik değerleri 112
Çizelge 4.22. Hamur yapışkanlık değerleri..... 114
Çizelge 4.23. Buğday unu örneklerinin yaş gluten, kuru gluten ve gluten indeks değerleri 116
Çizelge 4.24. Ekmek örneklerinin nem, su aktivitesi ve protein değerleri 118
Çizelge 4.25. Ekmek örneklerinin toplam fenolik madde ve antioksidan değerleri 121
Çizelge 4.26. Ekmek örneklerine ait renk özellik değerleri..... 123
Çizelge 4.27. Ekmek örneklerine ait fiziksel özellik değerleri 125
Çizelge 4.28. Ekmek örneklerine ait tekstür profil analiz (TPA) değerleri 128

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

DPPH	Alfa Difenil Beta Pikrilhidrazil (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl)
FTIR	Fourier Transform Infrared Spectroscopy
FAO	Food and Agriculture Organization (Gıda ve Tarım Örgütü)
GAE	Gallik Asit Eşdeğeri
mg	Miligram
ml	Mililitre
mm	Milimetre
nm	Nanometre
ORP	Oksidasyon-Redüksiyon Potansiyeli
s	Saniye
TFC	Toplam Fenolik Madde İçeriği
TS	Türk Standartları

1. GİRİŞ

Tahıllar tarih boyunca beslenme açısından önemli arz eden gıdalar arasında yer almıştır. Tahıllar arasında buğday (*Triticum aestivum* L.), yüksek protein ve karbonhidrat içeriği, kolay ulaşılabilirliği ve yaygın üretiminden dolayı küresel olarak en fazla tüketilen ana besinlerden birisidir. Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) 2024 verileri incelendiğinde dünya çapındaki buğday üretiminin 794 milyon tona ulaştığı belirlenmiştir (FAO, 2024). Fakat yükselen dünya nüfusu ve artan tüketici talepleri, buğday üretiminde verime odaklanan yaklaşımların benimsenmesine sebep olmuştur. Bu durum ise atalık ve modern buğday çeşitlerinin kullanımını ciddi düzeyde azaltmıştır (Khan vd., 2022).

Modern buğday çeşitlerinin yüksek verimliliğine rağmen bu türlerde kimyasal ve genetik modifikasyonlar besin ögelerinde özellikle de mineral madde içeriğinde kayıplara neden olmuştur. Buğdaylardaki besin kayıpları tüketicileri besleyici değeri yüksek ve fonksiyonel gıdalara yönlendirmiştir (Škrobot vd., 2022). Bu durumun sonucu olarak besin ögeleri bakımından zengin, sürdürülebilir tarıma uygun ve çevresel strese dayanıklı atalık buğday çeşitlerine olan ilgi yeniden artış göstermiştir. Yıllar süren ıslah çalışmaları ile kalite ve verim özellikleri iyileştirilmiş modern buğday çeşitleri ürünün teknolojik kalitesinin arttırılmasında önemli rol oynamıştır. Fakat son yıllarda atalık buğday çeşitlerine olan ilgi çoğalmıştır. Bu durumda Atalık buğday çeşitlerinin iklim değişikliklerine uyumu, yüksek mikro element içeriği, düşük girdili tarıma uygunluğu, zararlı ve hastalıklara karşı direnci ve biyoçeşitliliğe katkı gibi üstün nitelikleri ile ön plana çıkmaktadır (Atak, 2017; Bencze vd., 2020; Özkan ve Gül, 2024). Bundan dolayı hem organik ürünlere yönelik ilginin artış göstermesi hem de tüketicilerin sağlıklı beslenme arayışları geleneksel tohumların öneminde artışa neden olmuştur. Aynı zamanda Birleşmiş Milletler'in çalışmaları ilerleyen yıllarda küresel gıda talebinde önemli bir yükselme olacağını belirtmiştir (United Nations,2022). Bu durum bitkisel kökenli genetik kaynakların korunması, sürdürülebilir tarım sistemleri içinde etkili bir biçimde kullanılması ve gıda sanayisinde yeniden değerlendirilmesi gibi hususlar önemli bir zorunluluk halini almıştır.

Atalık buğday çeşitlerinde besin değeri yüksek olmasına karşın standart üretim metotlarıyla arzu edilen kalitede ekmek üretiminde zorluklarla karşılaşmak olasıdır. Bu durum atalık buğdaylardan elde edilen unun kullanımını yaygınlaştırmak için özel işleme yöntemlerine ihtiyaç duyulmasına neden olmaktadır (Guerrini vd., 2019). Atalık buğdaylarla ilgili durumun yanı sıra buğday üretiminde kalitede azalmaya neden olan süne zararlısı (*Eurygaster integriceps*) önemli stres faktörlerinden biridir. Süne zararlısı proteolitik enzim salgılayarak tanedeki gluten proteinlerini parçalar ve hamurda elastikiyet kaybı, yayılma ve düşük gaz tutma kapasitesi gibi ciddi kalite problemlerine sebep olur (Grădinaru vd., 2017; Anonim, 2020). Süne zararına uğramış unlar ve atalık buğday unları ile yüksek kalitede ürün üretmenin zorluğu gıda sanayisini etkili ve yeni iyileştirme yöntemlerin arayışına yöneltmiştir.

Düşük kalitede unların özelliklerini iyileştirmek amacıyla enzimler, kimyasal oksitleyiciler ve diğer katkı maddeleri kullanılmaktadır (Dizlek ve Gül, 2007; Dizlek ve Özer, 2023). Fakat kimyasal maddelerin toksik etkiye sahip olması ve tüketicilerin temiz etiketli ürünlere artan talebi bu tarz uygulamaların azalmasına ya da terkedilmesine neden olmuştur (Barros vd., 2023). Bunun sonucu olarak gıda işlevselliğini ve kalitesini geliştirirken besin değerini koruyacak termal olmayan teknolojilere ihtiyaç artış göstermiştir. Termal Olmayan Plazma ve Yüksek Hidrostatik Basınç bu yenilikçi çözümler arasında öne çıkan uygulamalar arasındadır (Chauhan, 2019; Ulutürk ve Gül, 2025).

Soğuk plazma iyonize gaz forma sahip, düşük sıcaklıkta etkin sterilizasyon sağlayan, gıdanın duyusal ve fiziksel özelliklerinin korunmasına katkı sunan, çevre dostu bir teknolojidir (Misra vd., 2018; Albayrak ve Kılıç, 2020). Soğuk plazma teknolojisi özellikle buğday ununda kullanıldığında umut vaat eden sonuçlar ortaya koymuştur. Soğuk plazma unun disülfit bağ yapısını güçlendirerek gluten kalitesini arttırır hidrasyon kapasitesini yükseltir ve hamur yapısını iyileştirerek ekmek hacmini arttırır. (Menkovska vd., 2014; Bahrami vd., 2016; Barros vd., 2023). Aynı şekilde plazma ile aktive edilmiş su (PAS) hamur reolojisini iyileştirir, ekmek raf ömrünü uzatır ve gözenek yapısını son üründe beklenen niteliklere getirir (Pivovarov vd., 2021; Ershidat vd., 2024). Bu etkileri nedeniyle soğuk plazma ve PAS uygulamaları özellikle süne zararına uğramış unlar olmak üzere zayıf ekmeklik nitelikte olan buğday unlarının

reolojik ve fonksiyonel özelliklerini kimyasal katkılara alternatif olarak kullanılabilme potansiyeline sahip olan sürdürebiilir ve yenilikçi bir çözüm olarak ortaya çıkmaktadır.

Bu tez kapsamında hem buğday unlarına hem de içme suyuna plazma uygulanarak plazma teknolojisi yardımıyla hamur yapısının ve son ürün kalitesinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Atalık buğday unlarının gluten yapıları modern buğday unlarına kıyasla daha az elastik bir yapıya sahiptir. Bu yapılarından kaynaklı olarak atalık buğday unlarından elde edilen hamurlar daha zayıf özellik sergiler. Bu nedenle kavılca ve siyez buğday unlarını plazma ile işleyerek bu unların modifikasyonu üzerine bir araştırma ortaya koymak amaçlanmıştır. Bu buğdayların gıda endüstrisinde bileşen olarak kullanım potansiyelini belirlemek, kalite parametrelerini ve fonksiyonel özelliklerini incelemek hedeflenmiştir. Literatürde atalık buğdaylar üzerinde plazma teknolojisinin etkisinin araştırıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. PAS gıda endüstrisinde birçok sebepten kullanılmış olmasına rağmen buğday ununda kullanımı ve hamur üzerindeki etkileri ile ilgili çalışmalar sınırlı sayıdadır. Süne zararına uğramış buğday unları, bu unlardan hazırlanan hamur ve ekmek kalitesi üzerindeki etkileri ile ilgili ise herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Aynı zamanda literatürde PAS'ın hamur reoloji özelliklerine etkisinin tekstür analiz cihazında Kieffer hamur ve gluten uzayabilirlik ve Chen- Hoseney hamur yapışkanlık testleri ile incelendiği araştırmaya rastlanmamıştır. Plazma uygulanan buğday unları ile hazırlanan ve PAS ile hazırlanan hamur örneklerinde Kieffer hamur uzayabilirlik ve yapışkanlık analizleri yapılarak soğuk plazma teknolojisinin hamur reolojisi üzerindeki etkisini belirlemek ve yalnızca PAS ile üretilen hamurlardan elde edilen ekmeklerin fiziksel, kimyasal ve tekstürel özelliklerine etkisini incelemek amaçlanmıştır. Bu çalışmanın amaçlarından bir diğeri de süne zararına uğramış buğdaydan elde edilen unların zayıf protein yapısını iyileştirerek unlu mamuller sektörüne yeniden kazandırmaktır. Bu amaçla buğday unu ve suya plazma uygulaması yapıldıktan sonra fizikokimyasal, reolojik ve FTIR testleri yoluyla değerlendirmeler yapılarak fırıncılık endüstrisine değer katmak ve sürdürülebilir gıda üretim yöntemlerini teşvik etmek amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Atalık Buğdaylar

Eski tahıllar veya atalık tahıllar yüzlerce yıldır hibritlenmemiş, genetiği değişikliğe uğramamış tahıllar olarak adlandırılmaktadırlar (Khoury vd., 2022). Atalık tahıllar, ürün formülasyonunda tek başlarına veya diğer bileşenlerle beraber kullanıldığında farklı lezzet profillerine sahip gıdaların üretimine imkân sağladığından unlu mamuller sektöründe her geçen gün daha popüler bir hal almaktadır. Atalık tahıllar, çok sayıda fitokimyasal bileşik ihtiva etmektedirler. Sıcak iklimlere dayanıklıdırlar, elverişli olmayan topraklarda ve kurak şartlar altında büyüyebilen mahsul bitkileridir. Atalık tahıl üretimine yönelik itici güçler iklim değişikliği, hızlı nüfus artışı, koruyucu, sürdürülebilir ve gelişmiş büyük ölçekli tarım olarak sayılmaktadır (Taylor ve Awika, 2017).

Yerel buğday çeşitleri kültürel mirasımızın önemli bir parçasıdır. Bu buğday çeşitleri yüksek protein, yüksek antioksidan, yüksek lif ve düşük gluten içermesi, kronik hastalıkları önleyebilme yeteneğinden dolayı tüketicilerin ve üreticilerin dikkatini çekmektedir. Aynı zamanda, gluten içermeyen besinlerin diyetlerde tercih edilmesine yönelik olan ilginin artması, bireyleri modern buğdaylara nazaran çok daha az miktarda gluten barındıran atalık tohumlara yöneltmiştir (Özberk vd., 2016; Özkan ve Gül, 2024).

Gelecekte talep edilen ürünler, sağlığı geliştiren gıdalar ve tekno-işlevsel kalite ve iklimsel uyum nedeniyle yeterince kullanılamayan ürünler olacaktır. Bu anlamda atalık buğday çeşitleri şüphesiz beslenme ve fonksiyonel özellikleri nedeniyle oldukça ilgi görmektedir. Aynı zamanda atalık buğday çeşitleri olağanüstü iklim uyumluluğu ile düşük girdili ve organik tarım için uygundur, biyoçeşitliliğin korunması üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir (Bencze vd., 2020). Atalık buğdaylar değişen stres ve çevre koşullarına karşı modern buğdaylara nazaran daha dayanıklı olma özelliğindedirler. Kök kuru madde bileşenlerinin oransal olarak büyük bir bölümü toprağın daha derin katmanlarında yoğunluk gösterdiğinden nemden yararlanmaları daha iyidir. Yüksek orandaki karbonhidrat içeriklerinden dolayı, istenilen düzeyde fotosentez ürünlerinin taneye aktarılmasına katkı sağlar. Bunun sonucunda kuraktan kaçma sağlanırken erken

olgunlaşma da görülür. Mikro element içeriklerinin (Cu, Fe, Se, Mn, Mg, P ve Zn) modern buğdaylara yüksek düzeyde oldukları belirtilmektedir (Atak, 2017). Modern buğdaylarla kıyaslandığında daha yüksek lutein ve karotenoid bileşimine sahip oldukları belirtilmektedir. Tüm bunların yanı sıra modern buğdaylara göre atalık buğdaylar daha yüksek nitrojen absorplama kapasitesine, homojen olgunlaşma özelliğine sahiptirler. Aynı zamanda atalık buğdayların böceklere ve hastalıklara karşı daha dayanıklı oldukları bildirilmektedir (Guerrini vd., 2019).

Kars'ta yaygın olarak yetiştirilen *Triticum dicoccum* (2n=28 kromozom) Emmer tipi bir buğdaydır. Yerel isimlendirilmesi "Kavılca" ve "kabluca" olarak bilinmektedir. Yüksek protein oranı ve yüksek lif içeriği (%19-17) ve düşük gluten oranı (%12) ile dikkat çekmektedir. Yörede yetiştirilen Kavılca buğdayı, su değirmenlerinde işlenerek bulgur üretiminde, Kavılca unu diğer unlarla bir arada kullanılarak ekmek üretiminde kullanılmaktadır (Atak, 2017).

Kavılca buğdayının bileşiminde %62-67 karbonhidrat, %14.7-17 protein, %2.1-2.7 yağ, mineraller, vitaminler bulunmaktadır (Boukid vd., 2018). Kavılca buğdayının yüksek protein, fitokimyasallar ve lif içeriğinden dolayı, ekmek başta olmak üzere birçok unlu mamulün formülasyonunda yer alabilmektedir ve Kavılca buğdayının besin içerikleri zenginleştirilmiş ürünlerin üretiminde kullanabilmektedir. Son zamanlarda fonksiyonel gıdalara ve organik ürünlere olan talebin artması, besinsel lif, mineral, vitamin açısından zengin olan atalık buğdayların yeniden keşfedilip değerlendirilmesine yönelik araştırmaları arttırmıştır (Özberk vd., 2016).

Kavılca, siyez gibi sert kavuzlara sahiptir. Bu durum böceklere, ilaçlara karşı daha dirençli olmasını sağlamaktadır. Diğer buğday çeşitleri ölürken bu buğday çeşitleri soğuk koşullara karşı daha dayanıklıdır ve bu nedenle genel olarak dağlık kesimlerde, soğuk bölgelerde yetiştirilmiştir. Sıcak bölgelerde de rahatlıkla yetişebilmektedir. Tane yapıları da kavuzları gibi serttir. Günümüzde artan taleple birlikte her ne kadar kısıtlı miktarda yetişse de kârı arttığı için bu tip buğdayların ekilmesine yönelik çalışmalar artış göstermiştir (Aydar, 2022).

Türkiye'nin kuzeybatısında yetişen siyez (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*), 14 kromozoma sahip, yüksek protein, karotenoid ve tokol içeren

diploid kabuklu bir buğday çeşididir. Buğdayın yarı vahşi bir akrabasıdır ve emmer ve arpayla birlikte Neolitik tarım döneminin kurucu ürünleri arasında yer almaktadır. Bu tahıl Antik Yakın Doğu'da en az sekiz bin yıldır yetişen bir çeşittir ve üretimi bugün Akdeniz bölgesinin farklı ülkelerindeki marjinal izole topluluklarla ve dağlık bölgelerle sınırlıdır (Atalan ve Helicke, 2018).

Yüksek yağ, protein bileşimine sahip olan siyez buğdayının günümüz modern ekmeklik buğdaylarına kıyasla daha fazla mineral madde içerdiği bildirilmiştir. Siyez buğdayı, sıkı kavuz yapısı ve tek başakçıklı olması nedeniyle diğer buğdaylardan farklı olarak kavuzuyla beraber hasat edilir. Morfolojik yapısı nedeni ile diğer buğdaylardan küçük olan siyezin kepek tabakası (aleuron, perikarp ve testa) endosperm tabakasına daha sıkı bağlıdır ve bu tabakanın oranı da daha yüksektir (Hendek Ertop ve Atasoy, 2019). Bu nedenle günümüz modern buğdaylarının işlendiği aynı proses koşullarında işlenemezler. Siyez tanelerinin kavuzundan çıkarılması amacıyla tanelerin ilk olarak selektörden geçirilmesi ve yabancı maddelerinden ayrılması, sonrasında merkezkaç kuvveti yardımıyla cidara vurdurulup mekaniksel ayrımı ile sağlanmaktadır. Daha sonrasında öğütülüp elenmesiyle, un kısımlarına ayrılmaktadır. Siyez unu tam tane şeklinde üretildiği için içerisinde belirli miktarda kepek bulunmaktadır. Kepeği ise endosperm kalıntısını yapısında ihtiva etmektedir (Örü ve Hendek Ertop, 2021).

Siyez buğdayının modern buğday ile kıyaslanması üzerine yapılan araştırmalar siyez buğdayının daha yüksek protein, yağ ve karotenoid içerdiğini belirtirken aynı zamanda daha yüksek lutein ihtiva ettiğini de belirtmişlerdir (Hendek Ertop, 2019). Siyez buğdayı, unlu mamullerin üretilmesinde, bebek mamalarının ya da protein, mineraller, tokoller, karotenoidler ve lif açısından zengin içeriğe sahip ürünlerin, özel ve yeni yiyeceklerin geliştirilmesine katkı sağlaması bakımından umut vaat eden bir tahıl olarak literatürde önemli bir yere sahiptir (Atasoy ve Hendek Ertop, 2017).

Sahip olduğu biyoaktif bileşenler nedeniyle Siyez buğdayı anti-aterojenik özelliktedir. Bundan dolayı da kalbi koruma etkisi bulunmaktadır. Diğer buğday türleri ile kıyaslama yapıldığında en önemli ayrıcalığı antioksidan bakımından zengin bir içeriğe sahip olmasıdır. Gıda endüstrisinde, insan sağlığına birçok yararı olmasından dolayı diğer gıdaların formülasyonları siyez unuyla zenginleştirilerek siyez buğdayının

tüketiminin artırılması ile çok sayıda sağlık problemlerinin tedavisine fayda sağlanabilir (Işık ve Keser, 2020).

Düşük miktarda gluten ve zengin lif içeriğine sahip Siyez unu, modern buğday ununa göre sindirim bakımından daha avantajlı bir durumdadır. Gıda maddelerinin daha iyi emilimi için sindirimin iyi gerçekleşmesi gerekmektedir. Üretiminde siyez unu olan ürünlerin tüketimi sonrasında mide rahatsızlıklarına rastlanılmamaktadır (Yılmaz ve Ay, 2021).

Antognoni vd. (2017), siyez unu ve modern ekmeklik buğday ununun karotenoid, bağlı ve serbest fenolik asit içeriklerini kıyasladıkları bir çalışma ortaya koymuşlardır. Siyez ve modern buğday unları kullanılarak geleneksel ekşi mayalı ekmekler üreterek bu ekmeklerin sindirim öncesi ve sonrası özelliklerini araştırmışlardır. Araştırma neticesinde siyez buğdayında ekşi maya fermantasyonunun, atmosferik oksijene daha uzun süre boyunca maruz kalmasına karşın, modern buğdaylara kıyasla siyez buğdayının daha yüksek karotenoid içeriğine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Siyez ekmeği kültürlenmiş hücrelerde sindirim sıvısından dolayı maskelenmiştir. Buna rağmen anti-enflamatuvar etki gösterdiği bildirilmiştir.

Modern buğday (*Triticum aestivum*) ve siyez (*Triticum monococcum*) unundan üretilen ekmeklerin duyusal ve reolojik özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada, siyez unu kullanılarak üretilen ekmeğin yapısının daha sıkı olduğu ve gözenek yapısında homojenlik özelliğinin düşük olduğu belirtilmiştir (Lomolino vd., 2017).

Atalık buğdayların, durum buğdayı ve modern ekmeklik buğdayının fiziksel özellikleri karşılaştırıldığı ve ekmek üretimi için uygunluğunun araştırıldığı bir çalışmada; Siyez buğdayının bir çeşidinde yaş gluten yıkanamadığı için bu çeşit glutensiz olarak tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda, siyezin gluten içermeyen diyet ile beslenmesi gereken bireyler için iyi bir alternatif tahıl kaynağı olduğunu ortaya koyulmuştur (Desheva vd., 2014).

Çağlar (2019), siyez (*Triticum monococcum* L.) buğday ununun ekşi mayalı ekmek kullanılarak hazırlanan peksimette kullanılması üzerine bir çalışma ortaya koymuştur. Bu çalışma sonucunda siyez unu katkısı ile üretilen ve ekşi mayalı ekmeklerden

hazırlanan peksimetlerde siyez unu ilavesi ile beraber ürünlerin hidroliz ve glisemik indeks değerlerinin azaldığını tespit ederken diyet lif içeriklerinin ise artış gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Durum buğday makarnası ile siyez makarnasının karşılaştırıldığı bir çalışmaya göre, siyez ile üretilen makarna ile durum buğday makarnasının görüntü ve renk analiz değerleri ile, karotenoid bileşeni de dahil olmak üzere çok sayıda özelliği farklılık göstermektedir. Pişirme esnasında siyez unları ile üretilen makarnanın sertlik değeri daha az tespit edilmiştir. Fakat gluten matrisi daha iyi bir yapıda olduğundan pişirme kayıpları daha düşük tespit edilmiştir. Sıkıştırma-ekstrüzyon analizlerinde, eşit pişirme sürelerinde, makarna örnekleri arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar belirlenmiştir. Çalışma sonucunda genel itibariyle, siyez ile üretilen makarnanın kontrol durum buğday makarnasına kıyasla daha iyi bir besin içeriğine sahip olduğu bildirilmiştir (Brandolini vd., 2018).

Şahin (2022), buğday (*Triticum aestivum*) ve siyez (*Triticum monococcum*) unu katkılı Kastamonu yaş tarhanasıyla tarhana çerezi ve çöreği üreterek ürünlerin kalite parametrelerini ve raf ömürlerini araştırmıştır. Siyez unu içeren çöreklerin yüksek antioksidan etki gösterdiğini belirtmiştir. Besinsel özellikleri incelendiğinde, siyez unu içeren çerez ve çöreklerin daha iyi sonuçlar ortaya koyduğu bildirilmiştir.

Tahıl gevrekleri, tüketime hazır kahvaltılık tahıl ürünler olarak bilinmektedir. Modern buğdayın ve siyez buğdayının iki farklı proses şartında tahıl gevreği olarak işlendiği bir çalışmada taneleri işlenmeden önce ve sonra test ağırlığı, bin dane ağırlığı, su absorbsiyonu, su alımı, yapışma özellikleri, genleşme oranı ve çözünürlük indeksi, renk, bileşim (protein, nişasta, tokol ve karotenoid içeriği) ve yüzey alanı özellikleri açısından incelenmiştir. Uygulanan proses, siyez ve modern buğdayın kimyasal ve teknolojik özelliklerinde istatistiksel olarak önemli değişikliklere sebep olmuştur. Karotenoid içeriğinde ortalama %54 miktarında fazla bir kayıp tespit edilmiştir. Tokoller içeriğinde ise kayıp gözlemlenmemiştir. Siyez buğdayının işlem uygulanan taneleri daha yüksek yüzey / kütle oranı ve daha yumuşak yapısından dolayı 24 saat içerisinde daha fazla su çektiği tespit edilmiştir (Hidalgo vd., 2016).

Aydar (2022), Kars yöresine ait atalık buğday kavılcadan ve modern ekmeklik buğdaydan elde edilen un ve bunlardan üretilen ekmeğin fonksiyonel özelliklerinin ve sağlık üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada atalık kavılca buğdayının serin aminoasidi bakımından modern buğdaya kıyasla yaklaşık olarak 60 kat daha fazla serin içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Kavılca buğdayında esansiyel aminoasitler olan metiyonin, histidin, lizin ve lösin yüksek miktarda tespit edilirken, valin, treonin, izolösin ve fenilalanin modern buğdayda kavılca buğdayına kıyasla daha yüksek miktarda belirlenmiştir ($p<0.05$). Kavılca buğdayının endüstriyel ekmek üretiminde kullanımının mümkün olduğunu ifade etmişlerdir.

Özgören vd. (2023), atalık buğday çeşitleri kavılca (*Triticum dicoccum*) ve siyez (*Triticum monococcum*) ile üretilen tulumba tatlılarının bazı kalite özelliklerini araştırmışlardır. Siyez ve kavılca ile üretilen tatlıların mineral madde ve protein içeriklerinin kontrol grubundan daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Siyez ve kavılca buğdaylarında nişasta yapısı ve protein kalitesi modern ekmeklik buğdaylara kıyasla daha farklıdır. Siyez buğdayında genel olarak daha yüksek toplam protein ve farklı glutenin/gliadin yapısı bulunmaktadır. Siyez unlarında alveograf hamur mukavemet değerinin (W) düşüklüğü ve yüksek düzeyde hamur direnç ve uzayabilme kabiliyeti (P/L) oranlarından dolayı üretilen ekmeklerin hacimleri arzu edilen özelliklerde olmamaktadır. Kavılca buğdayında ise gluten yapısı ve sarı pigmentinden dolayı makarnalık buğday özellikleri ile örtüşen bir profile sahip olduğu bildirilmiştir. Kavılca unlarında ekstensograf uzayabilirliği ve makarna üretimi için uygun gluten yoğunluğunun olduğu bildirilmiştir (Demir ve Kaya, 2020; Yıldırım vd., 2021; Korkut vd., 2022).

Siyez ve kavılca buğdaylarından üretilen hamurların reolojik duyarlılığı katkı ve işlem parametrelerine karşı modern buğdaylara kıyasla farklı sonuçlar ortaya koyabilmektedir. Siyez buğday ununa askorbik asit ve enzim kombinasyonu uygulandığında gaz tutmanın kısmi olarak iyileştirildiği ancak yüksek molekül ağırlıklı glutenin alt birimlerinin kısıtlılıkları nedeniyle hacim artışının önemli düzeyde yükseldiği belirtilmiştir (Özkan ve Çetin, 2021). Kavılca buğday ununda protein matrisinin ve sarı pigment etkileşimi makarnada pişme kaybını azaltırken

ekmekte ekmek içi esnekliği için emülgatör katkısına ihtiyaç duyulmaktadır (Açıkgöz vd., 2023).

Çalışmalar tam taneli kavılca ve siyez buğday unlarının yüksek kepek fraksiyonu içermesinden dolayı hamur gelişiminin bu unlardan üretilen hamurlarda zorlaştığını belirtmişlerdir. Aynı zamanda su emme kapasitesi artarken stabilite değerinde azalma olduğunu bildirmişlerdir. Mixolab ve farinograf verileri optimize su oranı ve kademeli su verme ile toleransın artış gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Askorbik asit/glukoz oksidaz gibi oksidatif katkıların bu unlardan üretilen hamurlara ilave edilmesiyle uzamaya karşı direnç/uzayabilirlik dengesine katkı sağlandığı tespit edilmiştir (Gül ve Erdem, 2022; Başaran vd., 2024).

Siyez ve kavılca buğdayının yapısında bulunan fenolik ve antioksidan bileşikler enzimatik ve ısıl işlemlerden etkilenmektedirler (Kaya ve Akçay, 2021). Atalık buğday unları genel olarak düşük gluten kalitesi ve içeriğinden dolayı ekmekler için her zaman istenilen pişirme özelliklerini sunmayabilir. Çakır ve Arıcı (2023) siyez buğdayının ekmeğin kalite ve besin özellikleri üzerine etkisini inceledikleri çalışmada siyez ekmeklerinin gluten kalitesi bakımından modern ekmeklik buğdaylara göre daha düşük performansta olduğunu belirtmişlerdir. Belcar vd. (2021) antik buğdayların ekmek üretim kalitesi üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında emmer ve einkorn unlarının uzun fermentasyon ve mekanik işleme süreçlerine karşı zayıf direnç gösterdiğini belirtmişlerdir. Škrobot vd. (2022) yaptıkları çalışmada kavılca ve emmer gibi atalık buğday unlarından üretilen ekşi mayalı ekmeklerin ekmek içi dokularının sert olduğunu ve özgül hacmi düşük ekmekler üretildiğini bildirmişlerdir. Hadnađev vd. (2022) başka bir çalışmada atalık buğday unlarının reolojik özelliklerini incelemişlerdir. Bu unların hem polifenolik profil açısından hem de nişasta yapısı açısından farklı olduğunu bundan dolayı geleneksel fırıncılık uygulamalarında zorluklar yaşanabileceğini bildirmişlerdir. Atalık buğdaylarla ilgili karşılaşılan kısıtlamaların önüne geçebilmek için ısıl olmayan teknolojilerin kullanımı her geçen gün daha fazla önerilmektedir. Daha geniş bir bakış açısıyla bakıldığında yüksek hidrostatik basınç, atmosferik soğuk plazma, ultrason gibi teknolojilerin enzimleri inaktive etmek, mikrobiyal yükü azaltmak ve gıdaların duyusal/besin kalitesini muhafaza etmek için umut vaat edici olduğunu vurgulanmaktadır (Ulutürk ve Gül, 2023).

Literatür incelendiğinde siyez ve kavılca gibi atalık buğdaylara veya bunlardan üretilen ürünlere ısıl olmayan işleme (plazma, yüksek hidrostatik basınç, vurgulu elektrik alan vb.) üzerine yapılmış deneysel çalışmaların oldukça eksik olduğu belirlenmiştir. Mevcut çalışmalar atalık buğdaylar için daha dolaylı yöntemler emülgatör+eksrüzyon gibi uygulamaların kullanımını içermektedir (Valsalan vd., 2025). Literatürdeki bu durum kavılca ve siyez unlarının plazma ile işlenmesi ve sonrasında üretilen hamur ve ekmek özelliklerinin iyileştirilmesi açısından literatüre önemli katkı sunabilmektedir. Soğuk plazma teknolojisinin siyez ve kavılca üzerinde kullanımı düşük sıcaklıklarda reaktif oksijen/azot türlerini meydana getirerek protein ağında iyileşme sağlaması ve enzim inaktivasyonu sağlaması nedeniyle umut verici bir teknoloji olarak ön plana çıkmaktadır.

2.2. Süne Zararı

Literatürde “sunn pest”, “cereal bug”, “suni bug”, “chinch bug”, “stink bug” veya “wheat bug” gibi farklı adlarla ifade edilen süne ülkemizin hemen hemen tüm buğday ekili alanlarında görülmektedir Süne zararlısı Avrupa ve Asya’da buğdayın kalitesini düşüren en zararlı böceklerdendir (Dizlek ve Özer, 2024). Süne zararının buğdayda yol açtığı hasar fırıncılar, değirmenciler ve ülke ekonmisi açısından ciddi kayıplara yol açmaktadır.

Süne (ergini) buğday kalitesine ve verimine olumsuz etki eden hububat zararlılarının başında gelmektedir. Süne zararlısı toprak renginde, bazen kırmızımsı, siyah ya da kirli beyaz bazen de bu renklerin karışımı alacalı renkte, geniş vücutlu, 7-8 mm genişlikte, 9-14 mm uzunlukta, üstten bakıldığı zaman üçgen biçiminde (üçgen başlı), üst tarafı tümsek, vücudu yassıca oval yapıda, 1 sene ömrü olan, yılda tek nesil veren ve içinde bulunduğu familyadan kaynaklı pis koku yayan emici bir böcektir. Süne; yılda ortalama 80 döl veren, *Eurygaste*r cinsinde, hortumları vasıtasıyla buğdaygilleri farklı dönemlerde emerek onlara değişik biçimlerde zarar veren böceklerin genel adıdır (Erbaş, 2005).

Süne erginleri, kardeşlenme zamanındaki hububatı kökboğazı üzerinden emerek kurutur ve ortaya çıkan bu zarar sonucunda bitki başak bağlayamaz. Delinen sapın

karakteristik biçimde sararması neticesinde kurt boğazı veya göbek kurusu olarak isimlendirilen hasar oluşur. Çiçeklenme dönemindeki sapın başağın hemen altından delinerek emilmesiyle başaklar tane bağlayamaz ve başağın bütününün ya da bir kısmının kurumasıyla beyaz renk alır. Bu zarara akbaşak zararı denir. Hububatın tane bağladığı dönemde erginler ve nimfler süt olum aşamasındaki buğday tanelerine daha fazla ve çabuk zarar verirler. Sarı olum aşamasında ve sertleşmiş yani olgunlaşmış tanelerde ise daha az zarara neden olurlar. Süt olum dönemi (tane sertleşmeden) tane emildiğinde tanenin büyük bir kısmı emilebilir. Bu nedenle de tanenin içi büyük miktarda boşalarak hafifler ve görünüm olarak buruşuk bir hal alır. Uğranan bu zarar neticesinde buğdayın bin tane ağırlığı ve hektolitre gibi fiziksel özellikleri olumsuz olarak etkilenir ve buğdayın öğütme kalitesinde azalma ve un veriminde düşme görülür (Anonim, 2020).

Süne zararlı buğdaydan elde edilen unlar yüksek düzeyde proteaz içerdikleri için zayıf hamur oluştururlar ve yetersiz pişme özellikleri gösterirler. Proteaz enzimi gluten yapısındaki disülfür bağlarını parçalar ve düşük hacimde arzu edilmeyen özellikte ekmekler üretilmesine neden olurlar (Dizlek ve Özer, 2021).

Mirzayev (2024), süne zararlısı tarafından buğday tanesine aktarılan proteolitik enzimlerin glutenin ve gliadin bileşenlerini parçalayarak gluten ağ yapısının zayıflamasına yol açtığını ve hamurun yumuşayarak yapışkan bir hal almasına neden olduğunu bildirmişlerdir.

Chaika ve Barabolia (2022), süne erginlerinin gluten yapısındaki serbest tiyol grupları (SH) ve disülfit bağlarının oksidasyona uğramasına veya azalmasına sebep olduğunu bildirmişlerdir. Bunun sonucunda gluten ağının çapraz bağ yapısının bozulduğunu ve hamurun elastikiyetinin azaldığını tespit etmişlerdir.

Kara ve Demir (2021), süne zararlısının tükürük proteazlarının gluten ağını parçalayarak yüksek molekül ağırlıklı glutenin alt birimlerinin bant yoğunluğunu azalttığını, düşük molekül ağırlıklı glutenin fraksiyonlarında ise artışa neden olduğunu tespit etmişlerdir. Aynı zamanda süne zararının serbest peptitlerin seviyesini arttırdığını belirtmişlerdir.

Yıldız vd. (2022) yaptıkları çalışmada, süne zararlısının tükürüğünden izole ettikleri serin proteaz fraksiyonunun buğday depolama proteinlerini hasara uğrattığını bildirmişlerdir.

Öztürk ve Çolak (2023) enzim-kinetik üzerine yaptıkları çalışmada, süne proteazlarının kısmi ısı dayanımlarından dolayı geleneksel kurutma işleminde aktivitelerinin tamamen baskılanmadığını optimum pH 7-8 aralığında hızlı protein hidrolizine neden olduğunu bildirmişlerdir.

Balcı vd. (2024), süne zararlısının gluten ağına olan etkisini belirlemek için Sıvı kromatografi-kütle spektrometresi/kütle spektrometresi tabanlı peptidomik haritalama yöntemini kullandığı çalışmasında, süne proteazlarının gluten ağını oluşturan temel peptit bağlarını parçaladığını bildirmişlerdir.

Atlı vd. (1988) süne zararı üzerine yaptıkları çalışmada, süne zararının buğdayın 1000 tane ağırlığını ve hektolitre özelliklerini olumsuz etkilediğini ve un veriminde azalmaya neden olduğunu, protein miktarını üzerinde bir etki yaratmadığı, sedimantasyon değerini, farinogram gelişme süresini ve stabilite süresini, yumuşama derecesi ve yoğurma tolerans katsayısı ve ile alveogram değerlerini düşürdüğünü tespit etmişlerdir. Bunlarla birlikte süne zararının oranı belli bir seviyeyi (%15) aştıktan sonra ise öz yıkanamadığını ve ekmek üretilemediğini ifade etmişlerdir.

Olgunlaşma döneminde buğday tanesine zarar veren süne proteaz enzimleri ile gluten proteinlerinin hidrolizine neden olabilmektedir. Hidrolize olan undan hazırlanan hamurlar akışkan, yumuşak ve yapışkan bir karaktere sahip olmaktadır (Ceylan vd., 2021).

Dizlek ve Özer (2016), buğday ununun reolojik özellikleri üzerinde süne zararlısının hasar oranının etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda süne zarar oranı arttıkça farinograf hamur gelişme stabilitesi ve süresi, farinograf su emilimi değerlerinin, ekstansograf direnci değerlerinin süne zararlısının gluten kalitesi üzerindeki olumsuz etkilerinden dolayı önemli düzeyde azaldığını tespit etmişlerdir.

Rosell vd. (2002), süne zararına uğrayan buğdaylarda hasara uğrama oranı arttıkça diyastatik aktivite seviyesinin de arttığını tespit etmişlerdir. Aynı zamanda süne zararının buğdayların düşme sayısı üzerinde etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Süne zararı görmemiş buğdayların unları ile süneli buğday unlarının farinogramlar değerleri kıyaslandığında aralarında önemli farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Zarar uğramamış unlarda yumuşama derecesinin düşük olduğu ve geniş kurveler elde edildiği belirtilirken, süne zararına uğramış unlarda özellikle yumuşama derecesinin yüksek olduğu ve ince kurveler elde edildiği ifade edilmiştir (Meredith, 1970).

Ekmek üretiminde süne zararına uğramış unlardan hazırlanan ekmeklerin özgül hacim değerlerinin düştüğü, ekmek içi yapısının düzensizleştiği ve bayatlamanın hızlandığı tespit edilmiştir (Doğan vd., 2020).

Hariri vd. (2000), %10 ve daha fazla süne zararına uğramış tane barındıran buğday unlarından üretilen yassı ekmeğin kalitesinin olumsuz etkilediğini saptamışlardır. Ayrıca %20 oranında zarar uğraması durumunda ise yassı ekmeğin üretiminin imkânsız hale geldiğini belirtmişlerdir.

Yapılan başka bir çalışmada süne zararının undaki protein kalitesi ile ilgili olan etmenlerden farinogram, alveogram ve sedimantasyon değerlerini azalttığı ve süne zararına uğrayan tane miktarı yükseldikçe hamurun cıvık, yapışkan bir yapı oluşturduğu ve ekmeğe işlenme özelliğini yitirdiği belirtilmiştir (Lorenz ve Meredith, 1988).

Shokraie vd. (2018), süne zararına uğrayan buğday unundan makarna üretimi yaptıkları çalışmada makarnanın kalite ve reolojik özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmada süne zararındaki artışın protein içeriği, su emilimi ve gluten indeks değerini azalttığını bildirmişlerdir.

Grădinaru vd. (2018), süne zararının ekmek kalitesine etkisini inceledikleri çalışmalarında süne zararlı unlardan yapılan ekmeklerin düşük hacimli, düşük duyusal kabul edilebilirlikte ve zayıf ekmek içi yapısında olduğunu bildirmişlerdir.

Dizlek ve Özer (2016), süne zararına uğramış ekmeklerde katkı maddesi ilavesi ile ekmek özelliklerini iyileştirme üzerine yaptıkları çalışmada süne zararının küçük düzeydeki hasarlarda dahi (%2-3) ekmek kalitesinde belirgin şekilde olumsuzluklara yol açtığını bildirmişlerdir.

Süne zararına uğramış buğdayların ekmeklik kalitesini iyileştirmek ya da oluşan zararı en az seviyeye indirmek için farklı uygulamalar ve araştırmalar üzerine yoğunlaşılmaktadır. Ekmeklik kalite üzerine belirlenen bu amaçları gerçekleştirmek için kullanılan yöntemlerden birisi de yüksek proteolitik aktivitenin düşürülmesi ve hamurun gluten yapısının kuvvetlendirilmesi maksadıyla, ekmek üretiminde katkı maddesi (emülgatörler, oksidan maddeler, organik asitler vb.) kullanılmasıdır (Dizlek ve Gül, 2007).

Matsoukos ve Morrison (1990), süne zararlı buğdaylardan ürettikleri unların ekmeklik kalitesi üzerine çeşitli katkıların ve fermentasyon süresinin etkisini incelemişlerdir. Ekmek üretimi esnasında fermentasyon süresinin azaltılmasının ve süneli unlarla hamur ve ekmek yapımında hamurun pH'ını düşürerek enzim aktivitesini optimum düzeye getirmek için ekmek formülasyonuna 1-2 g/kg oranında organik asit (laktik asit ya da sitrik asit) katkısının unun ekmekçilik kalitesini iyileştirdiğini belirtmişlerdir.

Süneli buğday unlarının kalitesini geliştirmek için tercih edilen yöntemlerden birisi de aşırı proteolitik aktivitenin azaltılması ve hamurun gluten yapısının kuvvetlendirilmesi için ekmek üretiminde, katkı maddeleri ilave edilmesidir (Dizlek, 2010). Süne zararına uğrayan buğdayın zayıf reolojik özellikleri ve düşük kıvamlı yapısı oksidan ajanlarla tiyol gruplarının disülfüre dönüştürülmesi ile arttırılabilir. Günümüzde süne zararlı buğday unlarından elde edilen hamurların kalitesini arttırmak için glikoz oksidaz, sitrik asit, L-askorbik asit, transglutaminaz gibi birçok enzimatik ve kimyasal katkı maddesi kullanımı söz konusu olmaktadır (Joye vd., 2009; Başar vd., 2015; Dizlek ve Özer, 2017a).

Dizlek ve Özer (2023), süne zararlısı tarafından zarar gören buğdaylardan üretilen ekmeklerin kalitesinin iyileştirilmesinde transglutaminaz ve L-askorbik asit katkı maddelerinin karşılaştırılması üzerine yaptıkları çalışmada transglutaminaz

kullanımının hamur stabilitesini korumak ve ekmek özellikleri iyileştirmek için uygun bir katkı olduğunu bildirmişlerdir.

Uçar vd. (2021) yaptıkları çalışmada, Askorbik asit ve transglutaminaz kombinasyonunun süne zararlı unlardan üretilen ekmeklerin hacim değerlerini ve çiğnenebilirliğini kısmen iyileştirdiğini yüksek miktarlarda kullanımda ekmekte sertliğe neden olduğunu bildirmişlerdir. Köse vd. (2022), emülgatör ve oksidazları kullanarak süne zararına uğramış unun gluten ağı yapısının yeniden yapılandırıldığını ve gaz tutma kapasitesinin iyileştiğini bildirmişlerdir.

Fakat, son dönemlerde bireylerin organik ürünlere olan talebinin artış göstermesi özellikle süne zararına uğramış zayıf buğdaylardan elde edilen unların ekmekçilik kalitesini iyileştirmek için yeni teknoloji arayışlarını ortaya çıkmaktadır. Unların süne enzimi aktivitesinin güneş ışığında ultraviyole ışınlarının etkisi ile düşürülebileceği belirtilmiştir Süne enziminin inaktive edilmesinde mikrodalganın uygulanabilirliği ile ilgili de olumlu sonuçlar elde edilmiştir (Swallow ve Every, 1991).

Sivri ve Köksel (1996), süne enziminin aktivitesinin engellenmesinde mikrodalga teknolojisinin kullanılabilirliği konusunda olumlu sonuçlara ulaşmışlardır. Tavlanmış buğdaylara düşük dozda ışınlama (10 kGy) ve 1-3 dakikalık mikrodalga uygulamalarının (130 W) proteaz aktivitesini önemli ölçüde azalttığını belirlemişlerdir.

Dıraman ve Boyacıoğlu (1998), %10-12 süne zararına uğramış buğdaydan üretilen un örneğinin kalitesi üzerine mikrodalga enerji (625 watt, 90-180 saniye) uygulamasının nasıl etki ettiği üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışma sonucunda, 90 ve 180 saniyelik mikrodalga işleminin, unlarda sedimantasyon değerini 11.4 cm^3'den 21 cm^3'e yükselttiği tespit edilmiştir. Sonuç olarak 90 ile 180 saniye arasındaki mikrodalga uygulamasının süne zararına uğrayan unların, özellikle sedimantasyon değerindeki iyileşmeye bağlı olarak, kalitatif özelliklerini iyileştirebileceği tespit edilmiştir.

Huang vd. (2020) yaptıkları çalışmada, kısa süreli Kızılötesi işlemin tane yüzeyindeki ve aleuron tabakasındaki böcek enzimlerinin inaktivasyonunu sağladığını, süne

zararlısına özgü olan proteaz aktivitesini azalttığını ve unların düşme sayılarında yükselme olduğunu bildirmişlerdir.

Sarkar vd. (2020), 60-90 s mikrodalga uygulama işlemi yapıldığında serin proteaz aktivasyonunda azalma olduğunu ancak fazla sürelerde uygulama yapıldığında düşme sayısında ve su kaldırma özelliğinde arzu edilmeyen sapmalar ortaya çıktığını bildirmişlerdir.

Ramos vd. (2021) yaptıkları çalışmada, yoğun darbe ışığı (Pulsed light) ile tane yüzeyinde proteaz enzimi ve mikrobiyal inaktivasyonu sağlamayı amaçlamışlardır. Buğday tanelerinde 0.5-1.5 J/cm^2 enerji yoğunluğu sağlandığında proteaz aktivitesinin ve lipoksigenaz enziminin baskılandığı bildirmişlerdir. Fakat renk değişimi ve yüzey ısınmasını en aza indirmek için konveyör hızının kritik olduğunu ifade etmişlerdir.

Banerjee vd. (2021) mikrodalga teknolojisini temperleme amacıyla kullandıkları çalışmalarında, düşük nemli şartlarda 2-3 W/g seviyelerinin proteaz enzimini baskıladığını rapor etmişlerdir. Ancak aşırı süre ve güç uygulandığında aroma değişimi ve renk koyulaşması riski olduğu için mikrodalga uygulamasında bu kriterlerin doğru ayarlanması gerektiğini bildirmişlerdir.

González vd. (2023)'nin buğday unu örneklerine ultraviyole uyguladıkları çalışmalarında, proteaz aktivitesinin kısa süreli olarak azaldığı ancak protein oksidasyonu ihtimali ve duyusal etkiler nedeniyle optimum düzeyde ultraviyole uygulanması gerektiğini bildirmişlerdir.

Mikrodalga ve kızılötesi gibi ısıl tabanlı uygulamalar süne zararlısının neden olduğu proteaz aktivitesini inaktive ederek reolojik özellikleri iyileştirmede katkı sağlayabilir ancak aşırı ısıl yük renk özellikleri ve nişasta üzerinde negatif etki yaratmaktadır. Yoğun darbe ışığı gibi opak matrislerde penetrasyon daha sınırlı düzeyde olduğundan dolayı daha çok irmik veya tane aşamasında fayda sağlamaktadır. Ultrases uygulaması da aşırı uygulamalarda nişasta hasarına yol açabilmektedir. Bu anlamda soğuk plazma teknolojisi süne zararına uğramış unların kalite özelliklerini geliştirmede düşük sıcaklıkta enzim inaktivasyonu sağlaması açısından umut verici bir teknolojidir.

2.3. Soğuk Plazma Teknolojisi

Gıdaların işlenmesinde gıdayı korumak için en yaygın kullanılan yöntem ısıl işlem uygulamasıdır. Fakat yüksek sıcaklık içeren uygulamalar vitaminler, mineraller, pigmentler ve antioksidanlar gibi bileşenlerin hassas yapısı nedeniyle kaçınılmaz bir şekilde gıdaların biyoyararlılığında ve duyusal özelliklerinde kayıplara neden olabilmektedir (Galanakis, 2021).

Isıl uygulamalara alternatif olarak kimyasal maddeler, doğal antimikrobiyal maddeler ve yenilebilir film kaplamalar gibi uygulamalar ya da bu yöntemlerin kombinasyonları gıda üretiminde tercih edilmektedir. Fakat bu tip alternatif uygulamalar gıdada kalıntı bırakma ya da toksik etki yaratma gibi olumsuz etkiler ortaya çıkarabilmektedir.

Soğuk plazma yüksüz moleküller ve iyonlar sayesinde daha az enerji kazanıldığından dolayı termal plazmaya kıyasla ısıya duyarlı olan gıdaların işlenmesi için daha uygundur. Atmosferik soğuk plazmanın üretilmesi için kullanılan en yaygın yöntemler kayan ark deşarj yöntemi, dielektrik bariyer deşarj yöntemi, jet deşarj ve korona deşarj Yöntemidir (Ulutürk ve Gül, 2023).

Soğuk plazma uygulaması gıda endüstrisi de dahil olmak üzere birçok sektörde farklı uygulamalara sahip gelişen bir termal olmayan teknolojidir (Bakla, 2018; Sruthi vd., 2022). Soğuk plazma teknolojisi özellikle gıda biyopolimerlerinin yüzeysel yapısını ve fizikokimyasal özelliklerini düzenleme yeteneğinde olan bir teknolojidir (Misra vd., 2018). Soğuk plazmanın bu nitelikleri bu teknolojiyi alternatif ve geleneksel yöntemlerin olumsuzluklarını bertaraf edebilecek umut vaat eden bir yaklaşım haline getirmektedir.

Plazma kavramı 1929 yılında ilk defa Nobel ödüllü bilim insanı Irving Langmuir tarafından literatüre kazandırılmıştır (Braithwaite, 2009). Plazma katı, sıvı ve gaz olarak bilinen maddenin hallerinden niteliksel olarak farklı olduğundan dolayı maddenin dördüncü hali olarak isimlendirilmektedir (Chen vd., 2022). Maddenin dördüncü hali olan plazma, moleküler, atomik, iyonik ve radikal türler gibi yüksek düzeyde uyarılmış türlerden oluşan ısıl olmayan bir gıda ve tohum işleme teknolojisidir (Surowsky vd., 2015). Evrenin oluşum sürecinden plazma, maddenin ilk

halidir ve bugün hala görünür evrenimizin %99 plazmadır. Bununla birlikte şimşek, kuzey ışıkları, iyonosfer tabakası ve güneş ve diğer yıldızlar doğal olarak oluşan plazmalardır. Caddeleri aydınlatan sarı ışıklı sodyum lambalar, floresan lambalar, neon ışıkları, plazma televizyon ve plazma klimalar çevremizde gördüğümüz plazmalardır. Laboratuvar koşullarında plazma üretmek için en kolay ve genel yöntem bir gazın iyonlaştırılmasıdır. Gaz molekülleri ve elektronlar arasındaki çarpışmalar nedeniyle gaz, elektron kaybederek veya kazanarak pozitif veya negatif yüklü hale gelen gaz atomlarına ayrışır. Bilindiği gibi gazlarda atom ve moleküller nötr halde bulunurken plazmalar kısaca pozitif ve negatif yüklü parçacık türlerinden oluşur (Michelmore vd., 2016).

Plazmalar, elektronlar, pozitif ve negatif yüklü atomlar/moleküller, fotonlar (Ultraviyole (UV), görünür, kızılötesi ve termal radyasyon), serbest radikal atomlar/moleküller, nötr gaz atomları/moleküller, uyarılmış atom ya da moleküller, yarı kararlılar (metastable), reaktif oksijen türleri (ROT), reaktif nitrojen türleri (RNT) gibi birçok farklı türden ve elektromanyetik alandan oluşur (Michelmore vd., 2016). Serbest radikaller dış orbitalinde bir ya da daha fazla eşlenmemiş elektron taşıyan, yüksek enerjili atom veya moleküller olarak tanımlanmaktadır. Serbest radikaller eşlenmemiş elektron bulundurduklarından dolayı diğer maddelerle kolaylıkla reaksiyona girebilirler. Atmosferik basınç havada üretilen soğuk plazma çok farklı türde ve özellikte kimyasal ürün ve enerji üretir ve bunlar temas halinde olduğu tohum ve gıdaya etki eder. Her bir türün tohum ve gıdaya olan etkisi son derece kompleks ve incelenmesi gereken aşamalardır (Valko vd., 2007).

Plazmalar düşük basınçta vakum pompası ve vakum aparatları ile üretilebilmektedir. Ancak bu sistemler hem kompleks hem de pahalı sistemlerdir. Atmosfer ortamında özellikle gaz olarak da atmosferik havayı kullanan plazmalar hem basit hem de ucuz sistemlerdir (Zhang vd., 2019).

Plazmalar, üretim yöntemlerine (bir gaza uygulanan elektromanyetik alanın türü) ve aynı zamanda plazma yoğunluğuna, kullanılan gazın basıncına, iyonlaşma derecesine ve elektrotların yapısına göre sınıflandırılabilir. Genel sınıflandırma, plazmadaki parçacıkların sıcaklığına (kinetik enerji) göre yapılmaktadır. Termodinamik denge durumunda nötr bir gaz durumunu ifade eden en önemli parametre, sistemde bulunan

moleküllerin ortalama taşıma enerjisini ifade eden sıcaklıktır. Plazma, farklı kütleleri ve elektrik yükleri olan parçacıkların bir karışımıdır. Plazmadaki her tür, farklı sıcaklık terimleriyle tanımlanmaktadır. Örnek olarak, T_g; nötr atomların, yani plazması oluşan gazın sıcaklığı, T_{ex}; uyarılmış atomların sıcaklığı, T_i; iyonların sıcaklığı, T_e; elektronların sıcaklığı, T_d; moleküler halden ayrışmış atomlar için ayrışmış atomik sıcaklık ve T_p; fotonun sıcaklığıdır, ki bu fotonların enerjisini karakterize eder. Plazmadaki her bir türün sıcaklığı eşitse, yani $T_g \approx T_{exc} \approx T_i \approx T_e \approx T_d \approx T_p$, bu plazmaya "Toplam Termodinamik Dengede plazmalar (TTD Plazmaları)" veya "Yüksek sıcaklık plazmaları" denir. Örneğin, lazer füzyon plazmaları için, $T_g \approx T_i \approx T_e \approx 10^6$ - 10^8 K ve elektron yoğunluğu $n_e \geq 10^{20}$ m^{-3} 'tür. Plazmadaki foton sıcaklığı dışında tüm türlerin sıcaklıkları eşitse, yani $T_g \approx T_{exc} \approx T_i \approx T_e \approx T_d \neq T_p$, bu plazmaya "Lokal Termodinamik Dengede (LTD Plazmaları) plazma" denir. Atmosferik basınçlarda lokal termodinamik dengede olan plazmalar, laboratuvar şartlarında üretilebilirler ve genellikle "Termal Plazmalar" olarak isimlendirilirler. Örnek olarak, ark plazmaları için, $T_g \approx T_i \approx T_e \leq 2 \times 10^4$ K ve elektron yoğunluğu $n_e \geq 10^{20}$ m^{-3} 'tür. Elektronların sıcaklıklarının diğer türlere kıyasla çok daha yüksek olduğu ($T_e >> T_i > T_g$) ve plazma türleri arasındaki sıcaklıkların dengede olmadığı plazmalar, "LTD Olmayan Plazmalar" olarak adlandırılır. LTD olmayan plazmalara "Soğuk Plazmalar" ya da "termal olmayan plazmalar" da denir. Bu tür plazmalarda elektronlar, ortalama kinetik enerjisi 1-7 eV (1 eV≈11600K) arasında olan ana enerjik parçacıklardır (Friedrich vd., 2022). Örneğin, glow deşarjlı plazmalar için, $T_e >> T_i \approx T_g = 300$ K ve elektron yoğunluğu $n_e \approx 10^{10}$ m^{-3} 'tür (Nehra vd., 2008). Soğuk plazma sistemlerinde plazması üretilen gaz ortamı, oda sıcaklığı kadar düşük bir sıcaklıkta kalabilir.

2.3.1. Soğuk plazma teknolojisinin gıdalarda kullanım alanları

Soğuk plazma gıdalarda güvenlik ve kaliteyi sağlamak için kullanılan yenilikçi bir uygulamadır. Soğuk plazma uygulaması gıdanın yapısında bulunan proteinlerin ve karbonhidratların özelliklerini iyileştirmek için gıda sanayinde farklı şekillerde kullanılmaktadır (Thirumdas vd., 2016). Bu teknolojinin gıda bileşenleri üzerindeki etkisi büyük oranda plazma ortamında oluşturulan nitrojen ve oksijen gibi reaktif türlerin aktivitesinden kaynaklanmaktadır. Üretilen reaktif türler gıda bileşenlerinin çözünürlük, emülsifiye etme ve su tutma kapasitesi gibi özelliklerini geliştirerek

gıdaların fiziksel, tekstürel ve kimyasal yapılarını iyileştirmeye fayda sağlarlar (Thirumdas vd., 2017).

Gıda güvenliği açısından yüksek antimikrobiyal aktivite sağlamak soğuk plazmanın en önemli rollerinden biridir. Plazma ortamında ortaya çıkan reaktif türler mikroorganizmaların duvar bütünlüğü ve hücre zarını bozarak DNA hasarına yol açarak ve hücre bileşenlerini oksitleyerek mikrobiyal yükü ortadan kaldırır (Jadhav vd., 2021). Reaktif türlerin bu etkisi patojen riskini düşürmede ve taze ürünlerin raf ömrünü uzatmada ciddi bir öneme sahiptir. Aynı zamanda soğuk plazma enzimleri inaktive ederek ürünlerde arzu edilmeyen bozulma ve bayatlamaya yol açan enzimatik reaksiyonları elemine etme özelliğine de sahiptir (Ekezie vd., 2017). Soğuk plazma teknolojisinin ksantan, jelatin gibi kıvam arttırıcılar üzerinde de reolojik özellikler bakımından ortaya koyduğu değişiklikler ve faydalar araştırılmıştır (Perez-Andres vd., 2019).

Plazma teknolojisi ilk zamanlarda hassas materyallerin sterilizasyon işlemi için kullanılmıştır. Son dönemlerde gıda sektöründe novel teknoloji olarak yaygınlaşmaya başlamıştır. Peynir, meyve ve et ürünleri üzerinde yapılan çok sayıda çalışma plazma uygulamasının farklı etkilerle (hücrenin bozulması, aşındırma) gıdalarda mikrobiyal gelişimin azaltıldığını bildirmektedir (Yong vd., 2015; Sarangapani vd., 2017; Zhou vd., 2020, Chen vd., 2020). Sterilizasyon, pastörizasyon, dondurma ve kurutma gibi gıdaların raf ömürlerini arttırmak, mikrobiyal gelişimi durdurmak veya mikroorganizmaları öldürmek için kullanılan uygulamalar ürünlerde doku ve tatta değişikliğe, vitamin değerinde kayba neden olur. Plazma uygulaması ise bu olumsuz durumları minimum seviyeye indirmektedir. Aynı zamanda plazma uygulaması ekonomik bir yöntemdir (Yangıç ve Karagözlü, 2017).

Soğuk plazma teknolojisi gıdalarda kullanılan malzemelerin yüzeylerini sterilize etmek ve ambalajların yüzey enerjilerinde değişikliklere yol açarak yapılma ya da bariyer özelliklerini iyileştirmek için kullanılmaktadır (Choi vd., 2016). Plazma uygulanarak ürünlerde kullanılan ambalajların gıdanın raf ömrü ve gıda güvenliğine olan katkısını arttırılmaktadır. Plazma sterilizasyon işlemi ilk zamanlar sadece tıbbi aletler ve ambalaj malzemeleri gibi hassas materyallerin yüzey sterilizasyonu için uygulanmaktayken son yıllarda gıda sanayinde birçok alanda kullanılmaya

başlanılmıştır (Zhu vd., 2022). Soğuk plazma bozucu mantarlar, patojenler, bakteri sporları ve aflatoksinler de dahil olmak üzere mikroorganizmaları inaktive etmesinden dolayı gıda güveliği ve koruması için önemli bir teknolojidir (Liao vd., 2019; López vd., 2019; Yao vd., 2023).

Ma vd. (2015) yaptıkları çalışmada, çeşitli gıdalara plazma uygulamasının bu gıdalarda bulunan mikrobiyal yüke etkisini araştırmıştır. Domateste 5 dakika 80 Kv plazma *uygulamanın Listeria monocytogenes, Escherichia coli* ve *Salmonella Typhimurium* 4.2, 3.8 ve 3.5 log/CFU/numune dekontaminasyon sağladığı, çileklere 18 kV plazma uygulamanın *Salmonella* 1.7-2.3 log/CFU/numune ortadan kaldırabileceği, karabiber örneklerinde *Salmonella* oranının soğuk plazma uygulamasıyla 5 logCFU/g azalma sağladığı, uygulanan argon plazması ile *Bacillus subtilis'*in ciddi düzeyde etkisiz hale getirildiğini bildirmişlerdir.

Lee vd. (2016) kahverengi pirinç ve buğday ununda soğuk plazmanın bu ürünler üzerindeki etkisine dair gıda parametrelerinin değişikliklerini inceledikleri çalışmada soğuk plazmanın mikroorganizmaları inaktive ettiğini belirlemişlerdir.

Literatürdeki çalışmalar meyvelerden, fındık, kavun gibi sert kabuklu olan taze kesilmiş meyvelerin yüzeyinden, dolmalık biberden, bademden mikroorganizmaların dekontaminasyonunun sağlanabileceğini bildirmişlerdir (Basaran vd., 2015; Lee vd., 2018; Akbas vd., 2020; Liu vd., 2024). Ayrıca yumurta, meyve suyu, kahverengi pirinç, kurutulmuş et, baklagiller, kahverengi pirinç, peynir ve mısır salatası gibi ürünlere soğuk plazmanın uygulanabileceğini tespit etmişlerdir (Kim vd., 2011; Misra vd., 2014; Bahrami vd., 2016).

Uluturk ve Gül (2023), soğuk plazma uygulamasının gıda güvenliği açısından önemli bir potansiyele sahip olduğunu bildirmişlerdir. Soğuk plazmanın gıda yüzeyinde yer alan mikroorganizmaları etkileyerek virüs, bakteri ve mantarların yokedilmesine yardımcı olduğunu ifade etmişlerdir. Gıda ambalaj malzemelerinin dezenfeksiyon işlemi için kullanımı durumunda soğuk plazma ile gıdanın raf ömrünün uzatılabileceğini belirtmişlerdir.

Lacombe vd. (2017) yaptıkları çalışmada, yaban mersini üzerinde soğuk plazma uygulaması yaparak plazmanın mikrobiyal etkisini belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda soğuk plazma teknolojisinin yaban mersininde bulunan norovirüs türlerini enfekte ettiğini tespit etmişlerdir.

Kurutulmuş meyve elde edilmesinde soğuk plazma işleminin gıdanın rengini koruduğu, kurutma süresinin azalttığı, gıdanın yapısında yer alan polifenollere zarar vermediği tespit edilmiştir (Zhou vd., 2020).

Soğuk plazma teknolojisi yenilebilir ambalajların muhafaza ve uygulama potansiyeli arttırma amacıyla kullanılan bir teknolojidir (Bevilacqua vd., 2018; Chen vd., 2020). Zhang vd. (2023) film kaplamalara soğuk plazma işlemi uygulayarak elma, yaban mersini ve yeşil cevize bu kaplamaları uygulayarak plazma işleminin etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda bu gıdaların ağırlık kaybı, çürüme oranı, ağırlık kaybı ve esmerleşme reaksiyonları üzerinde plazma uygulamasının inhibe edici bir özellik gösterdiği tespit edilmiştir.

Won vd. (2017), mandalinada bulunan *Penicillium italicum*'u inhibe etmek ve mandalinaların depolaması süresini uzatmak için soğuk plazma işlemi uyguladıkları bir çalışma yapmışlardır. Yaptıkları bu çalışma ile soğuk plazma teknolojisinin mandalinaları korumak ve mandalinaların antioksidan kapasite ve fenolik içeriğini arttırmak için kullanılabilecek bir teknoloji olduğunu ortaya koymuşlardır.

Isıl işlem uygulamaları gıdaların yapısında bulunan aroma bileşiklerinin ve vitaminlerin kaybına, protein denatürasyonuna, süt bileşenlerinde kimyasal değişimlere yol açan enzimatik reaksiyonlara ve sütün renginde, tadında, besin değerinde olumsuzluklara neden olmaktadır. Süt ve süt ürünlerine soğuk plazma uygulaması bu ürünlerin tazeliği, mikrobiyal güvenliği ve biyoaktif bileşenlerini korumaktadır (Pegu ve Arya, 2023).

Gurol vd. (2012) yaptıkları çalışmada, süte plazma uygulayarak plazma uygulamasının sütteki *E. coli* 4.15 log CFU/mL azalmaya sebep olduğunu ve 6 haftalık depolama süresince sütte canalı hücre belirlenmediğini bildirmişlerdir.

Kim vd. (2015) yaptıkları çalışmada süte 10 dakika kısa süreli dielektrik bariyer plazma deşarjı uygulayarak plazmanın bakteri sayısı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda dielektrik bariyer deşarjlı soğuk plazma işleminin sütteki bakteri sayısını 2.40 log/CFU/mL azalttığını tespit etmişlerdir.

Korachi vd. (2015), dielektrik bariyer deşarjlı soğuk plazma uyguladıkları çalışmalarında plazma işleminin sütteki mikrobiyal yükü azaltmaya katkı sağladığını ve sütün renk, viskozite, pH ve titre edilebilir asitlik gibi fizikokimyasal özelliklerine katkı sağladığını bildirmişlerdir.

Manoharan vd. (2020), sütü 2 Kv dielektrik bariyer deşarjlı plazmaya maruz bıraktıkları çalışmada sütteki koliform mikroorganizmaların oranında maksimum seviyede (%95) azalma tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Aynı zamanda plazma uygulamasının protein, kalsiyum, laktız gibi bileşenlere olumsuz yönde bir etki yapmadığını belirtmişlerdir.

Sarangapani vd. (2017), tereyağına 30 dakika 80 kV soğuk plazma uyguladıkları çalışmalarında hidroperoksit, karboksilik asit ve aldehit gibi ikincil oksidasyon ürünlerinin tespit edilmiştir.

Jayasena vd. (2023), et ve et ürünlerinin dekontamine edilmesinde soğuk plazma teknolojisinin yakın zamanda geleneksel yöntemlerle dekontamine etme işlemlerinin yerini alacağını ve daha yüksek kalitede ve daha güvenli ürünlerin geliştirileceğini bildirmişlerdir.

Olatunde vd. (2021), soğuk plazmanın deniz ürünlerinde mikrobiyal güvenliği sağladığını ancak bu ürünlerde lipid ve protein oksidasyonu gibi ürünün duyusal özelliklerini ve ürün rengini değiştirme gibi bazı kısıtlayıcı faktörlerin söz konusu olduğunu bildirmişlerdir.

2.3.2. Soğuk plazma teknolojisinin unlu mamullerde kullanım alanları

Plazma uygulaması yeni gelişmekte olan bir teknolojidir. Gıda biyopolimerlerinin fizikokimyasal özelliklerini ve yüzeysel yapısını düzenleme kabiliyeti olan bir

teknoloji olarak bilinmektedir (Misra vd., 2018). Gıda üretiminde ısıl işlem uygulamasına seçenek olarak doğal antimikrobiyal madde (bakteriyosin vb.), kimyasal madde (klor vb.), yenilebilir film kaplama gibi yöntemler ile bu uygulamaların bir arada kullanıldığı uygulamalar tercih edilebilmektedir. Fakat bu kullanılan yöntemlerin bazı dezavantajlı yönlerinin söz konusu olduğu bilinmektedir. Kimyasal maddelerin tercih edilmesi üründe toksik etki ortaya çıkarabilir, aynı zamanda gıdada kalıntı bırakabilir. Bu sebeplerden dolayı gıda endüstrisinde kullanılan teknolojilerde gıdaya veya gıda katkılarına işlevsellik sağlayabilmek için son zamanlarda soğuk bir uygulama olan plazma teknolojisi ön plana çıkmaya başlamıştır (Bakla, 2018).

Tahıl tanelerinin işlenmesi ya da depolanması esnasında yaklaşık olarak yarısı böceklerin ve mikroorganizmaların faaliyetleri neticesinde kayba uğramakta ve bu tahıllar hem insanlar hem de hayvanların beslenmesi için uygun olmayan hale gelmektedir. Soğuk plazma teknolojisinin buğday tanelerinde uygulanması, tohum kalitesinin arttırılması, biyolojik zararlıların azaltılması, aflatoksin ve diğer mikrobiyal kontaminasyonunun azaltılması, depolama ömrünün uzatılması ve kalite iyileştirmesi gibi çeşitli alanları içermektedir (Starek-Wójcicka vd., 2022). Soğuk plazma, tekli oksijen, ozon ve uyarılmış moleküler nitrojen dahil olmak üzere reaktif oksijen türlerinin kaynağıdır. Dolayısıyla bozulmaya neden olan organizmalar ve gıda kaynaklı patojenler de dahil olmak üzere çok çeşitli mikroorganizmaların inaktivasyonunda faydalı olduğu belirlenmiştir (Niemira, 2012).

Filatova vd. (2020), çalışmalarında kışlık buğday ve lüpen tohumları üzerindeki *Fusarium* spp. ve *Aspergillus niger* türlerinin atmosferik soğuk plazma ile inaktive edilmesi üzerine bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Buğdayda 600 s uygulamanın, lüpende ise 480 s uygulamanın mikroorganizmaların inaktivasyonu için uygun olduğu belirtilmiştir. Los vd. (2018), soğuk plazma teknolojisinin kontamine olmuş tahıl tanelerindeki mikroorganizmaları azalttığını tespit etmişlerdir. Los vd. (2020), buğday tanelerine soğuk plazma uyguladıkları çalışmalarında plazma uygulamasının patojenlein düzeyinin büyük ölçüde azalttığını tespit etmişlerdir. Park vd. (2022), yaptıkları çalışma ile atmosferik soğuk plazmanın undak *E. coli*'yi azaltmada etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Afsheen vd. (2019), soğuk plazma işlemine maruz bırakılan buğday tohumlarının uzun süreli depolama esnasında kırmızı un böceklerine karşı daha dirençli olduklarını ve bundan dolayı plazma işleminin insektisidal etkisinin olduğunu belirtmişlerdir.

Ju vd. (2023), hava, elektrik ve su kullanarak ürettikleri plazma aktif su ile buğdayda başak yanıklığına neden olan *Fusairum graminearum* sporlarına karşı soğuk plazma teknolojisinin etkinliğini araştırmışlardır. Soğuk plazma teknolojisinin Fusarium başak yanıklıpını önlemede etkili olduğunu ve bu teknolojinin antifungal etki gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Sera vd. (2010), soğuk plazma ile yulaf ve buğday tohumlarının çimlenme üzerine etkisini ortaya koymak için bir çalışma yapmışlardır. 600 s'lik plazma uygulamasında buğday tohumlarının daha hızlı çimlendiğini tespit etmişlerdir. Rifna vd. (2019), yaptıkları çalışmada soğuk plazma teknolojisinin buğdayın çimlenme kalitesinin iyileştirdiğini belirtmişlerdir. Degutyte-Fomins vd. (2020) plazma uygulamanın buğdayda mikroorganizma dekontaminasyonuna katkı sağladığı ve çimlenme yeteneğini iyileştirdiğini ortaya koymuşlardır.

Lipitler buğday içerisinde yer alan ve hidrolitik acılaşma adı verilen parçalanma süreçlerinden geçerler. Bu durum sonrasında oksidatif acılaşmaya sebep olarak unun kalitesi üzerinde olumsuz etki yapabilirler. Lipaz tarafından enzimatik olarak başlatılan acılaşma triaçilgliseroller yağ asitlerine, monogliseritllere, digliseritlere ve gliserole parçalanır. Bu yağ asitleri ne kadar yüksek düzeyde olursa glutenini bağlanma yeteneği o kadar azalı ve hamur gaz tutma kapasitesi olumsuz etkilenir (Chakraborty vd., 2024). Soğuk plazma teknolojisi ile lipitler üzerinde ve lipaz enzim aktivitesi üzerinde önemli etkiler ortaya koyularak buğday unu kalitesi iyileştirilmektedir.

Sandhu vd. (2011), plazma işleminin lipitleri okside ettiğini, unun sarılığında azalmaya yol açtığını bildirmişlerdir. Bu çalışma ile soğuk plazmanın disülfit bağ oluşumunu teşvik ettiği, hamurun gelişmesine katkı sağlayan gluten proteinlerinin arasındaki bağların kuvvetlendiğini bildirmişlerdir.

Soğuk plazma teknolojisi ile buğday ununun işlevselliğini geliştirmektedir. Misra vd. (2016), plazma içerisindeki reaktif oksijen ve nitrojen türlerinin sülfür içeren aminoasitleri oksitlediğini disülfit bağlarını bozarak lipaz enziminin inaktivasyonua neden olduğunu belirtmişlerdir. Bahrami vd. (2016), 60 ve 120 s soğuk plazma uygulanan buğday unlarında serbest yağ asitleri ve fosfotlipit bileşiminde soğuk plazmanın oldukça etkili olduğunu ifade etmişlerdir. Tolouie vd. (2021), soğuk plazma üzerine yaptıkları çalışmada plazma kaynağı olarak argon gazı kullanmışlardır. Argon gazının undaki lipoksigenaz ve lipaz aktivitesini düşürdüğünü bildirmişlerdir. Sutar vd. (2021), buğday ununa 30 dakika süre 60W soğuk plazma uyguladıkları çalışmalarında lipaz enzim aktivitesinin %35 oranında azaldığını gözlemlemişlerdir.

Menkovska vd. (2014) yaptıkları çalışmada, termal olmayan plazma teknolojisini buğday ununa 35-40 dk. süreyle uygulamışlardır. Çalışma neticesinde plazma ile işlenmiş unun işlenmemiş una kıyasla daha parlak kremsi bir renkte olduğu bildirilmiştir. Yaş gluten içeriğinin hidrasyon kapasitesinin bozulmasından dolayı azalma gösterdiği tespit edilirken gluten kalitesinin iyileştiği belirtilmiştir. Hamurun mekanik ve yapısal kalitesinde artış gözlemlenmiştir. Çalışma sonucunda termal olmayan plazma teknolojisinin uygulanması sonrasında pişirilen ekmeklerin özgül ve toplam hacminde genişleme ve gözenek yapılarında iyileşme tespit edilmiştir.

Misra vd. (2015), unlar üzerine termal olmayan plazma teknolojisi uygulayarak yaptıkları çalışmalarında; unun türüne (güçlü ya da zayıf) ve uygulanan işlemin süresine bakılmaksızın plazma teknolojisinin gluten proteinin ikincil yapısında önemli bir etki oluşturduğunu belirtmişlerdir. Aynı zamanda β-tabaka oranında bir azalma görüldüğünü tespit etmişlerdir. Yüksek gluten içeriğine sahip güçlü buğdaylarda ve düşük gluten içeriğine sahip zayıf buğdaylarda da β-dönüş ve α-heliks içeriklerinde artış olduğunu bildirmişlerdir. Bu sonucun sebebi, β-tabakalarından meydana gelen yapının hamurun viskoelastisitesine katkıda bulunmasıdır.

Bahrami vd. (2016), termal olmayan plazma teknolojisini una uyguladıkları çalışmalarında; plazma teknolojisinin (120 s, 20 V) yüksek molekül ağırlıklı glutenin birimlerinde önemli etkisinin olduğunu bildirmişlerdir. Çalışma sonucunda; hamur reolojisinde oluşan değişikliklerden düşük ve yüksek molekül ağırlıklı glutenin arasındaki disülfit bağlarındaki artışın rol oynadığı tespit edilmiştir. Termal olmayan

plazma uygulaması ile gluten kalitesinin iyileşme gösterdiği ve hamur yapısının daha güçlü bir özellik kazandığını belirtmişlerdir.

Üç farklı protein ihtiva eden buğday unları üzerine plazma uygulamasının etkisinin incelendiği bir çalışmada; karbondioksit ve argonun β dönüşünde artışa, β-tabakasında ise bir azalmaya sebep olduğu belirtilmiştir. Çalışma sonucunda α-sarmalında ise herhangi bir değişiklik tespit edilmemiştir. Bu buğday proteinlerinin ikincil yapılarındaki değişiklikler kovalent olmayan bağlardaki moleküllerin yeniden düzenlenmesi yoluyla gerçekleştiği belirtilmiştir. Diğer bir ifadeyle plazma teknoloji uygulaması ile ikincil işlevlerin ve yapıların etkilendiği tespit edilmiştir (Held vd., 2019).

Chaple vd. (2020), tam buğday ununa ve buğday ununa 80 kV atmosferik gaz kullanarak 5-30 dk. yapmış termal olmayan plazma teknolojisi uygulamışlardır. Çalışma neticesinde unun hidrasyon özelliklerinde ve hamur viskozitesinde artış tespit etmişlerdir.

Khan vd. (2022), buğday ununa termal olmayan plazma teknolojisi uygulayarak un ve hamur özelliklerini inceledikleri çalışmalarında plazma uygulamasının gluten proteinlerinde moleküller arası disülfit bağlarını kuvvetlendirdiğini bunun da daha güçlü protein-nişasta ağ oluşumuna neden olduğunu belirtmişlerdir. Termal olmayan plazma uygulamasının un hidrasyonunun %6-7 oranında bağlı ve serbest su fazındaki değişiklikler nedeniyle hidrojen bağlarının oluşumunu teşvik etmesi nedeniyle artış gösterdiğini belirtmişlerdir.

Lahijani vd. (2022), atmosferik soğuk plazmanın buğday ununun özelliklerini iyileştirmek için yaptıkları çalışmada buğday ununa plazma uygulamasının unun yaş gluten, gluten indeksi, su ve yağ absorpsiyon değeri ve Zeleny sedimentasyon değeri üzerinde olumlu yönde etki ettiğini tespit etmişlerdir. Soğuk plazma teknolojisinin kimyasal oksidan maddelere bir alternatif olarak kullanımının uygun olduğunu ifade etmişlerdir. Karaoğlu vd. (2006), gluten içerisinde yer alan disülfit bağları ve sülfidril gruplarının buğday ununun hamur yoğrulma kabiliyetinde ve ekstensograf özelliklerinde güçlü bir etkiye sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Gao vd. (2023), buğday ununa soğuk plazma uygulamasında helyum ve oksijen gazını kullanarak bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada oksijen gazının unun pentozan içeriğini etkilemediği sülfidril grup miktarını azalttığı tespit edilmiştir. 30 s'lik helyum gazı kullanımı ise hem pentozan hem de sülfidril grubu içeriğini arttırmıştır.

Sarkar vd. (2023), buğday unu ve inci darı ununa 20 dakika boyunca 30 kV'de soğuk plazma işlemi uyguladıkları çalışmada buğday unu ve inci darı ununun benzer sonuçlar ortaya koyduğunu tespit etmişlerdir. Soğuk plazma uygulaması ile inci darı ununun yağ ve su absorpsiyonu, köpürme kapasitesi ve emülsifiye etme özelliğinde artış tespit edilmiştir.

Ekmek günlük beslenmede oldukça önemli bir yere sahiptir. Ekmek bayatlamasının önlenmesi ve raf ömrünün arttırılması için çeşitli yöntemlere başvurulmaktadır. Soğuk plazma teknolojisi hem zayıf özelliklere sahip ekmeklik unların kalitesinin iyileştirilmesi ile arzu edilen ekmek üretimini sağlanmasında hem de raf ömrünün uzatılmasında önerilebilir.

Chaple vd. (2020), ekmeğin mekanik ve yapısal özellikleri üzerinde soğuk plazma teknolojisinin olumlu bir etkiye sahip olduğunu belirtmişlerdir. 30 dk ve 45 dk uygulamada hamurun gaz tutma yeteneğinin iyileştiğini yüksek hacimli ekmeklerin ortaya çıktığını bildirmişlerdir.

Starek-Wojcicka vd. (2022), soğuk plaza teknolojisini ekmeğin raf ömrünü artırmak amacıyla çalışmalarında kullanmışlardır. Bu anlamda soğuk plazma teknolojisi ile mikroorganizma miktarının etkilenme düzeyi incelenmiştir. Çalışmada 2 ve 10 dakika uygulamalarda ekmeklerde küf ve maya gelişiminin önüne geçildiği tespit edilmiştir. Çalışmada ekmeklerin nem değerlerinde azalma olurken sertlik değerlerinde ise artış tespit edilmiştir.

Khan vd. (2023), soğuk plazma uygulamasının buğday unu ve hamur reolojisi üzerine etkisini incelediği çalışmasında soğuk plazma teknolojisinin gluten yapsını kuvvetlendirdiğini ve gıda içerisinde bulunan suyun bağlı hale geldiğini bildirmişlerdir. Aynı zamanda bu ekmeklerin duyusal olarak kabul edilebilirlikleri yüksek olarak tespit edildiği için ekmek özelliklerinin geliştirildiği ve ekmek kalitesini

arttırmada kimyasal katkı maddelerine önemli bir alternatif oluşturulduğu ortaya konulmuştur.

Thonglor ve Amnuaycheewa (2017), atmosferik basınç plazma uygulamasında argon gazı ile beyaz ekmekleri muamele ettikleri çalışmada beyaz ekmekte *Aspergillus* sp.'i yok etmede plazma uygulamasının etkili olduğunu tespit etmişlerdir.

Chaple vd. (2023), yaptıkları çalışma ile soğuk plazma teknolojisinin ekmeklik buğday ununun teknolojik kalitesini ve üretilen ekmeklerin kabuk rengi, hacim ve su aktivitesi değerlerini iyileştirdiğini bildirmişlerdir.

Soğuk plazma yer alan reaktif türler protein gibi nişasta ile de etkileşime girerler. Bu etkileşim sonucunda kimyasal değişikliklerin ortaya çıkmasına neden olurlar. Nişastanın yapısında meydana gelen değişimler nişastanın tipine, oluşturulan deney şartlarına ve plazma kaynağına göre değişiklik gösterir (Allai vd., 2023).

Zhu vd. (2017), plazma uygulamasının nişasta granüllerinin çözünürlüğünü, lamel yapısını, boyutunu ve sindirilebilirlik özelliklerini değiştirebileceğini bildirmişlerdir. Ge vd. (2022), pirinç nişastasına soğuk plazma uyguladıkları çalışmalarında nişastanın reolojik ve fizikokimyasal özelliklerinin iyileştirildiğini belirtmişlerdir. Zhang vd. (2022), nişasta üzerine yaptıkları çalışmada soğuk plazmanın nişasta granüllerinin amorf yapılarının çözünebilir hale geldiğini, amiloz içeriğinde, molekül ağırlığında ve uzunluğunda azalma meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Zhang vd. (2024) yaptıkları çalışmada, soğuk plazma uygulama süresiyle doğru orantılı olarak karabuğday unlarının su aktivitesi değerlerinde azalma tespit etmişlerdir. Bu azalmayı unun yapısında yer alan nişasta granüllerinin yüzeylerinin plazmadaki reaktif türlerle aşındırılması ve gluten bağlarının kuvvetlenerek suyu bağlama özelliklerinde değişikliğe yol açması ile açıklamışlardır.

Saremnezhad vd. (2021), nişastanın soğuk plazma teknolojisi ile depolimerizasyona uğradığını, bu nedenle hidrofilik yapının değiştiğini ve çapraz bağ oluşumu ile nişastanın yapışma özelliğinin değişikliğe uğradığını bildirmişlerdir.

Carvalho vd. (2021), dielektrik bariyer deşarjı ile 14 kV soğuk plazma uyguladıkları nişastada uygulama ile jelatinizasyon sıcaklığının azaldığını tespit etmişlerdir. Sun vd. (2014), yaptıkları çalışmada soğuk plazma uygulamasının nişastanın glikozidik bağlarını depolimerizasyona uğrattığını ve amiloz miktarında azalma meydan geldiğini belirtmişlerdir. Soğuk plazma uygulaması nişasta granüllerindeki akışkanlığı, şişme gücünü ve hidroliz kapasitesini arttırmaktadır. Bu sebeple hazır yiyeceklerde kullanımı tavsiye edilmektedir (Rostamabadi vd., 2023).

Taze noodleler %33 gibi bir oranda yüksek nem içermelerinden dolayı raf ömürleri oldukça kısadır. Buzdolabında muhafaza edileceklerse raf ömürleri 3-5 gün arasında değişmektedir. Taze noodlelerde polifenol oksidaz aktivitesi ve yüksek nem içeriğinden dolayı kararmaya meyillidirler. Yaşanan bu sorunlar taze noodlelerin pazarlanması ve satışını kısıtlamaktadırlar (Yazıcı vd., 2021).

Chen vd. (2020), taze noodlelerin raf ömrünü uzatmak amacıyla soğuk plazma uygulamasının etkinliğini araştıran bir çalışma yapmışlardır. Çalışma sonucunda soğuk plazma uygulamasının etkisi ile nemin bir kısmının hızlı bir biçimde uzaklaştığı tespit edilmiştir. Ayrıca taze noodlelerin dokusunun daha sert hale geldiği, renginin daha beyaz olduğu ve yapısal kararlılığının diferansiyel taramalı kalorimetri ve taramalı elektron mikroskobu ile yapılan incelemelerle arttığı tespit edilmiştir.

2.3.3. Plazma ile aktive edilmiş su

Su ekmek hamurunun %40'lık bölümünü oluşturmaktadır. Ekmek yapımında kullanılan en ideal su kimyasal, mikrobiyolojik ve fiziksel olarak uygun, içilebilir nitelikte ve 50-100 ppm değerleri arasında ve orta sertlikte olan sudur (Anlı ve Şanlıbaba, 2019; Badem, 2021). Bu özellikteki sular maya ve enzim aktivatörü olarak birçok mineral tuzu içerdiği için hamurlar daha kolay işlenebilir. Sert sular hamur fermentasyonunu geciktirirken hamurun maya gereksinin artmasına neden olur. Yumuşak sular glutenini kuvvetlendirici etkisi yeterli olmadığı için yumuşak ve yapışkan, gaz üretimi normal olan ama gaz tutma kabiliyeti düşük hamurlar elde edilmesine neden olurlar (Kalkışım vd., 2012; Anonim, 2024). Hamurda enzim ve mayanın çalışabilmesi için ortam belli bir pH aralığında olması gereklidir. Enzimlerin çalışması için optimum pH 4-5 arasındadır (Elgün, 1981). Su hamurda bileşenlerin

karışmasını sağlayan, hamurda olması gereken yapıyı meydana getiren fermentasyon oluşumunu sağlayan, son ürün üzerinde oldukça etkili olan bir bileşendir. Bu nedenlerle yumuşak ve sert sular, pH'ı uygun olmayan sular ekmek üretiminde tercih edilmezler. Suyun olumsuz özelliklerini bertaraf etmek için yumuşak sularda hamura maya katkı maddeleri kullanımı (Gaupp ve Adams, 2014; Baratto vd., 2015; Al-Hamdani vd., 2019), alkali sularda laktik asit (Lacaze vd., 2007; Torrieri vd., 2014; Karaman ve Sağdıç, 2018; Goos ve Jones, 2019), asetik asit (Wehrle vd., 1997; Kaur ve Singh, 2007; Goos ve Jones, 2019; Martín-Garcia vd., 2021; De Bondt vd., 2021) ve mono kalsiyum fosfat (Carson, 2011; Enax vd., 2022) gibi katkıların kullanımı söz konusu olmaktadır.

Buğday unundan hamur elde edilmesinde gluten proteinleri hidratlanmaktadır. Bunun sonucunda visko-elastik ve kohezif bir yapı oluşmaktadır. Gluten proteinlerinin işlevselliği hamur formülasyonuna, su ve enzim gibi faktörlere bağlıdır (Khan vd., 2023). Hamur yapısının meydana gelmesi, gluten molekülleri bir araya getiren disülfit (S-S) bağlarının dağılımıyla ilişkilidir. Sistein ve sisteinin oksitlenmiş hali olan sistin, buğday ununda yer alarak S-S bağlarının oluşumunda ve sonlandırılmasında önemli bir role sahiptir. Sistein kalıntılarının reaksiyonuyla yoğurma safhasında disülfit bağları oluşur ve bu süreçte reaktif S-H grupları sistine oksitlenmektedir. Hamur ağ yapısının zayıflaması, serbest sisteinin etkisiyle S-S bağlarının parçalanmasıyla başlamaktadır (Stauffer, 2007; Rombouts vd., 2012; Jekle ve Becker, 2015; Ooms ve Delcour, 2019). Süne zararına uğramış buğdaylarda gluten yapısı bozulur. Süne zararının neden olduğu zayıf hamur yapısının kuvvetlendirilmesi ve ekmek kalitesinin iyileştirilmesi için SH grubunu oksitleyen bu şekilde disülfit bağlarının oluşumunu sağlayan ve protein-nişasta yapısının kuvvetini arttıran kimyasal katkı maddeleri, enzimler, oksitleyici maddelerin kullanımı söz konusu olmaktadır. Ancak tüketiciler son yıllarda sağlıklı gıdalar konusunda bilinçlenmektedir ve sağlıklı, temiz etiketli, kimyasal katkı içermeyen ürünlere yönelmektedir.

Termal yöntemler, proteolitik enzimlerin inaktivasyonunda etkili olan teknolojilerdendir. Bu teknolojiler glutenin viskoelastik özelliklerine olumsuz etki yapabilmektedir. Bu nedenle, gıda sektöründeki ürünlerde kimyasal katkı maddelerinin kullanımından kaçınarak daha güvenli ve maliyet açısından daha uygun olan termal olmayan teknolojilerin geliştirilmesine dair çalışmalar artış

göstermektedir. Bu anlamda soğuk plazma teknolojisi tüketicilerin beklentilerini karşılayabilecek gelişme olan teknolojilerdendir.

Soğuk plazma uygulamasının buğday ve buğdaydan elde edilen un üzerinde kullanımı ile ilgili çok sayıda çalışma literatürde yer almaktadır. Plazma ile aktive edilen su, pH değeri düşük, iletkenliği ve redoks potansiyeli yüksek çok sayıda reaktif bileşen içermektedir (Pankaj vd., 2014; Shi vd., 2022). Gaz fazındaki elektrik deşarjı su ile daha fazla etkileşimde bulunur. Gazın suyla doğrudan teması farklı tür ve konsantrasyondaki reaktif türlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. PAS oluşumu ile sisteme bağlı olmaksızın nitratlar, nitritler, hidrojen peroksit, hidroksil radikalleri gibi reaktif oksijen ve nitrojen türleri açığa çıkar (Herianto vd., 2021; Qian vd., 2021).

Hidrojen peroksit oksitleyici bir ajandır ve antimikrobiyal etkisi olması nedeniyle önemlidir. Ozon yüksek reaktif özelliktedir ve dezenfeksiyon süreçlerinde etkilidir. Hidroksil radikalleri son derece reaktif serbest radikallerdir ve güçlü oksitleyici özelliğe sahiptirler. Reaktif türlerin oranları ve konsantryonları plazma üretimde etkili olan parametrelere bağlı olarak değişiklik gösterirler. Bu parametreler gaz türü, işlem süresi, deşarj yöntemi, enerji girişi ve suyun başlangıç özellikleridir (Kim vd., 2023; Rotondo vd., 2025).

PAS oluşturulurken suyun fizikokimyasal özelliklerinde önemli düzeyde değişiklikler meydana gelmektedir. Reaktif türler özellikle nitrik asit suyun pH değerinde azaltarak suyun daha asidik olmasına neden olmaktadır. Nitrit ve nitrat gibi reaktif türlerin suda oluşması ile suyun elektriksel iletkenliği artmaktadır. Aynı zamanda PAS yüksek Oksidasyon-redüksiyon potansiyeli (ORP) değerlerine sahip olmakta bundan dolayı güçlü oksitleyici kapasite ve antimikrobiyel etkiler göstermektedir (Wang vd., 2023; Rotondo vd., 2025).

Farklı su kaynaklarının kullanımı PAS kimyasal özelliklerini ve bileşimini etkileyebilmektedir. Örneğin su olarak musluk suyu kullanıldığında bu suda yer alan karbonat türleri asitlenmeyi tamponlar ve pH değişimleri üzerinde etkili olur (Wartel vd., 2021).

Rotondo vd. (2025), yüzey dielektirk bariyer deşarjı ile üretilen PAS'ın mantar ve bakteriler üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Çalışmada plazma gaz akış hızı ve işlem süresinin plazmanın kimyasal bileşimi üzerine etkisi ve mikroorganizmalara karşı etkinlik derecesi değerlendirilmiştir. Daha uzun işlem sürelerinde daha yüksek reaktif tür elde edilirken daha yüksek antimikrobiyal etki tespit edilmiştir. NO_2 ve H_2O_2 içeriğinin mantar inhibisyonunda oldukça etkili olduğu belirlenirken NO_2 içeriği ile bakteri inhibisyonu arasında güçlü bir korelasyon tespit edilmiştir.

Jirešová vd. (2022), PAS ile hazırlanan suyun buğday tanesinin özellikleri üzerine olan etkisini araştırmışlardır. PAS kullanımının buğday tanelerinin çimlenmesinde olumlu yönde katkı sağladığını tespit etmişlerdir. Bu olumlu gelişmeleri tahılların dekontaminasyonu ile açıklamışlardır.

PAS kullanımı ile buğday ununun tavlanmasının buğday ununun toplam bakteri sayısı ve kalitesi üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada 40 dakika aktivasyona uğrayan PAS ile tavlama işlemi yapıldığında toplam bakteri sayısında önemli düzeyde azalma tespit edilmiştir ($p<0.05$). Düşük kaliteye sahip unda lipaz, polifenol oksidaz ve lipoksijenaz aktiviteleri azalma göstermiştir. Çalışmada PAS ile tavlamanın unun işleme özellikleri üzerinde olumsuz etki yaratmadan mikrobiyal yükleri azaltma maksadıyla kullanılabileceğini ortaya koymuştur (Suo vd., 2022).

Yan vd. (2022) yaptıkları araştırmada, PAS kullanımı ile tavlamanın buğday ununun özellikleri ve yapısı üzerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada PAS ile tavlanmanın buğday nişastasının granül yapısında hafif bir bozulmaya yol açtığı, partikül boyurunda azalmaya neden olduğu ve protein ikincil yapılarında değişiklikler oluşturduğunu tespit etmişlerdir.

PAS gıda sektöründe meyvelerden kimyasalların dekontaminasyonunda (Zhang vd., 2019) ve taze meyvelerin raf ömrünün uzatılmasında (Ma vd., 2016), bakteri inaktivasyonunda (Zhao vd., 2018; Hou vd., 2021; Yao vd., 2023) ve nişasta modifikasyonu (Zhou vd., 2019), buğday tavlama (Qiu vd., 2022) gibi alanlarda kullanılmaktadır. Fakat PAS kullanımının buğday unu üzerinde kullanımı ve un ve PAS ile hazırlanan hamur üzerindeki etkileriyle ilgili çalışmalar oldukça sınırlı sayıdadır.

.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Atalık buğdaylar (Kavılca buğdayı ve siyez buğdayı) Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü'nden (Ankara/Türkiye) temin edilmiştir. Süne ararına uğramış ekmeklik buğday (Bezostaja çeşidi) Hediye Un Fabrikasından (Isparta/Türkiye), ekmeklik buğday (Esperia çeşidi) Söke Un Fabrikasından (Ankara/ Türkiye) temin edilmiştir. Süne zararına uğramış (Bayraktar çeşidi) ekmeklik buğday Hediye Un fabrikasından (Isparta/Türkiye), Ekmeklik (Bayraktar çeşidi) buğday Söke Un fabrikasından (Ankara/ Türkiye) temin edilmiştir.

Maya, Efsane marka TS 3522 (TSE, 1992) pres yaş maya standardına uygun olan pres yaş maya kullanılmıştır.

Tuz, TS 933 (TSE, 1986) yemeklik tuz standartlarına uygun kristal tuz,

Su, Süleyman Demirel Üniversitesi kampüsü içme suyu,

Yoğurucu, Laboratuvar tipi spiral hamur yoğurma makinesi (Günsa, İzmir),

Fırın: Döner tabanlı, doğal gazlı, borulu katlı fırın (Isparta) kullanılmıştır.

Soğuk plazma uygulaması için atmosferik hava soğuk plazması olarak Yüzey Dielektrik Bariyer Deşarj (SDBD) sistemi kullanılmıştır. Enerji elektrodu görevini sağlaması için 1,5 mm kalınlığa sahip bir bakır kablo, kapağın iç bölmesine zikzak deseni oluşturacak şekilde 11 defa monte edilmiştir. Her bir montaj mesafesi 10 cm olarak ayarlanmıştır. Toprak elektrodu olarak kapağın dış bölümüne zikzak oluşturacak biçimde başka bir 1,5 mm kalınlığa sahip bakır kablo, içeride yer alan zikzak bakır kablonun tersine döşenmiştir. Polipropilen kapak kalınlığı 2 mm olarak belirlenmiştir. Soğuk plazma üretmek için 17.6 kV voltajlı akım ile 12.5 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

İçme suyu örneklerine soğuk plazma uygulanmak için Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Plazma Laboratuvarındaki cihaz kullanılmıştır. Güç kaynağı olarak PLAZMATEK şirketinden alınan puls DC güç kaynağı (0,2-10 Hz, 0-30 kV çalışma aralığında olan), 7 kV, 50 kHz kHz güç kaynağı kullanılmıştır. İç çapı 1 mm olan cam tüp, iç çapı 1 mm olan seramik tüp, iç çapı 2 mm olan cam tüp, içi çapı 2 mm olan seramik, iç çapı 3 mm olan cam tüp kullanılmıştır. Elektrot olarak plazma kalem sisteminde yüksek voltaj ve topraklama alüminyum tel elektrotlar, soğuk plazma sisteminde 0,6 mm ve 0,8 mm çapta ve 10 cm uzunluğunda bakır elektrotlar kullanılmıştır. Ticari olarak yüksek saflıkta satın alınan Argon (Ar) gazı kullanılmıştır. Plazma kalem sisteminde alüminyum tel elektrotlar tüp çevresine sarılmıştır. İki elektrot arasındaki mesafe 1 mm iç çapa sahip cam ve seramik tüplerde yaklaşık 0,5 cm olarak ayarlanmıştır. En iyi mesafe için el ile ayarlama yapılmış daha sonra plastik bir kılıf içine yerleştirilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Tam tane buğday unlarının elde edilmesi

Buğday örnekleri (Kavılca, Siyez, Süne zararlı ve Zayıf buğday) el ile yabancı maddelerinden temizlendikten sonra dört valsli laboratuvar tipi valsli değirmende (Ekinograph D6, Ekin Gıda, Ankara, Türkiye) öğütülerek tam tane un haline getirilmiştir. Siyez buğdayı için Ankara Tarla Bitkileri Araştırma Enstitüsünde Siyez tanelerinin kavuzundan çıkarılması için önce selektörden geçirilmiş ve yabancı maddelerinden uzaklaştırılmıştır. Ardından merkezkaç kuvveti etkisiyle cidara vurdurulup mekaniksel ayrımı ile sağlanmıştır. AACC Yöntemi 26–95.01 (AACC, 2010) doğrultusunda unlar oda sıcaklığında olgunlaşması için 48 saat boyunca bekletilmiş ve her 12 saatte bir karıştırılarak tavlanmıştır. Tavlama işlemi sonrasında un örnekleri laboratuvar tipi bir valsli değirmen (Ekinograph D6, Ekin Gıda, Ankara, Türkiye) ile öğütülmüştür. Daha sonra analizleri yapılana kadar polietilen torbalarda hava almayacak şekilde ambalajlanmıştır ve analizler için buzdolabında (~+4 ◦C) uygun depolama koşullarında bekletilmiştir.

3.2.2. Rafine buğday unlarının elde edilmesi

Temin edilen Bayraktar çeşidi buğday örnekleri (süne zararlı ve modern ekmeklik buğday) ilk olarak elle yabancı maddelerinden temizlenmiştir. Daha sonra AACC Metot 26-95.01 (AACC, 2010)'e göre su ilave edilerek oda sıcaklığında her 10 saatte bir karıştırılarak 48 saat süre boyunca tavlanmıştır. Tavlama işlemi sona erdiğinde un örnekleri 4 kırma ve 4 öğütme valsine sahip laboratuvar tipi valsli değirmende (Ekinograph D6, Ekin Gıda, Ankara, Türkiye) öğütülmüştür. %65 verimle üretilen rafine buğday unu örnekleri (süneli ve zayıf), polietilen torbalarda hava geçirmez şekilde kapatılıp, sonraki analizler için buzdolabında (~ +4°C) saklanmıştır.

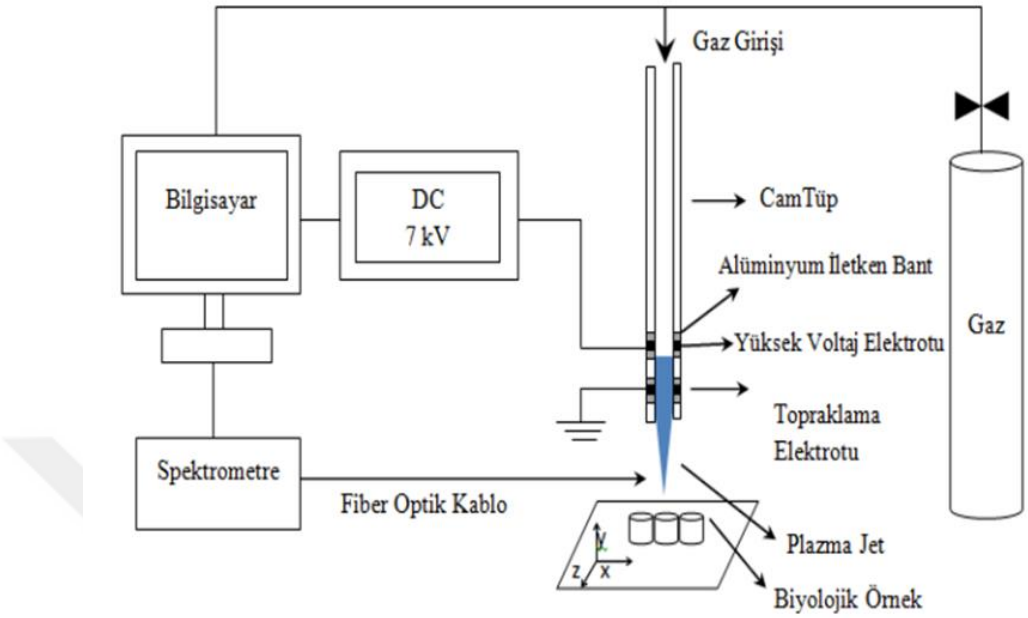
3.2.3. Buğday unlarına soğuk plazma uygulaması

Bu çalışmada dielektrik bariyer deşarjı tam tane buğday unlarına ve rafine unlara soğuk plazma uygulanması için kullanılmıştır. Hacmi 1 L olan kapalı bir kapta uygulama yapılmıştır. Soğuk plazma üretebilmek için bir alternatif akım yüksek voltajlı güç kaynağı 17.6 kV voltajlı akım ile 12.5 kHz frekans kullanılmıştır. Plazma üretmek için atmosferik basınçta havanın oksijeni kullanılarak un numunesi 5 g olarak elektronun tabanına eşit şekilde yayılmıştır Elektrot ve numuneler arasındaki mesafe 1-2 mm olarak ayarlanmıştır. Çalışma sırasında kullanılacak uygun yöntem ve oranların belirlenebilmesi için farklı koşullarda ön denemeler yapılmıştır. Bu ön deneme 4 farklı süre (0, 15, 60 ve 120 s) kullanılarak soğuk plazma uygulanmış olan tam tane buğday un örnekleri, (i) 4 farklı süre (0, 150, 300 ve 600 s) kullanılarak soğuk plazma uygulanmış olan tam tane buğday un örnekleri, (ii) 4 farklı süre (0, 30, 45 ve 60 s) kullanılarak soğuk plazma uygulanmış rafine buğday unu örnekleri şeklinde gerçekleştirilmiştir.

3.2.4. Su örneğine soğuk plazma uygulaması

Soğuk plazma uygulamasında %99 saflıktaki argon gazı kullanılmıştır. Güç kaynağı olarak, 7 kV, 50 kHz güç kaynağı kullanılmıştır. Şekil 3.1'de gösterilen 2 mm çaplı cam tüpler ile tasarlanarak elde edilen Ar plazma kullanılmıştır. Plazmaların daha geniş bir yüzey alanında etki etmesi için su örnekleri 20 mm'lik beherlere koyulmuş

ve 1 cm uygulama mesafesi ayarlanarak plazma uygulanmıştır. Deney grubu için 5L/dk akış hızında Ar plazma 30-60-120 ve 180 s süre ile suya uygulanmıştır.



Şekil 3.1. Plazma kalem siteminin 2D şematik gösterimi (Kutlu vd., 2018)

3.2.5. Ekmek üretim metodu

Ekmek üretiminde AACC Metot 10-10.03 (AACC, 2001)'de bazı modifikasyonlar uygulanarak kullanılmıştır. Ekmek örnekleri; un ağırlığı baz alınarak %1.5 tuz, %3 yaş maya ve farinografta (Brabender, Duisburg, Almanya) belirlenen su absorpsiyonuna uygun miktarda içme suyu kullanılarak üretilip, laboratuvar tipi spiral hamur yoğurma makinesinde (Günsa Endüstriyel Mutfak Ekipmanları, İzmir) yoğrulmuştur. Yoğurma sonrası hamur %65-70 nem ve 25±1°C'de 30 dakika kitle fermantasyonunda bekletildikten sonra havası alınarak 100 gr un esasına göre 10 eşit parçaya bölünmüştür. Bu hamurlara, pişirme tavasına uygun olacak şekilde şekil verilmiştir. Hamurlar pişirme kalıbına alınarak 1.5 saat %65-70 nem ve 25±1 derece sıcaklıkta parça fermantasyona bırakılmıştır. Fermantasyon sonunda taş tabanlı, elektrikli, borulu katlı fırında (Enkomak, Antalya) 260 derece fırında 15 dakika süreyle pişirilmiştir. Pişirilen ekmekler oda sıcaklığında soğutulmuştur. Tüm ekmek örneklerine uygulanan sıcaklık ve süre değerleri ön denemeler ile belirlenmiştir.

3.3. Analizler

Farklı sürelerde plazma uygulanan unlar ve plazma ile üretilen PAS ile hazırlanan örneklerde Çizelge 3.1.'de belirtilen analizler yapılmıştır. Tüm analizler üçer tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.1. Analiz deneme deseni

Uygulama Süresi (s)	0, 15, 60, 120 **(Ön deneme)**	0, 150, 300, 600	0, 30, 45, 60	0, 30, 60, 120, 180
Buğday çeşiti	Siyez, kavılca, süneli (Bezostaja), ekmeklik (Esperia)	Siyez, kavılca, süneli (Bezostaja), ekmeklik (Esperia)	Süneli (Bayraktar), ekmeklik (Bayraktar)	Süneli (Bayraktar), ekmeklik (Bayraktar)
	(Tam Tane un)	(Tam Tane un)	(Rafine un)	(Rafine un)
Buğday analizleri	X	X	X	X
Nem tayini	-	X	X	X
Kül tayini	-	X	X	X
Protein tayini	-	-	X	X
Fenolik madde	-	X	X	X
Antioksidan madde	-	X	X	X
FTIR analizi	-	X	X	X
SEM analizi	-	-	X	X
Yaş, kuru gluten	X	X	X	X
Gluten indeks	X	X	X	X
Sedimantasyon	-	X	X	-
Gecikmeli sedim.	-	X	X	-
Düşme sayısı	-	X	X	-
Farinograf	-	-	X	-
Hamur yapışanlık	-	X	X	X
Kieffer analizi	-	-	X	X
pH, ORP, H2O2, Alkalite, Nitrit, Nitrat ölçümü	-	-	-	X
Ekmek analizleri	-	-	-	X
İstatistiksel analizler	X	X	X	X

3.3.1. Buğday örneklerinde yapılan analizler

3.3.1.1. Yabancı madde tayini

Bütün buğday kitlesini temsilen 100 g buğday örneği alınarak çizelgede belirtilen özellikteki tanelerin her biri 2 tekerrürlü olacak şekilde ayrılarak ağırlıkları tartılıp % olarak hesaplanmıştır. TS 2974 buğday standardına bakılarak yabancı madde miktarları açısından ekmeklik buğdaylar derecelendirilmiştir (TSE, 2018).

3.3.1.2. Bin tane ağırlığı

Bin tane ağırlığı; tanenin irilik, dolgunluk, cılızlık durumu ve un verimi hakkında fikir verir. Bin tane ağırlığı yumuşak buğdaylara göre sert buğdaylarda daha fazla çıkmaktadır ve aynı çeşitte bin tane ağırlığı nişasta miktarı ile doğru, protein miktarı ile ters orantılıdır (Elgün vd., 2002). Süne hasarına uğramamış sağlam buğdaylarda ve süne emgili buğday taneleri ile atalık buğday tanelerinde bin tane ağırlığı tayini Elgün vd. (2002) tarafından belirtilen yönteme göre yapılmıştır.

3.3.1.3. Hektolitre ağırlığı

Hektolitre ağırlığı buğdayın yoğunluğu hakkında bilgi verir. Buğday standartlarında ve ticari sınıflandırmada kullanılan bir kriterdir. Hektolitre ağırlığı buğday tanelerinin şekli, yoğunluğu, iriliği ve homojenliğine göre değişmektedir (Kaplan, 2009). Hektolitre tayin cihazı (1 L hacimli ölçü silindirli) kullanılarak 1 L hacimli buğdayın ağırlığı tartılarak ve bulunan değer 100 ile çarpılmış buğday örneklerinin hektolitre ağırlığı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre atalık ve modern buğdaylar TS 2974 buğday standardına göre derecelendirilmiştir (TSE, 2009).

3.3.1.4. Tane sertliği

Tane sertliğinin belirlenmesinde Grobacker kesit aleti kullanılmıştır. Bu alette alt ve üst levhada 50 oyuk olup arasında bıçak bulunmaktadır. 50 adet buğday tanesi bu levhaya yerleştirilerek kesiti alınıp kesit görünümleri incelenmiştir. Böylece camsı, unsu ve dönme görünümlü olan buğday taneleri belirlenmiştir. Kesilen buğdaylarda kesit koyu kahve renkte ve cam gibi parlak bir görünümde ise camsı, unsu görünümde ise unsu, kısmi olarak camsı kısmen unsu görünümde ise dönmeli tane olarak adlandırılmıştır. Camsı, unsu ve dönme tane sayısı 2 ile çarpılmak suretiyle %oranları belirlenmiştir (Konopka, 2015).

3.3.1.5. Elek analizi

Buğday çeşitlerinin irilik ve homojenlik özellikleri farklı delik aralıklarına sahip elekler (Tekpun, İstanbul) kullanılarak belirlenmiştir. Delik aralığı 2.2 mm, 2.5 mm ve 2.8 mm olan elekler kullanılmıştır. Delik aralığı en geniş olan elek en üste, dar olanda en alta gelecek şekilde üst üste yerleştirilen elek takımına 100 gram temizlenmiş buğday tartılarak ve 5 dakika eleme işlemi yapılmıştır. Süre sonunda her eleğin üstünde kalanlar ayrı ayrı tartılarak yüzdesel olarak hesaplama yapılmıştır. Birbiriyle eş olan eleklerde (2.2 + 2.5 mm veya 2.5 + 2.8 mm) kalan buğdaylar toplanarak ve çıkan sonuç %75'ten fazla ise iri ve homojen; %75'in altında kalanlar ise küçük ve heterojen olarak kabul edilmiştir (Türk, 2013).

3.3.1.6. Renk analizi

Renk ölçümü Minolta CR 410 cihazı (Minolta Co Ltd., Tokyo, Japonya) ile yapılmıştır. Örneklerde üç farklı bölgeden ölçüm yapılarak ve renk bileşenleri L, a ve b değerleri belirlenmiştir (L değeri: (0) Siyah, (100) Beyaz; a değeri: (+) kırımızı, (-) yeşil; b değeri: (+) sarı, (-) mavi)) (Elgün vd., 2002)

3.4. Ön Deneme: 4 Farklı Süre (0, 15, 60 ve 120 s) Kullanılarak Soğuk Plazma Uygulanmış Olan Tam Tane Buğday Unu Örneklerinde Yapılan Analizler

3.4.1. Yaş Gluten, Kuru Gluten ve Gluten İndeks Analizleri

Yaş ve kuru gluten elde yıkama metodu ile 38-10.01'e uygun olarak, gluten yıkama cihazı (Ekin Gıda, Ankara), glutork ve gluten indeks cihazları (Ekin Gıda, Ankara) ile AACC Metod 38-12.02'e uygun olarak yapılmıştır.

Elde edilen yaş gluten, gluten indeks cihazındaki eleklere konularak dakikada 6000 devirle santrifüjleme yaparak kaset içerisine konulan yaş glutenin merkezkaç kuvvet etkisiyle gluten bağları zayıf olan ve süne tahribatına uğraşmış kısımlarını eleğin altına geçirmek suretiyle çalışmaktadır. Santrifüjleme bittikten sonra kasetin alt ve üst kısımlarındaki glutenler alınarak ayrı ayrı tartılmış ve formüle göre hesaplama yapılmıştır (AACC Metot, 38-12.02, AACC, 2000).

Yaş Gluten ağırlığı (g)= Çürük gluten (g) + Sağlam gluten (g) (3.1)

%Yaş gluten = [Yaş gluten ağırlığı (g) / Un örneğinin ağırlığı (g)] x 100 (3.2)

%indeks= Sağlam gluten/ toplam gluten *100 (3.3)

Buğday unlarının kuru gluten miktarlarını belirlemek için glutork cihazı (Ekin Gıda, Ankara) kullanılmıştır. Yaş gluten glutork cihazında 5 dakika boyunca sıcaklık uygulaması yapılarak içinde bulunan suyun uçması sağlanmıştır. Sürenin sonunda kuru olan gluten tartılarak bulunan değer formülde yerine yazılmış ve kuru gluten oranı % olarak hesaplanmıştır (AACC Metot, 38-12.02, 2000).

%Kuru gluten = [Kuru gluten ağırlığı (g) / Un örneğinin ağırlığı (g)] x 100 (3.4)

3.5. Dört Farklı Süre (0, 150, 300 ve 600 s) Kullanılarak Soğuk Plazma Uygulanmış Olan Tam Tane Buğday Unu Örneklerinde Yapılan Analizler

3.5.1. Rutubet miktarı tayini

Daha önce 130-133°C derecede kurutulup darası alınmış olan petri kaplarına 1 mg hassasiyetle 5 gram örnek tartılmıştır. Sonra 130-133 dereceye ayarlı kurutma dolabında (Nüve FN, 120, Ankara/Türkiye) 2 saat kurutularak su kaybı saptanmış ve %nem kaybı hesaplanamıştır (AACC Metot, 44-01.01, 2010).

3.5.2. Kül miktarı tayini

Kül miktarının tayini yakma sonucu kalan toplam mineral miktarının tayini esasına dayanmaktadır (AACC Method 08-01. 01). Buğdaylarda kül miktarı ekmekçilik değeri ile ilgilidir ve un randımanı hakkında bilgi verir. Kül miktarı çeşit, yetişme şartları, iklim ve toprak özellikleri tarafından etkilenir. Un örnekleri 2-3 g kadar tartılarak porselen krozelere konulmuştur. Örneklere 2-3 ml etil alkol ile ön yakma işlemi, bu işlemin ardından kül fırında (Nüve, MF10, Ankara) 900°C'de yaklaşık 4 saat siyah leke kalmayıncaya kadar 2. yakma işlemi uygulanmıştır. Desikatörde soğutulduktan sonra krozede kalan kül miktarının tartılmasından sonra çıkan sonuçlar % kül miktarı olarak hesaplanmıştır.

3.5.3. Fenolik madde içeriğinin belirlenmesi

Toplam fenolik içerik Folin-Ciocaltaeu Yöntemi kullanılarak kolorimetrik olarak belirlenmiştir. Tüm örnekler için (1 g), bağlı fenolikler için asitlendirilmiş etanol (HCl/etanol/su, 50:8:42, v/v) ve serbest fenolikler için metanol kullanılmıştır. Örnek (1 g) ve çözücü (10 ml) Ultra-Turrax (Cat x120, Alman) ile 25000 rpm'de 3 dakika boyunca sindirilmiştir. Karışım daha sonra 6000 rpm'de 30 dakika santrifüj edilmiş (Hermle Z 206 A, Alman) ve elde edilen süpernatant toplam fenolik içeriğini belirlemek için kullanılmıştır. Analizde 0.5 ml süpernatant örneği, 2.5 ml Folin-Ciocaltaeu reaktifi (%10, w/v, suda) ve 2 ml sodyum karbonat çözeltisi (%7.5, w/v, suda) bir test tüpünde karıştırılmış ve 2 saat boyunca oda sıcaklığında (24±1°C) inkübe edilmiştir. Bu sürenin sonunda çözeltilerin absorbans değerleri spektrofotometrede (ThermoScientefic Genesis 10s Uv-Vis, ABD) 765 nm'de okunmuş ve toplam fenol içeriği gram ekstrakt başına mg gallik aside (mg GAE/g) eşdeğer olarak hesaplanmıştır (Slinkard ve Singelton, 1977).

3.5.4. Antioksidan madde içeriğinin belirlenmesi

Antioksidan aktivite, serbest radikal 2,2-difenil-l-pikrilhidrazil (DPPH) kullanımını içeren bir yöntemle ölçülmüştür. Bu yöntemde, antioksidanların metanol çözeltisi içindeki kararlı radikal ile reaksiyona girmelerine izin verilmiştir (Aksoylu, 2012). DPPH radikallerinin renk değişimi, reaksiyon sırasında karakteristik dalga e a boyunda absorbansındaki azalma izlenerek takip edildi. Radikal formunda DPPH, 515 nm'de absorbe eder, ancak bir antioksidan türü tarafından indirgendiğinde absorpsiyon ortadan kalkar. 200 mikrolitre ekstrakt alındı ve buna 3.8 ml DPPH eklendi. 1 saat karanlıkta bekletildikten sonra, spektrofotometrede (ThermoScientefic Genesis 10s Uv-Vis, ABD) 517 nm'de absorbanslar belirlendi. Antioksidan aktivite (AA) şu şekilde hesaplandı:

$$\%\text{renk değişimi} = (1 - [\text{örnek A değeri} / \text{kontrol A değeri}]) \times 100 \quad (3.5)$$

3.5.5. Protein miktarı tayini

Protein miktarının belirlenmesi Dumas azot analiz cihazı ile (Velp Scientifica NDA–701, İtalya) Ham Protein / Yakma Metodu, AACC Metod No:46–30.01 (AACC, 2000)' a uygun olarak yapılmıştır.

3.5.6. FTIR Analizi

FTIR bileşenlerin kimyasal yapılarındaki benzerlik ve farklılıkları tespit etmeyi sağlayan bir metodolojidir. Kontrol ve plazma uygulanmış buğday unlarının kızılötesi spektrumları Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektrometresi -FTIR- (JASCO FTIR 4700/ ATR, JAPONYA) ile analiz edilmiştir. Bu cihazın ATR ekipmanı elmas kristale sahiptir. Un numuneleri (20 µL) alınarak ATR/FTIR cihazında 400-4000 cm^{-1} aralığında, 4 cm^{-1} çözünürlükte, 45 tarama değeri ve 2 mm/s tarama hızıyla ölçülmüştür. Spektrumlar OPUS 7.0 yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. Fourier self konvolüsyon, taban çizgisi ve Gaussion tepe noktası Kumar vd. (2020)'ye göre belirlenmiştir.

3.5.7. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) analizi

Taramalı elektron mikroskobu (SEM) buğday hamuru örneklerinin mikroyapılarının analizine olanak sağlayan bir tekniktir. Buğday hamuru mikroyapısının geliştirilmesi zamana, su ilavesine ve karıştırma enerjisi girdilerine bağlı olan karmaşık bir süreçtir. Buğday unları ve hamurlarındaki mikroyapısal değişimler SEM cihazı (Quanta FEG 250, FEI, ABD) ile gerçekleştirilmiştir. Analiz 1 kV hızlanma voltajı ve 5 mm çalışma mesafesi yapılmıştır. Analizden önce numuneler yaklaşık 1 cm^3 boyutlarında kesildi ve − 40 ◦C'de 3 saat boyunca bir liyofilizatörde (Labconco Freezone 6 Plus, ABD) kurutulmuştur ve daha sonra numunelerdeki nemi uzaklaştırmak için desikatörde soğutulmuştur. Numunelerin büyütme oranları ×5000 olarak alınmıştır.

3.5.8. Yaş gluten, kuru gluten ve gluten indeks analizleri

Yaş ve kuru gluten elde yıkama metodu ile 38-10.01'e uygun olarak, gluten yıkama cihazı (Ekin Gıda, Ankara), glutork ve gluten indeks cihazları (Ekin Gıda, Ankara) ile AACC Metod 38-12.02'e, göre belirlenmiştir.

3.5.9. Sedimantasyon değerinin belirlenmesi

Sedimantasyon tayini, gluten miktar ve kalitesini belirleten bir analizdir. Sedimantasyon değerini belirlemek için un ve laktik asit solüsyonu ile hazırlanan bir süspansiyondaki un taneciklerinin şişmesi glutenin miktar ve kalitesine göre ölçülmüş ve belirli bir sürede çöken şişen taneciklerin miktarı belirlenmiştir.

Sedimantasyon tayini sedimantasyon cihazı (Tekpa, Ankara) ile AACC Metot 56-60.01 (AACC, 2010)'e göre yapılmıştır. 3.2 gram un tartılarak 100 ml'lik kapaklı mezüre koyulmuştur. Üzerine 50 ml bromfenol mavisi eklenerek 5 saniye içinde 12 kere çalkalanarak un ile çözeltinin iyice karışması sağlanmıştır Mezür sedimantasyon cihazına yerleştirilerek 5 dakika süreyle çalkalandıktan sonra içine 25 ml laktik asit çözeltisi eklenip ağzı kapatılarak tekrar 5 dakika çalkalanmak üzere sedimantasyon test cihazına bırakılmıştır. İşlem sonunda mezür düz bir zemine koyulup 5 dakika bekledikten sonra dibe çöken kısım ml cinsinden okunmuştur (AACC Metot 56-60.01, 2000).

3.5.10. Gecikmeli sedimantasyon değerinin belirlenmesi

Gecikmeli sedimantasyon değeri ile süne ve kımıl zararına uğramış unların kalitesi belirlenmektedir. Gecikmeli sedimantasyon değeri ile normal sedimantasyonla belirlenen değere göre azalma görülüyorsa danelerde süne zararı olduğu söylenebilir (Aktar, 2011). Gecikmeli sedimantasyon tayini AACC Metot 56-60.01 (AACC, 2010)'e göre yapılmıştır. 3.2 gram un tartılarak 100 ml'lik kapaklı mezüre koyulmuştur. Üzerine 50 ml bromfenol mavisi eklenerek 5 saniye içinde 12 kere çalkalanarak un ile çözeltinin iyice karışması sağlanmıştır. Mezür sedimantasyon cihazına (Tekpa, Ankara) yerleştirilerek 5 dakika süreyle çalkalandıktan sonra 37 derecede etüvde 2 saat inkübasyona bırakılmıştır. Süre sonunda 25 ml test çözeltisi

ilave edilip 5 dakika daha çalkalanmıştır. İşlem sonunda mezür düz bir zemine koyulup 5 dakika bekledikten sonra dibe çöken kısım ml cinsinden okunmuştur.

3.5.11. Düşme sayısı değerinin belirlenmesi

Düşme sayısı değerinin belirlenmesi düşme sayısı cihazı ile (FN-FFN 211, Ekin Gıda, Ankara) AACC Metot 56-81.03'e uygun olarak yapılmıştır. Düşme Sayısı cihazının su banyosuna üst kenarından 2-3 cm aşağıda olacak şekilde saf su ilave edilmiştir ve 100 derecede kaynatıldıktan sonra %15 nem esasına göre 7 gram un tüpe konulmuştur ve üzerine 20-25 derece sıcaklıkta 25 ml saf su ilave edilerek tüpün ağzı tıpa ile kapatılarak 20-30 kere çalkalanmıştır. Tıpa çıkartılarak viskozimetrenin karıştırıcısı yerleştirilerek tüp cihaza konulmuştur. 5 saniye sonra cihazın motoru çalışmaya başlamış ve 60 saniyede serbest kalan karıştırıcı kendi ağırlığı ile süspansiyon içine batmıştır. Karıştırıcı derinliği ulaştığında zaman otomatik olarak durmuş ve alarm zili çalmıştır. Karıştırıcının belli aralığa kadar batması için geçen süre saniye olarak düşme sayısını vermektedir (AACC Metot 56-81.03, 2000).

3.5.12. Renk tayini

İkinci uygulama için numunelerin renk değerleri Elgün vd. (2002)'e uygun olarak belirlenmiştir.

3.6. Un Örneklerinde Yapılan Reolojik Analizler

3.6.1. Farinograf tayini

Farinograf cihazında unun yoğrulması aşamasında 500 BU çizgisini yakalaması için gerekli olan su miktarı ve yoğurma sırasında hamurun yoğurucu paletlere gösterdiği direnç neticesinde elde edilen grafik değerleri hesaplanarak belirlenmiştir. Farinograf testi için 100 g un kapasiteli Ekinograf (Ekin gıda, Ankara) cihazı kullanılmıştır (AACC Metot 54-21, 2000). Atalık buğdaylar ve süne zararına uğramış buğday ile hazırlanan hamurların; % su absorbsiyonu, stabilite, gelişme süresi ve yumuşama derecesi gibi farinografik özellikleri belirlenmiştir.

3.6.2. Hamur ve gluten uzayabilirlik (SMS/Kieffer dough and gluten extensibility rig) analizi

Hamurların uzayabilirlik testi tekstür analiz cihazında (TA.XT Plus, Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Surrey, İngiltere) SMS/Kieffer hamur ve gluten uzayabilirlik probu (SMS/Kieffer Dough and Gluten Extensibility Rig) kullanılarak hamurun uzamaya karşı direnç (Rmax), uzayabilirlik (Ext) ve kurve altındaki alan (ARmax/Ext) değerleri ölçülmüştür (Kieffer vd., 1998). Hazırlanan hamurlar için farinografta belirlenen oranda (500 BU konsistense göre) su ilave edilerek daha sonra optimum hamur gelişimine kadar yoğrulmuştur. Kieffer hamur uzayabilirlik sisteminin kalıpları üzerine hazırlanan hamur örneği konularak, üzerine kalıbın üst kısmı kapatıldıktan sonra kalıbın alt ve üst parçaları plastik spatula ile temizlenmiştir. Nem kaybını önlemek ve hamurun dinlenmesi için kontrollü şartlarda hamur 40 dk dinlendirilmiştir. Dinlenme süresi sonrası üst kalıp geriye doğru yavaşça kaydırılarak, düzenekten spatula ile dikkatlice alınan şerit halindeki hamur parçaları Kieffer düzeneğine yerleştirilmiştir. Düzeneğin çengel şeklindeki ucu hamura ulaşınca hamur belli bir miktar uzayarak ve ölçüm yapılmıştır. Bu yönteme ait parametrelerden ön test hızı: 1.0 mm/s, test hızı: 3.3 mm/s, son test hızı: 10.0 mm/s, mesafe: 75 mm, trigger kuvvet tipi 5 g kullanılarak test edilmiştir.

3.6.3. Hamur yapışkanlığı analizi

Hazırlanan hamurların Tekstür Analiz cihazında (TA.TX2. Stable Micro System Ltd., Godalming, Surrey, İngiltere) 25 mm çapındaki silindir prob (P/25P) ile SMS/Chen-Hoseney Dough Stickiness Cell (A/DSC) yöntemi kullanılarak yapışkanlık değerleri belirlenmiştir. Cihazın silindir probu içerisine hamur yerleştirildikten sonra vidalı yapı döndürülerek hamurun 1-2 mm kadar dışarı çıkması sağlanarak ve ilk hamur bir spatula yardımı ile alındıktan sonra vida tekrar döndürülerek 1 mm uzunluğunda hamur örneği çıkarılmıştır. Basıncı azaltmak ve hamurun basınç altında daha uzağa aktarılmadığından emin olmak için vida kısmen geriye döndürülüp ve yaklaşık 30 saniye bekleme süresi sırasında nem kaybını azaltmak için probun üzeri cam aparat ile kapatılmıştır. Sonrasında, Tekstür Analiz cihazına yerleştirilerek hamurların yapışkanlık değerleri bir kuvvet- zaman grafiği olarak belirlenmiştir. Grafikte hamur

yapışkanlığını ifade eden değer pozitif maksimum kuvvet (g), eğri altındaki pozitif alan hamur ile prob arasında oluşan yapışma kuvveti (g.s) (work of adhesion), hamur proptan ayrılıncaya kadar oluşan mesafe (mm) ise hamur esnekliği ile prob arasında oluşan kuvvetlerin oranı (Dough strength/ cohesivenes) (mm) olarak ifade edilmiştir (Chen ve Hoseney, 1995).

3.7. Dört Farklı Süre (0, 30, 45 ve 60 s) Kullanılarak Soğuk Plazma Uygulanmış Rafine Buğday Unu Örneklerinde Yapılan Analizler

Buğday örneklerinden elde edilen tam tane unların teknolojik ve reolojik özelliklerinin belirlenebilmesi amacıyla; nem (AACC Metot, 44-01, 2000), kül (AACC Metot, 08,01, 2000), protein AACC Metot No. 46-12 (AACC,1990) yağ (AOAC Metot No: 2003.06), FTIR analizi (Kumar vd., 2020), toplam fenolik madde (Slinkard ve Singelton, 1977), antioksidan aktivite (Brand-Williams vd., 1995) yaş ve kuru gluten miktarı (AACC Metot 38-10, 2000), Zeleny sedimantasyon testi (AACC Metot 56-60, 2000), gecikmeli Zeleny sedimantasyon testi (Greenaway vd., 1965) ve amilaz aktivitesi -düşme sayısı olarak- (AACC Metot 56-81.03, 2000) analizleri yapılmıştır. Buğday unlarının reolojik özelliklerini belirlemek amacıyla Farinograf tayini (AACC Metot 54-21, 2000), Hamur ve gluten uzayabilirlik (SMS/Kieffer dough and gluten extensibility rig) analizi (Kieffer vd., 1998), Hamur Yapışkanlığı Analizi (Chen ve Hoseney, 1995) yapılmıştır.

3.8. Beş Farklı Süre (0, 30, 60, 120, 180 s) Kullanılarak Su Örneklerine Soğuk Plazma Uygulanmış Rafine Buğday Unu Örneklerinde Yapılan Analizler

Buğday unlarında kuru ve yaş gluten değeri, gluten indeks değeri AACC Metod 38–12.02 kullanılarak belirlenmiştir (AACC, 2010).

Buğday unlarının reolojik özelliklerini belirlemek için plazma aktif su ile hazırlanan hamurlarda Hamur ve gluten uzayabilirlik (SMS/Kieffer dough and gluten extensibility rig) analizi (Kieffer vd., 1998), Hamur Yapışkanlığı Analizi (Chen ve Hoseney, 1995) analizleri yapılmıştır. Kimyasal özelliklerini belirlemek için FTIR analizi (Kumar vd., 2020), toplam fenolik madde (Slinkard ve Singelton, 1977), antioksidan aktivite (Aksoylu vd., 2012) yapılmıştır.

3.8.1. Plazma aktif su ile hazırlanan ekmek örneklerinde yapılan analizler

Kontrol grubu ve plazma aktif sularda (PAS) uygulama sonunda çok parametreli (Adwa AD14 pH/ORP ölçer, Romanya) cihazı kullanılarak pH ve oksidasyon indirgeme potansiyeli (ORP) ölçüldü. Perx® (ColorKim, İstanbul Türkiye) H_2O_2 test şeritleri ile H_2O_2 testi ölçümleri alınmıştır. Nitrit, nitrat ve alkalite Aquax® toplam su sertliği test kiti (ColorKim, İstanbul Türkiye) kullanılarak ölçülmüştür.

3.8.2. Ekmek ağırlığının belirlenmesi

Ekmek ağırlıkları ekmek fırından çıktıktan sonra en az 1 saat sonra yapılmıştır (Elgün vd., 2002).

3.8.3. Ekmek hacminin belirlenmesi

Ekmek hacmi ekmeğin kapladığı boşluktur ve ekmek için önemli bir kalite kriteridir. Ekmeklerin hacimleri hardal tohumu ile yer değiştirme prensibine göre yapılmıştır (Elgün vd., 2002).

3.8.4. Ekmek en, boy ve yükseklik değerlerinin belirlenmesi

5 farklı sürede plazma aktif su ile üretilen ekmeklerin en, boy ve yükseklik değerleri kumpas aleti ile ölçülmüştür. Her bir değer için bir ekmeğin üç farklı noktasından ölçüm alınmıştır (Türk, 2016).

3.8.5. Ekmek renk değerlerinin belirlenmesi

Ekmek örneklerinin renk değerleri Elgün vd. (2002)'e göre belirlenmiştir.

3.8.6. Ekmek nem değerlerinin belirlenmesi

Ekmek örnekleri üretildikten 6, 24 ve 48 saat sonra kurutulup öğütülerek boyutları küçültülüp 130-133°C'de etüvde (Wiseven, Won-105, Kore) 2 saat kurutulup su kaybı belirlenerek %nem miktarı hesaplanmıştır (AACC Method 44-01.01).

3.8.7. Ekmek içi ve kabuk renginin belirlenmesi

Ekmek içi ve ekmek kabuğu renk (*L*, a*, b**) yoğunlukları Minolta CR 400 kalorimetre aleti ile renk ölçümü 3 paralelli olarak belirlenmiştir. Ekmekler 2.5 cm olarak dilimlenerek ekmek içi rengi belirlenmiştir. Bütün ekmeğin kabuk kısmı da ekmek kabuğu renginin belirlenmesinde kullanılmıştır ve tüm ölçümler üç farklı noktadan yapılmıştır.

3.8.8. Ekmekte FTIR analizi

Ekmekte FTIR spektrumlarının belirlenmesi Kumar vd. (2020)'e uygun yapılmıştır.

3.8.9. Ekmekte SEM analizi

3.8.10. Ekmekte protein analizi

Ekmekte protein miktarının belirlenmesi AOAC 992.23-1992, (1998)'e uygun yapılmıştır.

3.8.11. Tekstürel analizler

Ekmek örneklerinin tekstür analizleri; AACC 74-09'a göre, tekstür analiz cihazı kullanılmıştır (AACC, 2000). 2.5 cm kalınlığında kesilen ekmek dilimlerinin üzerine silindir prob (P/36R) ile iki defa baskı uygulanması sonucu elde edilen grafiğin değerlendirilmesi suretiyle; örneklerin sertlik (hardness), elastikiyet (springiness), koheziflik (cohesiveness), çiğnenebilirlik (chewiness) ve esneklik (resilience) değerleri belirlenmiştir. Ekmek içi sıkılık (firmness) değerlerinin tespitinde de aynı prob kullanılacak, test hızı 1.7 mm/s ve deformasyon oranı %40 olacak şekilde ayarlanmıştır.

3.9. İstatistiksel Analizler

Her denemedeki un örneklerinin tüm özelliklerine dair ölçülen tüm özelliklerine ilişkin olarak elde edilen verilerin varyans analizleri Duncan testine SPSS (Versiyon 26.0) istatistik programından faydalanılarak tespit edilmiştir (SPSS, 2019).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Buğday Örneklerinin Fiziksel Özellikleri

4.1.1. Yabancı madde miktarı

Buğday örneklerinin yabancı madde içeriklerine ait elde edilen değerler Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Buğday örneklerinin yabancı madde miktarları incelendiğinde kırık tane oranının Kavılca buğdayında %0.89, Ekmeklik (Esperia) buğdayında %1.73, Süneli (Bezostaja) ise %3.34, Süneli (Bayraktar) buğdayında %1.02, Ekmeklik (Bayraktar) %0.52 olarak tespit edilmiştir. Ekmeklik (Bayraktar) buğday çeşidi diğer buğdaylara kıyasla daha az oranda kırık tane içermektedir. Buğdayların süne-kımıl tahribatına uğramış tane oranlarına bakıldığında Ekmeklik (Esperia) buğdayının %2.49, Kavılca buğdayının %3.32, Süneli (Bezostaja) buğdayın %7.1, Süne zararlı (Bayraktar) %5.6, Ekmeklik (Bayraktar) buğdayın ise %2.41 oranında süne-kımıl tahribatına uğramış tane içerdiği tespit edilmiştir. Buğday örneklerinin cılız tane oranının %1.14 Ekmeklik (Esperia) ile %2.18 Süneli (Bezostaja); çürümüş tane oranının %0.58 Ekmeklik (Esperia) ile %1.1 Süneli (Bezostaja) arasında değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. Kavılca buğdayının kavuz oranı %0.77 olarak tespit edilmiştir. Çavdar-mahmuz oranı Süneli (Bezostaja) buğdayında %0.6 olarak belirlenirken diğer buğday çeşitlerinde bu tanelere rastlanmamıştır. Embriyosu kararmış tane sadece süne zararına uğrayana buğdaylarda tespit edilmiştir. Süneli (Bezostaja) için %0.58, Ekmeklik (Bayraktar) için %0.62 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.1. Buğday örneklerinin yabancı madde içeriklerine ait değerler

Buğday çeşidi	kırık tane (%)	Kusurlu tane (%)					süne-kımıl tahribatına uğramış tane (%)	çimlenmiş-filizlenmiş taneler (%)	Diğer muhtelif maddeler (%)											Hayvan orijinli kalıntılar (%)		Buğday standardına göre derecesi
		cılız buruşuk tane (%)	diğer hububat (%)	haşere tah.uğr.tane (%) (süne-kımıl hariç)	embriyosu kararmış tane (%)	fazla ısıya maruz kalmış tane (%)			Yabancı ot tahumları		Zarar görmüş taneler				Toplam yabancı madde		kavuz (%)	çavdar mahmuzu (%)	süneli-rastıklı tane (%)			
									zararlı ot tohumları (%)	diğer ot tohumları (%)	kızışmış veya kurutma esnasında yanmış taneler (%)	çürümüş taneler(%)	fusarium etkisine maruz kalmış taneler (%)	diğer zarar görmüş tane (%)	yabancı organik madde (%)	yabancı inorganik madde (%)				ölü böcek ve böcek parçaları (%)	hayvan orijinli kıl,tüy, dışkı v.b. (%)	
Ekmeklik (Esperia)	1.73±0.51[b]	1.14±0.087[b]	-	-	-	-	2.49±0.09[c]	-	-	-	-	0.58±0.02[c]	0.7±0.13[a]	-	-	-	-	-	0.89±0.25	-	-	Derece dışı
Süneli (Bezostaja)	3.34±0.24[a]	2.18±0.017[a]	-	-	0.58±0.09[a]	-	7.1±0.35[a]	-	0.16±0.01[a]	-	0.3±0	1.1±0.058[a]	0.63±0.058[b]	-	0.32±0.046[a]	-	0.06±0.01[d]	0.6±0.1	-	-	-	Derece dışı
Siyez	3.12±0.01[a]	0.65±0.11[c]	-	-	-	-	0.98±0.01[e]	-	-	-	-	-	0.65±0.01[b]	-	-	-	0.25±0.25[b]	-	-	-	-	İkinci derece
Kavılca	0.89±0.05[d]	1.96±0.22[a]	-	-	-	-	3.32±0.15*[c]	-	-	-	-	0.9±0.005[b]	-	-	-	-	0.77±0.01[a]	-	-	-	-	Üçüncü derece
Süneli (Bayraktar)	1.02±0.02[c]	1.56±0.15[b]	-	-	0.62±0.01[a]	-	5.6±0.51[b]	-	0.08±0.07[b]	-	--	0.92±0.01[b]	0.72±0.02[a]	-	0.40±0.05[a]	-	0.05±0.02[d]	-	-	-	-	Derece dışı
Ekmeklik (Bayraktar)	0.52±0.10[e]	0.5±0.32[c]	-	-	-	-	1.41±0.04[d]	-	-	-	-	-	0.25±0.36[c]	-	-	-	0.12±0.05[c]	-	-	-	-	İkinci derece

Tabloda aynı sütunundaki farklı üst simge ve küçük harflerle gösterilen ortalama değerler, *p<0.05* düzeyinde anlamlı olarak farklıdır.

TS 2974 Buğday standardında belirtilen yabancı madde verilerine göre, analizi yapılan Ekmeklik (Esperia), Süneli (Bezostaja), Kavılca ve Siyez buğdaylarından Ekmeklik (Esperia) ve Süneli (Bezostaja) buğdayı düşük vasıflı ekmek sınıfında yer alırken Siyez buğdayı ikinci derece, Kavılca buğdayı üçüncü derece ekmeklik buğday sınıfında yer almıştır. Ekmeklik (Bayraktar) buğday ikinci derece, Süneli (Bayraktar) derece dışı olarak tespit edilmiştir. Ancak, yabancı madde miktarı buğdayın hasat edilmesi, taşınması ve depolanması sırasında gösterilen özene bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Bu numuneler, üreticinin tarladan hasat ettiği şekliyle doğrudan alınmıştır. Üretici tarafından herhangi bir temizleme işlemine tabi tutulmadığı için yabancı madde içeriğinin yüksek olması normal olarak kabul edilmiştir.

Bu çalışmada yer alan buğday çeşitlerinin kalite parametreleri ve derece sınıflandırmaları literatürdeki çalışmalarla kıyaslandığında önemli benzerlikler ve farklılıklar göstermektedir. Özellikle kusurlu, kırık ve zararlıların etkisine uğramış tane oranlarının yüksek olduğu süneli buğday çeşitlerinin kalite derecesinin düşük olduğu ve derece dışı olarak sınıflandığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlar literatürde yapılan bir çalışmada da benzer şekilde tespit edilmiştir. Kinaci ve Kinaci (2004) yaptığı çalışmada süne zararı oranı yükseldikçe protein içeriği, bin tane ağırlığı ve sedimentasyon değerlerinde önemli düzeyde azalmalar olduğunu tespit etmişlerdir. Aynı zamanda beyaz taneli çeşitlerin kırmızı taneli çeşitlere kıyasla süne zararına karşı daha hassas olduğunu tespit etmişlerdir.

Süne zararlısı tahıl kütlesine girerek tanenin diğer yabancı maddelerle birlikte sınıflandırılmasına yol açmaktadır. Süne gözle görülür şekilde rengi bozuk, hasarlı ve düşük yoğunluklu taneler üretmektedir ve bu durumlarda buğdaydaki yabancı madde içeriğini arttırmaktadır (Najafi-Mirak, 2012). Literatürde süne zararlı buğdayın hamur ve un kalitesini bozması ile ilgili çok sayıda çalışma mevcuttur (Dizlek ve İslamoğlu, 2010; Dizlek ve Özer, 2010). Buğday ve un kalitesinin yabancı madde ile kalite arasındaki ilişkiyi ele alan çalışmalar da mevcuttur (Bilgiçli ve Soylu, 2016). Fakat süne zararlı buğday ve modern ekmeklik buğdayın yabancı madde miktarı ile alakalı literatürde çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışma bu anlamda literatürde yer alan boşluğu doldurmaya katkı sunmaktadır.

Kimyasal ve fiziksel kalite parametreleri bakımından farklı çeşitlerden ve bölgelerden toplanan buğdaylarda yabancı madde miktarı, kırık/buruşuk tane oranı, protein, tane ağırlığı gibi özelliklerde önemli varyasyonlar olduğu tespit edilmiştir (Safdar vd., 2009).

Siddiqi vd. (2020) yaptıkları çalışmada, yüksek tane ağırlığı ve düşük düzeyde yabancı madde miktarına sahip buğdayların kalite standartları açısından daha uygun olduğunu ve gluten-protein içeriği yüksek olan buğday çeşitlerinin ekmeklik kalite bakımından tercih edildiğini bildirmişlerdir.

Sonuç olarak hem bu çalışma hem de literatürdeki çalışmalar buğdayların kalite özellikleri açısından derecelendirilmesinde çok boyutlu bir değerlendirme yapılması gerektiğini ve çeşitler arasında görülen farklılıkların hem çevresel hem de genetik faktörlerden kaynaklandığını göstermektedir (Yipeng vd., 2022; Shen vd., 2023; Zhao vd., 2023).

Buğday tanesinde süne zararı, fiziksel kusurlar ve yabancı madde miktarı kaliteyi belirleyen ana unsurlar olmakla birlikte bu parametrelerin modern görüntüleme teknikleriyle hassas bir şekilde takip edilmesi hem sanayi hem de üretici açısından büyük avantaj sağlamaktadır (Basati vd., 2018; Rajalakshmi vd., 2020).

Günümüzde ıslah yoluyla geliştirilen modern ekmeklik buğday çeşitleri, standardize edilmiş tane kalitesi ve yüksek verim bakımından avantaj sağlarken atalık buğday çeşitleri, besin bileşimi, genetik çeşitlilik ve zararlılara karşı uyum sağlama yeteneği bakımından önemli kaynaklar olarak değerlendirilmektedir (Frankin vd., 2021).

Çalışmalar modern buğdayların daha homojen özelliklere sahip olduğunu gösterse de atalık buğdaylarda yabancı madde (saman, yabancı tohum, toprak vb.,) içeriği üzerine doğrudan genotipi esas alan nicel karşılaştırmalar nispeten kısıtlıdır. Karakılçık yerel buğdayının irilik ve hektolitre gibi özelliklerinin modern buğdayların özellikleri ile kıyaslandığı bir çalışmada yabancı madde içeriği bakımından bazı farklılıklar tespit edilmiştir (Özkan vd., 2024). Bu çalışma ile atalık buğday çeşitlerinde post hasat ya da hasat dönemlerinde yabancı madde birikimi açısından daha heterojen bir yapı olabileceği tespit edilmiştir.

Atalık buğdaylar kurak bölgeler gibi stresli ekolojik şartlarda modern çeşitlere göre daha stabil performans gösterir. Fakat kalite parametreleri üzerine 'özellikle zararlıya maruz kalma durumunda kalite değişimleri' ile ilgili olarak literatürde hâlâ kısıtlı düzeyde veri bulunur. Gupta vd. (2024) buğdayda farklı fizyolojik özellikler için genotip x çevre etkileşimlerinin belirlenmesi üzerine yaptıkları çalışmalarında genotip x çevre etkileşimlerinin önemli olduğunu modern buğday çeşitlerinde verim avantajı sağlamasına rağmen atalık buğday çeşitlerinde biyokütle biriktirmede avantaj sağladığını bildirmişlerdir. Fakat bu çalışmada doğrudan yabancı madde içeriği ya da süne zararı gibi konular derinlemesine araştırılmamıştır. Bununla birlikte atalık buğday çeşitlerinde doğrudan modern-atalık buğday kıyaslamasına yer veren çok az saha çalışması bulunur. Mevcut çalışmalar genel olarak modern buğday çeşitleri ile sınırlı kalır. Bu anlamda modern ve atalık buğday çeşitlerinin yabancı madde özelliklerinin doğrudan karşılaştırılması bakımından bu tez çalışması literatürdeki araştırma boşluğunu doldurmaya katkı sunar.

4.1.2. Hektolitre ve bin tane ağırlığı değerleri

Buğday örneklerinin fiziksel özelliklerinin belirlenmesi amacıyla; hektolitre ağırlığı, bin tane ağırlığı analizleri yapılmıştır. Elde edilen bulgular Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Buğday örneklerinin hektolitre ve bintane ağırlığı değerleri

Buğday çeşitleri	**Hektolitre (kg/hL)**	**Bin tane ağırlığı (g)**
Ekmeklik (Esperia)	71.3 ± 0.01^{c}	27.54 ± 0.007^{b}
Süneli (Bezostaja)	67.9 ± 0.52^{d}	20.8 ± 0.24^{d}
Kavılca	74.72 ± 0.02^{b}	31.43 ± 0.22^{a}
Siyez	80.34 ± 0.32^{a}	24 ± 0.14^{cd}
Ekmeklik (Bayraktar)	79.32 ± 0.39^{a}	25.65 ± 0.06^{c}
Süneli (Bayraktar)	66.47 ± 1.31^{d}	16.5 ± 0.06^{e}

Tablonun aynı sütunundaki farklı üst simge ve küçük harflerle gösterilen ortalama değerler, $p<0.05$ düzeyinde anlamlı olarak farklıdır.

TS 2974 Buğday standardında, ekmeklik buğdayları hektolitre ağırlıklarına göre birinci derece (en az 78.0 kg/hL), ikinci derece (77.9-76.0 kg/hL arasında) ve üçüncü derece (75.9-73.0 kg/hL arasında) olmak üzere üç gruba ayrılmıştır.

Buğdayın kalitesinin belirlenmesinde ilk olarak fiziksel özellikleri dikkate alınır. Bin tane ağırlığı ve hektolitre ağırlığı, buğday kalitesinin belirlenmesinde en temel analizlerdendir ve ıslah çalışmalarında seleksiyon amacıyla yaygın olarak kullanılır. Bin tane ağırlığı, tane yoğunluğu ve büyüklüğüne bağlı olarak değişir, buğday tanesindeki endosperm miktarı hakkında fikir verir. Bin tane ağırlığının yüksek olması, endospermin tanenin diğer kısımlarına göre daha fazla olduğu ve dolayısıyla un verimi potansiyelinin daha yüksek olduğunu ifade eder (Özboy vd., 2002; Özkaya ve Özkaya, 2005).

Çizelge 4.2 incelendiğinde buğdaylar arasında hektolitre ağırlığı bakımından farklılık olduğu tespit edilmiştir. En düşük hektolitre ağırlığı süne zararlı buğday çeşitlerinde saptanmıştır. Hektolitre ağırlığı, buğdayın değerini belirtmede önemli bir faktör olup derecelendirmede kullanılır. Buğdayın un verimini göstermesi bakımından ticari öneme sahiptir. Hektolitre ağırlığı tür, çeşit, ekim mevsimi, yetiştirme periyodu ve teknolojik şartlara bağlı olarak değişir (Elgün ve Ertugay, 1995; Şener vd., 1997; Atlı, 1999). Hektolitre ağırlığı yüksek olan buğdaylarda un veriminin fazla olduğu tespit edilmiştir (Taş, 2001). Özkaya ve Kahveci (1990) çalışmasında tanenin şekli, yoğunluğu, büyüklüğü ve homojenliğinin de hektolitre ağırlığını etkilediğini bildirmiştir.

Süne zararının hektolitre ağırlığı üzerine olumsuz etkisini (Schuler vd., 1994; Atlı, 1999; Koca vd., 2015) ortaya koyan araştırmalar literatürde bulunmaktad. Bu çalışmada da süne zararlı buğdayın en düşük hektolitre ağırlığına sahip olması bu olumsuz etkiyi göstererek literatürdeki çalışmalarla uyumlu olmaktadır.

Türkiye'deki ekmeklik buğdaylarda hektolitre ağırlığı ortalama 78 kg/hL olup, bu değer makarnalık buğdaylarda daha yüksektir. Hektolitre ağırlığı 73 kg'dan aşağı olan çeşitler düşük vasıflı ekmeklik buğday olarak sınıflandırılmaktadır. Türk Buğday Standardına göre hektolitre ağırlığı bakımından 78 kg/hL'ın yukarı olan çeşitler, birinci sınıf buğdaylardır (TSE, 2018). Bu çalışmada kavılca buğdayının hektolitre

ağırlığı 74.72 kg/hL olarak bulunmuştur. Türk Buğday Standardına göre hektolitre ağırlığı açısından yüksek vasıflı buğday sınıfına girer.

Aydoğan vd. (2019), Konya ili çevresinde yetiştirilen 7 adet makarnalık ve 7 adet ekmeklik buğday çeşitlerinin kalite özelliklerinin karşılaştırılması üzerine yaptıkları çalışmada; ekmeklik buğday çeşitlerinin ortalama hektolitre ağırlığını 72.38-78.48 kg arasında olduğunu saptamışlardır. Şahin vd. (2019), kuru ve sulu şartlarda yetiştirilen ekmeklik buğday genotiplerinin farklı reolojik analiz cihazları ile kalite ve teknolojik özelliklerinin değerlendirilmesi üzerine yaptıkları bir çalışmada; hektolitre ağırlığını 75.33 kg olarak bulmuşlardır. Bu çalışmada ekmeklik (Esperia) buğday hektolitre ağırlığı 71.3 kg olarak tespit edilmiştir. Literatürdeki çalışmalara kıyasla daha düşük hektolitre ağırlığına sahip bir buğday olduğu tespit edilmiştir. Diğer ekmeklik (Bayraktar) buğdayın hektolitre değeri 79.32 kg/hL olarak tespit edilmiştir. Bayraktar çeşidinin hektolitre değeri literatür ile uyumlu sonuç ortaya koymuştur.

Schuler vd. (1994) tanelerin buruşmasına neden olan hastalık ve yatma gibi çevresel etmenlerin hektolitre ağırlığını etkilediğini tespit etmiştir. Atlı vd. (1988) süne zararı üzerine yaptıkları çalışmada, süne zararının buğdayın bin tane ağırlığını ve hektolitre özelliklerini olumsuz etkilediğini ve un veriminde azalmaya neden olduğunu rapor etmişlerdir. Bu tez çalışmasında da süne zararına uğramış buğday örneklerinde hektolitre ağırlığının en düşük değerde (67.9-66.47) olduğu tespit edilmiştir.

TS 2974 buğday Standardında belirtilen hektolitre verilerine göre, Kavılca ve Siyez buğdayı hariç olmak üzere analiz edilen tüm buğday örneklerinin derece dışı olduğu saptanmıştır. Kavılca buğdayı, ekmeklik (Esperia) ve süneli buğdaylara göre hektolitre ve bin tane değerleri bakımından üstün özellik göstermiştir. Buğday tane boyutu büyük oranda genotip kısmen de çevresel şartlara bağlı olarak değişebilmektedir (Dziki vd., 2005). Benzer sebepler bu tez çalışmasındaki değişim aralığının açıklanmasında da geçerlidir. 2002- 2004 yılları arasında İtalya'nın güney bölgesinden toplanan 20 farklı Kavılca buğday numunesinin hektolitre ağırlığı 69.9 kg/hl ile 77.4 kg/hl arasında değiştiği rapor edilmiştir (De Vita vd., 2006). Yapılan bir çalışmada Kavılca buğdayının hektolitre ağırlığı 65.03 ile 82.48 kg/hl arasında değişim göstermekte olup ortalama 76.39±6.23 kg/hl değerdedir (Zengin, 2015). Bu tez çalışmasında Kavılca

buğdayının hektolitre ağırlığı 74.72 kg/hl olarak bulunmuştur. Literatürde belirtilen hektolitre değer aralığında yer almaktadır.

Siyez buğdayının hektolitre ağırlığı incelendiğinde TS 2974 Buğday standardına göre birinci derece olarak sınıflandırılabileceği tespit edilmiştir. Hektolitre ağırlığı tane iriliğindeki değişime bağlı olarak da farklılık gösterebilir. Tane boyutunun küçülmesi ile hektolitre ağırlığı artış gösterirken tane boyutunun büyümesi ile ise düşme gözlemlenir (Şahin vd., 2004; Bulut, 2012; Naneli vd., 2019; Öz, 2022; Nogay, 2023). Siyez buğdayının tane şekli daha yuvarlak, karın boşluğu daha az ve tane boyutunun daha küçük olması hektolitre ağırlığının daha yüksek tespit edilmesine neden olmuştur (Özkaya ve Kahveci, 1990). Bazı buğday çeşitlerinin kalite özelliklerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada, Siyez buğdayının hektolitre ağırlığının ortalama Olgun vd. (2015) tarafından 76.45 kg/hL, Şanal (2017) tarafından 78 kg/hL, Şan ve Hendek Ertop (2022) tarafından 77.61 kg/hL olarak tespit edilmiştir. Hektolitre ağırlığının üzerinde tane özelliklerine (endosperm yapısı, tanede tekdüzelik, karın boşluğu), çevre faktörleri ve çeşit etkilidir ve genel itibariyle bu değerin ekmeklik buğdaylarda 76 kg'ın üzerinde olması istenir (Kendal vd., 2012). Analiz edilen Siyez buğdayı örneklerinin hektolitre ağırlıkları ekmeklik buğdaylar için olması istenen değerin üzerinde saptanmıştır.

Çizelge 4.2 incelendiğinde ekmeklik (Esperia) buğdayının bin tane ağırlığı 27.54 g, süneli (Bezostaja) buğdayının bin tane ağırlığı 20.8 g, Siyez buğdayının 24 g ve Kavılca buğdayının bin tane ağırlığı ise 31.43 g, ekmeklik (Bayraktar) buğdayın bin tane ağırlığı 25.65 g, ekmeklik (Bayraktar) süneli buğdayın bin tane ağırlığı 16.5 g olarak tespit edilmiştir.

Bin tane ağırlığı tanenin sıkı yapılı ve dolgun olmasından etkilenir ve un verimi açısından önemli bir kalite parametresidir. Büyük ve dolgun tanelerde endospermin endosperm olmayan kısma oranı, küçük tanelilere göre daha fazla olmaktadır. Bin tane ağırlığı kalıtsal bir özellik olmakla birlikte çeşit, iklim, toprak özellikleri ve tarımsal uygulamalar gibi faktörlerden etkilenir. Tanenin olgunlaşma sürecinde havanın sıcak olması tanedeki nişasta birikimini önler ve cılız kalan tanelerin ağırlığı azalır (Şahin vd., 2004; Aydoğan vd., 2008). Diğer taraftan, süt olum ve/veya sarı olum dönemlerinde çeşitli hastalık ve zararlıların (başak yanıklığı, pas hastalıkları, süne

kımıl zararı vd.) etkili olması da tane ağırlığını azaltan faktörlerdir (Koca vd., 2015). Bu çalışmada süne zararlı buğday çeşitlerinin bin tane ağırlıkları (20.8 g-16.5 g) diğer ekmeklik buğdaylara göre daha az tespit edilerek literatürdeki çalışmaların sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

Kastamonu bölgesinden toplanan Kavılca buğdayının bin tane ağırlığı 37.08 g ile 39.80 g arasında değiştiği tespit edilmiş olup ortalama 35.10 g olarak bulunmuştur (Ünal, 2009). Bu çalışmada Kavılca buğdayının bin tane ağırlığı 31.43 g olarak tespit edilmiştir. Literatürde belirlenen değerin altında bir değer tespit edilmiştir.

Brandolini vd. (2008) yaptıkları çalışmada; Siyez, Kavılca ve ekmeklik buğday örnekleri için ortalama bin tane ağırlığını sırasıyla 25 g, 50.6 g ve 34.5 g olarak bildirmişlerdir. Atar vd. (2018), 2015-16 ve 2016-17 yetiştirme dönemlerinde, Isparta şartlarında, bir adet Türkiye ve sekiz adet yurtdışı kökenli ekmeklik buğday çeşidi üzerinde araştırma yürütmüşlerdir. Çalışma sonucunda ekmeklik buğday çeşitlerinin incelenen özellikler bakımından bin tane ağırlığını 29.0-37.3 g olarak, Aydoğan vd. (2020), 16 ekmeklik buğday çeşidinde bin tane ağırlığını 29.70-37.30 g olarak, Akan vd. (2021), bin tane ağırlığı değerlerini 26.52-37.96 g arasında bulmuştur. Literatürde verilen değer aralıkları bu tez çalışmasında ekmeklik buğday bin tane ağırlığı ile (27.54 g) uyumlu bulunmuştur. Ülkemizde genel olarak durum buğdayında bin tane ağırlığı 30-40 gram, ekmeklik buğdayda ise 27-35 gram arasında değişiklik göstermektedir. Değerler incelendiğinde, Esperia ekmeklik buğdayının bin tane ağırlığının ülkemiz genel ortalamasına uygun olduğu saptanmıştır.

Siyez buğdayı ile yapılan çalışmalarda Emeksizoğlu (2016) 33.72 g, Hendek Ertop ve Atasoy (2019) 27.94 g, Volante vd. (2020) 27.19 g, Kulathunga vd. (2021) 29.2 g, olarak bildirmişlerdir. Bu çalışmada ise Siyez buğdayının bin tane ağırlığı 24 g olarak tespit edilmiştir. Siyez buğdayının bin tane ağırlığı hem yapılan diğer çalışmalardaki sonuçlardan hem de Esperia buğdayından daha düşük belirlenmiştir. Brandolini vd. (2011) yaptıkları çalışmada Siyez buğdayının bin tane ağırlığı ile ekmeklik buğdayın bin tane ağırlığını kıyasladıklarında Siyez buğdayının bin tane ağırlığının daha düşük olduğunu, bu sonucun genetik faktörlerden kaynaklandığını bunun yanı sıra çevresel etmenlerin de bin tane ağırlığı üzerinde etkili olduğunu rapor etmişlerdir. Siyez

buğdayı ve ekmeklik buğday ile yapılan diğer araştırmalar da bu durumu vurgulamaktadır (Brandolini vd., 2008; Abdel-Aal, 2014; Zengin, 2015).

Süne erginleri, kardeşlenme zamanındaki hububatı kök boğazı üzerinden emerek kurutur ve ortaya çıkan bu zarar sonucunda bitki başak bağlayamaz. Delinen sapın karakteristik biçimde sararması neticesinde kurt boğazı veya göbek kurusu olarak isimlendirilen hasar oluşur. Çiçeklenme dönemindeki sapın başağın hemen altından delinerek emilmesiyle başaklar tane bağlayamaz ve başağın bütününün ya da bir kısmının kurumasıyla beyaz renk alır. Bu zarara akbaşak zararı denir. Hububatın tane bağladığı dönemde erginler ve nimfler süt olum aşamasındaki buğday tanelerine daha fazla ve çabuk zarar verirler. Sarı olum aşamasında ve sertleşmiş yani olgunlaşmış tanelerde ise daha az zarara neden olurlar. Süt olum dönemi (tane sertleşmeden) tane emildiğinde tanenin büyük bir kısmı emilebilir. Bu nedenle de tanenin içi büyük miktarda boşalarak hafifler ve görünüm olarak buruşuk bir hal alır. Uğranan bu zarar neticesinde buğdayın bin tane ağırlığı ve hektolitre gibi fiziksel özellikleri olumsuz olarak etkilenir ve buğdayın öğütme kalitesinde azalma ve un veriminde düşme görülür (Anonim, 2020). Bu çalışmada da süne zararlı buğdayın hem hektolitre hem de bin tane ağırlık değerlerinin diğer buğday çeşitlerine kıyasla daha düşük değerlerde olduğu tespit edilmiştir.

4.1.3. Tane sertlik değeri

Buğdayın diğer bir fiziksel özelliği, tanelerinin camsı, unsu veya dönmeli bir görünüme sahip olmasıdır. Bu özellik görsel bir olgudur ve ışığın özellikle buğdayın endospermi ile etkileşimiyle (yansıma, kırılma gibi) ortaya çıkar. Buğdayın endospermi, küçük boşluklar veya çatlaklar içermediğinde ve mikro yapısı yoğun olduğunda camsı bir görünüm verir, aksi takdirde unsu veya dönmeli bir görünüm oluşur. Genellikle camsılık özellikle yüksek protein içeriği ve sertlik ile unsuluk ise düşük protein içeriği ve yumuşaklık ile ilişkilendirilir. Tanede hava boşluklarının tanenin kuruması esnasında ortaya çıktığı bilinir. Tane su kaybettiğinde proteinler büzüşür ve kırılmalar sonucu hava boşlukları oluşarak taneye unsu görünüm kazandırır. Camsı tanede proteinler büzüşse dahi protein matrisi sağlam bir yapıda olduğu için kırılmalar ve boşluklar oluşmaz. Bu sebeple camsılık ve unsuluk oluşumunun protein kalitesi ve miktarı ile ilgili olduğu düşünülür (Elgün vd., 1999;

Üner ve Akgün, 2012). Buğdayın camsılık oranı üzerinde çevresel faktörlerin etkisi daha fazladır. Çizelge 4.3'te buğday tanelerinin sertlik değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.3. Buğday örneklerinin camsı, unsu ve dönmeli değerleri

Buğday çeşidi	Camsı (%)	Unsu (%)	Dönmeli (%)
Ekmeklik (Esperia)	42 ± 0.70^{d}	20.68 ± 0.01^{e}	37.32 ± 2.51^{a}
Süneli (Bezostaja)	43.5 ± 0.70^{cd}	32.5 ± 2.82^{a}	24 ± 2.12^{bc}
Kavılca	66 ± 1.41^{a}	20 ± 0.01^{e}	14 ± 0.01^{c}
Siyez	62 ± 2.12^{b}	26 ± 0.00^{c}	12 ± 2.12^{d}
Ekmeklik (Bayraktar)	41 ± 1.41^{d}	30 ± 1.41^{b}	29 ± 1.41^{b}
Süneli (Bayraktar)	48 ± 0.70^{c}	22 ± 2.82^{d}	37 ± 2.12^{a}

Tablonun aynı sütunundaki farklı üst simge ve küçük harflerle gösterilen ortalama değerler, $p<0.05$ düzeyinde anlamlı olarak farklıdır.

Buğday örnekleri arasında tane sertliği bakımından istatistiksel olarak önemli bir fark olduğu tespit edilmiştir. En yüksek sertlik değeri Kavılca buğdayında (%66) tespit edilmiştir. Buğday çeşitlerinin camsı, unsu ve dönme değerleri sırasıyla Esperia buğdayı için %42, %20.68, %37.32 olarak, Bezostaja buğdayı için %43.5, %32.5, %24, Kavılca buğdayı için %66, %20, %14 olarak, Siyez buğdayı için %62, %26, %12 olarak, Bayraktar ekmeklik buğday için %41, %30, %29, Bayraktar Süneli buğday için %48, %22, %37 olarak tespit edilmiştir.

Aydoğan vd. (2020), ekmeklik buğday çeşidinde iki yıllık ortalama tane sertliği değerlerini 41.29-72.10 olarak rapor etmişlerdir.

Aydoğan vd. (2017), sulu koşullarda ekmeklik buğday çeşitlerinin verim ve verim unsurlar ile bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi üzerine yapmış oldukları çalışmada; tane sertliği değerlerinin 42.49-59.93 aralığında değiştiğini bulmuşlardır.

Yapılan literatür çalışmaları ile bu çalışmadaki sertlik değerleri karşılaştırıldığında tanenin sert veya yumuşak olması çeşide bağlı olsa da iklim şartlarının etkisi de büyüktür ve bulgulara bakıldığı zaman değerler arasında farklılık bulunmasının nedeni iklim şartları ve buğday yapısının sert olmasından kaynaklandığı düşünülür.

Kavılca buğdayının diğer buğday çeşitlerine göre daha yüksek camsılık değerine sahip olması ekolojik faktörler, genetik yapı, yetiştirme koşulları ile açıklanabilir. Aynı

zamanda Kavılca buğdayı yetiştirilirken süt olum aşamasının ekolojik şartlar nedeniyle uzaması, ileri olum devresi aşamasında sıcaklıkların artış göstermesi ve kıraç yetiştirme şartlarının etkisi ile ileri olum devresinin kısalması ile bu buğdayda camsılık değerinin diğer buğdaylara kıyasla daha yüksek tespit edilmesine yol açtığı ifade edilebilir. Siyez buğdayı da Kavılca buğdayı gibi Esperia ve Süne zararlı buğdaya göre daha yüksek camsılık değerine sahiptir. Kavılca buğdayındaki değerin yüksek olma nedenlerinin Siyez buğdayı için de geçerli faktörler olduğu belirtilebilir.

4.1.4. Buğday örneklerinin irilik-homojenlik değerleri

İrilik ve homojenlik özellikle öğütmede önemli bir kalite kriteridir ve öğütmede un verimi ve kırma miktarının ya da enerji tüketiminin belirlenmesinde önemli ölçütler olarak kabul edilir. Değirmencilikte buğdayın kolay öğütülebilmesi için belirli irilikteki buğdayların kitlede çoğunluğu oluşturması yani buğdayların irilik bakımından yeknesak bir yapıda olması istenir. Tane iriliği ve şekli ile un verimi arasında bir ilişki vardır. Un verimi ile tane iriliği arasındaki korelasyon katsayısı +0.957 olarak hesaplanmıştır. Buğday örneklerine ilişkin irilik-homojenlik değerleri Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Buğday örneklerine ait irilik-homojenlik değerleri

Buğday çeşitleri	**İri (≥2.75)**	**Orta (2.75-2.5mm arası)**	**Küçük (2.2-2.5mm arası)**	**Elek altı (<2.25 mm)**	**2.75+2.5 mm**	**2.5+2.25 mm**	**2.25+ Elek altı**	**İrilik ve Homojenlik[1]**
Ekmeklik (Esperia)	26.51±1.87	34.45±1.46	24.32±2.6	14.72±0.48	60.96±0.29	58.77±0.80	39.04±1.49	Heterojen
Süneli (Bezostaja)	29.72±0.65	30.85±0.37	28.34±0.53	11.09±0.37	60.57±0.19	59.19±0.11	39.43±0.11	Heterojen
Kavılca	0.075±1.89	1.58±0.37	36.55±0.10	61.80±1.53	1.65±1.07	38.13±0.19	98.35±1.01	Heterojen
Siyez	0.1±0	0.35±0.21	93.54±0.13	5.99±0.02	0.45±0.10	93.89±0.17	99.53±0.07	Homojen
Ekmeklik (Bayraktar)	23.28±1.60	38.93±0.26	27.29±1.12	10.49±0.33	62.21±0.2	66.22±0.11	37.78±.0.4	Heterojen
Süneli (Bayraktar)	14.21±0.92	25.39±0.83	46.94±1.05	13.45±0.70	39.6±0.11	72.33±0.13	63.39±0.03	Heterojen

Tablonun aynı sütunundaki farklı üst simge ve küçük harflerle gösterilen ortalama değerler, $p<0.05$ düzeyinde anlamlı olarak farklıdır.

Ekmeklik (Esperia/Bayraktar), Süneli (Bezostaja/Bayraktar) ve Kavılca buğdaylarında buğday kitlesinde birbirini izleyen iki elek takımı üzerinde kalan buğdayların toplamı tüm buğdayın %75'inden az olduğu için – heterojen olarak nitelendirilmiştir. Bu sonuçlar ekmeklik buğday çeşitlerinde tane homojenliği ve iriliğin çevre ve genotip etkileşimine bağlı olarak önemli düzeyde değişiklik gösterebileceğini gösteren literatürdeki çalışma ile uyumludur. Yapılan çalışmada yerel ve modern buğdaylar arasında tane dağılımı ve büyüklüğünde farklılıklar olduğu ve bazı buğday çeşitlerinin daha geniş bir irilik aralığında olduğunu bildirmiştir (Kahraman vd., 2021).

Siyez buğdayında ise irilik dağılışı bakımından homojen bir özellik göstermekle birlikte Siyez buğdayının büyük bir kısmı 2.5 mm ile 2.2 mm arasında bir değere sahip olarak tespit edilmiştir. Literatürde yapılan çalışmada siyez gibi diploid buğday çeşitlerinin genetik bakımdan daha küçük ve homojen taneli olduğu ve irilik dağılımı açısından daha dar bir aralıkta yer aldığı tespit edilmiştir. Siyez buğdayında bu durum siyez buğdayının genetik ve geleneksel olarak saf popülasyonlardan gelmesi ile ilişkilendirilmektedir (Çeliker ve Dizlek, 2020).

4.1.5. Renk değerleri

Renk ölçümü tarımsal ürünlerin sınıflandırılmasında ve kalite tayininde son zamanlarda oldukça sık kullanılmaya başlamıştır. Makarnalık buğday için amber, ekmeklik buğday için beyaz ve kırmızı renk genel olarak kullanılmaktadır. Bu sınıflandırma gözle yapılan renk ölçümüne dayanmaktadır (Karababa vd., 1997).

Renk değerleri *L*, a** ve *b** olarak ölçülmüştür ve değerler Çizelge 4.5'te verilmiştir. Buğday tanelerinin *L** değerleri 56.59-42.3 arasında değişmektedir. *a** değerleri 7.82-6.59 arasında değişmektedir. b* değerleri 19.16-12.67 arasında değişmektedir. En yüksek *L*, a** ve *b** değeri Siyez buğdayında belirlenmiştir

Çizelge 4.5. Buğday örneklerine ait renk değerleri

Buğday çeşitleri	***L****	***a****	***b****
Ekmeklik (Esperia)	44.42±0.36^{c}	7.21±0.15^{c}	14.81±0.20^{d}
Süneli (Bezostaja)	43.55±0.36^{c}	6.59±0.34^{e}	13.71±0.57^{e}
Kavılca	42.3±0.41^{d}	6.85±0.45^{d}	12.67±0.74^{f}
Siyez	56.59±1.03^{a}	7.82±0.17^{ab}	19.16±0.48^{c}
Ekmeklik (Bayraktar)	54.25±0.07^{b}	7.99±0.02^{a}	21.95±0.7^{b}
Süneli (Bayraktar)	54.46±0.36^{b}	7.70±0.06^{b}	24.41±0.15^{a}

Tablonun aynı sütunundaki farklı üst simge ve küçük harflerle gösterilen ortalama değerler, $p<0.05$ düzeyinde anlamlı olarak farklıdır.

Buğday örneklerinin *a** ve *b** değerlerine bakıldığında sonuçlar pozitif çıksa da *b** bulguları yüksek çıkmıştır. *L*, a** ve *b** değerleri kıyaslandığında ise buğday renkleri sarı ancak parlaklıkları değişiklik gösterdiği belirlenmiştir.

Buğday tanelerinde renk değerleri hem tüketici tercihi hem de endüstriyel kalite bakımından önemli bir kalite kriteridir (Gungor ve Akgöl, 2015). Bu çalışmada Bayraktar çeşitleri ve Siyez buğdayında *L** değerinin daha yüksek olduğu Bezostaja ve Kavılca buğday çeşitlerinin ise daha düşük *L** değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Literatürde yapılan çalışmalarda bu çalışmanın sonuçları ile benzerlik göstererek yerel çeşitlerin genel olarak modern çeşitlere kıyasla daha farklı renk profiline sahip olduğunu ve Siyez buğdayının yüksek *L** değerliyle öne çıktığını bildirmişlerdir (Sevim ve Erekul, 2020).

*a** değerleri incelendiğinde Ekmeklik (Bayraktar) ve Siyez buğday çeşitleri ön plana çıkmaktadır, Kavılca ve süneli (Bezostaja) çeşitlerinde *a** değerleri daha düşük olarak tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada *a** değerinin yüksek olması pigment içeriğiyle alakalı olarak ifade edilmiştir ve özellikle antosiyanin gibi fenolik bileşiklerin varlığına ortaya koyduğunu belirtilmektedir (Gungor ve Akgöl, 2015).

*b** değerleri incelendiğinde ise süneli (Bayraktar) buğday çeşidi en yüksek değerde belirlenirken süneli (Bezostaja) ve Kavılca buğday çeşitlerinde bu değerler daha düşük olarak tespit edilmiştir. *b** değerinin yüksek olması özellikle bulgur ve makarna gibi

ürünlerde arzu edilen bir özelliktir ve karotenoid pigmentlerinin varlığı ile alakalıdır (Kahraman vd., 2021).

Renk değerlerinin sonuçlarına göre renk değerleri hem çevresel ve işleme şartlarının hem de genetik çeşitliliğin buğday tanesinin renginde önemli rol oynadığını ortaya koymaktadır. Çalışma verileri literatüre yer alan çalışmalarla benzer olarak belirlenirken modern ve yerel çeşitler arasında renk bakımından belirgin farklılıklar olduğunu göstermektedir.

4.2. Ön Deneme Analiz Sonuçları

Tam buğday unu örneklerinin (ekmeklik (Esperia), süneli (Bezostaja), Siyez ve Kavılca) yaş ve kuru gluten değerleri ile gluten indeks değerleri Çizelge 4.6'da verilmiştir.

4.2.1. Ön deneme: soğuk plazma uygulanan tam tane buğday unlarının yaş ve kuru gluten ve gluten indeks değerleri

Çizelge 4.6 incelendiğinde ekmeklik (Esperia) tam buğday unu örneğine ait yaş gluten değeri %22.8-24.1 arasında, kuru gluten değeri %11.87-13.2 arasında, gluten indeks değeri %92-95 arasında, süneli (Bezostaja) tam buğday unu örneğine ait yaş gluten değeri %22.92-30.9 arasında, kuru gluten değeri %13.66-117.76 arasında, gluten indeks değeri %38-59 arasında, Siyez tam buğday unu örneğine ait yaş gluten değeri %11.77-15.6 arasında, kuru gluten değeri %0.42-0.69 arasında, gluten indeks değeri %10-27, Kavılca tam buğday unu örneğine ait yaş gluten değeri %33.4-35.5 arasında, kuru gluten değeri %17.55-20.33 arasında, gluten indeks değeri %10-26 arasında tespit edilmiştir. Tüm örneklerde 15-60-120 s soğuk plazma uygulaması gluten indeks, yaş gluten ve kuru gluten indeks değerlerinde olumlu bir etki ortaya koymamıştır. Belirlenen sürelerin tam tane buğday unu gluten yapısını iyileştirmede yeterli olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.6. Soğuk plazma uygulanan tam tane buğday un örneklerinin yaş gluten, kuru gluten ve gluten indeks değerleri

Uygulama Süresi (s)	Yaş Gluten (%)	Kuru Gluten (%)	Gluten İndeks (%)
Ekmeklik (Esperia) tam tane buğday unu			
0	24.1±0.15^{a}	13.2±0.55^{a}	95±1.00^{a}
15	23.7±0.10^{b}	12.31±0.06^{b}	95±0.0^{a}
60	24.1±0.11^{a}	11.87±0.01^{d}	92±1.00^{b}
120	22.8±0.10^{c}	12.17±0.50^{c}	94±1.00^{a}
Süneli (Bezostaja) tam tane buğday unu			
0	32±0.00^{a}	17.76±0.02^{a}	59±0.04^{a}
15	30.9±0.10^{b}	13.66±0.04^{b}	59±0.02^{a}
60	30.2±0.05^{c}	16.33±0.03^{c}	54±0.01^{b}
120	29.2±0.20^{d}	15.35±0.04^{d}	38±1.00^{c}
Siyez tam tane buğday unu			
0	14.4±0.20^{b}	0.50±0.05^{b}	27±2.0^{a}
15	11.7±0.20^{d}	0.69±0.07^{a}	10±0.0^{b}
60	13.7±0.10^{c}	0.59±0.05^{ab}	10±0.0^{b}
120	15.6±0.40^{a}	0.42±0.03^{c}	10±0.0^{b}
Kavılca tam tane buğday unu			
0	35.5±0.20^{a}	18.43±0.1^{b}	10±0.0^{c}
15	33.4±0.20^{b}	20.33±0.21^{a}	10±0.0^{c}
60	35.4±0.30^{a}	18.70±.0.20^{b}	26±2.0^{b}
120	35.1±0.5^{a}	17.55±0.05^{c}	36±0.2^{a}

Tablonun aynı sütunundaki farklı üst simge ve küçük harflerle gösterilen ortalama değerler, $p<0,05$ düzeyinde anlamlı olarak farklıdır.

4.3. Soğuk Plazma Uygulanan Tam Tane Buğday Unlarının Analiz Sonuçları

4.3.1. Soğuk plazma uygulanan tam buğday un örneklerinin yaş gluten, kuru gluten ve gluten indeks değerleri

Buğdayın teknolojik kalitesi gluten proteinlerinin yapısına ve miktarına bağlı olarak değişmektedir. Gluteni meydana getiren gliadin ve glutenin proteinleri, hamurun reolojik özelliklerini ve son üründe doku, hacim ve elastikiyet özelliklerinde etkili olan kritik bir bileşendir (Pal vd., 2016; Bu vd., 2023).

0, 150, 300, 600 s plazma uygulanan tam buğday unu örneklerinin (ekmeklik (Esperia), süneli (Bezostaja), Siyez ve Kavılca) yaş ve kuru gluten değerleri ile gluten indeks değerleri Çizelge 4.7'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde ekmeklik (Esperia) tam buğday unu örneğine ait yaş gluten değeri %23.99-27.77 arasında, kuru gluten değeri %9.1-13.3 arasında, gluten indeks değeri %94.33-100 arasında değişiklik göstermiştir. Süneli (Bezostaja) tam buğday unu örneğine ait yaş gluten değeri %28.16-31.93 arasında, kuru gluten değeri %8.4-17.65 arasında, gluten indeks değeri %58.83-83.2 arasında değişiklik göstermiştir. Siyez tam buğday unu örneğine ait yaş gluten değeri %13.13-14.2 arasında, kuru gluten değeri %10.50-10.66 arasında, gluten indeks değeri %26.33-45.24 arasında değişiklik göstermiştir. Kavılca tam buğday unu örneğine ait yaş gluten değeri %22.93-35.48 arasında, kuru gluten değeri %13.16-18.34 arasında, gluten indeks değeri %10-62.31 arasında değişiklik göstermiştir.

Çizelge 4.7. Soğuk plazma uygulanan tam tane buğday un örneklerinin yaş gluten, kuru gluten ve gluten indeks değerleri

Uygulama Süresi (s)	Yaş Gluten (%)	Kuru Gluten (%)	Gluten İndeks (%)
Ekmeklik (Esperia) tam tane buğday unu			
0	23.99±0.10^{d}	13.3±0.36^{a}	94.33±0.57^{c}
150	27.77±0.24^{a}	10.8±0.72^{b}	98.56±0.40^{b}
300	26.08±0.14^{c}	9.24±0.21^{c}	99.96±0.05^{a}
600	26.7±0.26^{b}	9.16±0.16^{c}	100±0.00^{a}
Süneli (Bezostaja) tam tane buğday unu			
0	31.93±0.11^{a}	17.65±0.13^{a}	58.83±0.28^{a}
150	28.16±0.28^{b}	8.4±6.40^{c}	82.63±0.55^{a}
300	29.78±0.10^{b}	12.30±0.14^{b}	83.1±0.10^{a}
600	28.63±0.11^{b}	12.11±0.02^{b}	83.20±0.26^{a}
Siyez tam tane buğday unu			
0	14.2±0.20^{a}	10.50±0.005^{a}	26.33±1.15^{b}
150	13.88±0.07^{ab}	10.66±0.22^{a}	44.19±0.16^{a}
300	13.96±0.02^{b}	9.72±0.31^{ab}	45.24±0.42^{a}
600	13.13±0.23^{c}	9.68±0.10^{ab}	44.11±0.09^{a}
Kavılca tam tane buğday unu			
0	35.48±0.08^{a}	18.34±0.12^{a}	10±0.01^{d}
150	22.93±0.11^{d}	13.16±0.28^{d}	58.84±0.24^{c}
300	23.59±0.05^{c}	13.9±0.10^{c}	53.89±0.10^{b}
600	27.36±0.40^{b}	14.53±0.05^{b}	62.31±0.28^{a}

Tablonun aynı sütunundaki farklı üst simge ve küçük harflerle gösterilen ortalama değerler, $p<0.05$ düzeyinde anlamlı olarak farklıdır.

Yaş gluten değerleri ekmeklik (Esperia) tam tane buğday unu hariç diğer tüm tam tane buğday unu örneklerinde soğuk plazma uygulaması ile azalmıştır. Soğuk plazma uygulamasıyla yaş gluten değerlerinin azalmasında Siyez ve Kavılca tam tane buğday unlarındaki kepek oranı da etkili olmuş olabilir.

Kuru gluten miktarı tam tane siyez buğday unu hariç diğer örneklerde en yüksek kontrol grubunda tespit edilirken soğuk plazma uygulamasının bütün örneklerin kuru gluten değerini düşürdüğü tespit edilmiştir. Siyez tam tane buğday unu incelendiğinde kontrol grubunun (%10.50), 150 s soğuk plazma uygulanan grubun (%10.66) ile en yüksek değere sahip olduğu uygulama süresinin artışına bağlı olarak da kuru gluten miktarının azalma gösterdiği tespit edilmiştir. Buğday tanelerinin ana depolama proteini glutendir. Glutenin ve gliadin başta olmak üzere proteinlerin karmaşık bir bileşimidir. Gluten ısıya dayanıklıdır ve uzatıcı, bağlayıcı bir ajan olarak hareket etme yeteneğindedir (Biesiekierski, 2017). Prolamin buğdaydaki gliadindir. Prolamin ve glutelin eşit miktarda olduğunda ve su ile birleştiğinde gluten kompleks yapısı meydana gelmektedir. Siyez ununun modern ekmeklik buğday ununa kıyasla daha düşük gluten miktarına sahip olmasının nedeni prolamin ve glutenin oranları eşit bulunmadığından dolayıdır (Alpat ve Bilgin, 2018). Siyez buğdayının nişasta hidroliz oranı buğday ununa oranla düşüktür dolayısıyla siyez ununun hamur bağlayıcılığı daha düşük belirlenmiştir (Kızılaslan, 2020). Bu noktada soğuk plazma uygulamasının Siyez tam tane buğday unu örneğinde glutenin yapısını oluşturan prolamin grubu üzerinde daha fazla etkiye sahip olduğu yorumu yapılabilir.

Ekmeklik buğday çeşidinin yaş gluten oranını %30.01-36.09 Yılmaz ve Meral (2019) buğday unu için yaş gluten ortalamasını %26.8-31, Şahin vd. (2022) yaş gluten oranını %38.7, Yalın (2016) yaş öz değerlerini %16.02-34.30, Khalid vd. (2022), buğday unu yaş gluten içeriğini %25.7-33.1 olarak belirlemişlerdir. Bu çalışmada Esperia tam tane buğday ununun yaş gluten miktarı %23.99 olarak belirlenmiştir. Soğuk plazma teknolijisinin Esperia tam tane buğday ununun yaş gluten miktarını kontrol grubuna göre iyileştirdiği tespit edilmiştir. Un örneklerinin yaş gluten miktarında 150 s soğuk plazma uygulaması ile görülen artış uygulamanın hidroksil gruplarına etki ederek su bağlama yeteneklerini arttırması ile açıklanabilir. Nitekim FTIR spektrumunda tespit edilen 150 s uygulamada OH grup konsantrasyonundak artış yaş gluten miktarında

belirlenen iyileşmeyi desteklemektedir. Aynı şekilde 600 s uygulamada OH grup konsantrasyonundaki azalma yaş gluten miktarındaki azalmayı açıklamaktadır.

Aydar (2022) Kavılca ile yaptığı çalışmada yaş gluten oranını %33.4, Schober vd. (2006) yaş gluten oranını %41 olarak, Lacko-Bartošová ve Rédlová (2007), yaş gluten değerini %37.4-49.8 olarak, Zielijski vd. (2003) yaş gluten oranını %37.2-30.1 arasında tespit etmişlerdir. Bu çalışmada Kavılca ununun yaş gluten değeri %35.5 olarak belirlenmiştir. Literatürde yer alan sonuçlara benzerlik göstermektedir. Yapılan önceki çalışmalar Kavılca unundaki daha yüksek değerlerin Kavılca buğdayına özgü özelliklerden biri olan hamurun daha yüksek uzayabilirliğine katkı sağlayan yüksek gliadin içeriğiyle ilişkili olduğunu belirtmişlerdir (Takac vd., 2021). Benzer durum bu çalışma için de geçerli olarak belirlenmiştir. Kavılca tam tane buğday ununda yaş gluten oranında meydana gelen azalma soğuk plazma uygulamasının gliadin üzerinde etkili olduğu, hidroksil gruplarına etki ettiğini, un örneklerinin su bağlama yeteneklerini azalttığı şeklinde açıklanabilir. FTIR spektrum sonuçlarına bakıldığında soğuk plazma uygulamasının artışı ile hidroksil gruplarının azalma göstermesi bu durumu desteklemektedir.

Türk tipi ekmek yapımına uygun unlarda gluten indeks değeri %70'ten büyük olmalıdır. Bu değer %40'tan düşük olduğunda ekmek yapımı için uygun değildir. Ekmek denemelerinde kontrol olarak kullanılan ekmeklik (Esperia) çeşidinde gluten indeks değeri %94.33 olması kaliteli bir ekmeklik çeşit olduğunu göstermektedir. Soğuk plazma uygulaması ile gluten indeks değeri daha da iyileştirilerek son ürün kalitesi üzerinde katkı sağlanmıştır. Siyez ve Kavılca tam tane buğday ununun kontrol örneklerinde yaş ve kuru gluten miktarları ile gluten indeks değerlerinin çok düşük olması tek başına ekmek yapımına uygun bir çeşit olmadığını göstermektedir. Soğuk plazma uygulaması ile bu örneklerde gluten indeks kalitesi iyileştirilerek Siyez ve Kavılca tam tane buğday ununun ekmek yapımında kullanımı için uygun çeşitler olması anlamında katkı sağlanmıştır. Soğuk plazma uygulaması ile süneli (Bezostaja) tam tane buğday ununda süne zararlısı tarafından hasara uğrayan gluten ağ yapısı iyileştirilmiştir.

Gluten indeks değerleri incelendiğinde tüm tam tane buğday unu örneklerinin soğuk plazma ile muamele edilmesiyle gluten indeks değerlerinde uygulama süresinin

artışıyla doğru orantılı olarak artış olduğu tespit edilmiştir. 600 s soğuk plazma uygulaması ile ekmeklik (Esperia) tam tane buğday ununda gluten indeks değeri %100, süneli (Bezostaja) tam tane buğday ununda gluten indeks değeri %83.2, Kavılca tam tane buğday ununda gluten indeks değeri %62.31 ile en yüksek değeri alarak kontrol örneğine göre unun gluten yapısında en fazla iyileşme bu sürede belirlenmiştir. Siyez tam tane buğday unu için soğuk plazma uygulanan süreler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır ama kontrol grubuna kıyasla gluten indeks değerinde iyileşme görülmüştür.

4.3.2. Soğuk plazma uygulanan tam buğday un örneklerinin sedimentasyon, gecikmeli sedimentasyon ve düşme sayısı değerleri

0, 150, 300, 600 s plazma uygulanan tam buğday unu örneklerinin ekmeklik (Esperia), süneli (Bezostaja), Siyez ve Kavılca) sedimentasyon, gecikmeli sedimentasyon ve düşme sayısı değerleri Çizelge 4.8'de verilmiştir. Çizelge 4.8 incelendiğinde ekmeklik (Esperia) tam buğday unu örneğine ait sedimentasyon değeri 20.6-24 ml arasında, gecikmeli sedimentasyon değeri 23-24.3 ml arasında, düşme sayısı 332-437 s arasında değişiklik göstermiştir. Süneli (Bezostaja) tam buğday unu örneğine ait sedimentasyon değeri 17-21.6 ml arasında, gecikmeli sedimentasyon değeri 13-24 ml arasında, düşme sayısı 278-417 s arasında değişiklik göstermiştir. Siyez tam buğday unu örneğine ait sedimentasyon değeri 22-24 ml arasında, gecikmeli sedimentasyon değeri 11.67-20 ml arasında, düşme sayısı 337-345 s arasında değişiklik göstermiştir. Kavılca tam buğday unu örneğine ait sedimentasyon değeri 10-23 ml arasında, gecikmeli sedimentasyon değeri 10-25 ml arasında, düşme sayısı 353-408 s arasında değişiklik göstermiştir.

Çizelge 4.8. Soğuk plazma uygulanan tam tane buğday un örneklerinin sedimentasyon, gecikmeli sedimentasyon ve düşme sayısı değerleri

Uygulama Süresi (s)	Sedimentasyon (ml)	Gecikmeli Sedimentasyon (ml)	Düşme Sayısı (s)
Ekmeklik (Esperia) tam tane buğday unu			
0	24±0.00^{a}	23±0.00^{b}	437±1.52^{a}
150	23±0.00^{b}	23.3±0.57^{b}	368±3.60^{b}
300	22±0.00^{c}	23±0.00^{b}	353±12.09^{b}
600	20.6±0.57^{d}	24.3±0.57^{a}	332±3.65^{b}
Süneli (Bezostaja) tam tane buğday unu			
0	17±0.00^{c}	13±0.00^{c}	417±6.92^{a}
150	20±0.00^{b}	23±0.00^{b}	353±4.08^{ab}
300	21,3±0.57^{a}	23,6±0.57^{a}	295±6.47^{b}
600	21.6±.0.57^{a}	24±0.00^{a}	278±5.43^{b}
Siyez tam tane buğday unu			
0	24±0.00^{a}	11.6±0.57^{c}	344±3.05^{a}
150	22±0.00^{c}	16.67±1.15^{b}	337±12.74^{a}
300	23±0.00^{b}	17±1.15^{b}	345±9.07^{a}
600	22,5±0.50^{bc}	20±0.00^{a}	345±4.04^{a}
Kavılca tam tane buğday unu			
0	19±0.00^{b}	10.33±0.57^{c}	406±1.00^{a}
150	10±0.00^{c}	24.67±0.57^{a}	408±6.50^{a}
300	18.33±1.15^{b}	20±0.00^{b}	378±3.34^{ab}
600	23±0.00^{a}	25±0.00^{a}	353±4.16^{c}

Tablonun aynı sütunundaki farklı üst simge ve küçük harflerle gösterilen ortalama değerler, $p<0.05$ düzeyinde anlamlı olarak farklıdır.

Örneklerin sedimentasyon ve gecikmeli sedimentasyon değerleri incelendiğinde ekmeklik (Esperia) tam tane buğday ununa 600 s soğuk plazma uygulaması ile gecikmeli sedimentasyon değeri sedimentasyon değerinden daha yüksek çıktığı tespit edilmiştir. Süneli (Bezostaja) tam tane buğday ununda soğuk plazma uygulamasının tüm örneklerde gecikmeli sedimentasyon değerinin sedimentasyon değerinden daha yüksek değerde çıkmasına neden olduğu tespit edilmiştir. Süneli (Bezostaja) tam tane buğday ununda soğuk plazma uygulamasının örneklerin proteaz aktivitesinde azalma gösterdiğini, gluten yapısında bulunan buğday proteinlerinin yapılarının yeniden

düzenliğinin göstermektedir. Siyez tam tane buğday unu için soğuk plazma uygulanan tüm örneklerde gecikmeli sedimentasyon değeri sedimentasyon değerinden düşük çıkmıştır. Sedimantasyon tahıl kalitesinde değerlendirme aşamasında protein kalitesinin ortaya konması açısından önemli bir kalite unsuru olup, ekmeklik kalitesini belirlemede başarı ile kullanılmaktadır (Zeleny, 1947). Siyez buğday ununun gliadin/glutenin oranı ekmeklik buğday ununa göre daha yüksektir. Bu nedenle soğuk plazma teknolojisi diğer tam tane buğday unu örneklerinde olumlu etki gösterirken siyez buğdayında gliadin/glutenin oranına bağlı olarak negatif bir etki gösterdiği yorumu yapılabilir.

Örneklerin düşme sayısı değerleri incelendiğinde soğuk plazma uygulamasının ekmeklik (Esperia) tam tane buğday ununda ve süneli (Bezostaja) tam tane buğday ununda düşme sayısını değerlerini uygulama süresinin artışıyla doğru orantılı olarak azalttığı tespit edilmiştir. Süne zararına uğramış unda alfa amilaz enziminin yapısını bozulur ve son üründe istenmeyen özelliklerin ortaya çıkmasına neden olur. Aynı zamanda Süne undaki alfa amilazın aktivitesinin daha da artmasına neden olur (Dizlek ve Özer, 2024). Unlarda olması beklenen düşme sayısı 250±25 s'dir. Süneli (Bezostaja) tam tane buğday ununda soğuk plazma uygulaması ile alfa amilaz üzerinde etki sağlanarak düşme sayısı değerlerinin olması beklenen değer aralığına yaklaşarak düşme sayısı özelliği bakımından katkı sağlandığı ortaya koyulmuştur. Kavılca tam tane buğday ununda kontrol grubu ve 150 s soğuk plazma uygulanan örnek arasında istatistiksel olarak bir fark görülmezken diğer sürelerde uygulama süresi ile doğru orantılı olarak düşme sayısı değeri azalma göstermiştir. Siyez tam tane buğday ununda ise 150 s uygulamada düşme sayısı azalırken diğer sürelerde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır.

Løje vd. (2003), Siyez buğdayını düşme sayısını 362 s, Kavılca buğdayının 436 olduğunu, Kömürcü (2021) Siyez buğdayını düşme sayısını 344 s, Kavılca buğdayının 400 s tespit etmişlerdir. Literatürdeki çalışmalarda Kavılca buğdayına ait düşme sayısı değerleri Siyez buğdayının düşme sayısı değerlerinden daha yüksek bulunmuştur. Bu çalışmada elde edilen veriler literatür ile benzer sonuçlar göstermektedir. Sert yapılı Kavılca buğdayının yüksek düşme değeri yani yüksek alfa amilaz aktivitesi göstermesi, muhtemelen sertlik derecesine bağlı doğal ve granüler un yapısından kaynaklanmaktadır (Elgün ve Ertugay, 1995).

4.3.3. Soğuk plazma uygulanan tam tane buğday un örneklerinin nem, kül değerleri

4 farklı süre ile (0, 150, 300 ve 600 sn) soğuk plazma teknolojisi uygulanmış tam tane buğday unlarına ait nem ve kül değerleri Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Soğuk plazma uygulanan tam tane buğday un örneklerinin nem, kül değerleri

Uygulama Süresi (sn)	Nem (%)	Kül (%)
Ekmeklik (Esperia) tam tane buğday unu		
0	10.86±0.10^{a}	1.95±0.11^{a}
150	8.40±0.31^{b}	1.86±0.02^{ab}
300	8.29±0.28^{b}	1.73±0.05^{b}
600	8.12±0.15^{b}	1.60±0.02^{c}
Süneli (Bezostaja) tam tane buğday unu		
0	9.77±0.1.0^{a}	1.64±0.04^{c}
150	8.49±0.09^{b}	2.05±0.11^{a}
300	8.02±0.26^{c}	1.84±0.07^{b}
600	7.70±0.19^{c}	1.63±0.07^{c}
Siyez tam tane buğday unu		
0	7.93±0.01^{a}	1.94±0.16^{a}
150	6.16±0.005^{b}	1.90±0.005^{a}
300	5.73±0.18^{c}	1.84±0.01^{ab}
600	5.15±0.04^{d}	1.73±0.017^{b}
Kavılca tam tane buğday unu		
0	8.29±0.14^{a}	1.93±0.06^{a}
150	6.79±0.18^{b}	1.89±0.10^{a}
300	6.63±0.30^{ab}	1.70±0.07^{b}
600	6.31±0.08^{b}	1.75±0.005^{b}

Tablonun aynı sütunundaki farklı üst simge ve küçük harflerle gösterilen ortalama değerler, $p<0.05$ düzeyinde anlamlı olarak farklıdır.

Çizelge 4.9 incelendiğinde ekmeklik (Esperia) tam tane buğday ununun nem değerlerinin %8.12-10.86 arasında, Süneli (Bezostaja) tam tane buğday ununın nem değerleri %7.70-9.77, Siyez tam tane buğday ununun nem değerleri %5.15-7.93, Kavılca tam tane buğday ununun nem değerleri %6.31-8.29 olarak tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmada buğday ununun nem değerinin yetiştirme şartları, genotip ve hasat sonrası işlmlerden etkilendiğini, Kavılca ve Siyez gibi yerel buğday çeşitlerinin genel olarak daha düşük nem oranına sahip olabildiğini belirtmektedir (Güngör vd., 2022).

Örneklerin kül değerleri incelendiğinde ekmeklik (Esperia) tam tane buğday ununun kül değerlerinin %1.60-1.95 arasında, Süneli (Bezostaja) tam tane buğday ununın kül değerleri %1.63-2.05, Siyez tam tane buğday ununun nem değerleri %1.73-1.94, Kavılca tam tane buğday ununun nem değerleri %1.70-1.93 olarak tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmalarda Siyez ve Kavılca gibi yerel buğdayların modern buğdaylara kıyasla daha yüksek kül ve mineral içeriğine sahip olduğunu ortaya koymuşlardır (Biel vd., 2021; Golea vd., 2023; Roumia vd., 2023; Longin vd., 2023).

Tüm tam tane buğday unu örneklerinde nem ve kül değerleri soğuk plazma uygulamasının süresindeki artışla birlikte azalma göstermiştir. Nem içeriğindeki azalmanın, nişasta polimerleri arasında veya nişasta ile proteinler arasında daha fazla sertlik sağlayan hidrojen bağlarının oluşumunu desteklediği rapor edilmiştir (Wu vd., 2025).

Literatürde yapılan çalışmalar soğuk plazma uygulamasının buğday ununun nem içeriğinde azalmaya neden olduğunu ortaya koymuştur. Bunun nedenini plazmanın proteinler ve nişasta arasında daha fazla hidrojen bağı meydana gelmesini teşvik etmesi ile açıklamışlardır. Bu hidrojen bağları suyun unun yapısından uzaklaşmasını kolaylaştırmaktadır (Chaple vd., 2020; Khan vd., 2022).

Soğuk plazma uygulaması ile daha güçlü protein-nişasta etkileşiminin hidrojen bağları oluşumuyla sağlandığı ve nem miktarlarının azalma gösterdiği belirtilebilir.

Örneklerdeki kül miktarının azalma göstermesi soğuk plazma uygulamasının tam tane unlarında bulunan kepek üzerinde de etkili olduğunu ve un randımanını değiştirdiğini göstermektedir. Yapılan çalışmalar plazma uygulaması ile kül miktarındaki artış olmasını plazmanın kepek tabakasında yüzey modifikasyonlarına sebep olması ile açıklamaktadır. Plazma uygulaması ile ortaya çıkan reaktif türler kepek yüzeyinde mineral madde kaybına ya da yüzeydeki inorganik maddelerin uzaklaşmasına neden olabilmektedir (Chaple vd., 2020; Zhang vd., 2024).

Sonuç olarak soğuk plazma uygulaması buğday ununun kül ve nem içeriğini azaltmaktadır. Bu durum protein ve nişasta etkileşimlerinden ve kepek yüzeyindeki

değişikliklerin artmasından kaynaklanmaktadır. Elde edilen veriler literatürde yer alan sonuçlar ile uyum göstermektedir.

4.3.4. Soğuk plazma uygulanan tam tane buğday un örneklerinin antioksidan ve fenolik değerleri

Kontrol grubu ve plazma uygulanan tam tane buğday unu örneklerinin fenolik madde ve antioksidan değerleri Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10'a bakıldığında ekmeklik (Esperia) tam tane buğday ununun bağlı fenolik değerlerinin 564.929-531.015 mg GAE/100 g, serbest fenolik değerlerinin 290.10-230 mg GAE/100 g, bağlı antioksidan değerlerinin %7.32-%6.13 arasında, serbest antioksidan değerlerinin %6.73-5.90 arasında değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir.

Süneli (Bezostaja) tam tane buğday ununın fenolik değerlerinin 278.758-227.604 mg GAE/100 g, serbest fenolik değerlerinin 208.90-160.745 mg GAE/100 g, bağlı antioksidan değerlerinin %6.21-%4.40 arasında, serbest antioksidan değerlerinin %6.11-5.30 arasında değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir.

Siyez tam tane buğday ununun fenolik değerlerinin 978.25-900.455 mg GAE/100 g, serbest fenolik değerlerinin 456.11-390 mg GAE/100 g, bağlı antioksidan değerlerinin %12.25-%9.53 arasında, serbest antioksidan değerlerinin %7.02-6.20 arasında değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir.

Kavılca tam tane buğday ununun fenolik değerlerinin 606.418-492.281 mg GAE/100 g, serbest fenolik değerlerinin 325.92-282.19 mg GAE/100 g, bağlı antioksidan değerlerinin %10.0-%9.20 arasında, serbest antioksidan değerlerinin %6.87-6.01 arasında değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir.

Tüm örneklerde ekmeklik (Esperia), Süneli (Bezostaja), Siyez ve Kavılcada artan soğuk plazma süresine bağlı olarak fenolik ve antioksidan değerleri azalma göstermiştir. Bütün özellikler bakımından en düşük değerleri süneli (Bezostaja) tam tane buğday ununun aldığı görülürken en yüksek değerlere sahip olan örnek Siyez tam tane buğday unu olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.10. Soğuk plazma uygulanan tam tane buğday un örneklerinin antioksidan ve fenolik değerleri

Uygulama Süresi (s)	Bağlı fenolik (mg GAE/100 g)	Serbest fenolik (mg GAE/100 g)	Bağlı antioksidan (%DPPH inhibisyon)	Serbest antioksidan (%DPPH inhibisyon)
Ekmeklik (Esperia) tam tane buğday unu				
0	564.929±0.05[a]	290.10±0.04[a]	7.32±0.01[a]	6.73±0.01[a]
150	554.632±0.11[a]	246±0.11[b]	7.10±0.01[b]	6.59±0.01[b]
300	542.425±0.07[b]	235±1.00[c]	6,54±0.43[c]	6.33±0.01[c]
600	531.015±0.01[c]	230±1.00[c]	6.13±0.49[c]	5.90±0.17[d]
Süneli (Bezostaja) tam tane buğday unu				
0	278.758±0.06[a]	208.90±0.01[a]	6.21±0.005[a]	6.11±0.02[a]
150	260.432±0.03[b]	198.45±0.001[b]	5.92±0.01[b]	5.92±0.01[b]
300	254.366±0.06[c]	186.237±0.32[c]	4.90±0.001[c]	5.45±0.11[c]
600	227.604±0.81[d]	160.745±0.11[d]	4.40±0.63[d]	5.30±0.05[d]
Siyez tam tane buğday unu				
0	978.25±0.01[a]	456.11±0.84[a]	12.25±0.42[a]	7.02±0.005[a]
150	970.821±0.20[b]	420.58±0.002[b]	10.36±0.06[b]	6.84±0.56[a]
300	924.56±1.25[c]	400.65±0.01[c]	9.71±0.23[c]	6.42±0.03[b]
600	900.455±0.03[d]	390±1.145[d]	9.53±0.36[c]	6.20±0.001[c]
Kavılca tam tane buğday unu				
0	606.418±0.02[a]	325.92±0.007[a]	10.0±0.005[a]	6.87±0.01[a]
150	524.360±1.21[b]	300.76±0.01[b]	9.82±0.01[b]	6.54±0.01[b]
300	500.781±0.02[c]	290.25±0.02[c]	9.43±0.12[c]	6.30±1.14[c]
600	492.281±0.01[d]	282.19±0.001[d]	9.20±0.15[d]	6.01±0.01[d]

Tablonun aynı sütunundaki farklı üst simge ve küçük harflerle gösterilen ortalama değerler, $p<0.05$ düzeyinde anlamlı olarak farklıdır

Tam tahıllı unların sağlık yararlarının bir kısmı antioksidanların varlığına atfedilir. C vitamini (tokoferoller ve tokotrienoller), E vitamini ve karotenoidler gibi en yaygın antioksidanlara ek olarak, tahıllar fenolik asitler ve flavonoidler dahil olmak üzere bazı fito-antioksidanlar da içerir. Tam tahıllardaki en bol bulunan antioksidanlar, rafine un elde etmek için her ikisi de uzaklaştırılan kepek ve tohumda yüksek oranda yoğunlaşan fenolik asitlerdir Fenolik asitler serbest, esterleşmiş ve çözünmeyen bağlı formlarda bulunur. Amiri vd. (2025) soğuk plazma uygulamasının büyük fenolik bileşiklerin daha küçük bileşiklere parçalamasından dolayı fenolik madde miktarında değişikliklerin olduğunu bildirmişlerdir. Soğuk plazma uygulaması ile örneklerin

fenolik içeriğinin azaltması soğuk plazma uygulanan örneklerde protein yapılarının hidrofobik bölgeleri üzerinde etki sağlayarak kovalent olmayan bağ oluşumunu azalttığı şeklinde açıklanabilir.

Tüm tam tane buğday unlarında antioksidan değerleri soğuk plazma uygulamasıyla azalmışlardır. Bu durumun nedeni muhtemelen bazı fenolik asitlerin kaybı ve C vitamini gibi bazı indirgeyici vitaminlerin kaybıyla açıklanabilir (Yu vd., 2013). Aynı zamanda antioksidan miktarındaki azalmanın nedeni ara maddeyi meydana getirmek için antioksidan maddelerin serbest radikallerle reaksiyona girmesi ile açıklanabilir.

Plazma uygulamasının ortaya koyacağı etkiler çalışmada kullanılan buğdayın çeşidine ve plazma parametrelerine yani gaz türü, uygulama gücü ve uygulama süresine bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir (Tolouie vd., 2021; Burducea vd., 2023; Shanker ve Rana, 2025). Bazı buğday çeşitlerinde plazma uygulaması ile polifenol ve flavonoid miktarı artarken bazı buğday çeşitlerinde ise bu değerlerde azalma gözlemlenebilmektedir (Burducea vd., 2023). Aynı zamanda plazma uygulama sonrası fenolik madde artış göstermesine rağmen antioksidan aktivite de aynı şekilde artış görülmemektedir (Zhang vd., 2024).

4.3.5. Soğuk plazma uygulanan tam buğday un örneklerinin yapışkanlık değeri

Tam tane buğday örneklerinden öğütülerek elde edilen unlar ile hazırlanan hamurlarının yapışkanlık (g), adezyon kuvveti (g.sn) ve hamur gücü (mm) değerleri Çizelge 4.11'de verilmiştir. Ekmeklik (Esperia) tam tane buğday ununun yapışkanlık değeri 30.92-33.88 g, adhezyon değeri 0.77-6.01 g.s, hamur gücü 1.78-4.41 mm olarak, Süneli (Bezostaja) tam tane buğday ununın yapışkanlık değeri 22.02-35.89 g, adhezyon değeri 2.00-6.36 g.s, hamur gücü 1.8-4.56 mm olarak, Siyez tam tane buğday ununun yapışkanlık değeri 22.06-27.62 g, adhezyon değeri 0.26-3.01 g.s, hamur gücü 0.52-2.42 mm olarak, Kavılca tam tane buğday ununun yapışkanlık değeri 25.37-32.47 g, adhezyon değeri 0.79-3.38 g.s, hamur gücü 1.19-3.74 mm olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.11. Soğuk plazma uygulanan tam tane buğday un örneklerinin SMS/Chen-Hoseney hamur yapışkanlık değerleri

Uygulama Süresi (s)	Yapışkanlık (g)	Adhezyon (g.s)	Hamur gücü (mm)
Ekmeklik (Esperia) tam tane buğday unu			
0	33.88±1.16^{a}	0.77±0.19^{c}	1.78±0.15^{c}
150	33.28±2.08^{a}	4.99±0.28^{b}	3.33±0.21^{b}
300	32.79±2.23^{a}	6.01±0.50^{a}	4.41±0.26^{a}
600	30.92±4.42^{a}	4.90±0.31^{b}	3.29±0.14^{b}
Süneli (Bezostaja) tam tane buğday unu			
0	35.89±2.72^{a}	2.00±0.43^{c}	1.84±0.40^{c}
150	31.27±1.69^{b}	5.44±0.47^{ab}	3.81±0.09^{ab}
300	23.80±1.80^{c}	6.36±0.63^{a}	4.56±0.09^{a}
600	22.02±0.87^{d}	4.32±0.73^{b}	3.54±0.77^{b}
Siyez tam tane buğday unu			
0	27.62±1.79^{a}	0.26±0.06^{b}	0.52±0.05^{b}
150	22.06±1.25^{b}	0.86±0.60^{b}	0.75±0.26^{b}
300	22.79±1.42^{b}	1.22±0.22^{b}	0.82±0.06^{b}
600	22.85±0.76^{b}	3.01±15.6^{a}	2.42±0.26^{a}
Kavılca tam tane buğday unu			
0	32.47±0.47^{a}	0.79±0.22^{b}	1.19±0.32^{c}
150	28.18±1.21^{b}	2.72±0.32^{a}	2.45±0.08^{b}
300	27.45±0.68^{b}	3.24±0.76^{a}	2.49±0.63^{b}
600	25.37±0.1^{c}	3.38±0.54^{a}	3.74±1.54^{a}

Tablonun aynı sütunundaki farklı üst simge ve küçük harflerle gösterilen ortalama değerler, $p<0.05$ düzeyinde anlamlı olarak farklıdır.

Örneklerin yapışkanlık değerleri incelendiğinde bütün tam tane buğday unlarında kontrol grubuna kıyasla yapışkanlık değerlerinin soğuk plazma uygulaması ile azalma gösterdiği belirlenmiştir. Bu durum soğuk plazma teknolojisinin gluteninde bulunan disülfit bağları ve sülfidril gruplarının miktarının değişmesi ile hamurun fiziksel özellikleri üzerinde etki etmesiyle açıklanabilir.

Ekmeklik (Esperia) buğday ununun yapışkanlık değeri soğuk plazma uygulama süresi arttıkça yapışkanlık değeri azalmıştır. En yüksek yapışkanlık değeri kontrol grubu (33.88 g) örnekte tespit edilmiştir. Süneli (Bezostaja) tam tane buğday ununda yapışkanlık değeri en yüksek kontrol grubu (35.89 g) örnekte tespit edilmiştir. Siyez tam tane buğday ununda ve Kavılca tam tane buğday ununda yapışkanlık değeri en yüksek kontrol grubu örnekte tespit edilmiştir. Süne emgili buğdaylardan elde edilen unların hamur özellikleri ve ekmeklik kalitesinin; buğdayın kalitesi, buğday

tanesindeki zarar seviyesi, zararlı tane oranı ile uygulanan ekmek üretim metoduna bağlı olduğu bildirilmiştir (Özkaya ve Özkaya, 1993). Süne emgili buğday unlarından ekmek yapımının, süne zararının seviyesine bağlı olarak zorlaştığı, genelde bu tip unlardan elde edilen hamurlarının cıvıklaşması ile hamurun teknolojik açıdan işlenme özelliğinin azaldığı belirtilmiştir (Elgün ve Ertugay, 1997).

FTIR spektrumları incelendiğinde soğuk plazma uygulamasının α-sarmal yapısı ve β-tabakalarında 150-300 s sürelerde azalma meydana geldiği ortaya koyulmuştu. Süne zararına uğramış tam tane buğday ununda yapışkanlık değerlerinin azalma göstermesi bu yapıların konsantrasyonlarında meydana gelen değişimlerle ilişkilendirilebilir.

Zhu ve Li (2019), amid I bandı α-sarmalı yapısından kaynaklanırken, 1685 cm^{-1} amid II bandı β-tabakalardan kaynaklanır. α-sarmalı ve β-tabakaları gliadin proteinleri ile ilgili bölgeler olduklarını bildirmişlerdir. Soğuk plazma teknolojisi gliadin protein yapısında bulunan ikincil yapıların değişikliğe uğramasına neden olmuştur.

Plazma uygulaması gluten proteinlerin yapısında bulunan disülfit köprülerinin artış göstermesine ve protein-nişasta etkileşimlerinin güçlenmesine katkı sağlamaktadır. Bu durum hamurun daha sağlam ağ yapısı meydana getirmesini ve yapışkanlık özelliğinin azalmasını sağlamaktadır (Menkovska vd., 2014; Khan vd., 2022; Khan vd., 2023).

Menkovska vd. (2014) yaptıkları çalışmada, özellikle kısa süreli plazma uygulmalarında (<180 sn) hamurun viskoelastik değerlerinde yükselme olduğunu daha uzun süreli uygulamalarda ise bu etkinin sabitlendiğini ya da azaldığını bildirmişlerdir. Lahijani vd. (2022) yaptıkları çalışmada soğuk plazma uygulamasının süne zararına uğrayan buğday unlarında gluten ağının kısmi olarak yeniden yapılandığını ve hamur işlenebilirliği ve kalitesinin arttırdığını ortaya koymuşlardır.

Siyez ve Kavılca gibi yerel buğday çeşitlerinde optimum plazma süresi daha uzun olabilmektedir. Bu durum buğdaylarda nişasta oranı ve protein yapısı gibi genetik farklılıklardan kaynaklanabilmektedir (Bahrami vd., 2016; Chaple vd., 2020).

Sonuçlar incelendiğinde hem atalık hem de modern buğday çeşitlerinde soğuk plazma uygulamasının yapışkanlık değerini azaltıp hamur kalitesini arttırdığı tespit edilmiştir.

Süne zararına uğrayan buğday unlarda ise gluten yapısını onararak hamurun işlenebilme özelliğini iyileştirmiştir. Elde edilen veriler literatürde yer alan sonuçlar ile uyumlu olarak belirlenmiştir.

Örneklerin adhezyon ve hamur gücü değerleri incelendiğinde bütün tam tane buğday unlarında kontrol grubuna kıyasla yapışkanlık değerlerinin soğuk plazma uygulaması ile artış gösterdiği tespit edilmiştir. Örneklerin adhezyon değerleri incelendiğinde ekmeklik (Esperia) ve süneli (Bezostaja) tam tane buğday unu örneklerinde en yüksek adhezyon değeri 300 s soğuk plazma uygulanan örneklerde tespit edilmiştir. Siyez ve Kavılca tam tane buğday unu örneklerinde artan soğuk plazma uygulamasıyla birlikte adhezyon değerlerinin de artış gösterdiği tespit edilirken en yüksek adhezyon değeri 600 s soğuk plazma uygulanan örneklerde tespit edilmiştir.

Soğuk plazma uygulaması buğday ununun partikül yüzeyinde fonksiyonel gruplar meydana getirerek su bağlama kapasitesinde artışa neden olmaktadır. Bu özellikle plazma süresinin uzun olduğu uygulamalarda adhezyon değerinin yükselmesine yol açmaktadır (Chaple vd., 2020).

Kavılca ve Siyez buğdaylarında nişasta oranı ve protein yapısı farklı olduğu için maximum adhezyon değerine ulaşmak için daha uzun süreli plazma uygulaması gerekebilmektedir.

Soğuk plazma uygulaması buğday çeşidine ve uygulama süresine bağlı olarak tam tane unlarında bu çalışma kapsamında incelendiğinde hamur gücü ve adhezyon değerini yükselttiği belirlenmiştir. Bu sonuçlar literatürde yer alan çalışmalar ile benzer özellik göstermektedir ve plazma uygulamasının buğday ununun fonksiyonel özelliklerini geliştirme potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir.

4.3.6. Soğuk plazma uygulanan tam buğday un örneklerinin kieffer hamur ve gluten uzayabilirlik değerleri

Hamurların reolojik özelliklerinden olan uzamaya karşı gösterdikleri maksimum direnç (Rmax, g), uzayabilirlik (Ext, mm) değerleri Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Soğuk plazma uygulanan tam tane buğday un örneklerinin kieffer hamur ve gluten uzayabilirlik değerleri

Uygulama süresi (s)	Rmax[1] (g)	Ext (mm)	Toplam alan
Ekmeklik (Esperia) tam tane buğday unu			
0	8.37±1.03^{d}	5.17±1.51^{c}	58.12±0.1^{d}
150	14.57±0.42^{c}	15.35±1.26^{a}	110.56±0.12^{c}
300	18.32±1.11^{b}	16.36±1.33^{a}	117.69±0.98^{b}
600	28.54±3.74^{a}	13.01±0.06^{b}	120.98± 1.13^{a}
Süneli (Bezostaja) tam tane buğday unu			
0	9.13±1.30^{c}	6.61±2.44^{c}	66.52±0.11^{d}
150	14.08±0.21^{a}	17.26±2.15^{a}	115.23±0.69^{a}
300	11.49±1.88^{b}	14.44±1.58^{b}	93.69±0.54^{c}
600	13.61±.0.18^{ab}	14.68±0.77^{b}	109.58±1.12^{b}
Siyez tam tane buğday unu			
0	16.45±0.52^{d}	8.96±0.96^{b}	100.63±0.1^{d}
150	19.37±0.32^{c}	13.12±1.28^{a}	132.98±1.22^{c}
300	24.69±0.72^{b}	13.27±1.21^{a}	140.74±1.05^{b}
600	29.88±1.89^{a}	14.58±0.53^{a}	142.52±2.01^{a}
Kavılca tam tane buğday unu			
0	7.43±1.74^{c}	6.59±2.47^{c}	53.41±1.36^{d}
150	16.995±1.19^{b}	11.64±0.23^{b}	125.86±0.12^{c}
300	27.90±1.62^{a}	13.73±0.48^{a}	147.97±0.18^{a}
600	27.16±1.37^{a}	13.50±0.39^{a}	143.50±1.30^{b}

Rmax: Uzamaya karşı direnç
Ext: Uzayabilirlik
Tablonun aynı sütunundaki farklı üst simge ve küçük harflerle gösterilen ortalama değerler, *p<0,05* düzeyinde anlamlı olarak farklıdır

Ekmeklik (Esperia), Süneli (Bezostaja), Siyez ve Kavılca tam tane buğday unu örneklerinde artan soğuk plazma uygulaması ile Rmax değerlerinin artış gösterdiği tespit edilmiştir. Uzamaya karşı direncin artmasının nedeni proteinlerin disülfür bağları ile bağlanması nedeniyle plazmanın bu bağlar üzerinde etki etmesi ve güçlü bir hamur yapısı oluşturması ile açıklanabilir. Bahrami vd. (2016) yaptıkları çalışmada,

soğuk plazma uygulaması ile Rmax değerlerinin artışını yüksek molekül ağırlıklı proteinlerdeki artış ile ilişkilendirmişlerdir.

Süneli (Bezostaja) tam tane buğday unu örneğinde 600 s soğuk plazma uygulaması ile diğer uygulanan sürelerde elde edilen Rmax değerinden daha düşük bir değer elde edilmiştir. Soğuk plazma uygulamasında uygulanan süre ve güç değerlerinin optimize edilmesiyle Süneli (Bezostaja) tam tane buğday unu örneğinde elde edilen Rmax değerinin ekmeklik (Esperia) tam tane buğday unu örneğindeki yüksek değerlere ulaşarak protein yapısının iyileştirilmesi mümkün olabilir. Örneklerin tam tane olması nedeniyle kepek oranlarının yüksek olması soğuk plazma teknolojisinin etkinliğini azalttığı yönünde yorumlanabilir.

Ekmeklik (Esperia) ve Kavılca tam tane buğday unu örneklerinde Ext değerlerine ait en yüksek değer 300 s soğuk plazma uygulaması ile tespit edilmiştir. Süneli (Bezostaja) tam tane buğday unu örneğinde 150 s'de en yüksek değer elde edilirken Siyez tam tane buğday ununda 600 s'de elde edilmiştir. Bu artış plazma reaktif türleri ile ilişkilendirilebilir (Banura vd., 2018). Plazma kaynaklı çapraz bağlanma mekanizmasında, iki polimerik zincirin indirgen uçları arasında bir kopma meydana gelir ve su molekülleri uzaklaştırılır. Su molekülünün ayrışmasıyla oluşan hidroksil radikalleri glikozidik bağları parçalar. Sonuç olarak, plazmadaki reaktif türler nişastayı aşındırmış ve nişasta-su bariyerini azaltarak hidrofilik yapıda değişikliğe neden olmuştur (Chaple vd., 2020). Süneli (Bezostaja) tam tane buğday unu örneğinde 600 s soğuk plazma uygulamasında Ext değerinde azalma görülmesinin sebebi nişasta hasarının uzayabilirliği azaltması ile ilişkilendrilebilir. Nişasta hasarının Ext değerini azalttığını bildiren çalışmalar mevcuttur (Zhou vd., 2019; Chaple vd., 2020).

Gluten ağında disülfit çapraz bağlarının oluşumu hamur özelliklerini geliştirmektedir. Disülfit bağları, plazmadaki reaktif türler D-glikozun oluşması ile meydana gelen yan ürün olan H_2O_2'ye dönüştürdüğünde oluşur. Bu hidrojen peroksit daha sonra iki sistein molekülündeki tiyol gruplarını okside ederken, reaktif türler de hem metiyonin hem de sistein moleküllerindeki tiyol gruplarını okside eder (Rasiah vd., 2005). Disülfit bağlarının sayısındaki artış ve serbest sülfhidril grubu konsantrasyonundaki azalma Rmax ve A değerlerinde artışa yol açmaktadır.

4.3.7. Soğuk plazma uygulanan FTIR spektrum değerleri

Ekmeklik (Esperia) tam tane buğday unu Amid I ve Amid II bölgelerinde anlamlı bir farklılık görülmemiştir. Her sürenin C-O-C, C-O ve C-O-H gruplarının konsantrasyonunu arttırdığı tespit edilmiştir. 600 s soğuk plazma uygulamasında hidroksil gruplarında azalma görülürken diğer tam tane buğday unlarında artış görülmüştür.

Süneli (Bezostaja) tam tane buğday unu örneğinde 600 s soğuk plazma uygulaması ile Amid I band bölgesinde α-sarmal yapısında artış görülürken diğer tüm sürelerde azalma meydana gelmiştir. Amid II bölgesinde β-tabakalarında 150-300 s soğuk plazma uygulamasında azalma meydana gelirken 600 s soğuk plazma uygulaması ile kontrol örnekleri arasında bir farklılık oluşmamıştır. 600 s soğuk plazma uygulmasında C-O-C, C-O ve C-O-H gruplarının konsantrasyonunun yükseldiği tespit edilmiştir. Bu durum hamurdaki elastikiyetin arttığını, kolloidal yapının değiştiğini göstermektedir. 3280 cm^{-1} bölgesi hidroksil gruplarının etkinliğini gösteren bir bölgedir. 600 s soğuk plazma uygulamasında hidroksil grupları artış göstermiştir. Bu durum nişasta depolimerizasyonu ile açıklanabilir.

Siyez tam tane buğday unu örneğinde Amid I band bölgesinde α-sarmal yapısında azalma görülürken diğer tüm sürelerde belirgin bir farklılık tespit edilmemiştir. Amid II bölgesinde β-tabakalarında da aynı durum söz konusudur. Hidroksil gruplarının konsantrasyonu soğuk plazma uygulama süresine bağlı olarak azalma göstermiştir. C-O-C, C-O ve C-O-H gruplarının konsantrasyonunu kontrol örneğine göre 150 s soğuk plazma uygulamasında artış gösterirken 600 s uygulama süresinde azalma göstermiştir.

Kavılca tam tane buğday unu örneğinde soğuk plazma uygulama süresi yükseldikçe Amid I, Amid II ve C-O-C, C-O ve C-O-H ile hidroksil gruplarının konsantrasyonunda azalma tespit edilmiştir. Bu durum protein yapısının düzensiz hale geldiğini, hidrojen kuvvetinin arttığını ve ikincil yapının kararsız hale geldiğini göstermektedir.

Soğuk plazma teknolojisi uygulama sonrası tam tane buğday unlarının özellikleri yapılan analizler neticesinde değerlendirilerek bu buğdayların kepek, irmik gibi

bileşenlerinden ayrılmamış olması nedeniyle kompleks bir yapı oluşturduğu ve soğuk plazma teknolojisinin temel olarak undaki gluten proteinlerine etkisini incelemek arzu edilirken tam tane buğday unlarında çok sayıda unsurun teknoloji tarafından etki altında kalacağı düşünülmüştür. Bu nedenlerle tam tane buğday ununa soğuk plazma uygulaması yerine tedarik edilen unlar öğütülerek rafine un elde edilmesi ve soğuk plazma teknolojsinin bu unlara uygulanması amaçlanmıştır. Soğuk plazma uygulamasının etkinliğinin net bir şekilde ortaya konulması amacıyla atalık buğdaylar olan Kavılca ve Siyez unu çalışmanın ikinci kısmından çıkarılarak yorumlama ve değerlendirmenin daha sağlıklı olması ve daha doğru karşılaştırma yapılabilinmesi amaçlanmıştır. Tam tane buğday unlarında yapılan tüm analizlerin rafine unlar için de tekrarlanmıştır.

4.4. Soğuk Plazma Uygulanan Rafine Unların Analiz Sonuçları

4.4.1. Soğuk plazma uygulanan rafine buğday unu örneklerinin nem, su aktivitesi ve kül değerleri

4 farklı süre ile (0, 30, 45 ve 60 sn) soğuk plazma teknolojisi uygulanmış süneli (Bayraktar) buğday unu ve ekmeklik (Bayraktar) buğday unu örneklerine ait nem, su aktivitesi, kül ve protein değerleri Çizelge 4.13'te verilmiştir.

Çizelge 4.13 incelendiğinde süneli (Bayraktar) rafine un örneklerinin nem değerlerinin kontrol, 30, 45 ve 60 s uygulama sürelerinde sırasıyla %11.36, %11.26, %11.15, %10.87 olarak tespit edildiği belirlenmiştir. Ekmeklik (Bayraktar) rafine un örneklerinde ise kontrol, 30, 45 ve 60 s uygulama sürelerinde sırasıyla %9.04, %10.47, %10.30 ve %10.42 olarak tespit edildiği belirlenmiştir. Soğuk plazma uygulama süresindeki artışa bağlı olarak süneli (Bayraktar) rafine unun nem değerinde azalma olurken ekmeklik (Bayraktar) rafine buğday ununda ise nem değerinin uygulama süresine bağlı olarak artış gösterdiği tespit edilmiştir. Literatüre göre unda %12-15 arasındaki nem değerleri unun oda sıcaklığında stabil kalmasını sağlar (Nasir vd., 2003). Elde edilen veriler un örneklerinin nem içeriğinin belirtilen aralıkta kaldığını göstermektedir.

Çizelge 4.13. Soğuk plazma uygulanan tam tane buğday un nem, kül ve su aktivitesi değerleri

Uygulama süresi (s)	Nem (%)	Su aktivitesi aw)	Kül (%)
Süneli (Bayraktar) rafine un			
0	11.36±0.06^{a}	0.53±0.001^{a}	1.64±0.2^{a}
30	11.26±0.40^{ab}	0.43±0.002^{d}	1.61±0.01^{a}
45	11.15±0.17^{ab}	0.44±0.005^{c}	1.60±0.30^{a}
60	10.87±0.04^{b}	0.45±0.005^{b}	1.58±0.5^{a}
Ekmeklik (Bayraktar) rafine un			
0	9.04±0.25^{a}	0.52±0.01^{a}	0.66±0.1^{a}
30	10.47±0.00^{b}	0.43±0.013^{b}	0.58±0.21^{a}
45	10.30±0.47^{b}	0.42±0.04^{b}	0.56±2.1^{a}
60	10.42±0.12^{b}	0.41±0.02^{b}	0.53±0.05^{a}

Tablonun aynı sütunundaki farklı üst simge ve küçük harflerle gösterilen ortalama değerler, *p<0.05* düzeyinde anlamlı olarak farklıdır.

Nem içeriğinin kendi başına ürünün güveliğini, stabilitesini ve raf ömrünü tahmin etmede yeterli değildir. Serbest su miktarı undaki kimyasal ve biyolojik süreçleri desteklemek için mikroorganizmaların potansiyel büyüme yeteneğini ifade eder ve su aktivitesi olarak ifade edilir. Unun bozulmasına sınırlayan optimum değer 0.4-0.7 aw olarak ifade edilir (Labuza vd., 1982). Süneli (Bayraktar) rafine ununda su aktivitesi değerleri incelendiğinde en yüksek su aktivitesi değerine kontrol grubunun (0.53), en düşük değere ise 30 s uygulama yapılan grubun (0.43) sahip olduğu, ekmeklik (Bayraktar) rafine unda ise en yüksek su aktivitesi değerine kontrol grubunun (0.52), en düşük değer 60 s soğuk plazma uygulanan örnekte tespit edilmiştir. Ekmeklik (Bayraktar) buğday ununda soğuk plazma uygulama süresiyle orantılı olarak su aktivite değerleri azalmıştır. Khan vd. (2023) yaptıkları çalışmada, su aktivitesi değerinin plazma uygulaması ile azaldığını belirtmişlerdir. Kontrol grubuna kıyasla diğer gruplarda görülen su aktivitesindeki azalma plazma teknolojisinin hidrofilik gruplar üzerinde etkili olduğu şeklinde yorumlanabilir. Plazma teknolojisi ile gluten yapısındaki bağların kuvvetlenmesi ile serbest halde bulunan suyun bağlı hale gelmesi sonucu su aktivitesi değerlerinde azalma görülmüştür.

Süneli (Bayraktar) rafine un örneklerinin kül değerleri kontrol grubunda %1.64, 30 s uygulamada %1.61, 45 s uygulamada %1.60 ve 60 s uygulamada %1.58 olarak tespit

edilmiştir. Ekmeklik (Bayraktar) rafine un örneklerinin kül değerleri kontrol grubunda %0.66, 30 s uygulamada %0.58, 45 s uygulamada %0.56 ve 60 s uygulamada %0.53 olarak belirlenmiştir. Ekmeklik (Bayraktar) rafine unlarda kül miktarı önemli bir kalite indeksidir. Kepekte 20 kat daha fazla mineral olduğu için unda kül miktarının yüksekliği, kabuk oranının yani un randımanının yüksekliğini ve dolayısıyla kullanılan unun ekmeklik kalitesinin düşüklüğünü gösterir. Her iki buğday ununda da kül değerleri incelendiğinde kül oranının uygulama süresinin artışıyla doğru orantılı olarak kısmi de olsa azalma gösterdiği tespit edilmiştir. Dizlek ve Özer (2024) süne zararına uğramış buğday örneklerinde süne zararının artış oranına bağlı olarak kül miktarının arttığını tespit etmiştir. Bu durumda plazma uygulamasının un randımanı üzerinde etkili olduğu ifade edilebilir.

Süneli (Bayraktar) rafine buğday unu örneklerinde protein değerleri kontrol, 30, 45 ve 60 s uygulama sürelerinde sırasıyla %9.96, %9.96, %10.38, %10.25 olarak tespit edilmiştir. Kontrol ve 30 s uygulamalarda istatistiksel olarak bir farklılık tespit edilmemiştir. En yüksek protein değeri 45 s uygulama yapılan örnekte belirlenmiştir. Ekmeklik (Bayraktar) rafine en örneklerinde ise kontrol, 30, 45 ve 60 s uygulama sürelerinde sırasıyla %10.38, %10.75, %10.95 ve %10.66 olarak belirlenmiştir. Ekmeklik rafine unda protein değeri 30 ve 45 s uygulamada kısmi olarak artış gösterirken 60 s uygulamada yine kısmi olarak azalma tespit edilmiştir.

Plazmanın ürettiği azot ve reaktif oksijen türleri (RONS), serbest sülfidril gruplarının oksidasyonunu teşvik eder ve disülfür bağlarını yeniden dağıtabilir ya da bu bağları düzenleyebilir. Bunun sonucu olarak gluten ağ yapısı güçlenir, hamur dayanıklılığı artar. Soğuk plazmanın yan zincirleri ve aromatik kalıntıları okside edebilen reaktif türler üreterek moleküler boyutu ve protein yüzey yükünü değiştirerek reoloji ve hidrasyonu etkilediği tespit edilmiştir (Chaple vd., 2020; Lahijani vd., 2022).

Çalışmalar plazma uygulamasının protein miktarında büyük değişiklikler yerine proteinin yapısal değişiklikler yoluyla sindirim, çözünürlük gibi tekno-fonksiyonel özelliklerinin değiştiği sonucuna varmıştır. Bu nedenle proteinin plazma işlemi sonrası kalite ve davranış özelliklerinin değiştiğini belirtilmiştir (Los vd., 2020; Burducea vd., 2023).

4.4.2. Soğuk plazma uygulanan rafine buğday unu örneklerinin antioksidan ve fenolik değerleri

Genel olarak, tahılların fenolik bileşikler açısından zengin olduğu bilinmekte olup fenolik bileşiklerin buğday tanelerinin genel antioksidan kapasitesine önemli ölçüde katkıda bulunduğu bildirilmiştir Kontrol grubu ve plazma uygulanan un örneklerinin fenolik madde ve antioksidan değerleri Çizelge 4.14'te verilmiştir.

Çizelge 4.14. Soğuk plazma uygulanan rafine buğday unu örneklerinin antioksidan ve fenolik değerleri

Uygulama süresi (s)	Bağlı fenolik (mg GAE/100 g)	Serbest fenolik (mg GAE/100 g)	Bağlı antioksidan (%DPPH inhibisyon)	Serbest antioksidan (%DPPH inhibisyon)
Süneli (Bayraktar) rafine un kontrol				
0	56.13±0.64^{b}	4.71±0.96^{b}	4.09±0.49^{b}	0.59±0.36^{a}
30	55.26±0.64^{b}	4.79±0.16^{b}	1.75±0.0^{a}	0.39±0.23^{a}
45	50.21±0.47^{a}	2.59±0.82^{a}	1.67±0.24^{a}	0.23±0.13^{a}
60	49.52±0.26^{a}	1.03±0.48^{a}	0.99±0.38^{a}	0.39±0.0^{a}
Ekmeklik (Bayraktar) rafine un kontrol				
0	59.63±1.86^{a}	8.86±0.88^{a}	3.93±0.48^{a}	2.33±0.06^{a}
30	53.93±6.70^{b}	8.65±0.34^{a}	3.50±0.48^{ab}	1.85±0.53^{ab}
45	50.03±1.07^{b}	7.66±1.72^{b}	3.46±0.45^{bc}	1.73±0.27^{bc}
60	49.15±1.91^{b}	4.40±1.14^{c}	2.98±0.18^{c}	1.46±0.11^{c}

Tablonun aynı sütunundaki farklı üst simge ve küçük harflerle gösterilen ortalama değerler, $p<0.05$ düzeyinde anlamlı olarak farklıdır.

Çizelge 4.14'e bakıldığında Süneli (Bayraktar) rafine unun bağlı fenolik değerlerinin 56.13-49.52 mg GAE/100 g, serbest fenolik değerlerinin 4.79-1.03 mg GAE/100 g, bağlı antioksidan değerlerinin %4.09-%0.99 arasında, serbest antioksidan değerlerinin %0.59-0.23 arasında değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. Kontrol örneğine kıyasla 45 ve 60 s plazma uygulamasında örneklerin fenolik değerlerinde azalma olduğu tespit edilmiştir. 30 s uygulama yapılan örneklerde ise istatistiksel olarak bir farklılığa rastlanmadı ($p<0.05$). Ekmeklik (Bayraktar) rafine unun bağlı fenolik değerlerinin 59.63-49.15 mg GAE/100 g, serbest fenolik değerlerinin 8.86-4.40 mg GAE/100 g, bağlı antioksidan değerlerinin %3.93-%2.98 arasında, serbest antioksidan değerlerinin

%2.33-1.46 arasında değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. Ekmeklik rafine unda soğuk plazma uygulama süresinin artışı ile doğru orantılı olarak hem fenolik hem de antioksidan değerleri azalma göstermiştir.

Yapılan çalışmalarda plazma uygulaması ile fenolik içerikte meydana gelen değişim büyük fenolik bileşiklerin daha küçük bileşiklere dönüşmesi ve fenolik bileşiklerden glikozidik bileşenlerin salınmasıyla açıklanmıştır (Sarangapani vd., 2016; Zhang vd., 2024; Chakraborty vd., 2024). Proteinler sahip oldukları hidrofobik bölgelerle fenolik bileşiklerle kompleks oluşturabilmektedir. Protein fenolik ilişkisi fenoliklerin aromatik halkası ile proteinlerin hidrofobik bölgeleri arasındaki kovalent olmayan etkileşimlere dayanmaktadır (Le Bourvellec vd., 2012). Protein-fenolik kompleks oluşumunda fenolik bileşiklerin hidroksil (-OH) ve amino asitlerin amino grupları arasındaki çapraz hidrojen bağları etkilidir (Friesen vd., 2015). Plazma uygulamasının örneklerin fenolik içeriğini azaltması soğuk plazma uygulanan örneklerde proteinlerin hidrofobik bölgeleri üzerinde etki sağlayarak kovalent olmayan bağ oluşumunu azalttığı şeklinde açıklanabilir. Elde edilen kieffer sonuçları da kovalent olmayan bağ yapısındaki değişimi desteklemektedir. Aynı zamanda soğuk plazma teknolojisinin çapraz hidrojen bağ oluşumu üzerinde etkili olduğu sonucuna ulaşılabilir.

Un örneklerinin bağlı antioksidan değerlerine bakıldığında kontrol örneğine kıyasla soğuk plazma süresinin artışıyla doğru orantılı olarak azalma görülmüştür. Bu azalmanın nedeni ara maddeyi oluşturmak için serbest radikallerle reaksiyona girmesi veya fenolik bileşenleri degradasyonu ile ifade edilebilir (Fan vd., 2003).

Plazma uygulamasının fenolik maddelere etkisi plazma ile meydana gelen reaktif türlerin hücre duvarlarını parçalaması bunun sonucunda da fenolik ekstraksiyonunun artması ve bazı enzimlerin inaktive olmasına sebep olması ile ilişkilendirilmektedir (Tolouie vd., 2021). Fakat plazma uygulaması esnasında bazı fenolik bileşikler bilhasa antosiyaninler ve flonoidler oksidatif olarak parçalanabilmektedir (Zhang vd., 2024). Sonuç olarak buğdaydaki antioksidan aktivite ve fenolik bileşikler üzerinde plazma uygulamasının etkisi karmaşıktır ve en yüksek faydayı sağlamak için buğday çeşidi ve parametrelerin dikkatle seçilmesi gerekmektedir (Zhang vd., 2024; Shanker ve Rana, 2025).

4.4.3. Soğuk plazma uygulanan rafine buğday unu örneklerinin yaş gluten, kuru gluten ve gluten indeks değerleri

Süne zararına uğrayan un ve ekmeklik buğday unu örneklerinin yaş ve kuru gluten değerleri ile gluten indeks değerleri Çizelge 4.15'te verilmiştir.

Çizelge 4.15. Soğuk plazma uygulanan rafine buğday unu örneklerinin yaş gluten, kuru gluten ve gluten indeks değerleri

Uygulama süresi (s)	Yaş Gluten (%)	Kuru Gluten (%)	Gluten İndeks (%)
Süneli (Bayraktar) rafine un			
0	30.88±1.11^{a}	10.3±0.10^{a}	58.66±0.57^{b}
30	26.00±0.30^{b}	8.45±0.05^{c}	99.95±0.02^{a}
45	26.60±0.31^{b}	9.05±0.15^{b}	99.92±0.05^{a}
60	26.60±0.32^{b}	9.25±0.25^{b}	99.9±0.00^{a}
Ekmeklik (Bayraktar) rafine un			
0	27.6±0.70^{a}	12.23±0.20^{a}	95±1.00^{a}
30	26.70±1.73^{a}	9.66±1.01^{c}	99.9±0.00^{b}
45	27.03±1.15^{a}	11.60±0.43^{b}	99.9±0.00^{b}
60	23.03±0.15^{b}	11.30±0.20^{b}	99.9±0.00^{b}

Tablonun aynı sütunundaki farklı üst simge ve küçük harflerle gösterilen ortalama değerler, $p<0.05$ düzeyinde anlamlı olarak farklıdır.

Yaş gluten, kuru gluten ve gluten indeks değeri glutenin kalitesini gösterir. Süneli (Bayraktar) rafine un örneğinde yaş gluten değeri %30.88-26.60, kuru gluten değerleri %10.3-8.45, gluten indeks değerleri %58.66-99.90 arasında tespit edilmiştir. Ekmeklik (Bayraktar) rafine unda yaş gluten değeri %27,6-23.03, kuru gluten değerleri %12.23-9.66, gluten indeks değerleri %99.9-95 arasında tespit edilmiştir.

Unun ekmek yapımına uygunluğunun belirlendiği analizler arasında gluten miktarının ve kalitesinin belirlenmesi öncelik arz eder. Çünkü öz miktarı ve kalitesi yetersiz unlardan yapılan ekmekler, küçük hacimli, basık, düzensiz bir gözenek yapısına sahip olmakta, kabuk yapılarında da yer yer çatlak ve yarıklar bulunmakta bunlara ilaveten bayatlama hızları da daha fazla olmaktadır (Gül, 2007).

Her iki örnek grubunda da soğuk plazma uygulamasının yaş ve kuru gluten değerlerini kontrol örneğine kıyasla azalttığı yani glutenin hidrasyon kapasitesini olumsuz yönde etkilediği belirlenmiştir. Diğer taraftan Süneli (Bayraktar) rafine buğday ununda farklı sürelerde soğuk plazma uygulanmış örneklerin yaş gluten değerleri arasında anlamlı bir fark oluşturmadığı tespit edilmiştir. Süneli (Bayraktar) rafine ve ekmeklik (Bayraktar) rafine un örneklerinde kuru gluten değerleri incelendiğinde tüm sürelerde azalma görülürken 45-60 s uygulamalarında kontrole göre düşük değerde olmakla birlikte 30 s uygulamaya göre bir miktar artış belirlenmiştir. Ekmeklik (Bayraktar) rafine buğday ununda yaş gluten miktarı 30 ve 45 s uygulamalarında kontrole göre istatistiksel olarak fark oluşturmazken 60 s soğuk plazma uygulaması ile yaş gluten değerinde azalma tespit edilmiştir.

Yılmaz ve Meral (2019), buğday unu için yaş gluten ortalamasını %26.8-31, Şahin vd. (2011) yaş gluten oranını %38.7, Cansız vd. (2020), buğday ununun yaş gluten içeriğini %28.55 olarak, Khalid vd. (2022), buğday unu yaş gluten içeriğini %25.7-33.1, Mut vd. (2024) yaş gluten içeriğini %23.96 olarak belirlemişlerdir. Bu çalışmada modern ekmeklik buğday olan buğday ununun yaş gluten miktarı %27.6 olarak belirlenmiştir. %20 den düşük glutene sahip unlar düşük derece glutenli, %20-27 arasında olanlar orta glutenli, %35'ten yüksek gluten miktarına sahip olan unlar yüksek glutenli şeklinde sıralanmaktadır. Undaki gluten oranı, unun kullanım yerini belirleme açısından önemlidir. Ekmek yapımında kullanılan unun gluten miktarının %27 den az olmaması beklenir. Khan vd. (2023) yaptıkları çalışmada yaş ve kuru gluten değerlerinin 1, 3 ve 5 dk soğuk plazma uygulanan örneklerde kontrol grubuna kıyasa azaldığını belirtmişlerdir. Bahrami vd. (2016) yaptıkları çalışmada, soğuk plazma uygulama süresinin artmasıyla birlikte kuru ve yaş gluten değerlerinin azaldığını belirtmişlerdir. Ekmeklik (Bayraktar) rafine buğday ununun sonucuna bakıldığında literatürde verilen değer aralığında olduğu tespit edilmiştir ve orta glutenli unlar sınıfında yer aldığı belirlenmiştir.

Kontrol örneğine göre plazma uygulamasının yaş ve kuru gluten değerlerinde düşüşe neden olması bu uygulamanın un örneklerinin hidroksil gruplarına etki ederek su bağlama yeteneklerini azaltmasına atfedilebilir. Khan vd. (2023), Bahrami vd. (2016) ve Menkovska vd. (2014) çalışmalarında plazma uygulaması ile benzer şekilde glutenin hidrasyon kapasitesinin olumsuz etkilerini rapor etmişlerdir.

Bir buğdayın ya da elde edilen unun ekmeklik kalitesi ekmek yapımı için önemli olan teknolojik özellikler yani gluten kalitesi, gluten miktarı ve sedimentasyon testleri ile reolojik özelliklerin belirlenmesiyle ortaya konulmaktadır. Bu nedenle süne zararına uğramış un örneklerinin ve ekmeklik buğday ununun gluten indeks değerleri belirlenmiştir. Soğuk plazma uygulamasının en belirgin etkisi gluten indeks değerinde tespit edilmiştir. Plazma uygulanan her iki örnekte de kontrol grubuna göre gluten indeks değerinde önemli ölçüde artış gözlemlenmiştir. Ancak farklı sürelerde (30-45 ve 60 sn) plazma uygulamasının gluten indeks değeri üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkisi olmamıştır.

Yapılan çalışmalarda süne zararına uğramış buğday unlarında gluten indeks değeri %8-12-16 oranına süneye maruz kalmış örneklerde sırasıyla %70-55-40 olarak (Dizlek ve Özer, 2024), %5-10-15 oranında maruz kalan buğdaylarda sırasıyla %52.64-34.97-33,14 olarak (Başar vd., 2016), atmosferik plazma ve oksijen kullanılarak soğuk plazma uygulaması yapılan bir çalışmada süne zararına uğrayan kontrol örneğinde gluten indeks değeri %55.70 olarak tespit edilmiştir (Lahijani vd., 2022).

Ekmeklik buğday unu ile yapılan çalışmalarda Migliorini vd. (2016) gluten indeks değerlerini %57-80.3 olarak, Yalçın ve Maden (2020) farklı çeşitlerde %75.5-98 arasında, Kara vd. (2020) %43.55-94.29 arasında belirlemişlerdir. Literatür sonuçları incelendiğinde ekmeklik buğday ununa soğuk plazma uygulamasının gluten indeks değerini kontrol örneğine kıyasla iyileştirdiği tespit edilmiştir. Soğuk plazma üzerine yapılan çalışmalarda da gluten indeks değerinin soğuk plazma uygulaması ile iyileştirildiği tespit edilmiştir (Barros vd., 2023; Sarkar vd., 2023; Khan vd., 2023).

Yapılan bir çalışmada proteinlerdeki oksidatif değişikliklerin moleküler çözünürlükleri ve ağırlıkları değiştirebileceği bunun neticesinde gluten ağı oluşturma kabiliyetinin değişiklik göstereceği öne sürülmüştür (Pankaj vd., 2018). Proteinlerin soğuk plazma ile işlenmesi gluten bağları arasındaki disülfit bağlarını güçlendirerek daha kuvvetli protein nişasta yapısı oluşturmaktadır (Khan vd., 2022). Yapılan çalışmalar plazma uygulaması ile glutenin alt birimleri arasındaki bağ yapısında değişikliklerin olduğu ve plazma teknolojisinin daha yüksek molekül ağırlıklı glutenin dağılımında etkili olduğunu ortaya koymaktadır (Menkovska vd., 2014; Misra vd.,

2015; Bahrami vd., 2016; Khan vd., 2023). Soğuk plazma teknolojisinin uygulanması ile literatürde yer alan gluten indeks değerleri ile bu çalışma verileri kıyaslandığında soğuk plazma uygulamasının yeni disülfit bağlarının oluşumda artışa neden olduğunu ve bundan dolayı protein çözünürlüğünü ve unun teknolojik özelliklerini iyileştiren önemli bir unsur olduğu görülür.

4.4.4. Soğuk plazma uygulanan rafine buğday unu örneklerinin sedimantasyon, gecikmeli sedimentasyon ve düşme sayısı değerleri

Buğday unlarının sedimantasyon, gecikmeli sedimantasyon ve düşme sayısı değerleri Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Çizelge 4.16. Soğuk plazma uygulanan rafine buğday unu örneklerinin sedimantasyon, gecikmeli sedimantasyon ve düşme sayısı değerleri

Uygulama süresi (s)	Sedimentasyon (ml)	Gecikmeli Sedimentasyon (ml)	Düşme Sayısı (s)
Süneli (Bayraktar) rafine un			
0	33.33±0.57^{a}	11±0.00^{d}	419±1.00^{a}
30	29.66±0.57^{b}	17.33±1.15^{c}	377±5.19^{b}
45	28.66±0.57^{bc}	29.66±0.57^{a}	369±5.77^{b}
60	27.66±0.57^{c}	19.33±1.15^{b}	416±2.88^{a}
Ekmeklik (Bayraktar) rafine un			
0	29±0.00^{a}	31±0.00^{a}	432±3.05^{c}
30	26±0.00^{b}	31.33±0.57^{a}	368±3.51^{d}
45	29±0.00^{a}	31±0.00^{a}	468±4.01^{b}
60	25.66±0.57^{b}	31.33±0.38^{a}	559±2.51^{a}

Tablonun aynı sütunundaki farklı üst simge ve küçük harflerle gösterilen ortalama değerler, $p<0.05$ düzeyinde anlamlı olarak farklıdır.

Buğdayın gluten miktarı ve kalitesi hakkında bilgi veren sedimantasyon değerleri incelendiğinde; süneli (Bayraktar) rafine ununa ait sedimentasyon değeri 27.66 ml-33.33 ml, gecikmeli sedimentasyon değeri 11.00-29.66 ml, düşme sayısı 369-419 sarasında, ekmeklik (Bayraktar) rafine buğday ununa ait sedimentasyon değeri 25.66 ml-29 ml, gecikmeli sedimentasyon değeri 31.00-31.33 ml, düşme sayısı 368-559 s tespit edilmiştir.

Yüksek kalite ve miktardaki gluten daha yavaş bir çökme, dolayısıyla yüksek sedimantasyon değeri verir. Sedimantasyon değeri, unun ekmekçilik değeri hakkında bilgi vermektedir. Sedimantasyon değeri, protein kalitesini ve ekmeğin kabarma hacmi potansiyelini gösterir (Aydın vd., 2005). Özkan ve Gül (2024) yaptıkları çalışmada kontrol grubu ekmeklik buğdayda sedimentasyon değerini 32 ml, Kara ve Gül (2020) sedimentasyon değerini 32 ml, Kurt ve Dizlek (2022), sedimentasyon değerini 32-38 ml arasında, bu çalışmada belirlenen sedimentesyon değeri literatürde verilen değerlerin altında kalmaktadır.

Soğuk plazma uygulaması üzerine yapılan çalışmalarda Menkovska vd. (2014) sedimentasyon değerinin 30 ve 45 dk soğuk plazma uygulaması ile iyileştirildiğini, Sarkar vd. (2023) uygulama süresi arttıkça zeleny sedimentasyon değerinin arttığını tespit etmişlerdir.

Süneli (Bayraktar) rafine ununun gecikmeli sedimentasyon değerleri incelendiğinde 45 s plazma uygulanan örneklerde gecikmeli sedimentasyon değerinin daha fazla iyileşme gösterdiği tespit edilmiştir. Ekmeklik (Bayraktar) rafine ununda ise soğuk plazma uygulanan tüm örneklerde değerin yükseldiği tespit edilmiştir. Bu sürelerde iyileşme görülmesinin neden gluten yapısını oluşturan buğday proteinlerinin ikincil yapılarında soğuk plazma teknolojisi ile değişikliklerin meydana geldiği ve bu teknolojinin molekül yapılarının yeniden düzenlenmesinde fayda sağladığı ortaya konulmaktadır.

Protein kalitesinin belirlenmesinde kullanılan kalite kriterlerinden birisidir. Standart sedimantasyon test uygulaması süne ve kımıl zararını tam olarak belirleyememektedir. Buğdaylarda 25 ml ve üzerindeki sedimantasyon değerlerinin iyi olarak kabul edilebileceği, süne zararı görmüş buğdaylarda ise gecikmeli sedimantasyon testi yapılmasının gerekli olduğunu belirtilmiştir (Lahijani vd., 2022). Sedimentasyon testindeki değer gecikmeli sedimentasyon testindeki değerden ne kadar yüksek olursa süne zararının daha fazla olduğu anlamına gelir. Süne zararlısının hasar düzeyi arttıkça hamurun stabilitesi, mukavemeti ve gaz tutma yeteneği azalma gösterirken yumuşama derecesi artış gösterir (Dizlek ve Özer, 2024). Sedimentasyon değerleri incelendiğinde en yüksek değerin (33.33 ml) süneli (Bayraktar) rafine kontrol örneğinde, en düşük değerin (27.66 ml) 60 s plazma örneğilde olduğu belirlenmiştir. Kontrol örneğinde

süneli (Bayraktar) rafine ununun gecikmeli sedimentasyon değerinin gluten yapısındaki peptid bağlarının bozulmasından dolayı 11 ml değerine düştüğü gözlemlenirken, 45 s plazma uygulamasında gecikmeli sedimentasyon değerinin sedimentasyon değerinden yüksek çıktığı tespit edilmiştir. Süne zararlısının hasara uğrattıkları tanelerin protein oranına az miktarda zarar vermelerine karşılık, salgılarında bulunan proteolitik aktivite nedeniyle buğday kalitesine ciddi düzeyde olumsuz etki yapmaktadır. Gecikmeli sedimentasyon değerinin süneli (Bayraktar) rafine unda 45 s uygulamada, ekmeklik rafine unda tüm sürelerde artış göstermesi proteaz aktivitesinin azalma gösterdiğini, gluten yapısında bulunan buğday proteinlerinin ikincil yapılarında değişikliklere yol açtığı, molekül yapılarının yeniden düzenlenmesinde uygulamanın etkili olduğu şeklinde yorum yapılabilir.

Düşme sayısı amilolitik aktivitenin bir göstergesidir (Elgün vd., 2005). Sertakan (2006), düşme sayısı değerine göre unları sınıflandırmıştır. Buna göre; düşme sayısı 150 s'nin altında ise, amilaz aktivitesinin aşırı yüksek, tanenin çimlenmiş ve ekmek içinin yapışkan olabileceğini; düşme sayısı 200-250 s arasında ise, amilaz aktivitesinin normal ve ekmek üretimi için uygun düzeyde olduğunu ve düşme sayısı 300 s'nin üzerinde ise amilaz aktivitesinin çok düşük olduğunu, amilaz ilavesi yapılmazsa ekmek hacminin düşük ve ekmek içinin sıkı olacağını belirtmiştir (Belcar vd., 2020).

Çizelge 4.15 incelendiğinde ekmeklik (Bayraktar) rafine unda kontrol grubu ekmeklik buğday ununun düşme sayısı 432 s olarak tespit edilmiştir. Soğuk plazma uygulaması ile 30 s sürede düşme sayısı 368 s olarak tespit edilirken soğuk plazma süresinin artışıyla doğru orantılı olarak düşme sayısı değerinde artış tespit edilmiştir. Soğuk plazma uygulanan 45 ve 60 s ekmeklik (Bayraktar) rafine buğday unlarının amilaz aktivitesinin çok düşük aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir. Düşük amilaz aktivitesi ekmeğin kalitesini etkiler.

Bu çalışmada 45-60 s soğuk plazma uygulaması ile ekmeklik (Bayraktar) rafine buğday unlarının değerleri yüksek çıkmıştır ve bu durum soğuk plazma teknolojisinin amilaz aktivitesi üzerinde etkili olduğunu göstermiştir. Arzu edilen aralıkta düşme sayısı değeri elde edebilmek için 30 s'nin altında uygulama süreleri uygulanabilir.

Süne zararlı unlarda düşme sayısı kabul edilebilir sınırlardan fazla olmaktadır. Enzim katkısı ilave edilmezse, ekmek hacminde ve kalitesinde düşme meydana gelmekte ve hamurda yeterince gaz oluşamamaktadır, ekmek içi sıkı olmakta ve düşme sayısı uygun olmayan unların paçal yapılarak iyileştirilmesi gerekmektedir. Süne zararına uğramış unda alfa amilaz enziminin yapısını bozarak ekmeklik özelliğini emgi şiddetine bağlı olarak önemli ölçüde düşürmektedir. Süne zararına alfa amilazın enzim aktivitesini hızlandırmakta ve böylece ekmeklik kalitesinde olumsuz etki yapmaktadır (Akın, 2017; Çoma, 2018). Süneli (Bayraktar) rafine unların düşme sayısı değerleri 419-369 s arasında değiştiği belirlenmiştir. Unlarda olması beklenen düşme sayısı 250 ± 25 s değeridir. Kontrol ve 60 s plazma uygulanan Süneli (Bayraktar) rafine un örneklerinde istatistiksel anlamda farklılık gözlemlenmezken 30 s uygulamada (377 s) ve 45 s uygulamada (369 s) ile farklılıklar oluştuğu tespit edilmiştir. Başar vd. (2016) süne zararına uğramış unlarda düşme sayısı değerini 774.25-848.88 s arasında, Dizlek ve Özer (2024), %3.92 süneye maruz kalmış örneklerde 407 s olarak düşme sayısını belirlemişlerdir. Düşme sayısı kontrol örneği için bu çalışmada da literatürdeki değerler gibi olması gereken düşme sayısı değerinden yüksek çıkmıştır. Bu noktada soğuk plazma uygulamasının un örneklerinin alfa amilaz aktivitesi üzerinde etkili olduğu söylenebilir.

4.4.5. Soğuk plazma uygulanan rafine buğday unu örneklerinin reolojik özellik değerleri

4.4.6. Soğuk plazma uygulanan rafine buğday unu örneklerinin farinograf değerleri

Hazırlanan hamur örneklerinin farinografik özelliklerinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalar sonucunda bulunan veriler Çizelge 4.17'de verilmiştir. Süneli (Bayraktar) rafine buğday örneğinde su absorbsiyon, gelişme zamanı, stabilite ve yumuşama derecesi sırası ile %54.8, 2 dk, 3.4 dk ve 98 BU'dur. Bu değerler ekmeklik (Bayraktar) rafine buğday ununda sırasıyla %73.5, 5 dk, 4 dk ve 83 BU'dur.

Çizelge 4.17. Soğuk plazma uygulanan rafine buğday unu örneklerinin farinograf değerleri

Su absorpsiyonu (%)	Gelişme zamanı (dk)	Stabilite (dk)	Yumuşama derecesi (BU)
Süneli (Bayraktar) rafine un			
54.8±0.1[b]	2±0.02[b]	3.4±0.01[b]	98 ±0.2[a]
Ekmeklik (Bayraktar) rafine un			
73.5±0.01[a]	5.1±0.01[a]	4±0.01[a]	83±0.01[b]

Tablonun aynı sütunundaki farklı üst simge ve küçük harflerle gösterilen ortalama değerler, $p<0.05$ düzeyinde anlamlı olarak farklıdır.

Farinograf cihazı, hamurun yoğurma sırasında hamurun reolojik özelliklerini ve gluten proteinlerinin hamur oluşturma yeteneklerini değerlendirmemize olanak tanır. Bu reolojik özellikler arasında unun su absorbsiyonu, yoğurulabilirlik indeksini, gelişme süresini, stabilite ve yumuşama derecesini içerir. Yumuşama derecesi düşük olan örneklerde gluten proteinleri kaliteli olarak kabul edilir. Bu özellikler, unun pişirme özellikleri hakkında bilgi sağlar (Aydoğan vd., 2012).

Özkan ve Gül (2024) kontrol örneğinde, Su absorpsiyonu değerini %74.30, Gelişme süresini 5.30 dk, stabilite değerini 7.10 dk ve yumuşama derecesini 27 BU olarak tespit etmiştir. Durmuş vd. (2019), farinograf değerlerini kontrol örneğinde su absorpsiyonu %60.97 olarak bildirmişlerdir.

Başar vd. (2016) çalışmalarında, süne zararına uğramış unların süne zararına maruz kalmayan örneklere göre su absorpsiyon değerleri ve yumuşama derecelerinin artış gösterdiğini, hamur gelişme ve stabilite değerlerinin ise azaldığını belirtmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen verilerde süne zararına uğrayan un örneğinin hem bu çalışmadaki hem de diğer çalışmalardaki kontrol örneklerine kıyasla daha yüksek su absorpsiyon ve yumuşama değeri gösterdiğini, gelişme süresi ve stabilite olarak daha düşük değerler ortaya koyduğunu göstermektedir. Unların su absorbsiyonları unun içerdiği protein miktarına bağlı olarak değişir. Genelde protein miktarı fazla ve gluten kalitesi iyi olan unların daha fazla su absorbe ettiği ve böyle unların iyi bir pişme performansı gösterdiği kabul edilmektedir (Ünal, 2002; Chaple vd., 2023). Süneli (Bayraktar) rafine unundaki bu değerin ekmeklik (Bayraktar) rafine una kıyasla azaldığı tespit edildiği için gluten kalitesinin iyi olmadığı sonucuna ulaşılabilir. Gelişme süresi, hamurun yoğurmanın en etkin olduğu noktaya gelmesi için gereken

suyu alma hızıdır. Gelişme süresi kısa ise bu hidratasyonun çok çabuk gerçekleştiğini, uzun ise suyun unun içinde bulunan çeşitli maddeler tarafından çok daha yavaş alındığını göstermektedir (Gül, 2007). Gelişme süresi aynı zamanda protein kalitesinin de bir göstergesidir. Kuvvetli unların gelişme süresi zayıf unlara göre daha uzundur (Dizlek ve Özer, 2021). Gelişme süresi buğday ununun süne zararına uğradığını göstermektedir.

Yumuşama derecesinin fazla olması ise unun işlemeye karşı toleransının az olduğunu ve fermantasyon süresinin kısa olması gerektiğini belirtir (Özkaya ve Kahveci, 1990). Süneli (Bayraktar) rafine unu ile ekmeklik (Bayraktar) rafine unun farinogram değerleri karşılaştırıldığında ciddi farklılıkların olduğu teyit edilmiştir. Süne zararının artmasıyla birlikte, unun reolojik özelliklerinden olan farinograf değerlerinin bozulduğu; zarar görmüş unlarda yüksek yumuşama derecesi ve ince kurve elde edilirken, zarar görmemiş unlarda yumuşama derecesinin düştüğü belirtilmiştir. Meredith (1970), aynı buğday çeşidinin, süne zararı görmüş buğday unu ile sağlam buğday ununun farinogramlarını karşılaştırdığı çalışmasında, sağlam buğday unlarda yumuşama derecesinin düşük olduğu ve geniş kurveler elde edildiği bildirilirken, süne zararı görmüş unlarda yumuşama derecesinin yüksek olduğu ve ince kurveler elde edildiğini belirtmiştir. Bu çalışmada da literatürde yer alan sunuçlara benzer sonuçlar elde edilmiştir.

4.4.7. Soğuk plazma uygulanan rafine buğday unu örneklerinin hamur yapışkanlığı değerleri

Buğday örneklerinden öğütülerek elde edilen unlar ile hazırlanan hamurlarının yapışkanlık (g), adezyon kuvveti (g.s) ve hamur gücü (mm) değerleri Çizelge 4.18'de verilmiştir.

Çizelge 4.18. Soğuk plazma uygulanan rafine buğday unu örneklerinin hamur yapışkanlığı değerleri

Uygulama süresi (s)	Yapışkanlık (g)	Adhezyon (g.s)	Hamur gücü (mm)
Süneli (Bayraktar) rafine un			
0	33.50±6.49^{a}	5.90±0.005^{a}	6.81±0.29±^{a}
30	26.48±1.99^{ab}	4.98±0.86^{ab}	4.35±0.44±^{b}
45	20.58±3.24^{c}	3.73±0.09^{b}	3.10±0.52^{d}
60	23.49±1.17^{b}	4.49±0.77^{ab}	4.28±0.32^{c}
Ekmeklik (Bayraktar) rafine un			
0	35.92±0.33^{a}	28.29±2.82^{c}	2.59±0.19^{b}
30	25.61±1.049^{b}	48.54±3.28^{b}	4.03±1.27^{a}
45	28.68±1.51^{ab}	57.16±1.07^{a}	4.26±0.56^{a}
60	23.75±0.98^{c}	53.95±1.47^{ab}	2.83±0.49^{b}

Tablonun aynı sütunundaki farklı üst simge ve küçük harflerle gösterilen ortalama değerler, $p<0.05$ düzeyinde anlamlı olarak farklıdır.

Yapışkanlık ekmek kalitesinde ve işleme özelliklerinde olumsuz etkiler ortaya çıkarır. Hamur kuvvetinde, hamur karıştırma toleransında ve ekmek hacminde azalmalara sebebiyet verir (Adhikari vd., 2001). Süneli (Bayraktar) rafine un örneklerin yapışkanlık değerleri incelendiğinde en yüksek yapışkanlık değerine süne zararına uğrayan kontrol (33.50 g) grubunun sahip olduğu tespit edilmiştir. 30 s uygulamada 26.48 g, 45 s uygulamada 20.58 g ve 60 s uygulamada 23,49 g değerleri belirlenmiştir. Soğuk plazma uygulamasının yapışkanlık değerini kontrol grubuna kıyasla azalttığı tespit edilmiştir. Süne emgili buğday unlarından ekmek yapımının, süne zararının seviyesine bağlı olarak zorlaştığı, genelde bu tip unlardan elde edilen hamurlarının cıvıklaşması ile hamurun teknolojik açıdan işlenme özelliğinin azaldığı belirtilmiştir (Elgün ve Ertugay, 1995). Plazma uygulaması ile işlenme özelliği üzerinde olumlu etkiler ortaya koyulduğu gözlemlenmiştir. Bu durum gluteninde bulunan disülfit bağları ve sülfidril gruplarının miktarının değişmesi ile hamurun fiziksel özellikleri üzerine etki etmesiyle açıklanabilir. Thiol gruplarındaki azalma hamurdaki enzimatik olmayan yumuşamaya neden olmaktadır (Chaple vd., 2020).

Soğuk plazma uygulanan Süneli (Bayraktar) rafine unların adhezyon kuvvetinin ve hamur gücünün yapışkanlığa bağlı olarak artış gösterdiği tespit edilmiştir. Süneli (Bayraktar) rafine una plazma uygulanan süreler arasında hamur gücü en yüksek 30 s

(4.35 mm) uygulanan örnek olurken 45 s (3.10 mm) uygulama yapılan örnek en düşük hamur gücü özelliğini göstermiştir.

Ekmeklik (Bayraktar) rafine buğday ununda en yüksek yapışkanlık değeri kontrol grubunda (35.92 g) olarak tespit edilmiştir. Soğuk plazma süresindeki artışla doğru orantılı olarak ekmeklik (Bayraktar) rafine buğday unlarının yapışkanlık değeri de azalma göstermiştir. Soğuk plazma uygulanan tüm örneklerde kontrole kıyasla adhezyon değerinde artış görülmüştür. En yüksek adhezyon değeri 57.16 g.s ile 45 s soğuk plazma uygulanan örnekte tespit edilmiştir. Örneklere ait hamur gücü değerleri 30-45 s uygulamalarında artış gösterirken 60 s uygulamada kontrol örneğine yakın bir değere düşmüştür.

Yapılan çalışmalar soğuk plazma uygulamasının un örneklerinde yapışkanlık değerini azalttığını belirmektedir (Pankaj vd., 2014; Lee vd., 2016; Pal vd., 2016; Chaple vd., 2020). Yapışkanlığın azalması molekül zincirleri arasındaki bağların yeniden oluşmasından kaynaklanmaktadır. Ek olarak hidrojen bağının bozulması emilimi arttırır ve daha yüksek viskoziteye neden olur. Bu durum soğuk plazma teknolojisinin buğday ununda nişasta depolimerizasyonunu indüklediğini ortaya koymaktadır.

4.4.8. Soğuk plazma uygulanan rafine buğday unu örneklerinin Kieffer hamur ve gluten uzayabilirlik değerleri

Hamurların reolojik özelliklerinden olan uzamaya karşı gösterdikleri maksimum direnç (Rmax, g), uzayabilirlik (Ext, mm) ve Toplam alan değerleri Çizelge 4.19'da verilmiştir.

Çizelge 4.19. Soğuk plazma uygulanan rafine buğday unu örneklerinin kieffer hamur ve gluten uzayabilirlik değerleri

Uygulama süresi (s)	Rmax[1] (g)	Ext (mm)	Toplam alan
Süneli (Bayraktar) rafine un			
0	16.73±1.06^{d}	21.09±2.03^{ab}	66.89±9.33^{d}
30	25.59±2.48^{c}	16.48±0.58^{c}	221.62±1.34^{a}
45	31.05±0.92^{b}	22.78±2.09^{a}	195.03±3.81^{b}
60	37.03±1.66^{a}	21.42±1.94^{b}	134.77±1.71^{c}
Ekmeklik (Bayraktar) rafine un			
0	22.31±1.34^{d}	23.49±0.03^{b}	78.23±0.18^{d}
30	30.88±2.92^{b}	25.17±2.56^{a}	198.12±1.22^{a}
45	46.35±6.05^{a}	18.70±2.28^{c}	117.56±1.04^{c}
60	35.81±3.24^{c}	21.47±4.48^{bc}	132.78±0.26^{b}

Rmax: Uzamaya karşı direnç
Ext: Uzayabilirlik
Tablonun aynı sütunundaki farklı üst simge ve küçük harflerle gösterilen ortalama değerler, $p<0.05$ düzeyinde anlamlı olarak farklıdır.

Süne (Bayraktar) rafine un örneğinde Rmax değerlerinin soğuk plazma uygulama süresi ile artış gösterdiği tespit edilmiştir. Bu sonuç süne zararlı unların ekmek üretiminde kaliteyi arttırabileceğini göstermektedir. Soğuk plazma uygulaması düşük ve yüksek molekül ağırlıklı disülfür bağlarının artmasının bu yükselişten sorumlu olduğu düşünülmektedir. Rmax ve Ext değerlerinde tespit edilen artış yüksek molekül ağırlıklı proteinlerin konsantrasyonundaki artışla ilişkilendirilmiştir. 30 s soğuk plazma uygulamasında hamurların Ext değerinde azalma tespit edilmiştir. Ext değerini nişasta hasarının düşürdüğünü ortaya koyan çalışmalar mevcuttur (Chaple vd., 2020). Bu noktada 30 s soğuk plazma uygulamasının nişasta hasarına neden olduğu şeklinde bir yorum yapılabilir. Fakat 45 ve 60 s'ye yükseltilmesi Ext değerinde bir artışa neden olduğu tespit edilmiştir ve bu numuneler ile kontrol numunesi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Soğuk plazma uygulaması ile toplam alan değerlerinde önemli bir iyileşme tespit edilmiştir. Soğuk plazma uygulama süresinin 30 saniye üzerinde olması kısa nişasta zincirleri arasında çapraz bağlanma ve polimerizasyon ile proteinler arasında disülfür bağlarının oluşumu başlattığını göstermektedir. Bu durum gluten ağ yapısını güçlendirmiştir. Soğuk plazma uygulaması hem Rmax hem de Ext değerleri iyileştirmiştir. Rmax ve Ext değerleri birlikte incelendiğinde 30 ve 45 s'lik Soğuk plazma uygulamasının Soğuk plazma

uygulanmayan örneğe göre ekmek üretiminde daha olumlu sonuçlar ortaya koyabileceği şeklinde yorum yapılabilir.

Son yıllarda yapılan çalışmalarda soğuk plazma uygulamasının ekmeklik (Bayraktar) rafine buğday ununun reolojik ve fonksiyonel özellikleri üzerine etkisi yoğun bir şekilde araştırılmaktadır. Bu çalışmadaki veriler incelendiğinde Rmax (g), Ext (mm) ve toplam alan değerlerinin Soğuk plazma uygulama süresine bağlı olarak önce yükseldiği sonrasında azaldığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlar literatürde belirtilen sonuçlarla uyumludur. Literatürdeki çalışmalarda 30-45 s gibi kısa süreli soğuk plazma uygulamasının buğday ununda viskozite, su tutma kapasitesi ve hamur dayanıklılığı gibi fonksiyonel özellikleri yükselttiği, gluten proteinlerinde çapraz bağlamayı teşvik ederek daha güçlü yapıda protein-nişasta ağı meydana getirdiğini bildirmişlerdir (Chaple vd., 2020; Khan vd., 2022; Khan vd., 2023).

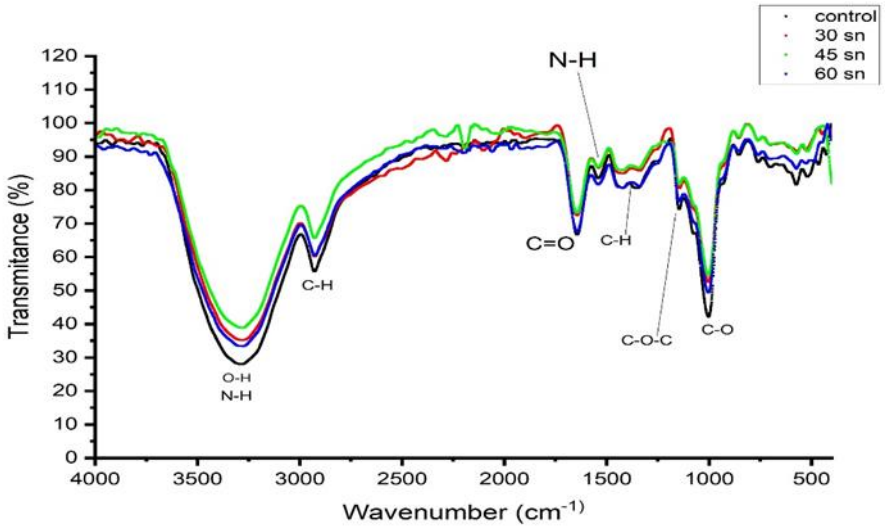
Bu çalışmada 30 s uygulamada Ext ve toplam alan değerleri maximuma ulaşırken, 45 saniyede Rmax değeri en yüksek değere ulaşmıştır fakat Ext ve toplam alan değerleri azalma göstermiştir. Bu durum plazma uygulamasının kısa süreli uygulamada yapısal güçlenmeye katkı sağladığını fakat daha uzun sürelerde yıkıcı etkileri başlattığını göstermektedir.

4.4.9. Soğuk plazma uygulanan rafine buğday unu örneklerinin FTIR spektrumları

Buğday unu proteinleri karmaşık bir yapıya sahiptir ve farklı boyut, yapı ve konformasyona sahip moleküller içermektedir. α-sarmalı, β-tabakası, β-dönüşü ve periyodik olmayan yapılar birlikte ele alındığında proteinin ikincil yapısını oluştururlar (Nucia vd., 2021).

FTIR spektrumları hamurda esas olarak amid I (1600-1700 cm^{-1}) ve amid II (1500-1600 cm^{-1}) absorpsiyon bantlarını içerir. Amid I bandındaki değişimler C=O bağlarının gerilme titreşimlerinden kaynaklanır. Amid II bandındaki değişimler ise N-H bağlarının bükülmesinden kaynaklanır. Glutenin FTIR spektrumunda belirlenen değişimler 1650 cm^{-1} civarındaki amid I bandı α-sarmalı yapısından kaynaklanırken, 1685 cm^{-1} amid II bandı β-tabakalardan kaynaklanır. α-sarmalı ve β-tabakaları gliadin

proteinleri hakkında önemli bilgiler vermektedir (Contreras-Jim´enez vd., 2019; Zhu ve Li, 2019).



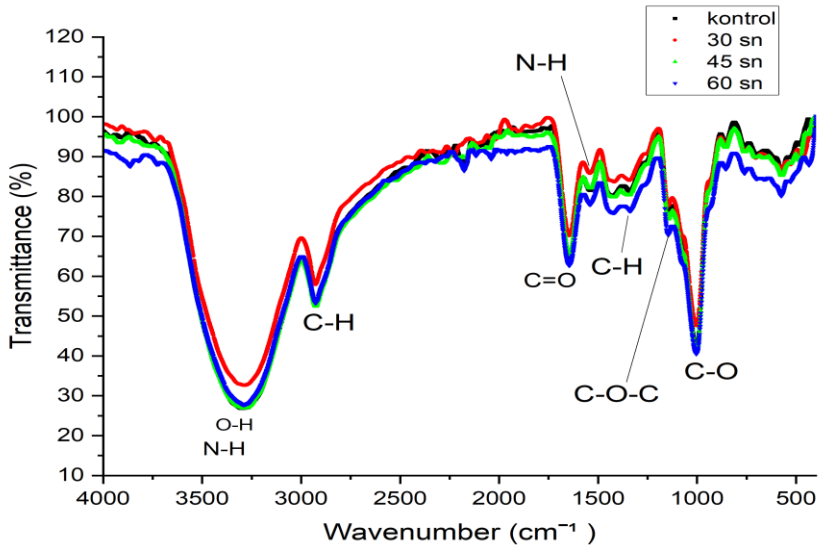
Şekil 4.1. Soğuk plazma uygulanan süneli (Bayraktar) rafine buğday unu örneklerinin FTIR spektrumları

Bu çalışmada Şekil 4.1'de verilen süneli (Bayraktar) rafine una ait FTIR spektrumları incelendiğinde 3280 cm^{-1} bölgesi hidroksil gruplarının etkinliğini gösteren bir bölgedir ve OH grubunun konsantrasyonu kontrol örneğinde en düşük değerdeyken en yüksek değeri 45 s uygulama yapılan örnekte göstermiştir. Kontrol grubuna kıyasla plazma uygulanan örneklerde OH grubunun konsantrasyonunda artış tespit edilmiştir.

Amid I bölgesinde 30 sve 45 s plazma uygulamasının C=O bağları üzerindeki gerilim titreşimleri üzerinde kontrol grubun göre daha etkin olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda plazma uygulaması ile süne zararına uğramış buğday ununda 30 ve 45 s plazma uygulamasının α-sarmal yapısında artışa neden olduğu söylenebilir. Amid II bölgesinde β-tabakası için de benzer durum söz konusudur. Plazma teknolojisi 30 ve 45 s uygulandığında β-tabakasında artış göstermektedir.

Örneklere plazma uygulaması C-O-C, C-O ve C-O-H gruplarının konsantrasyonunu kontrole kıyasla yükseltmiştir. Bu grupların konsantrasyonunun yükselmesiyle hamurun gluten elastikiyetesinin arttığı ve kolloidal yapısının ise değişmiş olduğu yorumu yapılabilir.

Tüm spektrumlar incelendiğinde 45 s plazma uygulanan grubun diğer örneklere göre daha iyi özellikler gösterdiği tespit edilmiştir. Sedimentasyon ve gecikmeli sedimentasyon değerleri de incelendiğinde 45 s plazma uygulamasının süne zararına uğramış undaki protein yapısının iyileştirdiği, protein yapısının ikincil yapısı üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.2. Soğuk plazma uygulanan ekmeklik (Bayraktar) rafine buğday unu örneklerinin FTIR spektrumları

Şekil 4.2'de verilen ekmeklik (Bayraktar) rafine una ait FTIR spektrumları incelendiğinde 3280 cm^{-1} bölgesine ait hidroksil gruplarının etkinliğini incelendiğinde ve OH grubunun konsantrasyonu kontrol örneği ile 45-60 s soğuk plazma uygulanan örneklerde farklılık gözlemlenmezken 30 s soğuk plazma uygulanan örnekte OH grubunun konsantrasyonu artış göstermiştir. En yüksek OH konsantrasyonu 30 s soğuk plazma uygulanan örnekte tespit edilmiştir.

Amid I bölgesinde 30-45 s plazma uygulamasının C=O bağları üzerindeki gerilim titreşimleri üzerinde kontrol grubun göre daha etkin olduğu tespit edilmiştir. Soğuk plazma uygulaması ile ekmeklik rafine buğday ununda 30-45 s plazma uygulamasının α-sarmal yapısında artışa neden olduğu söylenebilir. 60 s soğuk plazma uygulamasında kontrol grubuna kıyasla anlamlı bir farklılık tespit edilememiştir. Amid II bölgesinde β-tabakası için de benzer durum söz konusudur. Plazma teknolojisi 30 suygulandığında β-tabakasında artış gösterirken 60 s soğuk plazma uygulamasında

kontrol örneğine kıyasla azalma göstermiştir. Örneklerin Rmax ve Ext değerleri incelendiğinde soğuk plazma uygulanan 30-45 s sürelerde bu değerlerin artış göstermesi 60 s uygulamada azalma göstermesi FTIR spektrumundan elde edilen verileri desteklemektedir.

Ekmeklik (Bayraktar) rafine buğday unlarına soğuk plazma uygulaması C-O-C, C-O ve C-O-H gruplarının konsantrasyonunu 30 s uygulamada kontrole kıyasla yükseltmiştir. Diğer gruplarda ise anlamlı bir farklılık gözlemlenmemiştir.

Tüm spektrumlar incelendiğinde ekmeklik (Bayraktar) rafine buğday ununda 30-45 s plazma uygulanan grubun diğer örneklere göre daha iyi özellikler gösterdiği tespit edilmiştir. Sedimentasyon ve gecikmeli sedimentasyon değerleri, Kieffer değerleri de göz önüne alındığında 30-45 s soğuk plazma uygulamasının ekmeklik rafine buğday unundaki gluten ağ yapısını geliştirdiği, disülfit bağlar üzerinde etkili olurken molekül yapısını düzenleyerek son ürün kalitesini arttırmak için katkı sağladığı tespit edilmiştir.

4.5. PAS ve Rafine Buğday Unu ile Hazırlanan Örneklerin Analiz Sonuçları

4.5.1. Kontrol ve PAS örneklerine ait analiz sonuçları

Plazma uygulanmamış suyun (kontrol) ve çeşitli sürelerle plazma uygulanan (30, 60, 120 ve 180 sn) su örneklerine ait pH, ORP, H_20_2, nitrit, nitrat ve alkalinite değerleri Çizelge 4.20'de sunulmuştur.

Çizelge 4.20. Soğuk plazma ile aktive edilen suyun özellikleri

Su örneği	pH	ORP[b] (mV)	H_2O_2 (mg/L)	Nitrit (ppm)	Nitrat (ppm)	Alkalite (meq/L)
PAS-0	7.40±0.01[cc]	224.67±0.57[c]	8.00±0.00[c]	0±0.00	0±0.00	0±0.00
PAS-30	7.40±0.00[c]	225.00±0.57 [c]	8.67±0.57[c]	0±0.00	0±0.00	0±0.00
PAS-60	7.48±0.00[b]	228.00±0.01[b]	8.83±6.35[c]	0±0.00	0±0.00	0±0.01
PAS-120	7.55±0.00[a]	229.00±0.01[b]	10.00±1.00[b]	0.5±0.00[a]	0.5±0.00[a]	1±0.00[a]
PAS-180	7.57±0.01[a]	232.33±0.20[a]	11.17±1.25[a]	0.5±0.00[a]	0.5±0.00[a]	3±0.00[b]

PAS: Plazma aktive su
ORP: Oksidasyon-rediksiyon potansiyeli
H_2O_2 : Hidarojen Peroksit
Tablonun aynı sütunundaki farklı üst simge ve küçük harflerle gösterilen ortalama değerler, *p<0,05* düzeyinde anlamlı olarak farklıdır.

Hamur özellikleri ve ekmeğin yapısı, dokusu ve raf ömrü formülasyonda yer alan suyun pH değerindeki değişikliklerden önemli düzeyde etkilenmektedir. Ekmeğin dokusu ve hacmi optimum pH değerleri korunduğunda geliştirilebilir. pH değerindeki değişiklikler ekmekte arzu edilmeyen bayatlama ve raf ömründe azalmaya neden olabilmektedir. Su örneklerinin pH değerleri kontrol ile kıyaslandığında 30 ve 60 s uygulamalarında istatistiksel olarak bir fark göstermemiştir. 120 ve 180 s uygulamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilemezken diğer sürelere göre artış söz konusu olmuştur. pH'deki değişim farklı konsantrasyonlarda farklı reaktif türlerin oluşumu ile ilgilidir. Plazma uygulaması ile pH değerinde artış görülmesinin nedeni argon gazının indirgeyici özellik göstermesi ve OH^- gibi yüksek konsantrasyonda indirgeyici türler veya NO_2^-, NO_3^-, H_2O_2, vb. gibi düşük konsantrasyonda oksitleyici türler içermesi ile ilgilidir (Vlad vd., 2017; Rezaei vd., 2018). Literatürdeki argon gazı ile ilgili çalışmalar da pH değerinde artış görülmesinin nedenini hidroksil iyonunun konsantrasyonundaki artış ile ilişkilendirmişlerdir (Shen vd., 2016; Bai vd., 2020; Guo vd., 2021).

Rathore vd. (2023), oksijen ve argon gazı kullanarak ürettikleri plazma ile aktive edilmiş musluk suyunun alkali ph değerine hava ve hava-argon karışımının ise asidik ph değerine sebep olduğunu tespit etmişlerdir. PAS genellikle düşük bir ph sergilemekte ve üretim koşulları ve sürecine bağlı olarak sıklıkla 2.5-4.22 değerleri arasında değişiklik göstermektedir (Gott vd., 2023; Shah vd., 2024). pH değerinde görülen değişiklikler plazma deşarj süresi, uygulanan güç, gaz türü ve daha fazlası olmak üzere üretim koşulları ve sürecindeki değişikliklerden kaynaklanabilir. Daha yüksek enerji girdilerinin daha düşük pH değeri oluşturduğu araştırmalar tarafından ortaya koyulmuştur. Artan plazma deşarj süresi ve daha yüksek güç tipik olarak pH değerinin düşmesine neden olmaktadır (Gott vd., 2023; Zhang vd., 2024).

ORP potansiyeli, kimyasal/biyokimyasal bir sistemin oksitlenme (elektron alma) ve indirgenme (elektron verme) yeteneğini ifade eder. Aynı zamanda çözünmüş oksijen konsantrasyonuna da bağlıdır (Loponen vd., 2008). Pozitif ORP değeri bir oksidasyon potansiyelini, negatif değer ise bir indirgeme potansiyelini ifade eder (Zhang vd., 2016). Tüm numunelerin ORP değerleri pozitif olduğu için oksidasyon potansiyeline sahip olduklarını söyleyebiliriz. ORP değerlerinin kontrol (224.67 mV) ve 30 s (225 mV) uygulamada farklılık göstermediği diğer sürelerde kontrole kıyasla artış

gösterdiği ve en yüksek değere 180 s (232.33 mV) uygulamada ulaşıldığı tespit edilmiştir. 180 s uygulamada ORP değerinin artış göstermesi PAS içinde yer alan reaktif kimyasal türlerden kaynaklanmaktadır. ORP değerinin artışına neden olan ana reaktif oksijen türleri atomik oksijen, ozon, hidrojen peroksit, hidroksil radikalidir (Lukes vd., 2014; Zhang vd., 2016; Wu vd., 2017). pH değerinde olduğu gibi plazma deşarj gücü ve süresindekİ değişimler PAS yapısındaki aktif bileşenlerin konsantrasyonunda önemli düzeyde etkili olmaktadır. Zhang vd. (2024) yaptıkları çalışmada, deşarj gücü ve süresindeki artışla birlikte ORP değerinde bir artış olduğunu tespit etmişlerdir.

Daha yüksek bir ORP, gluten proteinlerindeki tiyol gruplarının oksidasyonunu teşvik edebilir, dolayısıyla gluten ağını güçlendiren ve hamur esnekliğini artıran disülfit bağları oluşturabilir. ORP ayrıca hamurun viskozitesini de etkileyebilir; daha yüksek oksidasyon seviyeleri daha stabil ve daha az yapışkan bir hamur üretebilir. İyi şekillendirilmiş bir gluten yapısının mümkün kıldığı daha iyi gaz tutma, somun hacmini artırır ve daha istenen bir ekmek içi dokusu üretir (Li vd., 2023). ORP potansiyelinin amino asit metabolizması ve dolayısıyla fermantasyon sırasında amino asitlerden üretilen lezzet bileşiklerinin üretimi üzerinde de etkisi vardır (Kieronczyk vd., 2006; Martin vd., 2011). Bu nedenle, hamur hazırlama sırasında ORP'yi PAS ile optimize ederek, fırıncılar gluten gelişimini artırabilir, hamur işleme özelliklerini iyileştirebilir ve sonuçta, özellikle yetersiz ekmek yapma kalitesi gösteren süne zararına uğramış buğday unundan daha kaliteli ekmek üretebilirler. Bu durum ayrıca ekmek üretiminde gluten kalitesini ve gücünü arttırmak için sıklıkla kullanılan oksitleyici maddelerin kullanımını en az seviyeye indirerek daha temiz etiketli ürünleri talep eden tüketicilerin isteklerini de karşılamaktadır. Türkiye ve Avrupa Birliği ekmek üretiminde oksidan maddelerin kullanımını kısıtlamakta ve yalnızca Askorbik aside izin vermektedir. Bu yönleri ile bakıldığında PAS unlu mamuller sektöründe yenilikçi ve alternatif bir yaklaşım olarak önem taşımaktadır.

Su örneklerinin hidrojen peroksit değeri kontrol (8.00 mg/l), 30 s (8.67 mg/l) ve 60 s (8.63 mg/l) örneklerinde istatistiksel olarak farklılık göstermezken 120 s (10.0 mg/l) ve 180 s (11.17 mg/l) uygulamada artış göstermiştir. En yüksek değer 180 s uygulamada tespit edilmiştir. PAS üretimi su-gaz arayüzeyinde hidroksiller, nitrat ve nitritlerin oluşumu ile sonuçlanır (Lukes vd., 2014). Bu türler de birbirleriyle

reaksiyona girerek hidrojen peroksit oluştururlar. Hidrojen peroksit değerinde artış görülmesi 120 ve 180 s sürelerde serbest hidroksil radikal iyonu ve nitrit oluştuğunu göstermektedir. 0, 30 ve 60 s'de nitrit ve nitrat oluşmaması hidrojen peroksitin artış göstermemesinde etkili olmuştur. Literatür çalışmaları yüksek hidrojen peroksit içeren suyun nitrit ve hidroksil iyonlarının bir araya gelmesi ile oluştuğunu tespit etmişlerdir (Vlad vd., 2017; Lu vd., 2017). Bununla birlikte argon gazı ile yapılan çalışmalar oluşan hidrojen peroksitin havadaki nemin ayrışması ve su moleküllerinin buharlaşmasından kaynaklandığını bildirmişlerdir (Rathore vd., 2024).

Nitrit, nitrat ve alkalite değerleri 0, 30 ve 60 s'de tespit edilememiştir. 120 ve 180 s'de nitrit ve nitrat oluşumu tespit edilirken aralarında istatistiksel olarak bir farklılık görülmemiştir. Hidroksit iyonlarının varlığı nitrat ve nitrit iyonlarının oluşumunu desteklemektedir (Tian vd., 2015). pH artışı ile birlikte hidroksil iyonlarının konsontrasyonun artması ve nitrit- nitrat bileşenlerinin açığı çıkması literatüdeki sonuçları destekler niteliktedir. Alkalite değeri ise 120 s'de 1 meq/l, 180 s'de 3 meq/l olarak belirlenmiştir.

4.6. Hamur Örneklerinde Yapılan Analiz Sonuçları

4.6.1. SMS/Kieffer hamur ve gluten uzayabilirlik analiz değerleri

Farklı sürelerde argon gazı ile muamele edilen PAS ilave edilerek hazırlanan hamur örneklerine ait gluten uzayabilirlik değerleri belirlenmiştir. 5 farklı sürede hazırlanan hamur örneklerinden elde edilen uzamaya karşı direnç (Rmax), uzayabilirlik (Ext) ve kurve altındaki alan (A) değerlerinin ölçülmesi ile elde edilen sonuçlar Çizelge 4.20'de verilmiştir.

Çizelge 4.21. SMS/Kieffer hamur ve gluten uzayabilirlik değerleri

Uygulama süresi (s)	Rmax[1] (g)	Ext (mm)	Toplam alan
Süneli (Bayraktar) rafine un			
PAS-0	24.73±2.44^{e}	15.67±1.71^{b}	259.10±5.51^{e}
PAS-30	45.05±2.41^{d}	21.75±2.89^{a}	479.61±2.65^{d}
PAS-60	52.44±1.93^{c}	23.37±2.28^{a}	538.98±10.3^{c}
PAS-120	56.42±1.00^{b}	23.84±2.25^{a}	621.95±4.5^{b}
PAS-180	59.40±0.96^{a}	25.11±2.48^{a}	647.15±1.36^{a}
Ekmeklik (Bayraktar) rafine un			
PAS-0	19.44±1.12^{e}	20.18±2.24^{b}	230.75±1.91^{c}
PAS-30	29.31±1.03^{d}	20.39±3.32^{b}	242.56±2.04^{c}
PAS-60	31.83±3.63^{c}	20.99±0.04^{b}	256.67±3.5^{c}
PAS-120	54.82±0.05^{b}	24.33±0.002^{ab}	344.17±2.71^{b}
PAS-180	73.77±2.81^{a}	30.97±2.40^{a}	505.04±4.20^{a}

Rmax: Uzamaya karşı direnç
Ext: Uzayabilirlik
Tablonun aynı sütunundaki farklı üst simge ve küçük harflerle gösterilen ortalama değerler, $p<0,05$ düzeyinde anlamlı olarak farklıdır.

Hamur örneklerinin Rmax değeri plazma uygulaması süresinin artışıyla doğru orantılı olarak artış göstermiştir. Hamur özellikleri gluten ağındaki disülfit çapraz bağların oluşması ile gelişmektedir. Yapılan çalışmalar PAS ile hazırlanan hamurlarda serbest sülfidril içeriğinin önemli ölçüde azaldığını ve bunun protein agregasyonunda önemli rol oynayan disülfit bağları ile ilişkili olduğunu ortaya koymuşlardır. Plazma içindeki reaktif türlerin hidrojen peroksitin 2 sistein molekülündeki thiol gruplarını okside etmesi ve reaktif türlerin de metionin ve sistein molekülü içindeki thiol gruplarını okside etmesiyle disülfit bağları oluşmaktadır (Rasiah vd., 2004). Disülfit bağlarının artması ve serbest sülfidril gruplarının konsantrasyonunun azalması Rmax değerinde artışa neden olmaktadır. Rmax değerinin 120 ve 180 s uygulamalarda daha fazla artış göstermesi artan hidrojen peroksit ile ilişkilidir. Yapılan çalışmalar plazmada yer alan reaktif türlerin gluten molekülünün bağ yapısında değişikliklere yol açtığını ortaya koymuştur (Kopuk vd., 2022; Zou vd., 2024).

Ershidat vd. (2024), PAS ile üretilen hamurların reolojik özellikleri üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında PAS'un hamurun reolojik özelliklerini geliştirdiğini,

plazma reaktif türlerin gluten çapraz bağlanma ve protein yapısı üzerinde etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Pivovarov vd. (2018), reaktif türlerin serbest sülfidril gruplarının disülfit bağı oluşturmasına teşvik sağladığını ve bu durumun da gluten glutenmakropolimerlerinin oluşmasına neden olarak hamurun yapısının kuvvetlendiğini bildirmişlerdir. Shi vd. (2022), yüksek makropolimer içeriğine sahip hamurların daha güçlü hamur stabilitesi ortaya koyduğunu gözlemlemişlerdir.

Ext değerleri incelendiğinde kontrole kıyasla PAS uygulamalarında her iki buğdaydan elde edilen hamur örneklerinde Ext değerlerinin artış gösterdiği tespit edilmiştir. PAS uygulaması ile hamur uzama kabiliyetinde artış olması plazma reaktif türleri ile ilişkilendirilebilir (Banura vd., 2018). Plazma kaynaklı çapraz bağlanma Zho vd. (2019) tarafından belirlenmiştir. Bu mekanizmada iki polimerik zincirin indirgen uçları arasında kopma meydana gelir ve su molekülleri uzaklaşır. Su molekülünün ayrışması ile oluşan hidroksil radikalleri glikozidik bağları ayırır. Sonuç olarak plazma içerisindeki reaktif türler nişastayı aşındırmış ve nişasta-su bariyerini azaltarak hidrofilik yapıda değişikliğe neden olmuştur (Chaple vd., 2020). Örneklerin alan değerleri kontrol örneğine kıyasla artış göstermiştir. En yüksek değer 180 s PAS ile hazırlanan hamur örneklerinde tespit edilmiştir.

4.6.2. Hamur yapışkanlık analizi değerleri

Hamur örneklerine ait yapışkanlık (g), adhezyon (g/s) ve hamur gücü değerleri Çizelge 4.22'de verilmiştir.

Çizelge 4.22. Hamur yapışkanlık değerleri

Uygulama süresi (s)	Yapışkanlık (g)	Adhezyon (g.s)	Hamur gücü (mm)
Süneli (Bayraktar) rafine un			
PAS-0	28.81±0.01^{cb}	4.46±0,85^{a}	3.40±0.88b^{c}
PAS-30	31.21±3.38^{a}	4.28±0.01^{a}	4.40±0.41^{a}
PAS-60	29.67±0.82^{b}	4.05±1.23^{a}	2.64±0.26^{c}
PAS-120	28.70±0.10^{c}	3.65±0.17^{b}	2.51±0.22^{c}
PAS-180	24.55±0.05^{d}	3.44±0.23^{b}	3.94±0.55^{b}
Ekmeklik (Bayraktar) rafine un			
PAS-0	36.89±1.48^{c}	4.65±0.01^{c}	2.68±0.22^{d}
PAS-30	46.55±3.74^{a}	9.11±0.60^{a}	4.47±0.38^{c}
PAS-60	42.61±0.77^{b}	8.36±0.40^{ab}	4.57±0.35^{bc}
PAS-120	36.45±2.47^{c}	7.59±0.41^{b}	5.01±0.02^{ab}
PAS-180	34.34±0.43^{d}	4.71±0.01^{c}	5.12±0.07^{a}

Tablonun aynı sütunundaki farklı üst simge ve küçük harflerle gösterilen ortalama değerler, *$p<0.05$* düzeyinde anlamlı olarak farklıdır.

Her iki hamur örneğinin yapışkanlık değerleri incelendiğinde kontrol örneğine kıyasla 30 ve 60 s uygulamada yapışkanlık değeri artış gösterirken 180 s uygulamada tüm örneklerden daha düşük yapışkanlık değeri elde edilmiştir. 180 s uygulamada yapışkanlık değerindeki iyileşme PAS içerisinde yer alan oksidatif türlerin gluten proteinleri üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Ershidat vd. (2024) yaptıkları çalışmada hamur yapısında meydana gelen iyileşmenin PAS'ın uygun oksidasyon seviyesinde serbest halde bulunan sülfidril gruplarının disülfit bağlar ile bağlanmasını teşvik etmesi ile açıklamışlardır. PAS içerisinde bulunan H_20_2'nin sistein kalıntılarını okside ettiği ve disülfit bağlarının oluşumu yoluyla gluten yapısını güçlendirdiği ve yapışkanlığı azalttığı bildirilmiştir.

Unlu mamullerde pH 7.0-8.0 arasında ideal kabul edilmektedir. Nişastayı oluşturan glikozidik bağlar yüksek pH'de sabit kalmaktadır. Hamurun düşük pH değeri nişasta retrogradasyonunun düşürülmesine neden olmaktadır (Kotancılar vd., 2016; Zambelli vd., 2018). Bu noktada pH değerinin 180 s'de en yüksek değerde olması ile yapışkanlık değerinin en düşük değerde çıkması pH değerinin nişastanın glikozidik bağları üzerinde etkili olduğunu desteklemektedir.

Yapışkanlık değerinin 30, 60 ve 120 s sürelerde artış göstermesinin nedeni plazma ile nişasta moleküllerinin daha küçük parçalara ayrışmasıdır. Küçük parçalara ayrılan amiloz molekülleri tekrar düzenli bir yapı haline gelerek yapışkanlığın artmasına neden olmuştur. Zhang vd. (2024), nişasta içeriğindeki amiloz moleküllerinin tekrar düzenli hale gelerek yapışkanlığın arttığını bildirmişlerdir. Bertoft (2017), nişastanın çift sarmal yapısının yeniden düzenlenmesi ile nişastanın daha fazla su absorbe ettiğini doğrulamıştır.

Süne zararına uğrayan buğday unu ile üretilen hamur örneklerinin adhezyon değerleri kontrol, 30 ve 60 s için istatistiksel olarak bir farklılık oluşturmazken 120 ve 180 s uygulamada azalma görülmüştür. Ekmeklik buğday unu ile üretilen hamur örneklerinin adhezyon değerleri 30, 60 ve 120 s uygulamada kontrole kıyasla artış gösterirken 180 s uygulamada azalma göstererek kontrol grubu ile arasında istatistiksel olarak bir fark tespit edilmemiştir. Ekmeklik buğday ununda yapışkanlık değerinin artması ile adhezyon değerinin de artış gösterdiği tespit edilmiştir.

Adhezyon değerinin azalma göstermesi PAS tarafından üretilen hipoklorit ve H_2O_2 birikimi ile nişasta moleküllerinin genişlemesi ve parçalanmasının önlenmesi ile açıklanabilir (Ershidat vd., 2024). pH değerinin yüksek çıkması yapışkanlık değerini azalttığı gibi adezyon üzerinde de azaltma etkisi göstermiştir. Adhezyon değerinin artış göstermesi reaktif türlerin etkisi ile açıklanabilir. Bußler vd. (2015), granüllerin yüzey oksidasyonunun üretilen reaktif türlerle temas halinde meydana geldiğini ve yüzey yükündeki değişimle birlikte arttığını bunun sonucu olarak da polar özellikteki grupların granül yüzeyine yerleşmesi ile daha fazla su emiliminin ortaya çıktığını tespit etmişlerdir.

Süneli (Bayraktar) rafine buğday unu ile hazırlanan örneklerin hamur gücü değerleri incelendiğinde en yüksek değerin yapışkanlığında en yüksek değer olduğu 30 s uygulamasında olduğu tespit edilmiştir. 60 ve 120 s uygulamada düşüş görülürken 180 s'de tekrar bir artış söz konusu olmuştur. Ekmeklik (Bayraktar) rafine buğday unu ile hazırlanan hamurda hamur gücü değerleri PAS uygulama süresine bağlı olarak artış göstermiştir. Hamur gücünün artış gösterdiği sürelerde nişasta moleküllerinin parçalanması ile suya karşı afinitesi olan bileşenlerin ortaya çıkması hamurun daha fazla su absorbe ederek daha güçlü bir yapı oluşmuştur (Sarangapani vd., 2017) Niu

vd. (2018), hamur gücündeki iyileşmeyi gluten proteinlerinin polimerizasyonu ile açıklamışlardır. Süne zararlı unda hamur gücünde azalma meydana gelen 60 ve 120 s uygulamalarda plazma uygulamasının devam etmesi ile nişasta yapıları yeniden düzenlenerek suyun bağlanması kısıtlanmış ve hamur gücü azalmıştır.

4.6.3. PAS ile hazırlanan buğday unu örneklerinin yaş gluten, kuru gluten ve gluten indeks değerleri

PAS ile hazırlanan örneklere ait yaş ve kuru gluten içeriği, gluten indeksi değerleri Çizelge 4.23'te verilmiştir.

Çizelge 4.23. Buğday unu örneklerinin yaş gluten, kuru gluten ve gluten indeks değerleri

Uygulama süresi (s)	Yaş Gluten (%)	Kuru Gluten (%)	Gluten İndeks (%)
Süneli (Bayraktar) rafine un			
PAS-0	30.52±1.21^{a}	10.2±0.32^{a}	56.46±0.56^{d}
PAS-30	23.3±0.98^{c}	7.6±0.15^{c}	91.89±0.15^{b}
PAS-60	24.1±0.99^{c}	8.0±0.16^{b}	92.90±0.12^{b}
PAS-120	23±±0.98^{c}	7.0±0.13^{c}	60.61±0.58^{c}
PAS-180	26.10±1.10^{b}	8.8±0.16^{b}	99.9±0.10^{a}
Ekmeklik (Bayraktar) rafine un			
PAS-0	27.00±0.10^{a}	12.50±0.33^{a}	94.00±0.57^{a}
PAS-30	27.00±0.12^{a}	10.6±0.20^{b}	98.9±0.00^{b}
PAS-60	26.60±0.15^{b}	10.6±0.19^{b}	99.9±0.00^{b}
PAS-120	25.00±0.25^{b}	10.0±0.15^{b}	99.9±0.00^{b}
PAS-180	26.60±0.15^{b}	10.9±0.22^{b}	99.9±0.00^{b}

Tablonun aynı sütunundaki farklı üst simge ve küçük harflerle gösterilen ortalama değerler, $p<0.05$ düzeyinde anlamlı olarak farklıdır

Süneli (Bayraktar) rafine un örneğinde yaş ve kuru gluten miktarı kontrol örneğine kıyasla azalma gösterirken 180 s uygulamada tekrar kısmi bir artış görülmüştür. Ekmeklik (Bayraktar) rafine un örneğinde yaş gluten miktarı 120 s uygulamada en düşük değeri gösterirken diğer örneklerde istatistiksel olarak fark görülmemiştir. Kuru gluten değerinin ise PAS uygulaması ile kontrole kıyasla azalma gösterirken 180 s uygulamada tekrar kısmi bir artış tespit edilmiştir. Ulutürk ve Gül (2025), hidrasyon

kapasitesinde oluşan değişiklikler nedeniyle yaş ve kuru gluten içeriğinde azalma olabilirken aynı zamanda gluten kalitesi ve hamur özelliklerinin gelişebileceğini bildirmişlerdir ve bu oluşan iki etkinin reaktif türler içeren ve protein yapıları üzerinde değişiklik yapan plazma ortamı ile ilişkilendirmişlerdir.

Genel olarak süne zararına uğramış unların gluten indeks değeri düşük olarak tespit edilmektedir. Bu çalışmada PAS uygulamasının her iki un örneği için gluten indeks değerini önemli ölçüde iyileştirdiği tespit edilmiştir. Proteinler PAS ile etkileşime girerek gluten bağları arasındaki disülfit bağlarını güçlendirerek daha kuvvetli protein ağ yapısı oluşumu katkı sağlamıştır.

Khan vd. (2023), buğday ununa hava plazma uygulayarak unun kalitesine etkisini araştırdıkları çalışmada plazma uygulamasının gluten proteinleri arasındaki disülfit bağları güçlendirdini ve bunun da daha güçlü bir protein-nişasta ağ yapısına yol açtığını bildirmişlerdir.

Misra vd. (2015), plazma işleminin yumuşak ve sert buğdaylar üzerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında plazma işleminin protein sülfidril gruplarının oksidasyonuna neden olduğunu ve sonrasında sistein grupları arasında disülfit bağı oluşumuna neden olduğunu bildirmişlerdir. Bahrami vd., (2016), 60 ve 120 s hava gazı ile plazma uygulayarak buğday ununun özellikleri üzerine etkisini inceledikleri çalışmada işlem gören örneklerin işlem görmeyen örneklere kıyasla daha yüksek molekül ağırlıklı protein moleküllerinin oluşmasına katkı sağladığını ve plazmanın unun kalitesini iyileştirme potansiyeline sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Bu vd. (2022), bezelye protein izolatı elde ederek plazma reaktif türlerinin protein yapsıına etkisini inceledikleri çalışmada, plazmada bulunan reaktif türlerin disülfit bağlarında değişime yol açtığını tespit etmişlerdir.

Pankaj vd. (2018), proteinlerdeki meydana gelen oksidatif değişikliklerin moleküllerin çözünürlüklerini ve ağırlıklarını değiştirebileceğini ve bunun sonucu olarak gluten ağı oluşturma yeteneklerini değiştirebileceğini tespit etmişlerdir.

4.7. Ekmek Örneklerinde Yapılan Analizler

4.7.1. Ekmek örneklerinin nem, su aktivitesi ve protein değerleri

PAS ile üretilen ekmeklerin nem, su aktivitesi ve protein değerleri Çizelge 4.24'te verilmiştir.

Çizelge 4.24. Ekmek örneklerinin nem, su aktivitesi ve protein değerleri

Uygulama süresi (s)	Nem (%)	Su aktivitesi (aw)	Protein (%)
Süneli (Bayraktar) rafine un ekmeği			
PAS-0	38±0.01^{ac}	0.98±0.34^{a}	7.46±0.04^{d}
PAS-30	36±0.05^{b}	0.97±0.02^{b}	7.66±0.02^{c}
PAS-60	35±0.02^{c}	0.96±0.22^{c}	7.87±0.02^{b}
PAS-120	33±0.12^{d}	0.96±0.20^{c}	7.82±0.02^{b}
PAS-180	30±0.22^{e}	0.94±0.13^{d}	8.11±0.01^{a}
Ekmeklik (Bayraktar) rafine un ekmeği			
PAS-0	36.±0.23^{a}	0.94±0.005^{a}	7.65±0.02^{e}
PAS-30	35±0.23^{a}	0.94±0.01^{a}	7.80±0.02^{d}
PAS-60	34±0.57^{b}	0.93±0.00^{b}	8.12±0.02^{c}
PAS-120	34±1.13 ^{ab}	0.92±0.005^{b}	9.23±0.02^{b}
PAS-180	33±0.5^{b}	0.91±0.01^{bc}	10.4±0.05^{a}

Tablonun aynı sütunundaki farklı üst simge ve küçük harflerle gösterilen ortalama değerler, $p<0.05$ düzeyinde anlamlı olarak farklıdır.

Süneli (Bayraktar) rafine buğday unu ile üretilen ekmek örneklerinin nem değerleri %38-%30 değerleri arasında tespit edilmiştir. Ekmeklik (Bayraktar) rafine buğday unu ile üretilen ekmek örneklerinin nem değerlerinin %36-%33 değerleri arasında tespit edilmiştir. Her iki grupta da ekmek nem değerleri azalma göstermiştir. Su aktivitesi değerleri incelendiğinde plazma uygulaması ile ekmek örneklerinin su aktivite değerlerinin azalma gösterdiği tespit edilmiştir. En düşük su aktivite değeri 180 s PAS uygulanarak üretilen ekmek örnekleri tespit edilmiştir. Ekmek nem değerlerindeki azalmanın nedeni uygulanan plazma içindeki reaktif türlerin yüzeydeki nemi uzaklaştırması ve su moleküllerinin plazmadaki reaktif türler tarafından parçalanmasıdır (Thirumdas vd., 2016). Morent vd. (2011), plazmada yer alan reaktif türlerin biyopolimerler ile etkileşimi nedeniyle polar hidrofilik grupların etkilendiğini

bildirmişlerdir. Hidrofilik grupların varlığı yeni hidrojen bağlarının oluşumunun yanı sıra nişasta granüllerinin yüzeyindeki elektrik yük yoğunluğundan da sorumludur. pH değerinin değişmesi ile hidrofilik gruplar daha fazla proton kaybeder (Tavakoli Lahijani vd., 2022) ve bu da suda çözünme sırasında un örneklerinin daha az hidrojen ve Van der walls bağı oluşturmasına neden olmuştur. Kontrol örneğinde kullanılan musluk suyunda mekanik olarak bağlı nem hakimken PAS ile üretilen ekmeklerde kullanılan suda osmotik olarak bağlı nem hakimdir. Plazma ile aktive edilen suda yüzey gerilimi azalır, nüfuz etme gücü artar ve proteinlerin şişme derecesi artış göstererek nem üzerinde etki gösterir (Pivovarov vd., 2018).

Nem değerinde 180 s uygulamada kısmi de olsa artış görülmektedir. Ekmek sertlik değerleri incelendiğinde bu sürede ekmek sertlik değerinin diğer sürelere göre azaldığı tespit edilmiştir. Bu noktada nem değerinin tekrar artışı görülmesi protein miktarı arttıkça ekmek içinin su absorbe etme yeteneğinin artması ve buna karşılık ekmek içi sertleşme hızının azalmasına sebep olması ile açıklanmaktadır (Ercan ve Özkaya, 1985). Yani PAS reaktif türleri karboksil hidrofilitesini arttırarak ekmek matrisindeki su ve su dışı etkileşimleri iyileştirir. Bunun sonucu olarak da su transferinin etkileyerek gluten ağını güçlendirir (Ershidat vd., 2024).

180 s plazma uygulanan su örneğinde H_2O_2 içeriğinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. H_2O_2 bileşeninin oksidatif özelliği hamur yapısı içerisindeki suyu hareketliliğini düşürerek hamurda kurutucu bir etkiye neden olmuştur. Glukoz oksidazdan veya kalsiyum peroksitden elde edilen H_2O_2 hamur yapısının elastik ve viskoz modülünü yükselterek daha kuru yapıda bir hamur elde edilmesine yol açmaktadır (Miller ve Hoseney, 1999). Su aktivitesi değerleri de nem sonuçları ile benzer sonuçlar ortaya koymuştur. En düşük su aktivitesi değeri 180 s plazma uygulanan örnekte belirlenmiştir.

PAS kullanımı, her iki ekmekte örneğinin protein seviyelerinde kayda değer değişikliklere yol açmıştır. PAS-180 en yüksek protein içeriğine sahip olan örnek olarak tespit edilmiştir. PAS'ın reaktif oksidan türleri gluten protein yapısını ve çapraz bağlanmayı etkileyebilir. Uygun oksidasyon, disülfit bağları oluşturmak için serbest sülfidril gruplarını uyarır. Genel olarak, oksidanlar sülfhidril gruplarını disülfidlere oksitleyebilir ve indirgeyiciler de disülfidleri yeni sülfhidril gruplarına indirgeyebilir.

Protein oksidasyonu, sülfhidril grupları arasında çapraz bağlanmayı teşvik edebilir ancak sülfhidril grubundan disülfide dönüşümü engelleyebilir (Girard vd., 2018). Sonuç olarak, gluten molekülleri arasındaki kuvvet zayıflayabilir (Li vd., 2022).

120 ve 180 saniyelik uygulamalarda protein içeriğinde tekrar bir artış gözlenmektedir. Bu artışın nedeni, PAS'un yapısındaki hidrojen peroksit bileşenlerinin diğer sürelere göre istatistiksel olarak daha fazla artması ve alkalinite değerinin yükselmesi ile açıklanabilir. Chaple vd. (2020), plazma tarafından üretilen reaktif türlerin proteinin ikincil yapısında değişikliklere neden olabileceğini doğrulamıştır.

Gujral ve Rosell (2004) hidrojen peroksitin gluten proteinlerinde disülfit bağlarının oluşumunu ve suda çözünen pentozanların jelleşmesini arttırdığını (Tilley vd., 2001), hidrojen peroksitin her bir formunun proteinlerdeki disülfit bağları veya ditrosinlerle bağ oluşturduğunu bildirmiştir. Misra vd. (2014), plazma işleminin protein yapısı üzerinde etkili olabileceğini ve bu durumun da ürünün reolojik özelliklerinde farklılıklar oluşturabileceğini bildirmişlerdir.

H_2O_2 proteinlerdeki disülfür bağları veya ditrosinler ile etkileşime girmiştir. 180 s uygulamada süneli (Bayraktar) rafine buğday ekmeğinin protein değerinin artması, uzun plazma uygulama süresi ile proteinlerin artan çözünürlüğüne de bağlanabilir. Plazma yapısından sonra meydana gelen değişiklikler, hidrofobik-hidrofilik dengenin ve protein parçalarının yüklü gruplarının protein çözünürlüğündeki ana faktörler olduğu çalışmalarda belirtilmiştir (Rezvankhah vd., 2022; Mirzaee vd., (2022). Negatif ve pozitif yüklü ROS, protein yüzey yükünde bir değişikliğe neden olur ve bu da proteinin çözünürlüğü üzerinde bir etkiye sahiptir (Mollakhalili-Meybodi vd., 2021). Abarghoei vd. (2023) protein çözünürlüğünün bazik pH değerlerinde daha etkili olduğunu bildirmiştir.

Sonuç olarak, ROS grupları proteinin yüzey yapısı ile etkileşime girerek ikincil yapıyı değiştirir, protein yüzey hidrofobikliğini artırır ve sülfhidril gruplarını açığa çıkarır (Zhang vd., 2021).

4.7.2. Ekmek örneklerinin toplam fenolik madde ve antioksidan değerleri

Ekmek örneklerine ait toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite değerleri Çizelge 4.25'te verilmiştir.

Çizelge 4.25. Ekmek örneklerinin toplam fenolik madde ve antioksidan değerleri

Uygulama süresi (s)	Toplam fenolik (mg GAE/100 g)	Antioksidan (%DPPH inhibisyon)
Süneli (Bayraktar) rafine un ekmeği		
PAS-0	14.32±0.16^{d}	2.81±0.50^{a}
PAS-30	16.62±0.86^{c}	2.10±0.12^{b}
PAS-60	18.33±0.28^{b}	0.88±0.06^{c}
PAS-120	17.26±0.66^{bc}	0.70±0.06^{c}
PAS-180	19.61±1.49^{a}	0.77±0.06^{c}
Ekmeklik (Bayraktar) rafine un ekmeği		
PAS-0	18.93±0.58^{b}	3.44±0.67^{a}
PAS-30	19.36±0.48^{b}	3.40±0.98^{a}
PAS-60	19.60±0.56^{b}	3.07±0.29^{ab}
PAS-120	17.59±0.53^{c}	2.07±0.38^{b}
PAS-180	22.94±0.53^{a}	2.37±0.17^{b}

Tablonun aynı sütunundaki farklı üst simge ve küçük harflerle gösterilen ortalama değerler, $p<0.05$ düzeyinde anlamlı olarak farklıdır.

OH^- biyolojik sistemdeki en yıkıcı ve reaktif radikal bileşendir. Bu serbest radikal proteinler, karbonhidratlar ve lipitler gibi biyomoleküller ile güçlü bir şekilde reaksiyona girebilir ve hücrelere ciddi zararlar verebilirler (Al-Mamary ve Moussa, 2021). Antioksidan madde değerinde görülen azalma argon gazının OH^- gibi indirgeyici türler içermesi ile ilişkilendirilebilir (Rezaei vd., 2018). pH değerinde görülen artış argon gazının OH^- iyonu bakımından yüksek değere sahip olduğunu doğrulamaktadır. Fenolik madde seviyeleri kontrol örneklerinin aksine PAS uygulanan süne zararına uğramış buğday unundan üretilen ekmek örneklerinde 16.62 GAE/g'dan 19.61 GAE/g'a, ekmeklik buğday unundan üretilen ekmek örneklerinde 19.36 GAE/g'dan 22.94 GAE/g'a yükselmiştir. Buna karşılık olarak antioksidan değerleri azalmıştır.

Fenolik bileşikler OH gibi reaktif özellik gösteren türlere karşı koruyucu etki ortaya koymaktadırlar. Fakat bazı uygulamalar (argon gazı ile muamele gibi) fenolik madde

konsantrasyonunu yükseltse bile toplam antioksidan aktivite kapasitesinde azalma gözlemlenebilir (Ransdell-Green vd., 2025).

Huang vd. (2022), dielektrik bariyer deşarjı uygulayarak karabuğday ununa plazma teknolojisinin etkilerini araştırdıkları çalışmada antioksidan madde miktarındaki azalmayı plazma tarafından üretilen oksijen, hidroksil ve hidrojen radikallerinden kaynaklı antioksidan madde oksidasyonu ile ilişkilendirmişlerdir.

Zhang vd. (2024), radikallerin örneklerde savunma amaçlı stres tepkisini tetikleyerek antioksidan aktiviteyi arttırdığını diğer yandan serbest radikallerle reaksiyona girerek ara bileşikler oluşturduğunu bunun da olumsuz bir sonuç olmadığını bildirmişlerdir. Sonuç olarak PAS uygulaması ekmeklerde fenolik madde miktarını arttırıcı etki gösterirken aynı zamanda bazı antioksidanları da zayıflatıcı özellik gösterebilmektedir.

Sarangapani vd. (2016) 30 W ve 40 W güç ve 5 dakikalık plazma uygulamasının örneklerin toplam fenolik madde içeriğini arttırdığını tespit etmişlerdir. Fenolik içerikteki artışı fenolik bileşiklerin glikozidik bileşenlerden salınması ve büyük yapıdaki fenolik bileşenlerin daha küçük olanlara parçalanması ile açıklamışlardır.

4.7.3. Ekmek örneklerinin renk analiz değerleri

Gıdaların rengi tüketicilerin bir ürünü satın alma durumunu etkileyen duyusal değerlendirme bakımından önemli etkiye sahip olan bir özelliktir. Ekmek örneklerinin dış ve iç renk değerleri Çizelge 4.26'da verilmiştir.

Çizelge 4.26. Ekmek örneklerine ait renk özellik değerleri

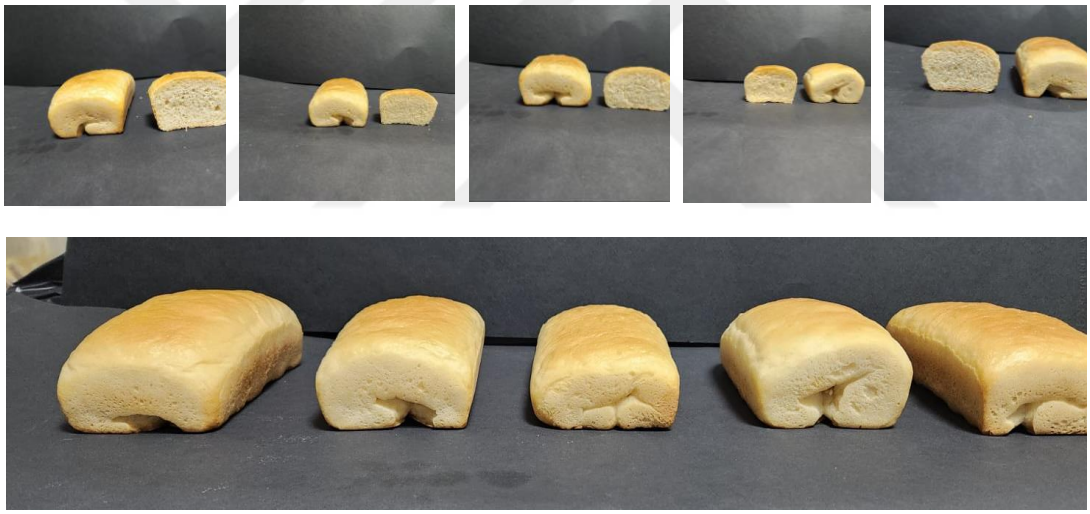
Süneli (Bayraktar) rafine un ekmeği						
	Kabuk rengi			İç renk		
Su örneği	*L* *	*a* *	*b* *	*L* *	*a* *	*b* *
PAS-0	54.04±0.22^{c}	12.57±0.12^{a}	32.20±0.11^{b}	70.90±0.57^{e}	1.57±0.03^{a}	14.88±0.30^{a}
PAS-30	55.08±0.34^{c}	12.84±0.43^{a}	31.74±0.58^{b}	72.94±0.09^{d}	0.60±0.00^{d}	18.33±0.15^{b}
PAS-60	61.66±1.61^{b}	8.90±0.92^{b}	31.77±0.99^{b}	74.51±0.05^{c}	0.67±0.03^{c}	18.59±0.09^{b}
PAS-120	62.04±0.14^{b}	7.29±0.28^{c}	33.41±0.17^{a}	77.14±1.72^{b}	0.71±0.01^{bc}	19.43±0.27^{a}
PAS-180	64.17±0.11^{a}	6.73±0.05^{c}	33.05±0.55^{a}	79.72±0.40^{a}	0.74±0.01^{b}	19.58±0.16^{a}
Ekmeklik (Bayraktar) rafine un ekmeği						
PAS-0	61.63±0.45^{c}	6.82±0.02^{b}	23.35±0.14^{b}	71.40±0.39^{e}	1.49±0.04^{a}	13.66±1.25^{c}
PAS-30	62.55±1.71^{c}	6.97±0.99^{a}	24.85±2.24^{b}	72.22±0.42^{d}	0.75±0.03^{b}	18.77±0.47^{b}
PAS-60	63.29±5.14^{b}	7.01±0.13^{a}	25.31±1.84^{b}	75.52±0.17^{c}	0.73±0.02^{b}	19.33±0.30^{b}
PAS-120	63.18±0.03^{b}	7.24±0.69^{a}	25.45±0.70^{b}	77.54±0.31^{b}	0.62±0.02^{c}	20.65±0.28^{a}
PAS-180	64.78±3.65^{a}	7.26±0.05^{a}	25.50±0.20^{b}	79.21±0.19^{a}	0.61±0.01^{c}	21.24±0.36^{a}

Tablonun aynı sütunundaki farklı üst simge ve küçük harflerle gösterilen ortalama değerler, $p<0.05$ düzeyinde anlamlı olarak farklıdır.

Ekmek örneklerinin kabuk ve iç rengine ilişkin değerler PAS su aktivasyon süresi ile bağlantılı olarak değişiklik göstermiştir. Ekmeklerin dış ve iç renk L^* değerleri suya plazma uygulama süresinin artışıyla birlikte yükselmiştir. En yüksek L^* değerleri 180 s uygulamada tespit edilmiştir. Bu durumun nedeni plazmada bulunan aktif türlerin özellikle H_2O_2 ve O_3 gibi bileşenlerin sarı rengi oluşturan pigmenti oksitlemesi ve daha beyaz bir renge yol açması olarak açılanabilir (Li vd., 2013). Ekmeklerin dış ve iç renk b^* değerleri de kontrol örneğine kıyasla artış göstermiştir. Bu durum reaktif türlerin aminoasitler ve glikoz arasındaki Mailllard reaksiyonunu etkilediğini ve ekmeğin kızarmasını sağladığını göstermektedir. Ershidat vd. (2024), PAS ile yaptıkları çalışmada ekmek örneklerinin renk değerlerinin PAS ile bağlantılı olarak L^* ve b^* değerinin önemli ölçüde arttığını tespit etmişlerdir. Bu durumun plazma reaktif türlerinden kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Ekmek örneklerine ait görseller Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.3. Süneli (Bayraktar) rafine buğday unundan üretilen ekmek örnekleri (kontrol, 30, 60, 120 ve 180 sn)



Şekil 4.4. Ekmeklik (Bayraktar) rafine buğday unundan üretilen ekmek örnekleri (kontrol, 30, 60, 120 ve 180 sn)

Buğday tanesinin aleuron tabakasında buğday ürünlerinin koyulaşmasına katkı sağlayan polifenol oksidaz enzimi bulunmaktadır. Yapılan çalışmalar plazmanın polifenol oksidaz enzimini inaktive ettiğini tespit etmişlerdir (Kang vd., 2019; Illera vd., 2019).

4.7.4. Ekmek örneklerinin fiziksel özellik değerleri

PAS ile üretilen ekmeklerin ağırlık, hacim, en, boy ve yükseklik değerleri Çizelge 4.27'de verilmiştir.

Çizelge 4.27. Ekmek örneklerine ait fiziksel özellik değerleri

Süneli (Bayraktar) rafine un ekmeği					
Su örneği	**Ağırlık (g)**	**Hacim**	**En (mm)**	**Boy (mm)**	**Yükseklik (mm)**
PAS-0	127±0.72^{b}	210±0.74^{c}	71±0.47^{c}	131±1.22^{a}	41±2.06^{c}
PAS-30	119±0.64^{d}	198±2.09^{d}	72±0.15^{bc}	130±2.33^{a}	42±0.10^{bc}
PAS-60	124±0.77^{c}	201±0.72^{d}	72±0.07^{bc}	131±0.43^{a}	44±0.87^{b}
PAS-120	125±0.78^{c}	221±4.04^{b}	73±0.68^{b}	132±0.30^{a}	44±1.18^{b}
PAS-180	132±0.87^{a}	290±1.79^{a}	74±0.17^{a}	132±2.66^{a}	46±0.30^{a}
Ekmeklik (Bayraktar) rafine un ekmeği					
PAS-0	135±0.12^{c}	336±1.54^{c}	70±0.64^{b}	128±0.57^{ab}	46±4.36^{a}
PAS-30	138±2.65^{b}	346±1.57^{b}	65±0.20^{d}	128±0.62^{ab}	36±0.85^{c}
PAS-60	138±1.48^{b}	340±1.00^{b}	67±0.32^{bc}	126±1.04^{c}	34±0.32^{c}
PAS-120	140±0.21^{ab}	353±0.05^{a}	70.±0.58^{b}	130±1.00^{b}	41±2.28^{b}
PAS-180	142±0.29^{a}	353±0.05^{a}	71±0.90^{a}	132±0.57^{a}	50±2.41^{a}

Tablonun aynı sütunundaki farklı üst simge ve küçük harflerle gösterilen ortalama değerler, $p<0.05$ düzeyinde anlamlı olarak farklıdır.

Süneli (Bayraktar) ekmek örneklerinin ağırlık değerleri incelendiğinde 30, 60 ve 120 s uygulamada kontrol örneğine (127 g) göre azalma söz konusu olmuştur. 180 s uygulamada ise kontrol örneğine kıyasla %6.6 artış tespit edilmiştir. Süne zararı gluten hidrolizine neden olarak zayıf gluten ağ yapısı ve ekmek özelliklerinin ortaya çıkmasına neden olur. Ekmeklik (Bayraktar) rafine buğday unundan üretilen ekmeklerin ağırlık değerleri PAS uygulama süresinin artışına bağlı olarak yükselme göstermiştir. Her iki ekmek örneğinde 180 s'de ekmek ağırlığında meydana gelen artış bu sürede artış gösteren hidrojen peroksitin gluten proteinlerinde disülfit bağ oluşumunu sağlamasıyla ve suda çözünen pentozanların jelleşmesinin arttırmasıyla açıklanabilir (Gujral ve Rosell, 2004). Süneli (Bayraktar) rafine buğday unundan üretilen ekmek örneklerinin ağırlığında azalma meydana gelmesinin nedeni ise nişastanın zedelenmesi ile ilişkilidir. Zedelenmiş nişasta miktarının çok fazla olması yoğurma işlemi esnasında unun daha fazla su almasına neden olur. Bu durumda birim

undan elde edilen ekmek ağırlığını ve raf ömrünü etkilemektedir (Ma vd., 2016). Süneli (Bayraktar) ekmeğinde 30 ve 60 s'de yapışkanlık ve adhezyon değerlerinin yüksek olması bu durumu desteklemektedir.

Süne zararına uğramış un ile üretilen ekmeklerde hacim değerinin olumsuz etkilendiğini bilinmektedir (Hariri vd., 2000). Süne zararı buğday ununun kalitesini düşürür. Daha yumuşak hamur yapısı oluşmasına neden olurken düşük hacimli, pürüzlü kabuk yüzeyine sahip ekmeklerin üretilmesi ile sonuçlanır (Dizlek ve Özer, 2017b). Süneli (Bayraktar) rafine buğday ununundan üretilen ekmeklerde hacim değerleri ise 30 ve 60 s'de kontrol örneğine kıyasla azalma göstermiştir. 120 ve 180 s'de hacim değerlerinde ise artış tespit edilmiştir. Ekmeklik (Bayraktar) rafine buğday ununundan üretilen ekmeklerin hacim değerleri PAS uygulaması ile kontrol örneğine kıyasla artış göstermiştir. En yüksek hacim değerleri her iki örnekte de 180 s uygulamada elde edilmiştir. Örneklerin hacim ve ağırlık değerlerinin artış göstermesi PAS içerisindeki hidrojen peroksit değerindeki artış ile ilişkilendirilebilir. Hidrojen peroksit hamur geçirgenliğinin arttırarak hamurda gözenek ve gaz hücresi oluşumunun artmasına sebep olmuştur. Hasan ve Altaee (2021), çalışmalarında benzer sonuçlar elde etmişlerdir.

Spesifik hacim değerlerinin 120 ve 180 s'de diğer sürelere göre artış gösterdiği tespit edilmiştir. Su aktivasyon süresi arttıkça plazma reaktif türlerinin konsantrasyonu artış göstermiştir. Hamur oluşumu esnasında protein ağındaki sistein molekülleri oksitlenmiş ve yüksek molekül ağırlıklı polimerik proteinlerin gelişmesi ile spesifik hacim artmıştır. Literatürde yer alan çalışmalar su aktivasyon süresinin artışıyla doğru orantılı olarak spesifik hacmin arttığını belirlemişlerdir (Pivovarov vd., 2018; Ershidat vd., 2024). Ekmek kalitesi, pişirme sırasında peroksit bileşenlerin aktif oksijen salınımı ile ayrışması nedeniyle herhangi bir yapay kimyasala ihtiyaç duyulmadan iyileştirilmiştir ve bu ekmekler tüketim için güvenlidir.

Ekmeklerin en, boy ve yükseklik değerleri incelendiğinde en yüksek değerlere sahip örneklerin 180 s PAS ile üretilen ekmekler olduğu tespit edilmiştir. 180 s'de ekmek özelliklerinde iyileşme suda daha fazla hidrojen peroksit oluşmasıyla ve plazmada yer alan reaktif türlerle ilişkilidir. Plazmada yer alan reaktif türler gluten alt birimleri arasında disülfit bağları oluşumunu arttırarak yüksek moleküllü proteinlerin

gelişmesine katkı sağlamışlardır. Bahrami vd. (2016) plazmadaki reaktif türlerin yüksek molekül ağırlıklı gluten alt birimlerinin konsantrasyonunu arttırdığını bildirmişlerdir.

4.7.5. Ekmek örneklerinin tekstür profil analizi (TPA) değerleri

Farklı sürelerde PAS ile hazırlanan ekmek örneklerine aiit tekstürel profil analiz değerleri Çizelge 4.28'de verilmiştir.

Çizelge 4.28. Ekmek örneklerine ait tekstür profil analiz (TPA) değerleri

Su örneği	Sertlik	Yaylanabilirlik	Yapışkanlık	Sakızımsılık	Çiğnenebilirlik	Adhesivness
Süneli (Bayraktar) rafine un ekmeği						
PAS-0	2337±0.63^{b}	0.94±0.02^{a}	0.60±0.01^{b}	1373±5.32^{b}	1341±10.41^{b}	4.23±0.05^{a}
PAS-30	2601±1.69^{a}	0.88±0.06^{b}	0.69±0.08^{a}	1666±8.29^{a}	1479±16.49^{a}	2.28 ± 0.04^{b}
PAS-60	2681±1.84^{a}	0.90±0.01^{b}	0.68±0.00^{a}	1313±6.36^{b}	1276±13.5^{ab}	1.62±0.02^{c}
PAS-120	2783±1.07^{a}	0.88±0.01^{b}	0.53±0.01^{c}	1201±2.15^{c}	1096±59.16^{b}	1.69±0.08^{c}
PAS-180	2181±1.10^{c}	0.94±0.03^{a}	0.45±0.11^{d}	1190±7.32^{d}	1107±82.94^{b}	1.69±0.08^{c}
Ekmeklik (Bayraktar) rafine un ekmeği						
PAS-0	3180±2.04^{a}	0.93±0.01^{a}	0.75±0.03^{b}	2336±0.66^{b}	2194±0.49^{b}	5.27±0.02^{a}
PAS-30	2933±0.91^{ab}	0.93±0.00 ^{a}	0.80±0.06^{a}	3021±2.56^{a}	2775±2.50^{a}	3.25±0.01^{b}
PAS-60	2739±1.33^{bc}	0.92±0.02^{a}	0.79±0.01^{a}	2201±0.60^{b}	2051±0.05^{bc}	2.42±0.02^{c}
PAS-120	2742±1.94^{bc}	0.92±0.13^{a}	0.72±0.08^{c}	2093±1.99^{b}	1898±2.51^{bc}	2.45±0.03^{c}
PAS-180	2476±3.69^{c}	0.95±0.01^{b}	0.70±0.03^{c}	1801±0.55^{b}	1689±3.09^{c}	1.90±0.02^{d}

Tablonun aynı sütunundaki farklı üst simge ve küçük harflerle gösterilen ortalama değerler, *p<0.05* düzeyinde anlamlı olarak farklıdır.

Süneli (Bayraktar) rafine buğday unundan üretilen ekmeklerin sertlik değerleri 30-60-120 s uygulanan örneklerde kontrole kıyasla artış gösterirken 180 s uygulamada kontrol ve diğer örneklere kıyasla önemli derecede azalma göstermiştir. Örneklerin sertlik değerinin yükselmesi PAS ile ortaya çıkan reaktif türlerin alfa amilaz ve gluten içeriği üzerinde etkili olduğunu göstermektedir (Patrignani vd., 2014; Mei vd., 2016). Misra vd. (2015), hem zayıf hem de kuvvetli unda plazma uygulama ile hamur mukavemetinde ve ekmek sertliğinde artış olduğunu bildirmişlerdir.

Ekmeklik (Bayraktar) rafine buğday unundan üretilen ekmeklerin sertlik değerleri PAS uygulama süresiyle ilişkili olarak azalma göstermiştir. En düşük sertlik değeri 180 s uygulamada tespit edilmiştir. Baik ve Lee (2003) tarafından sertlik ve nişastanın amiloz içeriği arasında pozitif bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda 180 s sürede sertlik değerindeki düşüş hidrojen peroksit tarafından oksitlenen amiloz moleküllerinin depolimerizasyonundan kaynaklanmaktadır. Aynı zamanda yapılan araştırmalar plazma ile aktive edilen suyun ekmeğin hidrofilik özelliklerinin kaybını azalttığını, mekanik olarak bağlı nem içeriğinin daha düşük olduğunu ve ozmotik olan bağlı nemin daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Yan vd. (2022) yaptıkları çalışmada, argon plazma içerisindeki H_2O_2 bileşeninin protein yapısındaki sistein molekülündeki serbest sülfidrilin oksidasyonunu tetiklemesi, serbest sülfidril kaybının artış göstermesi ve sonuç olarak gluten alt birimlerinin arasındaki disülfit bağlarının meydana gelmesi kolaylaştırması ile açıklamışlardır. Sonuç olarak bu etki PAS çözeltisinin yapısal özellikleri ile ilgilidir. Sertlik değerinin 180 s uygulamada azalması bu sürede PAS uygulamasının ekmeğin raf ömrünün uzatılması ve bayatlamayı geciktirmesi anlamında katkı sunacağını göstermektedir. Pivarov vd. (2018), PAS ile ekmek üretimi üzerine yaptıkları çalışmada depoloma sırasında tazeliğin iki güne kadar artış gösterdiğinin ve ekmeğin daha uzun süre tazelik sağladığını bildirmişlerdir. Bu sonuçlar PAS'un ekmek kalitesini arttırmada önemli bir potansiyele sahip olduğunu ve ilerleyen çalışmalarda pişirme metodolojileri bakımından önemli katkılar sağlayacağını gösterir.

Yaylanabilirlik ekmeğin sıkıştırma sırasındaki yaylanma değerini vermektedir. Ekmekte sertlik değeri arttıkça yaylanabilirlik değerleri azalmıştır. 30-60-120 s uygulamada örneklerin yaylanabilirlik değerleri arasında istatistiksel olarak bir

farklılık görülmezken kontrol ve 180 s uygulamaya kıyasla azalma tespit edilmiştir. Yaylanabilirlik değerinin 180 s uygulama süresinde tekrar artış göstermesinin nedeni PAS reaktif türleri tarafından protein agregasyonunun kolaylaştırılması ile açıklanabilir (Ershidat vd., 2024).

Yapışkanlık gıdanın temas ettiği dil, diş ve tırnak gibi diğer malzemelerin gıdanın yüzeyi ile arasındaki çekici kuvvetleri aşmak için uyguladığı kuvveti gösteren bir özelliktir. Sertlik özelliğinde olduğu gibi 180 s uygulamada her iki örnekte de yapışkanlık değeri en düşük değer olarak tespit edilmiştir. Ekmeğin 180 s'de yapışkanlık değerindeki azalma plazma içerisinde yer alan reaktif türlerle ilgilidir (Dong vd., 2017; Chen vd., 2020). Oksitleme özelliği yüksek olan bu reaktif bileşenler sisteinlerin yan zincirlerinde bulunan aktif sülfidril gruplarını dehidrojene ederek disülfür bağlarının oluşmasına ve gluten yapısının yoğunlaşmasına neden olmaktadır. Bu durumda hidrofilik gruplar su moleküllerine bağlanamaz ve yapışkanlık değeri azalma gösterir.

Yapışkanlık süne zararlı unlardan ekmeklerde kritik bir sorundur. 180 s uygulamada plazmanın yapışkanlık değerini düşürmesi süne zararlı unlardan elde edilen ekmeklerde kritik bir sorun olan yapışkanlığın azaltılmasında önemli bir potansiyel olarak ortaya çıkmaktadır. Daha önce belirtildiği gibi, gluten proteinlerini parçalayan proteolitik enzimler salgılayan süne zararlısı, sadece hamur yapışkanlığında artışa neden olmakla kalmaz, aynı zamanda şekillendirme ve işlemeyi zorlaştırır ve bitmiş ürünün genel kalitesini tehlikeye atar. Sonuç olarak, süne zararına uğramış buğday unlarının kalitesini korumak ve optimum pişirme sonuçları sağlamak için etkili çözümlere kritik bir ihtiyaç vardır. Yapışkanlığı azaltmak ve hem hamurun hem de ekmeğin kalitesini arttırmak için olası bir çözüm olarak hasarlı hamurda 180 s PAW ile işlenmiş su kullanılması uygun olarak belirlenmiştir.

Held vd. (2019), plazma uygulaması ile buğday unlarının ikincil yapılarının değiştiğini ve viskoelastik özelliklerinde değişiklikler olduğunu doğrulamışlardır. Misra vd. (2015), hamur reolojisinde meydana gelen değişimlerin gluten birimleri arasındaki disülfür bağların artmasından kaynaklı olduğunu bildirmişlerdir.

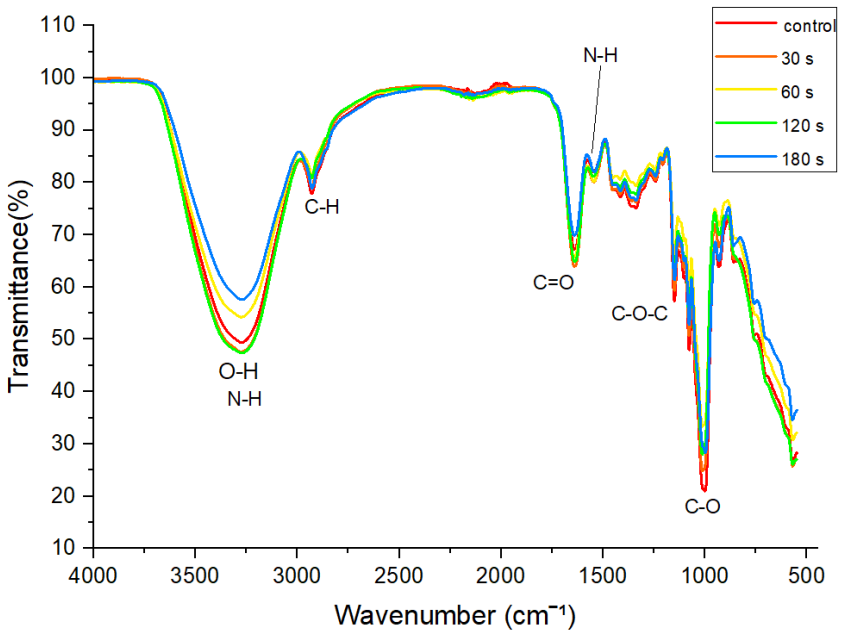
Çiğnenebilirk/sertlik değeri genel olarak test esnasında eğrinin altında kalan toplam pozitif alan ile ifade edilir. Çiğnenebilirlik değeri bir ürünün yutulmaya hazır olana kadar gerekli olan kümülatif iş olarak tanımlanır. Yüksek alan değerleri daha yüksek enerji tüketilmesine neden olur bu durumun sonucu olarak tüketicilerin çiğnemesi ve ısırması için daha sert bir son ürünle karşılaşılması söz konusu olmaktadır.

Her iki buğday unundan elde edilen ekmek örneğinde sakızımsılık ve çiğnenebilirlik değerleri en yüksek 30 s uygulamada tespit edilmiştir. 60, 120 ve 180 s uygulamalarda ise bu değerlerin azalma gösterdiği belirlenmiştir. Çiğnenebilirlik değeri 180 s uygulamada en düşük değerde tespit edilmiştir yani bu sürede üretilen ekmeğin daha kolay ısırılabilir olduğunu göstermiştir. Elde edilen bu veriler her iki ekmek türü için de en yüksek ekmek hacmi ve en az sertlik değerlerine sahip olan 180 s uygulamadaki ekmek sonuçları ile uyum göstermektedir. Sakızımsılık değerinde de aynı şekilde sonuçlar elde edilmiştir. 30 s uygulamada sakızımsılık değeri ani bir yükseliş gösterirken suya uzun süre plazma uygulama bu değerde düşüşe yol açmıştır. Bu analizler neticesinde her iki ekmek için de hem çiğnenebilirlik hem de sakızımsılık özelliği bakımından 180 s uygulamanın optimum uygulama süresi olduğunu ortaya koymaktadır.

4.7.6. Ekmek örneklerinin FTIR spektrum değerleri

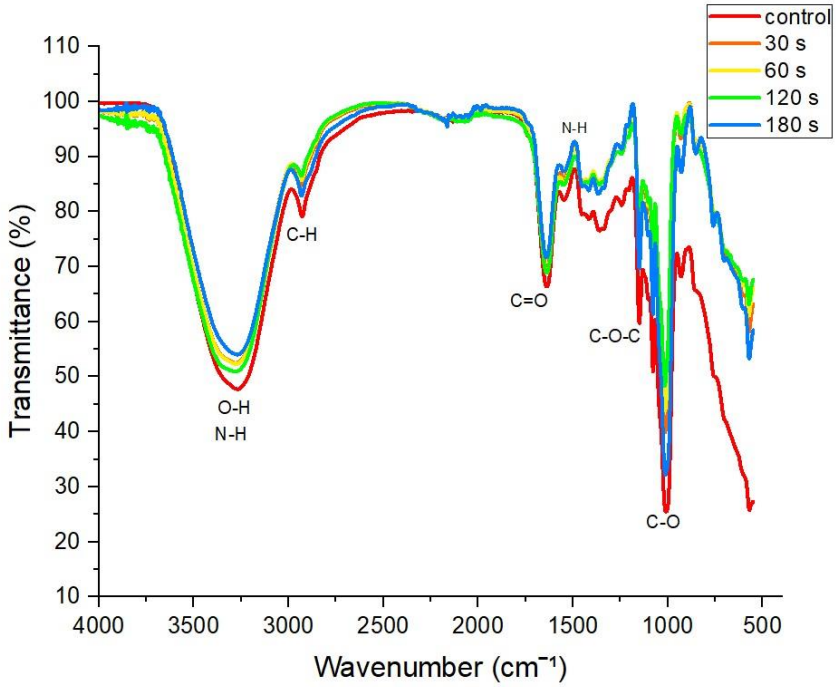
Buğday unu proteinleri karmaşık bir yapıya sahiptir ve farklı boyut, yapı ve konformasyona sahip moleküller içermektedir. α-sarmalı, β-tabakası, β-dönüşü ve periyodik olmayan yapılar birlikte ele alındığında proteinin ikincil yapısını oluştururlar (Nucia vd., 2021).

FTIR spektrumları hamurda esas olarak amid I (1600-1700 cm^{-1}) ve amid II (1500-1600 cm^{-1}) absorpsiyon bantlarını içerir. Amid I bandındaki değişimler C=O bağlarının gerilme titreşimlerinden kaynaklanır. Amid II bandındaki değişimler ise N-H bağlarının bükülmesinden kaynaklanır. Glutenin FTIR spektrumunda belirlenen değişimler 1650 cm^{-1} civarındaki amid I bandı α-sarmalı yapısından kaynaklanırken, 1685 cm^{-1} amid II bandı β-tabakalardan kaynaklanır. α-sarmalı ve β-tabakaları gliadin proteinleri hakkında önemli bilgiler vermektedir. (Contreras-Jim´enez vd., 2019; Zhu ve Li, 2019).



Şekil 4.5. Süneli (Bayraktar) rafine buğday unundan üretilen ekmek örneklerine ait FTIR spektrumu

Şekil 4.5'te çeşitli sürelerde (0, 30, 60, 120 ve 180 saniye) PAS ile hazırlanan süneli (Bayraktar) rafine buğday unundan üretilen ekmeklerden üretilen örneklere ait FTIR spektrumları yer almaktadır. 3280 cm^{-1} bölgesi OH grup aktivitesinin olduğu bölgeye işaret etmektedir. OH grubu en düşük 30 ve 120 s'de en yüksek 180 s olarak tespit edilmiştir. Amid I bölgesinde 180 s uygulama diğer örneklere kıyasla C=O bağları üzerinde meydana gelen titreşimi azaltmada daha etkili olmuştur yani α-heliks yapısında artış söz konusu olduğu belirtilebilir. 180 s uygulamada diğer sürelere kıyasla C-O-C, C-O ve C-O-H gruplarının konsantrasyonunu artırmıştır. Bu fonksiyonel grupların konsantrasyonlarında artış görülmesi, hamurun gluten yapısının iyileşmesine ve ikincil yapısının değişmesine neden olmuştur. Tüm spektrumların analizi, 180 s PAS işleminin diğer örneklerden daha iyi performans gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu bulgu, Kieffer hamur ve gluten uzayabilirlik, gluten indeks ve SEM analizlerinden elde edilen sonuçlarla uyumludur.



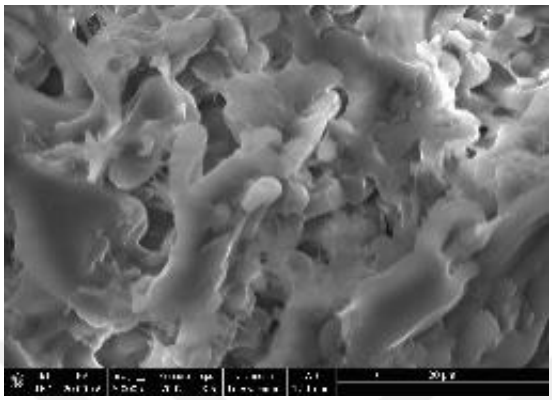
Şekil 4.6. Ekmeklik (Bayraktar) rafine buğday unundan üretilen ekmek örneklerine ait FTIR spektrumu

Şekil 4.6'da çeşitli sürelerde (0, 30, 60, 120 ve 180 saniye) PAS ile hazırlanan ekmeklerden üretilen örneklere ait FTIR spektrumları yer almaktadır.

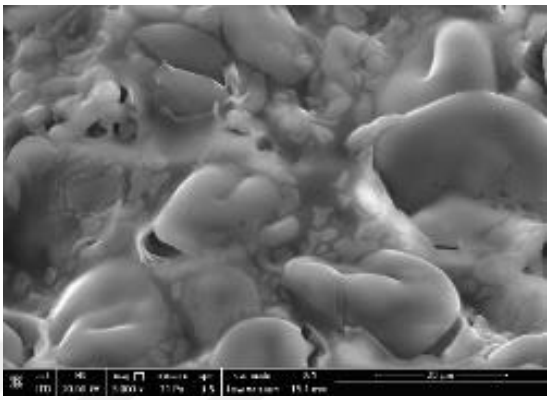
FTIR spektrumunda 3280 cm^{-1} bölgesi OH konsantrasyonuna ait bilgiyi ortaya koymaktadır. OH grubu en düşük kontrol örneğinde tespit edilmiştir. Amid I (1600-1700 cm^{-1}) bölgesinde 180 s uygulama diğer örneklerle karşılaştırıldığında en yüksek absorbans değerinini göstererek C=O bağlarında oluşan titreşimi azaltmada daha etkili olurken kontrol grubu bu dalga boyunda en düşük absorbans değerini almıştır. 180 s'de en yüksek absorbans değerinin tespit edilmesi α-heliks yapısındaki artış ile ifade edilmektedir. 180 s uygulamada diğer sürelere kıyasla C-O-C ve C-O-H gruplarının konsantrasyonunu artırmıştır. Süneli (Bayraktar) rafine buğday unundan üretilen ekmeklerde olduğu gibi bu fonksiyonel grupların konsantrasyonlarında artış görülmesi, hamurun gluten yapısının iyileşmesine ve ikincil yapısının değişmesine neden olmuştur. Tüm spektrumların analizi, 180 s PAS işleminin diğer örneklerden daha iyi performans gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu bulgu, Kieffer hamur ve gluten uzayabilirlik, gluten indeks ve SEM analizlerinden elde edilen sonuçlarla uyumludur.

4.7.7. Ekmek örneklerinin SEM değerleri

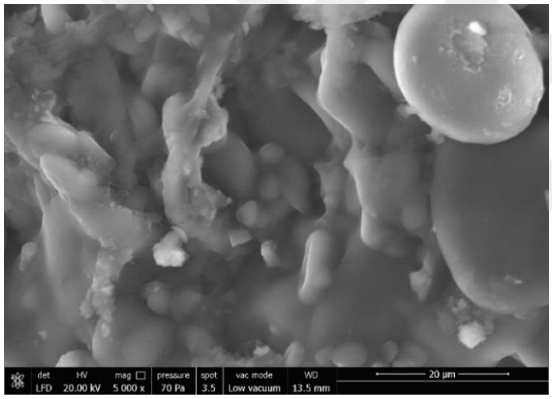
Farklı sürelerde plazma uygulanarak elde edilen PAS ile üretilen ekmek örneklerine ait SEM görüntüleri Şekil 4.7 ve Şekil 4.8'de verilmiştir.



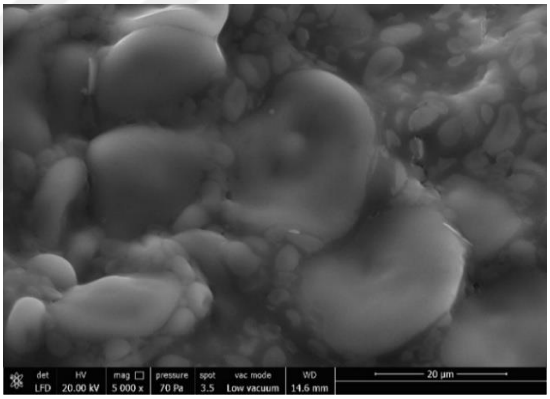
Beyaz ekmek kontrol örneği



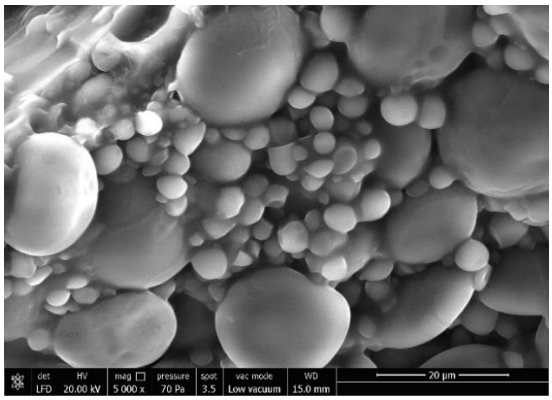
PAS-0



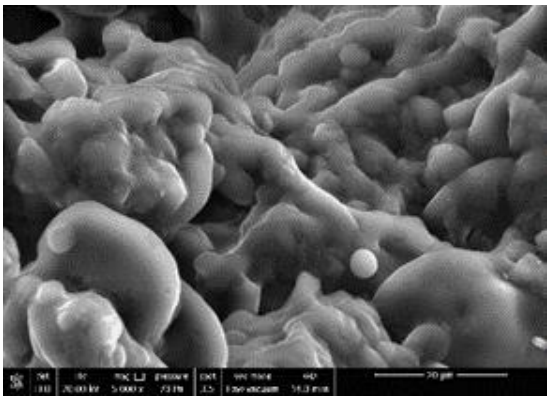
PAS-30



PAS-60



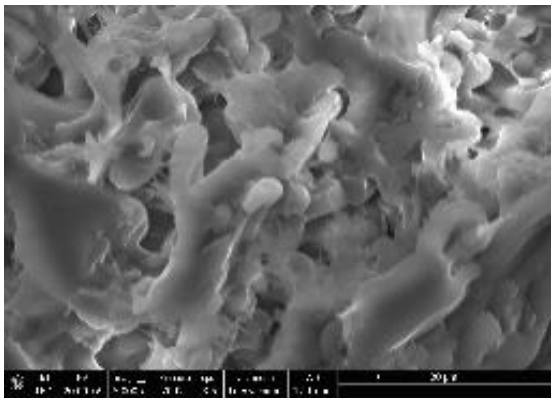
PAS-120



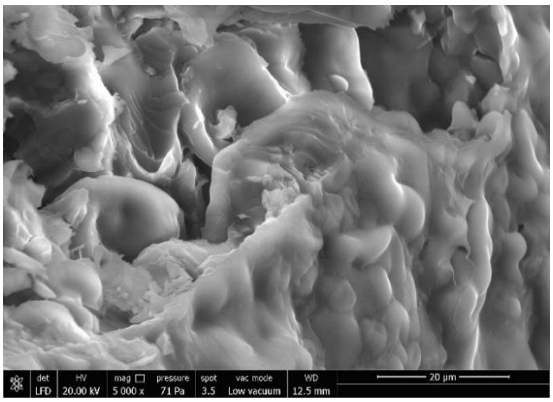
PAS-180

Şekil 4.7. Süneli (Bayraktar) rafine buğday unu ile üretilen ekmek örneklerine ait SEM görüntüleri

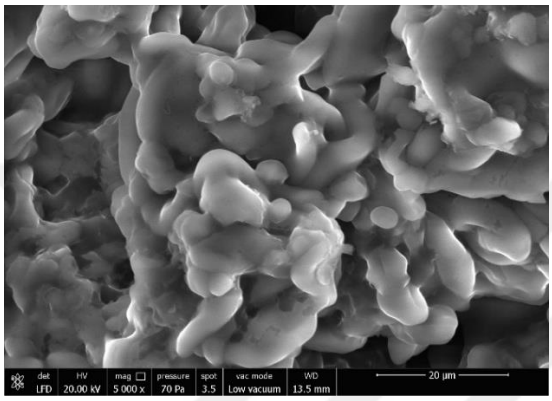
Beyaz buğday ekmeğinin SEM görüntüsünün (a) süneli (Bayraktar) ekmeğinin görüntüsü ile karşılaştırılması, süne zararlısının verdiği zararın proteaz ve amilaz enzimleri tarafından proteinlerin ve nişasta moleküllerinin bozulmasına yol açtığını ve sürekli bir gluten ağının oluşumunu engellediğini göstermektedir. Belirli bir gluten ağının eksikliğinin yetersiz gaz hücresi tutma özelliğine neden olduğu, nişasta parçalanmasının ise ekmeğin yapışkanlığının artmasına katkıda bulunduğu sonucuna varılmıştır. Süneli (Bayraktar) rafine buğday unundan üretilen ekmeğin düşük hacmi ve yüksek yapışkanlığı SEM görüntülerini doğrulamaktadır. Argon plazma işlemi 30 saniyeden 120 saniyeye çıkarıldıkça, gluten ağının ve özellikle nişastanın depolimerizasyonu üzerindeki etki artmıştır. Argon plazma tarafından üretilen ozon ve hidroksil radikalleri gibi aktif türler buğday nişastası granüllerinin yüzeyini aşındırabilir; yüzeyde farklı derecelerde çatlaklar, boşluklar ve parçalanma olabilir. PAS işlemi sırasında nişasta zinciri ayrışır veya depolimerize olur, bu da Ji vd. (2024) tarafından tanımlanan sonuca benzer şekilde amiloz içeriğinde bir artışa yol açar. PAS-120'de görülebileceği gibi, argon plazma işlem süresi arttıkça, aşındırma yoğunluğu da artmış, granül parçalanmasına ve ardından agregasyona neden olarak daha belirgin nişasta granülleri ortaya çıkmıştır.



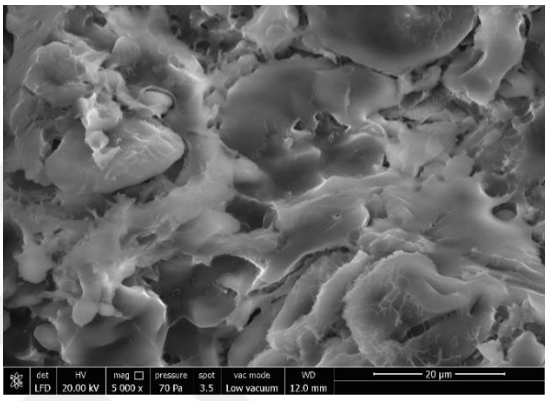
PAS-0



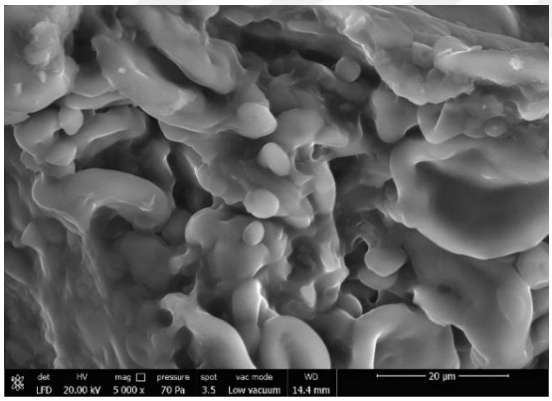
PAS-30



PAS-60



PAS-120



PAS-180

Şekil 4.8. Ekmeklik (Bayraktar) rafine buğday unu üretilen ekmek örneklerine ait SEM görüntüleri

Şekil 4.8'de verilen SEM görüntüleri incelendiğinde ekmeklik (Bayraktar) rafine buğday unu ile üretilen ekmeklerin plazma uygulanmayan ekmek örneğinde gluten yapıları nişasta ile nispeten düzgün olmayan bir protein ağ yapısı oluşturmuştur. 30 s plazma uygulaması ile nişasta yapılarının ince bir yapı şeklinde yüzeye yayıldığı tespit edilmiştir. 60 s uygulamada nişasta partiküllerinin moleküller arası kuvvetler vasıtasıyla bir araya gelerek yüzeyde çıkıntıları olan partiküllere sahip yapılar

oluşturduğu tespit edilmiştir. 120 s uygulamada enine kesit yapısının düzensiz bir hale geldiği ve yüzey parçacıklarının kademeli olarak eriyip yüzeye yayıldığı saptanmıştır. Li vd. (2021) yaptıkları çalışmalarında, plazma işleminin ürünün yüzey yapsını değiştirebileceğini ve yüzeyin küçük parçacıkların eriyip yüzeye yayılarak pürüzlü bir yüzey oluşumuna sebep olabileceğini ifade etmişlerdir. Potluri vd. (2018) yaptıkları çalışmada, farklı plazma parametrelerinin plazma işleminin sonucu olarak yüzey yapısında değişikliklerin meydana gelebileceğini bildirmişlerdir.

Ancak her iki ekmek örneğinde SEM görüntülerindeki en ilginç sonuç, diğer zamanlara kıyasla nişasta partiküllerinin homojen bir şekilde dağıldığı, yani iyi gelişmiş bir gluten ağının tespit edildiği PAS-180'de görülmüştür. Plazma işleminin uzaması, hava ve su moleküllerini ayrıştırmak için yeterli reaktif türlerin ve serbest radikallerin üretilmesine yol açarak plazma türlerinin protein ve nişasta ile yeterli etkileşimine katkıda bulunmuştur (Sarkar vd., 2023). Bu sonuç, PAS-180 numunesinin tüm reolojik ve ekmek analizlerindeki daha iyi sonuçlarıyla uyumludur.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada ön deneme sonuçları değerlendirildiğinde 0, 15, 60 ve 120 s plazma uygulamasının ekmeklik (Esperia), Süneli (Bezostaja), Siyez ve Kavılca tam tane örneklerinde gluten indeks, yaş gluten ve kuru gluten indeks değerlerinde olumlu bir etki yaratmadığı tespit edilmiştir. Belirlenen sürelerin tam tane buğday unu gluten yapısını iyileştirmede yeterli olmadığı belirlenmiştir.

Çalışmanın tam tane buğday unlarına soğuk plazma uygulanması ile elde edilen sonuçlar incelendiğinde gluten indeks değerlerinin tüm tam tane buğday unu örneklerinin soğuk plazma ile muamele edilmesiyle uygulama süresinin artışıyla doğru orantılı olarak artış olduğu tespit edilmiştir. Soğuk plazma uygulaması ile süneli (Bezostaja) tam tane buğday ununda süne zararlısı tarafından hasara uğrayan gluten ağ yapısı iyileştirilmiştir.

Yaş gluten değerleri ekmeklik (Esperia) tam tane buğday unu hariç diğer tüm tam tane buğday unu örneklerinde soğuk plazma uygulaması ile azalmıştır. Soğuk plazma uygulamasının bütün örneklerin kuru gluten değerini düşürdüğü tespit edilmiştir. Süneli (Bezostaja) tam tane buğday ununda soğuk plazma uygulamasının tüm örneklerde gecikmeli sedimentasyon değerinin sedimentasyon değerinden daha yüksek değerde çıkmasına neden olduğu tespit edilmiştir. Süneli (Bezostaja) tam tane buğday ununda soğuk plazma uygulamasının örneklerin proteaz aktivitesinde azalma gösterdiğini, gluten yapısında bulunan buğday proteinlerinin yapılarının yeniden düzenliğinin göstermektedir.

Tüm tam tane buğday unu örneklerinde nem ve kül değerleri soğuk plazma uygulamasının süresindeki artışla birlikte azalma göstermiştir. Soğuk plazma uygulaması ile daha güçlü protein-nişasta etkileşiminin hidrojen bağları oluşumuyla sağlandığı ve nem miktarlarının azalma gösterdiği belirtilebilir. Örneklerdeki kül miktarının azalma göstermesi soğuk plazma uygulamasının tam tane unlarında bulunan kepek üzerinde de etkili olduğunu ve un randımanını değiştirdiğini göstermektedir. Tüm örneklerde (ekmeklik (Esperia), Süneli (Bezostaja), Siyez ve Kavılca) artan soğuk plazma süresine bağlı olarak fenolik ve antioksidan değerleri azalma göstermiştir. Örneklerin yapışkanlık değerleri incelendiğinde bütün tam tane

buğday unlarında kontrol grubuna kıyasla soğuk plazma teknolojisinin gluteninde bulunan disülfit bağları ve sülfidril gruplarının miktarının değişmesi ile hamurun fiziksel özellikleri üzerinde etki etmesi sebebiyle yapışkanlık değerlerinin soğuk plazma uygulaması ile artış gösterdiği tespit edilmiştir. Ekmeklik (Esperia), Süneli (Bezostaja), Siyez ve Kavılca tam tane buğday unu örneklerinde artan soğuk plazma uygulaması ile birlikte proteinlerin disülfür bağları ile bağlanması ve plazmanın bu bağlar üzerinde etkili olmasıve güçlü bir hamur yapısı oluşturmasından dolayı Rmax değerlerinin artış gösterdiği tespit edilmiştir.

Çalışmanın rafine buğdau ununa soğuk plazma uygulama kısmındaki sonuçlar değerlendirildiğinde soğuk plazma uygulamasının uygulanma süresine bağlı olarak unun teknolojik özelikleri üzerinde plazma uygulamasının önemli bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Soğuk plazma uygulaması gluten proteinlerinin hidrojen çapraz bağ oluşmasına ve ikinci yapılarının meydan gelmesine katkı sağlamaktadır. Soğuk plazma uygulaması ile süneli (Bayraktar) ve ekmeklik (Bayraktar) rafine buğday unlarında disülfür bağlarının artması nedeniyle gluten indeks değerinin artış gösterdiği tespit edilmiştir.

Süne zararlı unların analiz sonuçları incelendiğinde 45 saniyelik uygulama süresi örneklerin sedimentasyon değerini iyileştirmiştir. Rmax, Area ve Ext değerleri uygulama sonrası yüksek molekül ağırlıklı proteinlerin konsantrsyonunun artış göstermesiyle yükselmiştir. Süneli (Bayraktar) rafine unlar ile hazırlanan hamurların yapışkanlık değeri gluten yapısındaki disülfür bağlarının ve SH gruplarının miktarındaki artıştan ve aynı zamanda plazmanın tiyol grupları üzerindeki olumlu etkisinden dolayı azalma göstermiştir. FTIR sonuçlarına bakıldığında tüm süne zararlı örneklerde OH konsantrasyonunun artış gösterdiği tespit edilmiştir. 30 ve 45 saniye plazma uygulanan örneklerde β-tabakanın ve α-helix yapının artış gösterdiği tespit edilmiştir. Fenolik bileşikler ve antioksidan aktivite plazma teknolojisinin kovalent olmayan bağlar üzerindeki etkisinden dolayı azalmıştır.

Ekmeklik (Bayraktar) rafine buğday ununa ait sonuçlar değerlendirildiğinde soğuk plazma uygulamasının unun gluten özelliklerinde uygulama süresine bağlı olarak önemli ölçüde etkili olduğunu göstermektedir. Soğuk plazma uygulaması ile yüksek molekül ağırlıklı glutenin dağılımında artış gözlemlenirken bu yapıları oluşturan

disülfit bağlarının artışı ile gluten indeks değeri tüm örneklerde artış gösterdi. Örneklerin sedimentasyon ve gecikmeli sedimentasyon değerleri incelendiğinde soğuk plazma uygulaması yapılan tüm sürelerde gecikmeli sedimentasyon değerinde iyileşme görüldü. Bu sonuç soğuk plazma teknolojisinin peptit bağlarını kuvvelendirdiğini göstermektedir. Düşme sayısı değerleri incelendiğinde soğuk plazma uygulamasında 30 s'nin uygun olduğu 60 s süreye çıkıldığında un özelliklerinin olumsuz etkilendiği tespit edilmiştir. Tüm örneklerde yapışkanlık değerleri soğuk plazma uygulaması ile azalma göstermiştir. En düşük yapışkanlık değerine sahip örnek 60 s soğuk plazma uygulanan örnek tespit edilmiştir.

Sonuçlar incelendiğinde soğuk plazma uygulamasının süne zararına uğrayan ya da zayıf özellik gösteren unlar üzerinde teknolojik kaliteyi iyileştirmede ve uygulanabilirlik bakımından önemli bir rol üstlenebileceğini ortaya koymuştur. Elde edilen veriler soğuk plazma teknolojisinin ürünlerin reolojik özelliklerini geliştirmek, hamur formülasyonunu optimize etmek, ürün kalitesini arttırmak ve sonuç olarak süne zararlı veya zayıf nitelikteki unların unlu mamüller sektöründe uygulama alanını genişletmek için kullanılabilir bir teknoloji olarak öne çıkmaktadır. Soğuk plazma uygulamaları sonucunda bu özellikteki unların ekonomik getirilerinin arttırılmasına katkı sağlanabilir.

Çalışmanın PAS elde edilen kısmında uygun sürelerin belirlenmesi ile plazma ile aktive edilen suyun (PAS), hem süneli (Bayraktar) rafine undan hem de ekmeklik (Bayraktar) rafine undan üretilen hamurların ve ekmeklerin teknolojik özelliklerini önemli düzeyde etkilediği tespit edilmiştir. PAS tarafından üretilen reaktif türlerin biyolojik aktiviteleri yükseldiği için hem nişasta hem de protein bileşenlerinde önemli değişikliklere sebep olmuştur ve süne zararının olumsuz etkilerini azaltmada alternatif bir uygulama olarak öne çıkmıştır. Oluşan reaktif türlerin konsantrasyonu, gluten indeksi, Kieffer hamur analiz değerleri, hamur yapışkanlığı ve üretilen ekmeklerin analiz sonuçları incelendiğinde PAS-180 uygulama işlemi süne zararlı buğday unundan üretilen ekmek örneklerinin reolojik özellikleri ve genel ekmek kalitesini başarılı bir şekilde iyileştirmiştir. PAS-180 uygulamasında argon gazında OH indirgeyici türlerin olması nedeniyle fenolik bileşiklerin konsantrasyonu artış göstermesine rağmen antioksidan değerlerde azalma meydana gelmiştir. Sonuçlar incelendiğinde süne zararlı buğday unundan ekmek üretiminde PAS uygulaması

hamurun reolojisini iyileştirmede faydalı olmakla birlikte fiziksel, kimyasal ve dokusal özellikleri optimize etmede umut vaad eden bir yöntem olarak ortaya çıkmaktadır. Aynı zamanda PAS uygulaması ekmek hacminde artış sağlarken (SEM görüntülerinde tespit edildiği üzere) ekmek sertliği ve hamur yapışkanlığını azaltmıştır.

Ekmeklik (Bayraktar) buğday unundan ekmek üretiminde PAS uygulaması, hamurun reolojik özelliklerinin yanı sıra kimyasal, fiziksel ve dokusal niteliklerini geliştirme potansiyeline sahip olduğu tespit edilmiştir. Nişasta yapısını ve fonksiyonel özelliklerini düzenlenme özelliğine sahip olduğu, özellikle ekmek hacmini ve SEM görüntülerini iyileştirirken, hamur ve ekmek yapışkanlığını ve sertliğini de azaltabildiği tespit edilmiştir. Tüm spektrumların analizi yapıldığında 180 s PAS işleminin diğer örneklerden daha iyi performans gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu bulgu, Kieffer hamur ve gluten uzayabilirlik, gluten indeks ve SEM analizlerinden elde edilen sonuçlarla uyumludur.

Bu sonuçlar göz önüne alındığında PAS'ın gıda işlemede daha kapsamlı bir biçimde kullanılabileceğini ve farklı türdeki hasarlı ya da düşük kaliteli unlarla alakalı kalite problemlerini azaltmada önemli bir rol üstlenebileceğini göstermektedir. Aynı zamanda buğday ununa PAS ilave etmek özellikle mahsüllerin zararlı böcekler tarafından zarara uğradığı bölgelerde, unlu mamüller sektöründe yeni ve çözümcül yaklaşımlar sunabilir. Yapılacak çalışmalarla argon gazı kullanılarak plazmanın farklı deşarj güç seviyeleri, farklı uygulama süreleri ve farklı uygulama mesafesi gibi parametreler kullanılarak süne zararına uğramış unlardan üretilen ekmek ve hamurların özelliklerine reaktif tür konsantrasyonlarının nasıl etki ettiği incelenebilir ya da PAS diğer hamur geliştirici bileşenler veya öğütme teknikleri ile birarada kullanılarak süne zararının unlara vermiş olduğu kalite kayıplarını en aza indirmenin yolları incelenebilir. PAS süne zararı tarafından hasara uğratılan ve kalitesi düşen unlar için iyileştirici olmanın yanısıra çeşitli tahıl içerikli ürünlerin besinsel ve işlevsel özelliklerini geliştirmek için çok yönlü bir araç olarak da güçlendirilebilir.

Bu tezde elde edilen veriler soğuk plazma teknolojisinin atalık tam tane buğday unu, ekmeklik ve süne zararına uğramış tam tane ve rafine un ile hamurun fonksiyonel özelliklerinin iyileştirilmesi için kimyasal katkı kullanımına kıyasla alternatif olarak

kullanılabileceğini göstermektedir. Düşük sıcaklık derecelerinde az enerji kullanarak etkili bir sterilizasyon sağlaması, gıdanın duyusal ve fiziksel özellikleri üzerine olumsuz etki yapmaması, maliyetinin düşük olması, atmosferik basınçta sürekli olarak çalışabilme özelliği nedeniyle soğuk plazma teknolojisi gıda sektöründe umut vaat eden bir teknolojidir. Soğuk plazma teknolojisi ile kalitesi düşük ekmeklik rafine unların ve süne zararına uğramış rafine unların gluten kalitesi iyileştirilerek, daha güçlü yapıda hamurlar elde edilebilir ve arzu edilen son ürün üretiminin sağlanmasıyla unlu mamuller sektörüne katkı sağlanabilir.

KAYNAKÇA

AACC, 2001. International Approved Methods of Analysis, 11th Ed. AACC International, St. Paul, MN, U.S.A.

AACC, 2010. AACC International. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, eleventh ed. AACC, St. Paul, MN, USA.

Abdel-Aal, E.S.M., Hucl, P., 2014. Einkorn: A Functional Wheat for Developing Highlutein Whole Grain Baked Products. Cereal Foods World, 59(1), 5–10.

Açıkgöz, F., Tunç, S., Ünal, S., 2023. Quality Attributes of Emmer (kavılca) Wheat Flours and Performance in Bread and Pasta. Cereal Chemistry, 100(2), 245–257.

Adhikari, B., Howes, T., Bhandari, B.R., Truong, V., 2001. Stickiness in Foods: a Review of Mechanisms and Test Methods. International Journal of Food Properties, 4(1), 1-33.

Afsheen, S., Fatima, U., Iqbal, T., Abrar, M., Muhammad, S., Saeed, A., ... & Shamas, S. (2019). Influence of Cold Plasma Treatment on Insecticidal Properties of Wheat Seeds Against Red Flour Beetles. Plasma Science and Technology, 21(8), 085506.

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

Akan, T., Çabuk, A., Çelik, P.A., Yavaş, S.E., Durmuş, Ç., 2022. Direct-Contact and Contact-free Treatment of a DBD-like Non-thermal Atmospheric Pressure Plasma Jet on Pseudomonas aerugino0sa. Romanian Biotechnological Letters, 27(3), 3498-3506.

Akan, T., Kartal, S., Tokay, S., Coşansu Akdemir S., Tosun, Ş.Y., Üçok Alakavuk, D., 2022. Development of A New Device For Applying Atmospheric Pressure Cold Plasma on Foods. Food and Environment Safety, 21(4), 321-332.

Akan, T., Kışla, D., Durmuş, Ç., 2023. Antibacterial Efficiency of Cadmium Thin Films Deposited by the Thermionic Vacuum Arc. Surface And Coatings Technology, 456, 1-8.

Akın, V., 2017. Tahıl Teknolojisi 1. Adnan Menderes Üniversitesi Çine Meslek Yüksek Okulu Gıda Kalite Kontrol ve Analizi Ders Notları. 26–28 s. Aydın.

Aksoylu, Z., Çagındı, O., Kose, E., 2012. Enrichment of Biscuit by Functional Ingredients. Academic Food, 10(3), 70–78.

Aktar, M., 2011. Bazı Ekmeklik Buğday Çeşitlerinde Verim ve Kalite Özelliklerinin İncelenerek Çanakkale Yöresine Uygun Olanların Belirlenmesi. Çanakkale On Sekiz Mart Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 52s, Çanakkale.

Aktas-Akyildiz, E., Mattila, O., Sozer, N., Poutanen, K., Koksel, H., Nordlund, E., 2017. Effect of Steam Explosion on Enzymatic Hydrolysis and Baking Quality of Wheat Bran. Journal of Cereal Science, 78, 25–32.

Albayrak, A., Kılıç, G.B., 2020. Gıda İşlemede Plazma Teknolojisinin Uygulanması. Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 8(11), 2300-2306.

Alegbeleye, O., Odeyemi, O.A., Strateva, M., Stratev, D., 2022. Microbial Spoilage of Vegetables, Fruits and Cereals. Applicaton Food Research, 2(1), 100122.

Al-Hamdani, H., Altimmemi, S., Ahmed, T., Attea, S., 2019. The Use of Vitamin C on Improving the Rheological Properties of Some Weak Local Wheat Varieties. Plant Arch, 19(1), 1075-1080.

Allai, F.M., Azad, Z.R., Mir, N.A., Gul, K., 2023. Recent Advances in Non-Thermal Processing Technologies for Enhancing Shelf Life and Improving Food Safety. Applied Food Research, 3(1), 100258.

Al-Mamary, M.A., Moussa, Z., 2021. Groups in Small Molecules of Natural and Synthetic Origin. Waisundara, V. (Ed.), Antioxidants: benefits, sources, mechanisms of action (253-280). IntechOpen, 632p.

Alpat, İ., Dumlu Bilgin, G., 2018. Glutensiz Diyet: Trend Mi Yoksa Tedavi Yöntemi Mi?. International Peer-Reviewed Journal Of Nutrition Research, (12), 83-116.

Altindal, D., Akgün, İ., 2015. Bitki Genetik Kaynakları ve Tahıllardaki Durumu. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 12(1), 147–153.

Amiri, M., Arab, M., Mortazavian, A., 2025. The Effect of Cold Plasma Treatment on the Phenolic and Flavonoid Content and Antioxidant Activity of Whole Buckwheat Grain and Flour. Scientific Reports, 15(1), 25132.

Anlı, E., & Şanlıbaba, P. (2019). Fermente Gıdalar, Mikrobiyoloji, Teknoloji, Sağlık. Ankara: Nobel Yayıncılık, 732s, Ankara.

Anonim, 2020. Işınlamanın Süne Zararına Uğramış Buğday ve Unun Kalitesi Özellikleri Üzerine Etkisi. Türkiye Enerji, Nükleer ve Maden Araştırma Kurumu. Teknik Rapor 2020/1-6.

Anonim, 2024. Ekmek Üretim Teknolojisi-1. Erişim Tarihi: 05.02.2024. www.vankim.com/Files/Ekmek%20uretim%20teknolojisi(1).pdf

Antognoni, F., Mandrioli, R., Bordoni, A., Di Nunzio, M., Viadel, B., Gallego, E., 2017. Integrated Evaluation of The Potential Health Benefits of Einkorn Based Breads. Nutrients, 9(11), 1-17.

Atak, M., 2017. Buğday ve Türkiye Buğday Köy Çeşitleri. Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 22(2), 71–88.

Atalan-Helicke, N., 2018. You Can Never Give Up Siyez If You Tasteıtonce: Localtaste, Global Markets, and The Conservation Of Einkorn, An Ancient Wheat. Gastronomica, 18(2), 33-45.

Atar, B., Kara, B., Şener, A., 2018. Yurtdışı Orijinli Bazı Ekmeklik Buğday Çeşitlerinin Isparta Koşullarında Performansları. Black Sea Journal of Agriculture, 1(4), 122-126.

Atasoy, R., Hendek Ertop, M., 2017. Thermal Heat Processing Effects On Phyticacid Content and Mineral Bioavailability Of Siyez Wheat. In Incongress On Food Quality and Safety, Health (pp. 38-39).

Atlı, A., 1999. Buğday ve Ürünleri Kalitesi. Orta Anadolu'da Hububat Tarımının Sorunları ve Çözüm Yolları Sempozyumu, 8-11 Haziran 1999, Konya, 498-506:

Atlı, A., Koçak, N., Köksel, H., Ozan, A.N., Aktan, B., Karababa, E., Dağ, A., Tuncer, T., Dikmen, B., Özkan, Ş., 1988. Süne (Eurygaster spp.) ve Kımıl (Aelia spp.) Zararı Görmüş Tanelerin Ekmeklik Buğday Kalitesine Etkileri. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Genel Yayın No:1988/2, Tarım Matbaası Ankara. 23 Sayfa.

Aydar, F., 2022. Kars Yöresine Ait Ata Buğdayı Kavılca ve Modern Ekmeklik Buğdaydan Hazırlanan Un ve Ekmeğin Fonksiyonel Özelliklerinin ve Sağlık Etkilerinin İncelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 98s, İstanbul.

Aydın, N., Bayramoğlu, H.O., Mut, Z., Özcan, H., 2005. Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L.) Çeşit ve Hatlarının Karadeniz Koşullarında Verim Ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Tarım Bilimleri Dergisi, 11(3), 257-262.

Aydoğan, S., Göçmen Akçacık, A., Şahin, M., Kaya, Y., Koç, H., Görgülü, M.N., Ekici, M., 2012. Ekmeklik Buğday Unlarında Alveograf, Farinograf ve Miksografta Ölçülen Reolojik Özellikler Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 7(1), 74-82.

Aydoğan, S., Soylu, S., 2020. Farklı Yetiştirme Koşullarının Bazı Ekmeklik Buğday Çeşitlerinin Farinograf Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesi. Ziraat Mühendisliği, 370, 34-44.

Aydoğan, S., Şahin, M., Akçacık, A.G., Demir, B., Hamzaoğlu, S., Yakışır, E., 2019. Bazı Makarnalık ve Ekmeklik Buğday Çeşitlerinin Kalite Özelliklerinin Araştırılması. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 22, 264-271.

Aydoğan, S., Şahin, M., Akçacık, A.G., Demir, B., Yıldırım, T., Hamzaoğlu S., 2020. Yağışa Dayalı Koşullarda Bazı Ekmeklik Buğday Çeşitlerinin (*Triticum aestivum* L.) Verim ve Bazı Kalite Özelliklerinin Değerlendirilmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, (3), 713-721.

Aydoğan, S., Şahin, M., Akçacık, M.G., Taner, S., 2008. Konya Şartlarına Uygun Ekmeklik Buğday Genotiplerinin Tane Verimi ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Bitkisel Araştırma Dergisi, 1(1), 1-6.

Badem, A. (2021). Ekmek ve Unlu Mamuller. Temel Mutfak Teknikleri ve Yönetimi İçinde. (Ed. Geçgin, E., Baltacı, M.). Detay Yayıncılık, 265-285, Ankara.

Bahrami, N., Bayliss, D., Chope, G., Penson, S., Perehinec, T., Fisk, I.D., 2016. Cold Plasma: A New Technology to Modify Wheat Flour Functionality. Food Chemistry, 202, 247–253.

Bai, Y., Muhammad, A.I., Hu, Y., Koseki, S., Liao, X., Chen, S., 2020. Ding Inactivation Kinetics of *Bacillus cereus* Spores by Plasma Activated Water (PAW). Food Research International, 131, Article 109041.

Baik, B., Lee, M., 2003. Effects of Starch Amylose Content of Wheat on Textural Properties of White Salted Noodles. Cereal Chemistry, 80, 304-309.

Bakla, E., 2018. Taze Havuçların Yüzey Dekontaminasyonu Üzerine Atmosferik Basınç Plazma Uygulamasının Etkisinin İncelenmesi. Trakya Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 108s, Edirne.

Belcar, J., Dvořáková, P., Kráslová, K., 2021. Evaluation Of Rheological Properties of Dough Made From Ancient Wheat Species (Einkorn, Emmer). Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 69(1), 33–42.

Balcı, A., Tunalı, E., Gürsoy, Z., 2024. Peptidomic Mapping of Wheat Storage Proteins After Sunn Pest Protease Exposure. Food Chemistry, 435, 137645.

Banerjee, S., Gupta, R., Singh, K. (2021). Microwave Tempering of Wheat for Enzyme Moderation: Implications for Flour Functionality. Journal of Cereal Science, 99, 103214.

Banura, S., Thirumdas, R., Kaur, A., Deshmukh, R.R., Annapure, U.S., 2018. Modification of Starch Using Low Pressure Radio Frequency Air Plasma. LWT, 89, 719–724.

Baratto, C., Becker, N.B., Gelinski, J.M.L.N., Silveria, S.M., 2015. Influence of Enzymes and Ascorbic Acid on Dough Rheology and Wheat Bread Quality. African Journal of Biotechnology, 14(46), 3124-3130.

Barbosa-Cánovas, G.V., Donsì, F., Yildiz, S., Candoğan, K., Pokhrel, P.R., Guaddarrama-Lezama, A.Y., 2022. Nonthermal Processing Technologies for Stabilization and Enhancement of Bioactive Compounds in Foods. Food Engineering Review, 14(1), 63–99.

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.

Basati, Z., Jamshidi, B., Rasekh, M., Abbaspour-Gilandeh, Y., 2018. Detection of Sunn Pest-Damaged Wheat Samples Using Visible/Near-infrared Spectroscopy Based on Pattern Recognition. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 203, 308-314.

Başar, S., Karaoglu, M.M., 2021. The Effects of Cephalaria Syriaca Flour on Physical, Rheological and Textural Properties of Sunn Pest (*Eurygaster integriceps*) Damaged Wheat Dough and Bread. Journal of Cereal Science, 99, 103215.

Başar, S., Karaoglu, M.M., Boz, H., 2016. The Effects of Cephalaria Syriaca Flour on the Quality of Sunn Pest (*Eurygaster integriceps*) Damaged Wheat. Journal of Food Quality, 39(1), 13-24.

Başaran, P., Başaran-Akgül, N., Öksüz, L., 2015. *Use* Of Cold Atmospheric Plasma To Detoxify Hazelnuts From Aflatoxins. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 30, 260–265

Başaran, N., Güler, M., Öztürk, H., 2024. Water Absorption and Mixolab Behavior of Wholegrain Einkorn and Emmer Flours With Oxidative Improvers. LWT – Food Science and Technology, 187, 115432.

Belcar, J., Sobczyk, A., Sobolewska, M., Stankowski, S., Gorzelany, J., 2020. Characteristics of Technological Properties of Grain and Flour From Ancient varieties of Wheat (Einkorn, Emmer and Spelt). Acta Universitatis Cibiniensis Series E: Food Technology, 269(24), 269-278.

Bencze, S., Makádi, M., Aranyos, T.J., Földi, M., Hertelendy, P., Mikó, P., Bosi, S., Negri, L., Drexler, D., 2020. Re-Introduction of Ancient Wheat Cultivars into Organic Agriculture—Emmer and Einkorn Cultivation Experiences Under Marginal Conditions. Sustainability, 12, 1584.

Bertoft, E. (2017). Understanding Starch Structure: Recent Progress. Agronomy, 7(3), 56.

Bevilacqua, A., Petruzzi, L., Perricone, M., Speranza, B., Campaniello, D., Sinigaglia, M., Corbo, M.R., 2018. Nonthermal Technologies for Fruit and Vegetable Juices and Beverages: Overview and advances. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 17(1), 2-62.

Biel, W., Jaroszewska, A., Stankowski, S., Sobolewska, M., Kępińska-Pacelik, J., 2021. Comparison of Yield, Chemical Composition and Farinograph Properties of Common and Ancient Wheat Grains. European Food Research and Technology, 247, 1525-1538.

Biesiekierski, J.R., 2017. What is Gluten. Journal of Gastroenterology and Hepatology, 32, 78-81.

Bilgiçli, N., Türker, S., 2004. Tarhanada Sindirilebilir Protein ve Kül Miktarı Üzerine Maya, Malt Unu ve Fitaz Katkılarının Etkileri. Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 18(33), 90-97.

Bora, J., Khan, T., Mahnot, N.K., 2022. Cold plasma treatment concerning quality and safety of food: A review. Current Research in Nutrition and Food Science Journal, 10(2), 427-446.

Boukid, F., Folloni, S., Sforza, S., Vittadini, E., Prandi B., 2018. Current Trends in Ancient Grains-Based Foodstuffs: Insights into Nutritional Aspects and Technological Applications. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 17, 123-136.

Braithwaite, R., 2009. 80 Years of Plasma. Plasma Sources Science and Technology, 18, 010201.

Brandolini, A., Hidalgo, A., Moscaritolo, S., 2008. Chemical Composition and Pasting Properties of Einkorn (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*) Whole Meal Flour. Journal of Cereal Science, 47, 599-609.

Brandolini, A., Hidalgo, A., Plizzari, L., Erba, D., 2011. Impact of Genetic and Environmental Factors on Einkorn Wheat (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*) Polysaccharides. Journal of Cereal Science, 53(1), 65–72.

Brandolini, A., Lucisano, M., Mariotti, M., Hidalgo, A., 2018. A Study on the Quality of Einkorn (*Triticum monococcum* L. ssp. *monococcum*) Pasta. Journal of Cereal Science, 82, 57-64.

Bu, F., Feyzi, S., Nayak, G., Mao, Q., Kondeti, V.S.S.K., Bruggeman, P., 2023. Investigation of Novel Cold Atmospheric Plasma Sources and Their İmpact on the Structural and Functional Characteristics of Pea Protein. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 83, 103248.

Burducea, I., Burducea, C., Mereuta, P., Sirbu, S.R., Iancu, D. A., Istrati, M.B., Straticiuc, M., Lungoci, C., Stoleru, V., Teliban, G.C., Robu, T., Burducea, M., Nastuta, A.V., 2023. Helium Atmospheric Pressure Plasma Jet Effects on Two Cultivars of Triticum aestivum L. Foods, 12(1), 208.

Bußler, S., Rumpold, B., Fröhling, A., Jander, E., Rawel, H., & Schlüter, O., 2016. Cold Atmospheric Pressure Plasma Processing of Insect Flour From Tenebrio Molitor: Impact on Microbial Load And Quality Attributes in Comparison to Dry Heat Treatment. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 36, 277–286.

Cansız, Z., Candal Uslu, C., Mutlu, C., Arslan, Tontul. S., Ercan, R., Erbaş, M., 2020. Farklı Oranlarda Peynir Altı Suyu Kullanımının Beyaz ve Tam Buğday Unlarından Üretilen Ekmeklerin Bazı Özellikleri Üzerine Etkisi. Gıda, 45(1), 125-138.

Carson, G.R., 2011. Flour Additives. Smith, J., Hong-Shum, L. (Ed.), Food Additives Data Book (535–580) Blackwell Publishing Ltd, Hoboken, NJ, USA,

Carvalho, A.P.M.G., Barros, D.R., da Silva, L.S., Sanches, E.A., da Costa Pinto, C., de Souza, S.M., Campelo, P.H., 2021. Dielectric Barrier Atmospheric Cold Plasma Applied to the Modification of Aria (Goeppertia allouia) Starch: Effect

of Plasma Generation Voltage. International Journal of Biological Macromolecules, 182, 1618–1627.

Ceylan, M. M., Bulut, M., Alwazeer, D., 2021. Improvement of Pasting and Textural Properties of Sunn-Damaged Wheat Flour Using Tea Waste Extracts. Journal of Food Processing and Preservation, 45(9), e15728.

Chaika, T., Barabolia, O., 2022. Impact of Damage of Winter Grain Wheat By The Corn Bug (Eurygaster Integriceps Put.) On The Crop and Grain Quality. Scientific Progress & Innovations, 2(2), 135–141.

Chakraborty, S., Pulivarthi, K.M., Raj, A.S., Prakash, S.D., Bommina, H., Siliveru, K., 2024. Inactivation of Lipase and Lipoxygenase in Whole Wheat Flour Using Atmospheric Cold Plasma and Steam Treatments: Kinetics, Mechanism, and Impact on Its Compositional Properties. Journal of Cereal Science, 117, 103889.

Chaple, S., Sarangapani, C., Dickson, S., Bourke, P., 2023. Product Development and X-Ray Microtomography of a Traditional White Pan Bread From Plasma Functionalized Flour. LWT- Food Science and Technology, 174, 114326.

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 and Emerging Technologies, 66, 102529.

Chauhan, O.P., 2019. Non-thermal Processing of Foods, 1st Ed. CRC Press. 476s, Boca Raton.

Chen, W.Z, Hoseney, R.C., 1995. Development of an Objective Method for Dough Stickiness. LWT-Food Science and Technology, 28(5), 467-473.

Chen, Y., Zhang, Y., Jiang, L., Chen, G., Yu, J., Li, S., Chen, Y., 2020. Moisture Molecule Migration and Quality Changes of Fresh Wet Noodles Dehydrated by Cold Plasma Treatment. Food Chemistry, 328, 127053.

Chen, Y.Q., Cheng, J.H., Sun, D.W., 2020. Chemical, Physical and Physiological Quality Attributes of Fruit and Vegetables Induced by Cold Plasma Treatment: Mechanisms and Application Advances. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 60 (16), 2676-2690.

Chen, Z., Attri, P., Wang, Q., 2022. Special Issue on “Advances in Plasma Diagnostics and Applications”. Processes

Choi, S., Puligundla, P., Mok, C., 2016. Microbial Decontamination of Dried Alaska Pollock Shreds Using Corona Discharge Plasma Jet: Effects on Physicochemical and Sensory Characteristics. Journal of Food Science, 81(4), 952–957.

Contreras-Jim´enez, B., Torres-Vargas, O.L., Rodríguez-García, M.E., 2019. Physicochemical Characterization of Quinoa (Chenopodium quinoa) Flour and Isolated Starch. Food Chemistry, 298, 124982.

Çağlar, S., 2019. Siyez (*Triticum monococcum* L.) Ununun Ekşi Mayalı Ekmekten Üretilmiş Peksimette Kullanımı. Gümüşhane Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 104s, Gümüşhane.

Çakır, E., Arıcı, M., 2023. The Effect of Ancient Wheat Einkorn (*Triticum Monococcum*) on the Quality And Nutritional Properties Of Bread. International Journal of Food, Agriculture And Animal Sciences, 3(2), 52-58.

Çeliker, G., Dizlek, H., 2020. Glutopik Analizinin Aynı Kategoride Yer Alan Ekmeklik Buğday Çeşitlerinin (*Triticum aestivum* L.) Sınıflandırma ve Değerlendirmesinde Kullanılabilirliğinin Belirlenmesi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (20), 409-424.

Çoma, G., 2018. Eskişehir Yöresinde Süne Emgisinin Ekmeklik Buğdayda Kalite Üzerine Etkisinin Belirlenmesi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 67s, Eskişehir.

Dabade, A., Kahar, S., Annapure, U., 2024. Structural and Functional Enhancement of Gluten for Digestive Health Through Atmospheric Cold Plasma Treatment. Food Chemistry Advances, 5, 100795.

Day, L., Augustin, M.A., Batey, I.L., Wrigley, C.W., 2006. Wheat- Gluten Uses and Industry Needs. *Trends in Food Science and Technology*, 17(2), 82–90.

De Bondt, Y., Hermans, W., Moldenaers, P., Courtin, C.M., 2021. Selective Modification of Wheat 561 Bran Affects Its Impact on Gluten-Starch Dough Rheology, Microstructure and Bread Volume. Food Hydrocolloids, 113, 106348.

de Jesus, A.L.T., Cristianini, M., dos Santos, N.M., Maróstica Júnior, M.R., 2020. Effects of High Hydrostatic Pressure on the Microbial İnactivation and Extraction of Bioactive Compounds From Açaí (*Euterpe Oleracea Martius*) Pulp. *Food Research International* (Ottawa, Ont.), 130, 108856.

De Vita, P., Riefolo, C., Codianni, P., Cattivelli, L., Fares, C., 2006. Agronomic and Qualitative Traits of *T. turgidum* ssp. *dicoccum* Genotypes Cultivated in Italy. Euphytica, 150(1), 195-205.

Degant, O., Dipl-Ing, Schwechten, D., 2002. Wheat flours with increased water absorbing capacity and method and apparatus for making the same. European Patent Office. EP1232793B1 1–17. https://patents.google.com/patent/EP1232793B1/en.

Demir, B., Kaya, D., 2020. Technological and Nutritional Properties of Einkorn (Triticum monococcum) Flours in Baking Applications. Journal of Cereal Science, 95, 103057.

Demirekin, A., Gül, H., 2024. Enzime Dirençli Nişasta ve Sağlık Üzerindeki Etkileri. Beslenme ve Diyetetik Dergisi, 34(2), 123-135.

Desheva, G., Valchinova, E., Kyosev, B., Stoyonova, S., 2014. Grain Physical Characteristics and Bread-Making Quality of Alternative Cereals Towards Common and Durum Wheat. Emirates Journal Food Agriculture, 26(5), 418-424.

Dıraman, H., Boyacıoğlu, M.H., Atlı, A., 1998. Buğday ve Unlarda Süne Zararına Karşı Alınacak Önlemler. Pasta Ekmek Dondurma ve Teknik, 2(10), 43, 46-48.

Dizlek, H., 2017. Effects of Sunn Pest (*Eurygaster* spp.) Sucking Degree in Grain on Wheat Quality Characteristics. Romanian Agricultural Research, 34, 339–349.

Dizlek, H., Gül, H., 2007. Süne Zararlı Buğday Unlarının Ekmeklik Kalitesinin İyileştirilmesi. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 21(1), 51-58.

Dizlek, H., Ozer, M.S., 2016. The Improvement of Bread Characteristics of Sunn Pest (Eurygaster integriceps) Damaged Bread Wheat by Blending Application and Using Additives. Quality Assurance and Safety of Crops & Foods, 8(3), 427-437.

Dizlek, H., Ozer, M.S., 2017a. Effects of Sunn Pest (*Eurygaster integriceps*) Damage Ratios on Rheological Characteristics of Wheat Flour. Quality Assurance and Safety of Crops & Foods, 9(1), 47–54.

Dizlek, H., Ozer, M.S., 2021. Improvement Bread Characteristics of High-Level Sunn Pest Eurygaster Integriceps Damaged Wheat by Modification in Kneading and Fermentation Conditions. Journal of Cereal Science, 102, 103336.

Dizlek, H., Ozer, M.S., 2023. Comparison of Transglutaminase and L-ascorbic Acid Additives in Improving the Quality of Bread Made from Sunn Pest Eurygaster Integriceps Damaged Wheat. International Journal of Food Science and Technology, 58(3), 1275-1283.

Dizlek, H., Ozer, M.S., 2024. A Study to Clarify Whether Sunn Pest (Eurygaster integriceps) Increases Amylase Activity in Wheat. Heliyon, 10, e30870.

Dizlek, H., Özer, M.S., 2017b. The Effects of Sunn Pest (Eurygaster in-tegriceps) Damage Ratios on Bread Making Quality of Wheat With and Without Additives. Quality Assurance and Safety of Crops and Foods, 9, 79–91.

Doğan, P., Er, H., Başaran, N., 2020. Baking Performance of Flours From Sunn Pest-Injured Wheat: Specific Volume and Staling Kinetics. International Journal of Food Science & Technology, 55(9), 3567–3578.

Dong, S., Gao, A., Zhao, Y., Li, Y., Chen, Y., 2017. Characterization of Physicochemical and Structural Properties of Atmospheric Cold Plasma (ACP) Modified Zein. Food and Bioproducts Processing, 106, 65–74.

Durmuş, Y., Anıl, M., Şimşek, Ş., 2019. Fındık Zarı ve Okside Nişasta İlavesinin Hamur Reolojisi Üzerine Etkileri. Akademik Ziraat Dergisi, 8(Özel Sayı), 91-98.

Dziki, D., Laskowski J., 2005. Wheat Kernel Physical Properties and Milling Process. Acta Agrophysica, 6(1), 59-71.

Ekezie, F.G.C., Sun, D.W., Cheng, J.H., 2017. A review on Recent Advances in Cold Plasma Technology for the Food Industry: Current Applications and Future Trends. Trends in Food Science and Technology, 69, 46–58.

Elbehri, A., 2015. Climate Change and Food Systems: Global Assessments and İmplications for Food Security and Trade. Elbehri, A. (Ed.), Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO, 1-19, Rome, Italy.

Elgün, A, Türker, S., Bilgiçli, N., 2005. Tahıl ve Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü, S.Ü. Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Ders Notları, 112s, Konya.

Elgün, A., 1981. Ekmek Üretim Teknolojisi. "Kaliteli Ekmek Üretimi" Semineri (Tebliğ). Atatürk Üniveritesi, Ziraat Fakültesi, Süt ve Gıda Teknolojisi Bölümü. Erzurum.

Elgün, A., Ertugay, Z., 1995. Tahıl İşleme Teknolojisi, (2. Baskı). Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No:297, s481, Erzurum.

Elgün, A., Ertugay, Z., 1997. Tahıl işleme teknolojisi. Erzurum: Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi.

Elgün, A., Ertaş, N., Sert, S., 1999. Hububat ve Ürünleri Teknolojisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.

Elgün, A., Ertugay, Z., 2002. Tahıl İşleme Teknolojisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisleri, 411s, Erzurum.

Emeksizoğlu, B., 2016. Kastamonu Yöresinde Yetiştirilen Siyez (*Triticum monococcum* L.) Buğdayının Bazı Kalite Özellikleri ile Bazlama ve Erişte Yapımında Kullanımının Araştırılması. Ondokuzmayıs Üniversitesi, Doktora Tezi, 165s, Samsun.

Enax, J., Meyer, F., 2022. Schulze zur Wiesche, E.; Epple, M. On the Application of Calcium Phosphate Micro- and Nanoparticles as Food Additive. Nanomaterials, 12, 4075.

Erbaş, M., 2005. Süne, Eurygaster spp., (Hemiptera: Scutelleridae) Böceklerinin Buğdaylara Verdikleri Teknolojik Zararlar ve Zararların Azaltılma Çalışmaları. Unlu Mamuller Teknolojisi, 14 (69), 62-64, 66-68, 70-82.

Ershidat, O.T.M., Elsebaie, E.M., Badr, M.R., 2024. Impact of Using Plasma Activated Water in Pan Bread Preparation on Dough Rheological Characteristics and Quality Properties. Journal of Cereal Science, 118, 103983.

Fan, X., Toivonen, P.M., Rajkowski, K.T., Sokorai, K.J., 2003. Warm Water Treatment in Combination With Modified Atmosphere Packaging Reduces Undesirable Effects Of İrradiation on the Quality of Fresh-Cut İceberg Lettuce. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51(5), 1231-1236.

FAO, 2024. FAO Cereal Supply and Demand Brief. Erişim Tarihi: 10.10.2024. https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/en

Filatova, I., Lyushkevich, V., Goncharik, S., Zhukovsky, A., Krupenko, N., Kalatskaja, J., 2020. The Effect of Low-Pressure Plasma Treatment of Seeds on The Plant Resistance to Pathogens and Crop Yields. Journal of Physics D: Applied Physics, 53(24), 244001.

Friedrich, J.F., Meichsner, J., 2022. Nonthermal Plasmas for Materials Processing. John Wiley Sons. 704s, USA.

Friesen, K., Chang, C., Nickerson, M., 2015. Incorporation of Phenolic Compounds, Rutin and Epicatechin, Into Soy Protein Isolate Films: Mechanical, Barrier and Cross-Linking Properties. Food Chemistry, 172, 18-23.

Galanakis, C.M., 2021. Nutraceutical and Functional Food Components: Effects of Innovative Processing Techniques. Academic Press. 632s, India.

Gao, G., Wu, J., Wei, Z., Li, X., 2023. Effects of Low-Pressure Radio Frequency Cold Plasma on the Biochemical Parameters and Fatty Acid Profile of Wheat Flours. Cereal Chemistry, 100(2), 393-413.

Gaupp, R., Adams, W. (2014). Diacetyl Tartaric Esters of Monoglycerides (DATEM) and Associated Emulsifiers in Bread Making. Emulsifiers in Food Technology, 6, 121-146.

Ge, X., Shen, H., Sun, X., Liang, W., Zhang, X., Sun, Z., 2022. Insight Into the Improving Effect on Multiscale Structure, Physicochemical and Rheology Properties of Granular Cold Water Soluble Rice Starch by Dielectric Barrier Discharge Cold Plasma Processing. Food Hydrocolloids, 130, 107732.

Golea, C., Stroe, S., Gâtlan, A., Codină, G., 2023. Physicochemical Characteristics and Microstructure of Ancient and Common Wheat Grains Cultivated in Romania. Plants, 12(11), 2138.

González, L., Pérez, M., Díaz, A., 2023. UV-C Treatment of Wheat Flour: Protease Activity, Protein Oxidation and Dough Properties. LWT – Food Science and Technology, 183, 115078.

Goos, P., Jones, B., 2019. Optimal Experimental Design in the Presence of Nested Factors. Technometrics, 61, 533–544.

Gott, R., Engeling, K.W., Olson, J.A., Franco, C., 2023. Plasma Activated Water: a Study of Gas Type, Electrode Material, and Power Supply Selection and the Impact on the Final Frontier. Physical Chemistry Chemical Physics, 25(6), 5130–5145.

Grădinaru, C.L., Ulea, E., Lips¸a, F.D., Florea, A.M., 2017. Correction of Low Values of Gluten Power W Value Due to the Sunn Pest Attack. Agronomy Series of Scientific Research, 60(2), 51–56.

Guerrini, L., Parenti, O., Angeloni, G., Zanoni, B., 2019. The Bread Making Process of Ancient Wheat: A Semi-Structured İnterview to Bakers. Journal of Cereal Science, 87, 9–17.

Gujral, H.S., Rosell, C.M., 2004. Improvement of the Breadmaking Quality of Rice Flour by Glucose Oxidase. Food Research International, 37(1), 75-81.

Gungor, H., Akgöl, B., 2015. Kırklareli Ekolojik Koşullarında Makarnalık Buğday Genotiplerinin Verim ve Kalite Özelliklerinin Biplot Analiz Yöntemi ile Değerlendirilmesi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 2(3), 256-267.

Guo, J., Qin, D., Li, W., Wu, F., Li, L., Liu, X., 2021. Inactivation of *Penicillium italicum* on Kumquat Via Plasma-Activated Water and Its Effects on Quality Attributes. International Journal of Food Microbiology, 343, 109090.

Gurol, C, Ekinci, F.Y., Aslan, N., Korachi, M., 2012. Low Temperature Plasma for Decontamination of E. coli in Milk. International Journal of Food Microbiology, 157(1), 1-5.

Gül, H., 2007. Mısır ve Buğday Kepeğinin Hamur ve Ekmek Nitelikleri Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi. Çukurova Üniversitesi, Doktora Tezi, 232s, Adana.

Gül, H., Dizlek, H., 2008. Ekmek Üretiminde Kepek Kullanılmasının Beslenme ve Sağlık Açısından Önemi. Türkiye 10. Gıda Kongresi, 21–23 Mayıs, Erzurum, 383-386,

Gül, M., Erdem, R., 2022. Rheological Optimization of Wholegrain Einkorn Doughs Using Oxidative Systems. Food Hydrocolloids, 125, 107428.

Hadnađev, M., Dapčević-Hadnađev, T., Filipčev, B., 2022. Rheological Behavior Of Emmer, Spelt And Khorasan Flours. In Food Processing & Preservation Conference Proceedings (pp. 15–22). University of Novi Sad, Institute of Food Technology.

Hariri, G., Williams, P.C., El-Haramein, F.J., 2000. Influence of Pentatomid Insects on the Physical Dough Properties and Two-Layered Flat Bread Baking Quality of Syrian Wheat. Journal of Cereal Science, 31(2), 111-118.

Hasan, S., Altaee, A., 2021. Studies in Improvident of Dough and Bread Properties by Addition of Hydrogen Peroxide to Wheat Flour. Indian Journal of Ecology, 48(13), 240-243.

Hassan, M.W., Sarwar, G., Farooqi, M.A., Jamil, M., 2021. Extent and Pattern of Damage in Wheat Caused by Three Different Species of Storage Insect Pests. International Journal of Tropical Insect Science, 41, 593-599.

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), 1085172.

Hendek Ertop, M., 2014. Ekşi Hamur Formül Optimizasyonunun Ekmeğin Aromatik Profili, Biyoaktif Nitelikleri ve Raf Ömrü Üzerine Etkileri. Erciyes Üniversitesi, Doktora Tezi, 249s, Kayseri.

Hendek Ertop, M., 2019. Comparision of Industrial and Homemade Bulgur Produced From Einkorn Wheat (*Triticummonococcum*) and Durum Wheat (*Triticum durum*): Physicochemical, Nutritional and Microtextural Properties. Journal of Food Processing and Preservation, 43(2), e13863.

Hendek Ertop, M., Atasoy, R., 2019. Comparison of Physicochemical Attributes of Einkorn Wheat (*Triticum monococcum*) and Durum Wheat (*Triticum durum*) and Evaluation of Morphological Properties Using Scanning Electron Microscopy and Image Analysis. Journal of Agricultural Sciences, 25(1), 93-99.

Herianto, S., Hou, C., Lin, C., Chen, H., 2020. Nonthermal plasma-activated water: A comprehensive review of this new tool for enhanced food safety and quality. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 20(1), 583-626.

Hidalgo, A., Scuppa, S., Brandolini, A., 2016. Technological Quality and Chemical Composition of Puffed Grains from Einkorn (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*) and Bread Wheat (*Triticum aestivum* L. subsp. *aestivum)*. LWT-Food Science and Technology, 68, 541-548.

Huang, Y., Li, X., Chen, L., 2020. Infrared Heat Treatment of Wheat Kernels: Effects on Enzyme Activity and Flour Quality. Food and Bioprocess Technology, 13, 1227–1239.

Huang, Y., Wang, H., Liu, Q., Zhou, J., Gao, S., Yu, J., Zhang, X., Wang, M., 2022. Comparing Impacts of Dielectric Barrier Discharge Plasma and Electron Beam Irradiation Processing on Characteristics of Tartary Buckwheat Whole Flour. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 77, 102986.

Illera, A.E., Chaple, S., Sanz, M.T., Ng, S., Lu, P., Jones, J., Carey, E., Bourke, P., 2019. Effect of Cold Plasma on Polyphenol Oxidase Inactivation in Cloudy Apple Juice and on The Quality Parameters of The Juice During Storage. Food Chemistry, X(3), 100049.

Işık, F., Keser, A., 2020. Siyez Buğdayının Sağlık Üzerine Etkileri. Sted/Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi, 29(4), 299-304.

Jadhav, H. B., Annapure, U.S., Deshmukh, R.R., 2021. Non-thermal technologies for food processing. Frontiers in Nutrition, 8, 657090.

Jayasena, D.D., Kang, T., Wijayasekara, K.N., Jo, C., 2023. Innovative Application of Cold Plasma Technology in Meat and Its Products. Food Science of Animal Resources, 43(6), 1087-1110.

Ji, H., Li, D., Zhang, L., Li, M., Ma, H., 2024. Effect of atmospheric pressure plasma jet on the structure and physicochemical properties of wheat starch. Frontiers in Nutrition, 11, 1386778.

Jirešová, J., Scholtz, V., Julák, J., Šerá, B., 2022. Comparison of The Effect of Plasma-Activated Water and Artificially Prepared Plasma-Activated Water on Wheat Grain Properties. Plants, 11(11), 1471.

Joye, I.J., Lagrain, B., Delcour, J.A. (2009). Use of Chemical Redox Agentsand Exogenous Enzymes to Modify The Protein Network During Breadmaking – A Review. Journal of Cereal Science, 50, 11–21.

Ju, S., Li, B., Yang, X., Wu, J., Pei, X., Zhuang, J., Patrick, J., Cullen, P. J. (2023). Plasma-Activated Water Inactivation of *Fusarium graminearum* Spores in Vitro and Wheats. LWT, 183, 114815.

Kahraman, T., Güngör, H., Öztürk, İ., Yüce, İ., Dumlupinar, Z., 2021. Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L.) Genotiplerinde Genotip ve Çevrenin Tane Verimi ve Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Etkisinin Temel Bileşen ve GGE Biplot Analizleri ile Değerlendirilmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 24(5), 992-1002.

Kalkışım, Ö., Özdemir, M., Bayram, O., 2012. Ekmek Yapım Teknolojisi, 165. Baskı. Sage yayıncılık, 100s, Ankara.

Kandemir, H., Kandemir, F., Güler, B., Gürel, A., 2021. Soğuk Plazma Teknolojisi ve Tarımdaki Çeşitli Uygulama Alanları. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 35(1), 217-245.

Kang, J.H., Roh, S.H., Min, S.C., 2019. Inactivation of Potato Polyphenol Oxidase Using Microwave Cold Plasma Treatment. Journal of Food Science, 84(5), 1122-1128.

Kaplan, B., 2020. Bazı Fırıncılık Ürünlerinde Siyez Buğday Unu Kullanımının Optimizasyonu, Ürün Kalitesi ve Raf Ömrü Nitelikleri Üzerindeki Etkilerinin Belirlenmesi. Kastamonu Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 129s, Kastamonu.

Kara, B., Acun, S., Gül, H., 2020. Effect of Grain Size on Some Flour Quality Characteristics of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Cultivars. Black Sea Journal of Agriculture, 3(4), 246-252.

Kara, E., Demir, S. 2021. Proteomic Evidence of Gluten Network Depolymerization by Sunn Pest Saliva. Food Research International, 144, 110353.

Karababa, E, Ozan, A.N., Aydın, F., 1997. Spektrofotometrik Yöntemle Buğday Dane Renginin Belirlenmesi. Gıda Dergisi (Gıda Teknolojisi Derneği Yayın Organı) 22(3), 179–185.

Karaman, K., Sağdıç, O., 2018. Fitaz Aktif Bazi Laktik Asit Bakteri ve Maya İzolatlarinin Tam Buğday Ekmeğinde Hamur Reolojisi Üzerine Etkileri. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 14, 1-9.

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.

Kaur, K., Singh, N., 2007. Effect of Acetic Acid and CMC on Rheological and Baking Properties of Flour. Journal of Food Quality, 22(3), 317-327.

Kaya, A., Akçay, S., 2021. Phenolic and antioxidant profiles of ancient wheats under minimal processing. Journal of Food Composition and Analysis, 100, 103920.

Keçeli, A., 2019. A Review on the Bioactive, Antioxidant Properties of Einkorn (*Triticum monococcum* L. ssp. *monococcum)* Populations and Using in Organic Agriculture. Turkish Journal of AgricultureFood Science and Technology, 7(12), 2111-2120.

Kendal, E., Tekdal, S., Aktaş, H., Karaman, M., 2012. Bazı Makarnalık Buğday Çeşitlerinin Diyarbakır ve Adıyaman Sulu Koşullarında Verim ve Kalite Parametreleri Yönünden Karşılaştırılması. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 26(2), 1-14.

Khalid, A, Hameed, A, Shamim S., Ahmad, J., 2022. Divergence in Single Kernel Characteristics and Grain Nutritional Profiles of Wheat Genetic Resource and Association Among Traits. Frontiers in Nutrition, 8, 805446.

Khalid, K.H., Ohm, J.B., Simsek, S., 2022. Influence of Bread-Making Method, Genotype, and Growing Location on Whole-Wheat Bread Quality in Hard Red Spring Wheat. Cereal Chemistry, 99(3), 467-481.

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. Applied Sciences, 12(16), 7997.

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, 2056.

Khoury, C.K., Brush, S., Costich, D.E., Curry, H.A., de Haan, S., Engels, J.M.M., Guarino, L., Hoban, S.,Mercer, K.L., Miller, A.J., Nabhan, G.P., Perales, H.R., Richards, C., Riggins, C., Thormann, I., 2022. Crop Genetic Erosion: Understanding and Responding to Loss of Crop Diversity. The New Phytologist, 233(1), 84–118.

Kızılaslan, Y., 2020. Siyez Unu ile Üretilen Bebe Bisküvilerinde Protein ve Karbonhidrat Sindirilebilirliğinin İncelenmesi. İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 108s, İstanbul.

Kieffer, R., Wieser, H., Henderson, M.H., Graveland, A., 1998. Correlations of The Bread-Making Performance of Wheat Flour With Rheological Measurements on a Micro-Scale. Journal of Cereal Science, 27(1), 53-60.

Kieronczyk, A., Cachon, R., Feron, G., Yvon, M., 2006. Addition of Oxidizing or Reducing Agents To The Reaction Medium Influences Amino Acid Conversion to Aroma Compounds by Lactococcus Lactis. Journal of Applied Microbiology, 101(5), 1114-1122.

Kim, H.J., Shin, H.A., Chung, W.K., Om, A.S., Jeon, A., Kang, E.K., Kang, J.S., 2023. Analyses of the Chemical Composition of Plasma-Activated Water and Its Potential Applications for Vaginal Health. Biomedicines, 11(12), 3121.

Kim, H.J., Yong, H.I., Park, S., Kim, K., Choe, W., Jo, C., 2015. Microbial Safety and Quality Attributes of Milk Following Treatment With Atmospheric Pressure Encapsulated Dielectric Barrier Discharge Plasma. Food Control, 47, 451–456.

Kim, H.S., Kim, B.Y., Baik, M.Y., 2012. Application of Ultra High Pressure (UHP) in Starch Chemistry. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 52, 123–141.

Kinaci, E., Kinaci, G., 2004. Quality and Yield Losses Due to Sunn Pest (Hemiptera: Scutelleridae) in Different Wheat Types in Turkey. Field Crops Research, 89, 187-195.

Koca, Y.O., Erekul, O., SabancI, S., Zeybek, A., Yiğit, A., 2015. Akdeniz Kuşağında Yetiştirilen Apra (*Hordeum vulgare* L.) Çeşitlerinde Verim Unsurları ve Tane Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 12(1), 9-15.

Konopka, I., Tańska, M., Konopka, S., 2015. Differences of Some Chemicals and Physical Properties of Winter Wheat Grain of Mealy and Vitreous Appearance. Cereal Research Communications, 43, 470-480.

Kopuk, B., Güneş, R., Palabiyik, I., 2022. Cold plasma modification of Food Macromolecules and Effects On Related Products. Food Chemistry, 382(11), 132356.

Korachi, M., Ozen, F., Aslan, N., Vannini, L., Guerzani, M.E., Gottardi, D., Ekinci, F.Y., 2015. Biochemical Changes to Milk Following Treatment by a Novel, Cold Atmospheric Plasma System. International Dairy Journal, 42, 64–69.

Korkut, Z., Ayhan, V., Sevim, E., 2022. Comparative Baking Performance of Einkorn and Bread Wheat Flours. International Journal of Food Science & Technology, 57(9), 5175–5186.

Kömürcü, T., 2021. Çimlendirilmiş Bazı İlkel Buğdayların Fonksiyonel Özellikleri ile Erişte ve Ekmek Üretiminde Kullanılabilirliklerinin Araştırılması. Necmettin Erbakan Üniversitesi, Doktora Tezi, 400s, Konya.

Köse, R., Uysal, E., 2023. DBD Cold Plasma Treatment of Einkorn Flour: Gluten Network Strengthening and Oxidative Side Effects. Food Hydrocolloids, 139, 108505.

Kulathunga, J., Reuhs, B.L., Zwinger, S., Simsek, S., 2021. Comparative Study on Kernel Quality and Chemical Composition of Ancient and Modern Wheat Species: Einkorn, Emmer, Spelt and Hard Red Spring Wheat. Foods, 10(4), 761

Kumar, D., Yadav, G.P., Dalbhagat, C.G., Mishra, H.N., 2022. Effects of Cold Plasma on Food Poisoning Microbes and Food Contaminants İncluding Toxins and Allergens: A Review. J Journal of Food Processing and Preservation, 46(11), e17010.

Kumar, N.S., Dar, A.H., Dash, K.K., Kaur, B., Pandey, V.K., Singh, A.S., Fayaz, U., Shams, R., Mukarram, S.A., Kovacs, B., 2024. Recent Advances in Cold Plasma Technology for Modifications of Proteins: A Comprehensive Review. Journal of Agriculture and Food Research, 16, 101177.

Kurt, M., Dizlek, H. 2022. The Effects of Two-Step Tempering Treatment on the Physical, Chemical and Technological Properties of Flour in Bread Wheats (*Triticum aestivum* L.). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 25(1), 181-190.

Kutlu, S.N., Canatan, F., Güleç, A., 2018. Plasma Activated Water for Plasma Medicine. 2018 Medical Technologies National Congress (TIPTEKNO) IEEE. 8-10 November, Magusa, Cyprus, 139–142.

Labuza, T.P., 1982. Shelf-Life Dating of Foods. Food and Nutrition Press, 500p. USA,

Lacaze, G., Wıck, M., Cappelle, S., 2007. Emerging Fermentation Technologies: Development of Novel Sourdoughs. Food Microbiology, 24, 155-160

Lacko- Bartošová, M., Rédlová, M., 2007. The significance of Spelt Wheat Cultivated in Ecological Farming in The Slovak Republic. Conference Proceedings Organic Farming, 6-7 February, Slovakia, 79–81.

Lacombe, A., Niemira, B.A., Gurtler, J.B., Sites, J., Boyd, G., Kingsley, D.H., Chen, H., 2017. Nonthermal Inactivation of Norovirus Surrogates on Blueberries Using Atmospheric Cold Plasma. Food Microbiology, 63, 1–5.

Larroque, O., Gianibelli, M.C., MacRitchie, F., 1999. Protein Composition for Pairs of Wheat Lines With Contrasting Dough Extensibility. Journal of Cereal Science, 29, 27-31.

Le Bourvellec, C., Renard, C.M.G.C., 2012. Interactions Between Polyphenols and Macromolecules: Quantification Methods and Mechanisms. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 52(3), 213-248.

Lee, H.K., Kim, H., Woo, K.S., Jo, C., Kim, J., Kim, S.H., Park, H.Y., Oh, S., Kim, W.H., 2016. Evaluation of Cold Plasma Treatments for Improved Microbial and Physicochemical Qualities of Brown Rice. LWT, 73, 442-447.

Lee, S.H., Kim, S.J., Kim, S.B., 2018. *A* Study of the Effect of Gliding arc Non-Thermal Plasma on Microbial İnactivation of Almonds Contaminated with Escherichia Coli. AIP Advances, 8(10), 105024.

Li, B.B., Cao, Z.Y., Zhang, W., Wei, S., Lv, Y.Y., Hu, Y.S., 2023. Protein Oxidation-Induced Changes in The Aggregation Behavior and Structure of Gluten. LWT - Food Science and Technology, 184, 115062.

Li, M., Peng, J., Zhu, K.X., Guo, X.N., Zhang, M., Peng, W., Zhou, H.M., 2013. Delineating the Microbial and Physical–Chemical Changes During Storage of Ozone Treated Wheat Flour. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 20, 223–229.

Liao, X., Muhammad, A. I., Chen, S., Hu, Y., Ye, X., Liu, D., Ding, T., 2019. Bacterial Spore Inactivation Induced by Cold Plasma. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 59(16), 2562-2572.

Liu, Y., Ma, R., Wang, X., Tian, Y., Wang, K., Zhang, J., Fang, J., 2024. Effect of Dielectric Barrier Discharge Cold Plasma Treatment on Quality and Microbial Safety of Hami Melon. Horticulturae, 10(7), 735.

Løje, H., Møller, B., Laustsen, A., Hansen, Å., 2003. Chemical Composition, Functional Properties and Sensory Profiling of Einkorn (*Triticum monococcum* L.). Journal of Cereal Science, 37(2), 231-240.

Lomolino, G., Morari, F., Ferro, N., Vincenzi, S., Pasini, G., 2017. Investigating the Einkorn (*Triticum monococcum)* and Common Wheat (*Triticum aestivum*) Bread Crumb Structure with X-ray Microtomography: Effects on Rheological and Sensory Properties. International Journal of Food Science and Technology, 52, 1498–1507.

Longin, C.F.H., Afzal, M., Pfannstiel, J., Bertsche, U., Melzer, T., Ruf, A., Heger, C., Pfaff, T., Schollenberger, M., Rodehutscord, M., 2023. Mineral and Phytic Acid Content as Well as Phytase Activity in Flours and Breads Made From Different Wheat Species. International Journal of Molecular Sciences, 24(3), 2770.

López, M., Calvo, T., Prieto, M., Múgica-Vidal, R., Muro-Fraguas, I., Alba-Elías, F., Alvarez-Ordóñez, A., 2019. A Review on Non-Thermal Atmospheric Plasma for Food Preservation: Mode of Action, Determinants of Effectiveness, and Applications. Frontiers in Microbiology, 10, 622.

Loponen, J., Sontag-Strohm, T., Venäläinen, J., Salovaara, H., 2007. Prolamin Hydrolysis in Wheat Sourdoughs With Differing Proteolytic Activities. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55, 978–984

Lorenz K., Meredith P., 1988. Insect Damaged Wheat: Effects on Starch Characteristics. Starch/Staerke, 40(4), 136–139.

Los, A., Ziuzina, D., Akkermans, S., Boehm, D., Cullen, P. J., Van Impe, J., Bourke, P., 2018. Improving Microbiological Safety and Quality Characteristics of Wheat and Barley by High Voltage Atmospheric Cold Plasma Closed Processing. Food Research International, 106, 509-521.

Los, A., Ziuzina, D., Boehm, D., Bourke, P., 2020. Effects of Cold Plasma on Wheat Grain Microbiome and Antimicrobial Efficacy Against Challenge Pathogens and Their Resistance. International Journal Of Food Microbiology, 335, 108889.

Lu, P., Boehm, D., Bourke, P., Cullen, P.J., 2017. Achieving Reactive Species Specificity Within Plasma-Activated Water Through Selective Generation Using Air Spark and Glow Discharges. Plasma Processes and Polymers, 14(8), 1600207.

Lukes, P., Dolezalova, E., Sisrova, I., Clupek, M., 2014. Aqueous-Phasechemistry and Bactericidal Effects From an Air Discharge Plasma İncontact With Water: Evidence for The Formation of Peroxynitritethrough a Pseudo-Second-Order Post-Discharge Reaction of H_2O_2 and HNO_2. Plasma Sources Science and Technology, 23(1), 1−15.

Ma, R., Wang, G., Tian, Y., Wang, K., Zhang, J., Fang, J., 2015. Non-Thermal Plasmaactivated Water İnactivation of Food-Borne Pathogen on Fresh Produce. Journal of Hazardous Materials, 300, 643–651.

Ma, R., Yu, S.Y., Tian, Y., Wang, K., Sun, C., Li, X., Zhang, J., Chen, K., Fang, J., 2016. Effect of Non-Thermal Plasma-Activated Water on Fruit Decay and Quality in Postharvest Chinese Bayberries. Food and Bioprocess Technology, 9, 1825-1834.

Manoharan, D., Stephen, J., Radhakrishnan, M. (2020). Study on Low-Pressure Plasma System for Continuous Decontamination of Milk and Its Quality Evaluation. Journal of Food Processing and Preservation, 45(2), e15138.

Martin, F., Cachon, R., Pernin, K., De Coninck, J., Gervais, P., Guichard, E., Cayot, N. (2011). Effect of Oxidoreduction Potential on Aroma Biosynthesis by Lactic Acid Bacteria in Nonfat Yogurt. Journal of Dairy Science, 94(2), 614-622.

Martín-Garcia, A., Riu-Aumatell, M., López-Tamames, E., 2021. Influence of Process Parameters on Sourdough Microbiota, Physical Properties and Sensory Profile. Food Reviews International, 39(1), 334–348.

Matsoukos, N.P., Morrıson, W.R., 1990. Bread Making Quality of Ten Greek Bread-Wheats and Storage Tests on Bread Made by Long Fermentation and Activated (Chemical) Dough Development Processes, and the Effects of Bug Damaged Wheat. Journal Science Food Agriculture, 53, 363-377.

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.

Meredith, P., 1970. “Bug” Damage in Wheat. New Zealand Wheat Review, 11, 49–53.

Michelmore, A., Whittle, J.D., Bradley, J.W., Short, R.D., 2016. Where Physics Meets Chemistry: Thin Film Deposition From Reactive Plasmas. Frontiers of Chemical Science and Engineering, 10(4), 441-458.

Migliorini, P., Spagnolo, S., Torri, L., Arnoulet. M., Lazzerinic, G., Ceccarelli, S., 2016. Agronomic and Quality Characteristics of Old, Modern and Mixture Wheat Varieties and Landraces for Organic Bread Chain in Diverse Environments of Northern Italy. European Journal of Agronomy, 79, 131-141.

Mirzaee, H., Gavlighi, H.A., Nikoo, M., Udenigwe, C.C., Khodaiyan, F., 2022. Relation of Amino Acid Composition, Hydrophobicity, and Molecular Weight With Antidiabetic, Antihypertensive, and Antioxidant Properties of Mixtures of Corn Gluten and Soy Protein Hydrolysates. Food Science & Nutrition, 11(3), 1257-1271.

Mirzayev, J., 2024. Enhancing Bread Quality: Effects of Small and Mechanically Damaged Starch Granules in Local Wheat Flour. New Materials, Compounds and Applications, 8(3), 390–401.

Misra, N. N., Pankaj, S. K., Segat, A., Ishikawa, K., 2016. Cold Plasma Interactions With Enzymes in Foods and Model Systems. Trends in Food Science & Technology, 55, 39-47.

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.

Misra, N.N., Kaur, S., Tiwari, B.K., Kaur, A., Singh, N., Cullen, P., 2015. Atmospheric Pressure Cold Plasma (ACP) Treatment of Wheat Flour. Food Hydrocolloids, 44, 115–121.

Misra, N.N., Yong, H.I., Phalak, R., Jo, C., 2018. Atmospheric Pressure Cold Plasma Improves Viscosifying and Emulsion Stabilizing Properties of Xhantan Gum. Food Hydrocolloids, 82, 29-33.

Mollakhalili-Meybodi, N., Yousefi, M., Nematollahi, A., Khorshidian, N., 2021. Effect of atmospheric cold plasma treatment on technological and nutrition functionality of protein in foods. European Food Research and Technology, 247(7), 1579–1594.

Mut, Z., Köse, Ö.D.E., Kardeş, Y.M., 2024. Yerel Ekmeklik Buğday Genotiplerinin Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 21(4), 988.

Mutlu, Ş., 2022. Chia Tohumuna Atmosferik Plazma Uygulamasının Farklı Metotlarla Elde Edilen Müsilajın Teknolojik Özelliklerine Olan Etkisinin İncelenmesi. Namık Kemal Üniversitesi, Doktora Tezi, 119s, Edirne.

Naneli, I., Tanrikulu, A., Başdemir, F., Sakin, M.A., 2019. The Effect of Hmw-Gs on GLU-A1, GLU-B1, GLU-D1 in Some Local Bread (*Triticum aestivum* L.) Wheat Genotypes. Applied Ecology and Environmental Research, 17(4), 10229-10238.

Nasir, M. Butt, M.S., Faqir, M.A., Sharif, K., Minhas, R., 2003. Effect of Moisture on The Shelf Life of Wheat Flour. International Journal of Agriculture Biology, 5, 458–459.

Nehra, V., Kumar, A., Dwivedi, H.K., Arya, S.K., 2008. Atmospheric Barrier Discharge Reactor for Surface Processing. International Journal of Applied Engineering Research, 3(2), 179-187.

Niemira, B.A., 2012. Cold Plasma Decontamination of Foods. Annual Review of Food Science and Technology, 3, 125-142.

Niu, M., Xiong, L., Zhang, B., Jia, C., Zhao, S., 2018. Comparative Study on Protein Polymerization in Whole-Wheat Dough Modified by Transglutaminase and Glucose Oxidase. LWT - Food Science and Technology, 90, 323–330.

Nogay, O., 2023. Siyez (*Triticum monococcum* L. ssp. *monococcum*) Buğdayının Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Doktora Tezi, 263s, Tekirdağ.

Nucia, A., Tomczynska-Mleko M., Okon, S., Kowalczyk, K., Terpiłowski, K., P´erez-Huertas, P., Nishinari, K., Nastaj, M., Mleko, S., 2021. Surface Properties of Gluten Deposited on Cold Plasma-Activated Glass. Food Hydrocolloids, 118, 106778.

Nwabor, O.F., Onyeaka, H., Miri, T., Obileke, K., Anumudu, C., Hart, A., 2022. A Cold Plasma Technology for Ensuring The Microbiological Safety and Quality of Foods. Food Engineering Reviews, 14(4), 535-554.

Olatunde, O.O., Shiekh, K.A., Benjakul, S., 2021. Pros and Cons of Cold Plasma Technology as an Alternative Non-Thermal Processing Technology in Seafood Industry. Trends in Food Science & Technology, 111, 617–627.

Olgun, M., Karaduman, Y., Tunca, Z.Ş., Akın, A., Yorgancılar, Ö., Başçiftçi, Z.B., Ayter, G., Takıl, E., 2015. Comparison of Some Quality Characteristics in Kinoa (*Chenopodium quinoa*), Buckwheat (*Fagopyrum esculentum*), Siyez Wheat (*Triticum monococcum*) and Bread Wheat (*Triticum aestivum*) by Principle Component Analysis. Biological Diversity and Conservation, 8(3), 153-158.

Ooms, N., Delcour, J.A., 2019. How to Impact Gluten Protein Network Formation During Wheat Flour Dough Making. Current Opinion in Food Science, 25, 88-97.

Örü, F., Hendek Ertop, M., 2021. Siyez ve Ekmeklik Buğday Kepeğinin Ekşi Hamur Üretiminde Kullanım Olanağının Değerlendirilmesi. Gıda, 46(2), 396-407.

Öz, S., 2022. Balıkesir İli Bandırma Yöresinde Ekilen Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L.) Çeşitlerinin Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Bursa Uludağ Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 64s, Bursa.

Özberk, F., Karagöz, A., Özberk, İ., Atli, A., 2016. Buğday Genetik Kaynaklarından Yerel ve Kültür Çeşitlerine; Türkiye'de Buğday ve Ekmek. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 25(2), 218–233.

Özboy, O., Köksel, H., 2002. An Application Of Linear Regression Technique For Predicting Bulgur Yield And Quality Of Wheat Cultivars. Die Nahrung, 46(1), 21-4.

Özdemir, M., Şengül, A. K., Bulamacı, B., Taşdemir, B., 2024. Soğuk Plazma Teknolojisinin Meyve, Sebze, Et, Tavuk ve Su Ürünlerindeki Uygulamaları. Gıda, 49(4), 656-668.

Özgören, E., Işık, F., 2023. İlkel Buğday Çeşitleri Dinkel (*Triticum spelta*), Siyez (*Triticum monococcum*) ve Kavılca (*Triticum dicoccum*)] Kullanılarak Üretilen Tulumba Tatlılarının Bazı Kalite Özellikleri. Food and Health, 9(2), 148-159.

Özkan, A., Çetin, D., 2021. Ascorbic Acid and Enzyme Systems for Improving Gas Retention in Einkorn Doughs. Foods, 10(12), 3211.

Özkan, K., Gül, H., 2024. Some Physical and Physicochemical Characteristics of Local Karakılçık Wheat Varieties Grown in Different Provinces of Türkiye. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 27(3), 674-684.

Özkaya, H, Özkaya, B., 1993. Buğday Kalitesinde Süne ve Kımılın Önemi. Un Mamulleri Dünyası, 2(3), 20.

Özkaya, H., Kahveci, B., 1990. Analyses Methods of Cereals and Cereal Products. Association of Food Technology, Ankara, Turkey.

Özkaya, H., Özkaya, B., 2005. Öğütme Teknolojisi (1. baskı). Ankara: Gıda Dergisi Yayınları. 755s.

Öztürk, F., Çolak, A., 2023. Thermal Stability and pH Profile of Sunn Pest Salivary Proteases Acting on Wheat Proteins. Enzyme and Microbial Technology, 167, 110137.

Pal, P., Kaur, P., Singh, N., Kaur, A.P., Misra, N.N., Tiwari, B.K., Cullen, P.J., Virdi, A.S., 2016. Effect of Nonthermal Plasma on Physico-Chemical, Amino Acid Composition, Pasting and Protein Characteristics of Short and Long Grain Rice Flour. Food Research International, 81, 50-57.

Pankaj, S., Bueno-Ferrer, C., Misra, N., Bourke, P., Cullen, P., 2014. Zein film: Effects of Dielectric Barrier Discharge Atmospheric Cold Plasma. Journal of Applied Polymer Science, 131.

Pankaj, S.K., Wan, Z., Keener, K.M., 2018. Effects of Cold Plasma on Food Quality: A Review. Foods, 7(1), 4.

Patrignani, M., Conforti, P.A., Lupano, C.E., 2014. The Role of Lipid Oxidation on Biscuit Texture During Storage. International Journal of Food Science and Technology, 49(8), 1925-1931.

Pegu, K., Arya, S., 2023. Non-Thermal Processing of Milk: Principles, Mechanisms and Effect on Milk Components. Journal of Agriculture and Food Research, 14, 100-730.

Perez-Andres, J. M., Alvarez, C., Cullen, P.J., Tiwari, K., 2019. Effect of Cold Plasma on The Techno-Functional Properties of Animal Protein Food Ingredients. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 58, 102205.

Perveen, S., Akhtar, S., Ismail, T., Qamar, M.D., Sattar Saeed, W., Younis, M., Esatbeyoglu, T., 2024. Comparison of Nutritional, Antioxidant, Physicochemical, and Rheological Characteristics of Whole and Sprouted Wheat Flour. LWT, 209, 116679.

Pivovarov, A., Mykolenko, S., Hez, Y., Shcherbakov, S., 2018. Plasma-Chemically Activated Water Influence on Staling and Safety of Sprouted Bread. Food Science and Technology International, 12(2), 100–107.

Pivovarov, O.A., Mykolenko, S.Y., 2021. Wheat Bread Quality Improvement With Using Plasmachemically Activated Water. Science, Technologies, Innovations, 3(19), 53–61.

Pohl, P., Dzimitrowicz, A., Cyganowski, P., Jamróz, P., 2022. Do We Need Cold Plasma Treated Fruit and Vegetable Juices? A Case Study of Positive and Negative Changes Occurred in These Daily Beverages. Food Chemistry, 375, 31831.

Potluri, S., Sangeetha, K., Santhosh, R., Nivas, G., Mahendran, R., 2018. Effect of Low-Pressure Plasma on Bamboo Rice and Its Flour. Journal of Food Processing and Preservation, 42(12), e13846.

Qian, J.L., Yan, W., Hong, Z., Huang, M., Zhang, J., Wang, J., 2021. Inactivation kinetics and cell envelope damages of foodborne pathogens Listeria monocytogenes and Salmonella Enteritidis treated with cold plasma. Food microbiology, 101, 103891.

Qiu, Y., Chen, X., Zhang, J., Ding, Y., Lyu, F., 2022. Effects of Tempering With Plasma Activated Water on The Degradation of Deoxynivalenol and Quality Properties of Wheat. Food Research International, 162, 112070.

Quinton, L.A., Kennedy, J.F., 2002. American Association of Cereal Chemists Approved Methods, CD-ROM-American Association of Cereal Chemists, 2000, ISBN: 1-891127-13-6, US $579. Carbohydrate Polymers, 4(49), 515.

Rajalakshmi, S., Dineshraj, G., Brindha Priyadharshini, R., Divya Brindha, R., 2020. Automatic Wheat Grain Grading System Using Physical and Chemical Characteristics. In Advances in Smart System Technologies: Select Proceedings of ICFSST 2019 (pp. 359-374). Singapore: Springer Singapore.

Ramos, J., Oliveira, F., Silva, C., 2021. Pulsed Light Treatment of Cereal Grains: Enzyme Inactivation and Quality Outcomes. Food Research International, 140, 110079.

Ransdell-Green, E. C., Baranowska-Kortylewicz, J., Wang, D., 2025. Advances in Fluorescence Techniques for the Detection of Hydroxyl Radicals near DNA and Within Organelles and Membranes. Antioxidants, 14(1), 79.

Rasiah, I.A., Sutton, K.H, Low, F.L, Lin, H.M., Gerrard, J.A., 2005. Cross-linking of wheat dough protein by glucose oxidase and resulting effects on bread and croissants. Food Chemistry, 89(3), 325-332.

Rathore, V., Patel, S., Pandey, A., Savjani, J., Butani, S., Dave, H., Nema, S.K., 2023. Methotrexate degradation in artificial wastewater using non-thermal pencil plasma jet. Environmental Science and Pollution Research, 1-10.

Raviteja, T., Dayam, S.K., Yashwanth, J., 2019. A Study on Cold Plasma for Food Preservation. Journal of Scientific Research and Reports, 23(4), 1-14.

Rezaei, F., Gorbanev, Y., Chys, M., Nikiforov, A., Van Hulle, S.W., Cos, P., Bogaerts, A., De Geyter, N., 2018. Investigation of Plasmainduced Chemistry in Organic Solutions for Enhanced Electrospun PLA Nanofibers. Plasma Processes and Polymers, 15(6), 1700226.

Rezvankhah, A., Yarmand, M.S., Ghanbarzadeh, B., 2022. The Effects of Combined Enzymatic and Physical Modifications of Lentil Protein Applying Alcalase, Flavourzyme, Microbial Transglutaminase, and Ultrasound: Antioxidant, Antihypertension, and Antidiabetic Activities. Journal of Food Measurement and Characterization, 16(5), 3743-3759.

Rombouts, I., Lagrain, B., Brijs, K., Delcour, J.A., 2012. Cross-Linking of Wheat Gluten Proteins During Production of Hard Pretzels. Amino Acids, 42(6), 2429-2438.

Rosell, C.M., Aja, S., Sadowska, J., 2002. Amylase Activities in insect (Aelia and Eurygaster) Damaged Wheat. Journal of the Science of Food and Agriculture, 82(9), 977-982.

Rostamabadi, H., Nowacka, M., Colussi, R., Feksa, S., Demirkesen, İ., Mert, B., Singha, P., Singh, S.K., Falsafi, S.R., 2023. Impact of Emerging Non-Thermal Processing Treatments on Major Food Macromolecules: Starch, Protein, and Lipid. Trends in Food Science & Technology, 141, 104208.

Rotondo, P.R., Aceto, D., Ambrico, M., Stellacci, A.M., Faretra, F., Angelini, R.M.D.M., Ambrico, P.F., 2025. Physicochemical Properties of Plasma-Activated Water and Associated Antimicrobial Activity Against Fungi and Bacteria. Scientific Reports, 15(1), 5536.

Roumia, H., Kókai, Z., Mihály-Langó, B., Csobod, É.C., Benedek, C., 2023. Ancient Wheats—A Nutritional and Sensory Analysis Review. Foods, 12(12), 2411

Safdar, M., Naseem, K., Amjad, M., Mumtaz, A., Raza, S., 2009. Physicochemical Quality Assessment of Wheat Grown in Different Regions of Punjab. Pakistan Journal of Agricultural Research, 22, 18-23.

Sandhu, H., Manthey, F., Şimşek, S., 2011. Quality of Bread Made From Ozonated Wheat (*Triticum Aestivum L.*) Flour. Journal of The Science of Food And Agriculture, 91(9), 1576-84.

Sarangapani, C., Keogh, D. R., Dunne, J., Bourke, P., Cullen, P.J., 2017. Characterisation of Cold Plasma Treated Beef and Dairy Lipids Using Spectroscopic and Chromatographic Methods. Food Chemistry, 235, 324–333.

Sarangapani, C., Thirumdas, R., Devi, Y., Trimukhe, A., Rajendra R. Deshmukh, R.R. Annapure, U.S., 2016. Effect of Low-Pressure Plasma on Physicochemical and Functional Properties of Parboiled Rice Flour. LWT - Food Science and Technology 69, 482- 489.

Saremnezhad, S., Soltani, M., Faraji, A., Hayaloglu, A., 2021. Chemical Changes of Food Constituents During Cold Plasma Processing: A Review. Food Research International, 147, 110552.

Sarkar, A., Niranjan, T., Patel, G., Kheto, A., Tiwari, B.K., Dwivedi, M., 2023. Impact of Cold Plasma Treatment on Nutritional, Antinutritional, Functional, Thermal, Rheological, and Structural Properties of Pearl Millet Flour. Journal of Food Process Engineering, 46(5), e14317.

Sarkar, S., Bera, M., De, S., 2020. Microwave-Assisted Stabilization of Wheat Grain Quality: Enzyme Inactivation and Flour Functionality. Food Chemistry, 318, 126510.

Sazak, F., 2022. Yerel Emmer Buğdayının (Gacer) Kompozisyonunun ve Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. Hacettepe Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 95s, Ankara.

Scheuer, P.M., Luccio, M.D., Zibetti, A.W., de Miranda, M.Z., de Francisco, A., 2016. Relationship Between Instrumental and Sensory Texture Profile of Bread Loaves Made with Whole-Wheat Flour and Fat Replacer. Journal of Texture Studies, 47(1), 14-23.

Schuler, S. F., Bacon, R. K., & Gbur, E. E. (1994). Kernel and spike character influence on test weight of soft red winter wheat. Crop Science, 34(5), 1309-1313.

Schuler, S.F.R.K., Bacon, Gbur, E.E., 1994, Kernel and Spike Character Influnce on Test Weigh of Soft Red Winter Wheat. Crop Science, 34(5), 1309-1313.

Sera, B., Spatenka, P., Šerý, M., Vrchotova, N., & Hruskova, I. (2010). Influence of Plasma Treatment on Wheat and Oat Germination and Early Growth. IEEE Transactions on Plasma Science, 38(10), 2963-2968.

Sevim, İ., Erekul, O., 2020. Farklı Buğday Genotiplerinde Kalite Parametrelerinin İncelenmesi Üzerine Bir Araştırma. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. https://doi.org/10.25308/aduziraat.741840

Shah, U., Rivero, W.C., Wang, Q., Zheng, H., Salvi, D., 2024. Exploration of Plasma-Activated Water (PAW) as a Cleaning-in-Place (CIP) Solution for Fouling Removal and Microbial Reduction. Journal of Food Process Engineering, 47(7), e14669.

Shanker, M.A., Rana, S.S., 2025. Prospects of Cold Plasma in Enhancing Food Phenolics: Analyzing Nutritional Potential and Process Optimization Through RSM and AI Techniques. Frontiers in Nutrition, 11, 1504958.

Shen, J., Tian, Y., Li, Y., Ma, R., Zhang, Q., Zhang, J., 2016. Bactericidal Effects Against S. Aureus and Physicochemical Properties of Plasma Activated Water Stored at Different Temperatures. Scientific Reports, 6(1), 28505.

Shen, R., Zhen, T., Li, Z., 2023. Segmentation of unsound wheat kernels based on improved mask RCNN. Sensors, 23(7), 3379.

Shi, M., Wang, F., Ji, X., Yan, Y., Liu, Y., 2022. Effects of Plasma-Activated Water and Heat Moisture Treatment on The Properties of Wheat Flour and Dough. International Journal of Food Science and Technology, 57(4), 1988-1994.

Shokraie, M., Salehifar, M., Afshinpajouh, R., 2018. Rheological and Quality Characteristics of Pasta Produced From Sunn Pest Damaged Wheat Flour and Ascorbic Acid. Journal of Agricultural Science andTechnology, 20(5), 953–963.

Siddiqi, R., Singh, T., Rani, M., Sogi, D., Bhat, M., 2020. Diversity in Grain, Flour, Amino Acid Composition, Protein Profiling, and Proportion of Total Flour Proteins of Different Wheat Cultivars of North India. Frontiers in Nutrition, 7, 141.

Sivachandiran, L., Khacef, A., 2017. Enhanced Seed Germination and Plant Growth by Atmospheric Pressure Cold Air Plasma: Combined Effect of Seed and Water Treatment. RSC Advances, 7(4), 1822-1832.

Sivri, D., 1998. Süne (*Eurygaster* spp.) Proteolitik Enzimlerinin İzolasyonu, Karakterizasyonu, Saflaştırılması ve Gluten Proteinleri Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. Hacettepe Üniversitesi, Doktora Tezi, 121s, Ankara.

Sivri, D., Köksel, H., 1996. The Possibility of Using Gamma-Irradiation and Microwave Treatments for Inactivation of Wheat Bug Enzymes. Proceedings

of the Second International Conference on Food Physics, May 21-23, Budapest, 60-61.

Škrobot, D., Dapčević-Hadnađev, T., Tomić, J., Maravić, N., Popović, N., Jovanov, P., Hadnađev, M., 2022. Techno-Functional Performance of Emmer, Spelt and Khorasan in Spontaneously Fermented Sourdough Bread. Foods, 11, 3927.

Skujins, S., 1998. Handbook for ICP-AES (varian-vista). A Short Guide to Vista Series ICPAES Operation. Varian Intermediate AG, Zug, Version, 1(0).

Slinkard, K., Singleton, V.L., 1977. Total Phenol Analyses: Automation and Comparison With Manual Methods. American Journal of Enology and Viticulture, 28(1), 49-55.

SPSS, 2019. IBM SPSS Statistics 26.0 for Windows. SPSS Inc., Chicago, USA.

Sruthi, N.U., Josna, K., Pandiselvam, R., Kothakota, A., Gavahian, M., Khaneghah, A.M., 2022. Impacts of Cold Plasma Treatment on Physicochemical, Functional, Bioactive, Textural, and Sensory Attributes of Food: A Comprehensive Review. Food Chemistry, 368, 130809.

Starek-Wójcicka, A., Różyło, R., Niedźwiedź, I., Kwiatkowski, M., Terebun, P., Polak-Berecka, M., Pawłat, J., 2022. Pilot Study on The Use of Cold Atmospheric Plasma for Preservation of Bread. Scientific Reports, 12(1), 22003.

Stauffer, C.E. (2007). Principles of Dough Formation. Cauvain, S.P., Young, L.S. (Ed.), Technology of Breadmaking (299-332). Boston, MA: Springer US.

Sun, S., Anderson, N.M., Keller, S., 2014. Atmospheric Pressure Plasma Treatment of Black Peppercorns Inoculated With Salmonella and Held Under Controlled Storage. Journal of Food Science, 79(12), 2441-2446.

Suo, T., Guo, X.N., Zhu, K.X., 2022. Effects of Tempering With Plasma-Activated Water on Total Plate Count and Quality Properties of Wheat Flour. Journal of Cereal Science, 105, 103468.

Surowsky, B., Schluter, O., Knorr, D., 2015. Interactions of Nonthermal Atmospheric Pressure Plasma with Solid and Liquid Food Systems: A Review. Food Engineering Reviews, 7(2), 82–108.

Sutar, S.A., Thirumdas, R., Chaudhari, B.B., Deshmukh, R.R., Annapure, U.S., 2021. Effect Of Cold Plasma on Insect Infestation and Keeping Quality of Stored Wheat Flour. Journal of Stored Products Research, 92, 101774.

Swallow, W.H., Every, D., 1991. Insect Enzyme Damage to Wheat. Cereal Foods World, 36(6), 505-508.

Şahin, B., 2022. Siyez (*Triticum Monococcum*) ve Buğday (*Triticum Aestivum*) Unu İçerikli Kastamonu Yaş Tarhanasıyla Tarhana Çöreği ve Tarhana Çerezi Geliştirilmesi: Raf Ömrü ve Kalite Parametrelerinin İncelenmesi. Kastamonu Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 100s, Kastamonu.

Şahin, M., Akçacık, A., Aydoğan, S., 2011. Bazı Ekmeklik Buğday Genotiplerinin Tane Verimi ile Kalite Özellikleri Arasındaki İlişkiler ve Stabilite Yetenekleri. Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi, 21(2), 39-48.

Şahin, M., Göçmen, A., Aydoğan, S., 2004. Buğday ve Arpa Islahında Kullanılan Kalite Kriterleri (Derleme). BDUTAE Bitkisel Araştırma Dergisi, 1, 54-60.

Şanal, T., 2017. Bazı Yerel Buğday Çeşitlerinin Kalite Parametreleri. Türkiye Tohumcular Birliği Dergisi, 24, 27-31.

Şener, O., Kılınç, M., Yağbasanlar, T., Gözübenli, H., Karadavut, U., 1997. Hatay Koşullarında Bazı Ekmeklik (*Triticum aestivum* L. Em Thell) ve Makarnalık Buğday (*Triticum durum Desf*) Çeşit ve Hatlarının Saptanması. Türkiye II. Tarla Bitkileri Kongresi, 22–25 Eylül, Samsun, 1-5.

Takac, V., Tóth, V., Rakszegi, M., Mikić, S., Mirosavljević, M., Kondić-Špika, A., 2021. Differences in Processing Quality Traits, Protein Content and Composition Between Spelt and Bread Wheat Genotypes Grown Under Conventional and Organic Production. Foods, 10(1), 156.

Taş Gürsoy, İ., 2021. Slow Food Justice and Tourism: Tracing Karakılçık Bread in Seferihisar, Turkey. Journal of Sustainable Tourism, 29(2-3), 467-487.

Tavakoli Lahijani, A., Shahidi, F., Habibian, M., Koocheki, A., Shokrollahi Yancheshmeh, B., 2022. Effect of Atmospheric Nonthermal Plasma on Physicochemical, Morphology and Functional Properties of Sunn Pest (*Eurygaster integriceps*) Damaged Wheat Flour. Food Science and Nutrition, 10(8), 2631-2645.

Tavakoli Lahijani, S.A., Shahidi, F., Habibian, M., Koocheki, A., 2022.. Evaluation of The Effect of Non-Thermal Plasma on The Physicochemical, Technological and Functional Properties of Wheat Flour. Iranian Food Science & Technology Research Journal, 18(2), 330-342.

Taylor, J.R.N., Awika, J.M., 2017. Gluten-Free Ancient Grains Cereals, Pseudocereals, and Legumes: Sustainable, Nutritious, and Health Promoting Foods for the 21st Century. Woodhead Publishing Series in Food Science. 356s, United Kingdom.

Thirumdas, R, Saragapani, C, Ajinkya, M.T., Deshmukh, R.R., Annapure, U.S., 2016. Influence of Low Pressure Cold Plasma on Cooking and Textural Properties of Brown Rice. Innovative Food Science and Emerging Technology, 37, 53–60.

Thirumdas, R., Trimukhe, A., Deshmukh, R.R., Annapure, U.S., 2017. Functional and Rheological Properties of Cold Plasma Treated Rice Starch. Carbohydrate Polymers, 157, 1723–1731.

Thonglor, P., Amnuaycheewa, P., 2017. Inactivation of Bread Molds on Agar by Atmospheric Pressure Plasma Jet. Applied Mechanics and Materials, 866, 92-96.

Tian, Y., Ma, R., Zhang, Q., Feng, H., Liang, Y., Zhang, J., 2015. Assessment of The Physicochemical Properties and Biological Effects of Water Activated By Non-Thermal Plasma Above and Beneath The Water Surface. Plasma Processes and Polymers, 12(5), 439–449.

Tolouie, H., Mohammadifar, M.A., Ghomi, H., Hashemi, M., 2021. Argon and Nitrogen Cold Plasma Effects on Wheat Germ Lipolytic Enzymes: Comparison to Thermal Treatment. Food Chemistry, 346, 128974.

Tomic, J., Dapcevic-Hadnadev, T., Skrobot, D., Maravic, N., Popovic, N., Stevanovic, D., Hadnađev, M., 2023. Spontaneously Fermented Ancient Wheat Sourdoughs in Breadmaking: Impact of Flour Quality on Sourdough and Bread Physico-Chemical Properties. Food Science and Technology, 175, 114482.

Torrieri, E.A., Pepe, O., Ventorino, V., Masi, P., Cavella, S., 2014. Effect of Sourdough at Different Concentrations on Quality and Shelf Life of Bread. LWT - Food Science and Technology, 56(2), 508-516.

TS 2974, 2018. Buğday. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Turhal, K., Turhal, Ü.Ç., 2014. Yapay Sinir Ağları ile Süne Zararlısının Buğday Danesi Üzerindeki Etkilerinin Belirlenmesi. Trakya University Journal of Natural Sciences, 15(1), 25-30.

Türk, S., 2013. Göller Bölgesinde Bulunan Un Fabrikaları Tarafından Kullanılan Yerel ve İthal Ekmeklik Buğdayların Fiziksel, Kimyasal ve Teknolojik Özellikleri ile Ekmek Kalitelerinin Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 102s, Isparta.

Uçar, D., Demirel, A., Yaman, M., 2023. Pilot-Scale Continuous DBD Treatment of Einkorn–Emmer Blends: Microbial and Enzymatic Inactivation With Quality Outcomes. Food Bioprocess Technology, 16, 2143–2158.

Ulutürk Ş., GÜL Hülya., 2023. Bitkisel Ürünlerin Gıdalarda Kullanımı (Bölüm Adı: Termal Olmayan Teknolojilerden Soğuk Plazma ve Yüksek Hidrostatik Basıncın Gıda ve Tahıl Sektöründe Kullanımı. Livre de Lyon.

Ulutürk, S., Gül, H., 2025. Impact of Atmospheric Pressure Cold Plasma on The Physicochemical, Rheological, Chemical Functional Groups Via FTIR Spectroscopy and Antioxidant Characteristics of Sunn Pest (Eurygaster integriceps)-Damaged Wheat Flour. Journal of Cereal Science, 123, 104132.

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. 2022. World Population Prospects 2022: Summary of Results. New York: United Nations.

Ünal, G., 2009. Some Physical and Nutritional Properties of Hulled Wheat. Journal of Agricultural Sciences, 15(01), 58-64.

Ünal, S., 2002. Importance of Wheat Quality and Methods in Wheat Quality Determination. Hububat Ürünleri Teknolojisi Kongre ve Sergisi, 3-4 Ekim 2002, Gaziantep, 25-37.

Üner, U., Akgün, İ., 2012. Farklı Azot Dozları ve Çeşitlerin Makarnalık Buğdayda (Triticum durum Desf.) Verim ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri. Tarım Bilimleri Dergisi, 18(4), 273-282.

Valko, M., Leibfritz, D., Moncola, J., 2007. Free Radicals and Antioxidants in Normal Physiological Functions and Human Disease. International Journal of Biochemistry and Cell Biology, 39, 4-84.

Valsalan, A., Swaminathan, I., Kadam, A., Koksel, F., Malalgoda, M., 2025. Enhancing the breadmaking quality of ancient grains through synergistic emulsifier treatment and extrusion processing. Journal of Food Science, 90(4), e70206

Vlad, I.E., Anghel, S.D., 2017. Time Stability of Water Activated by Different On-Liquid Atmospheric Pressure Plasmas. Journal of Electrostatics, 87, 284-292.

Volante, A., Yilmaz, V.A., Hidalgo, A., Brandolini, A., 2020. Morpho-physiological and Qualitative Variation of Domesticated Einkorn (*Triticum monococcum* L. ssp. *monococcum*). Genetic Resources and Crop Evolution, 67(6), 1493-1502.

Wang, H., Han, R., Yuan, M., Li, Y., Yu, Z., Cullen, P.J., Wang, J., 2023. Evaluation of Plasma-Activated Water: Efficacy, Stability, Physicochemical Properties, and Mechanism of Inactivation Against *Escherichia coli*. Food Chemistry, 420, 136060.

Wang, S., Liu, Y., Zhang, Y., Lü, X., Zhao, L., Song, Y., 2022. Processing Sheep Milk By Cold Plasma Technology: Impacts on The Microbial Inactivation, Physicochemical Characteristics, and Protein Structure. *LWT*, 153, 112573.

Wartel, M., Faubert, F., Dirlau, I.D., Rudz, S., Pellerin, N., Astanei, D., Pellerin, S., 2021. Analysis of Plasma Activated Water by Gliding Arc at Atmospheric Pressure: Effect of The Chemical Composition of Water on The Activation. Journal of Applied Physics, 129(23), 233301.

Wehrle, K., Grau, H., Arendt, E.K., 1997. Effects of Lactic Acid, Acetic Acid and Table Salt on Fundamental Rheological Properties of Wheat Dough. Cereal Chemistry, 74, 739-744.

Won, M.Y., Lee, S.J., Min, S.C., 2017. Mandarin Preservation By Microwave-Powered Cold Plasma Treatment. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 39, 25-32.

Wu, S., Zhang, Q., Ma, R., Yu, S., Wang, K., Zhang, J., Fang, J., 2017. Reactive Radical-Driven Bacterial Inactivation By Hydrogen-Peroxide-Enhanced Plasma-Activated-Water. The European Physical Journal Special Topics, 226(13), 2887-2899.

Wu, X., Wu, X., Zhang, X., Zhang, Q., Zhang, B., Zhang, J., Yan, X., 2025. Low Digestibility Characteristics Of White Kidney Bean Protein Hydrolysate-Corn Starch Complex: Structural And Functional Transformations İnduced By Heat-Moisture Treatment. International Journal Of Biological Macromolecules, 141051.

Yalçın, S., Maden, B., 2020. Türkiye'de Hasat Edilen Bazı Buğday Çeşitlerinin Protein Özelliklerinin Karşılaştırılması. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 20 (3), 441-447. https://doi.org/10.35414/akufemubid.606621

Yalın, S.B., 2016. Antalya İlinde Farklı Lokasyonlarda Yetiştirilen Kışlık Ekmeklik Buğday Bitkilerinin Besin Elementi Konsantrasyonları ile Bazı Kalite Unsurları Arasındaki İlişkilerin Araştırılması. Akdeniz Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 85s, Antalya.

Yan, Y., Xue, X., Jin, X., Niu, B., Chen, Z., Ji, X., He, Y., 2022. Effect of Annealing Using Plasma-Activated Water on The Structure and Properties of Wheat Flour. Frontiers in Nutrition, 9, 951588.

Yangıç, Ç., Karagözlü, N., 2017. Soğuk Atmosferik Plazma Teknolojisi ve Gıdalarda Kullanımı. ADÜ Ziraat Dergisi, 14(2), 81-86.

Yao, Q., Xu, H., Zhuang, J., Cui, D., Ma, R., Jiao, Z., 2023. Inhibition of Fungal Growth and Aflatoxin B1 Synthesis in Aspergillus flavus by Plasma-Activated Water. Foods, 12(13), 2490.

Yazıcı, G.N., Gül, H., Özer, M.S., 2021. Uzakdoğu Erişteleri (nudıllar) Üretim Teknolojisi. Kösel, H. (Ed.), Hububat Teknolojisi. Sidas Medya LTD.Şti, 712s, İzmir, Türkiye.

Yıldırım, İ., Aydın, A., Kalkan, H., 2021. Rheology of Emmer Wheat Doughs and Implications for Pasta Making. Journal of Texture Studies, 52(6), 757–769.

Yıldız, D., Çoban, H., Acar, R., 2022. Serine proteases from Eurygaster spp. target wheat storage proteins: Implications for flour functionality. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 70(41), 12985–12996.

Yılmaz, A., Murat, A.Y., 2021. Diyabetikler İçin Geliştirilen Farklı Pataşu Hamurlarının Duyusal Özelliklerinin Belirlenmesi. Sanat ve Tasarım Dergisi, 1(1), 21-42.

Yılmaz, M.S., Meral, R., 2019. Ekmeklik Un Kalite Parametreleri Arasındaki İlişkiler. ADYUTAYAM Dergisi, 1(1), 33-45.

Yipeng, L., Wenbing, L., Kaixuan, H., Wentao, T., Ling, Z., Shizhuang, W., Linsheng, H., 2022. Determination of Wheat Kernels Damaged by Fusarium Head Blight Using Monochromatic İmages of Effective Wavelengths From Hyperspectral Imaging Coupled With an Architecture Self-Search Deep Network. Food Control, 135, 108819.

Yong, H. I., Kim, H. J., Park, S., Kim, K., Choe, W., Yoo, S. J., Jo, C., 2015. Pathogen İnactivation And Quality Changes İn Sliced Cheddar Cheese Treated Using Flexible Thinlayer Dielectric Barrier Discharge Plasma. Food Research International. 69, 57–63.

Yüksel, Ç.Y., Karagözlü, N., 2017. Soğuk Atmosferik Plazma Teknolojisi ve Gıdalarda Kullanımı. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 14(2), 81-86.

Zambelli, R.A., Galvão, A.M.M.T., de Mendonça, L.G., de Souza Leão, M.V., Carneiro, S.V., Lima, A.C.S., Melo, C.A.L., 2018. Effect of Different Levels of Acetic, Citric and Lactic Acid in The Cassava Starch Modification on Physical, Rheological, Thermal and Microstructural Properties. Food Science and Technology Research, 24(4), 747-754.

Zeleny, L., 1947. A Simple Sedimentation Test for Estimating the Bread-Baking and Gluten Qualities of Wheat Flour. Cereal Chemistry, 24, 465-475.

Zengin, G., 2015. Bazı İlkel Buğdaylarda Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Selçuk Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, 89s, Konya.

Zhang, H., Oh, D., Chen, M., Gao, J., Sun, Q., Xia, Q., Wang, Z., Han, Z., Liu, S., Wei, S., 2024. Study on The Detection of Active Components in Plasma-Activated Water and Its Storage Stability. CyTA-Journal of Food, 22(1), 2386417.

Zhang, K., Camila, A., Milosavljević, V., Cullen, P.J., Sun, D., Tiwari, K., 2019. Diagnostics of Plasma Reactive Species and Induced Chemistry of Plasma Treated Foods. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 59(5), 812–825.

Zhang, Q., Yang, W., Zhang, S., Tang, J., Shi, X., Qin, S., Xiao, H., 2023. Enhancing The Applicability of Gelatin-Carboxymethyl Cellulose Films by Cold Plasma Modification for The Preservation of Fruits. LWT, 178, 114612.

Zhang, T., He, L., Zhang, M., Jiang, H., 2024. Physicochemical Characterization and Sensory Enhancement of Cold Plasma Treated Black Whole Wheat Four. Scientific Reports, 24, 24366.

Zhang, X L., Zhong, C.S., Mujumdar, A.S., Yang, X.H., Deng, L.Z., Wang, J., Xiao, H.W., 2019. Cold Plasma Pretreatment Enhances Drying Kinetics and Quality Attributes of Chili Pepper (*Capsicum annuum* L.). Journal of Food Engineering, 241, 51–57.

Zhao, W., Zhao, X., Luo, B., Bai, W., Kang, K., Hou, P., Zhang, H., 2023. Identification of Wheat Seed Endosperm Texture Using Hyperspectral Imaging Combined With An Ensemble Learning Model. Journal of Food Composition and Analysis, 121, 105398.

Zhou, Y., Yan, Y., Shi, M., Liu, Y., 2019. Effect of An Atmospheric Pressure Plasma Jet on The Structure and Physicochemical Properties of Waxy and Normal Maize Starch. *Polymers*, 11(1), 8.

Zhou, Y.H., Vidyarthi, S. K., Zhong, C.S., Zheng, Z.A., An, Y., Wang, J., Xiao, H.W., 2020. Cold Plasma Enhances Drying and Color, Rehydration Ratio and Polyphenols of Wolfberry Via Microstructure and Ultrastructure Alteration. LWT, 134, 110173.

Zhu, F., 2017. Plasma Modification of Starch. Food Chemistry, 232, 476–486.

Zhu, F., Li, H., 2019. Effect of High Hydrostatic Pressure on Physicochemical Properties of Quinoa Flour. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie, 114, 108367.

Zhu, F., Li, H., 2023. Effect of High Hydrostatic Pressure on Physicochemical Properties of Quinoa Flour. LWT - Food Science and Technology, 114, 10836.

Zhu, Z., Bassey, A.P., Huang, T., Zhang, Y., Khan, I.A., Huang, M., 2022. The Formation, Germination, and Cold Plasma Inactivation of Bacterial Spore. Food Chemistry Advances, 1, 100056.

Zielijski Loje, H., Moller, B., Laustsen, A.M., Hansen, A., 2003. Chemical Composition, Functional Properties and Sensory Profiling of Einkorn (*Triticum monococcum* L.). Journal of Cereal Science, 37, 231-240.

Zou, F., Tan, C., Shinali, T. S., Zhang, B., Zhang, L., Han, Z., Wu, W., Shang, N., 2024. New Strategy for Improving Postharvest Quality of Cherry Tomatoes: Synergy of Plasma-Activated Water and Welsh Onion Leaf Protein Extracts. Food Control, 156, 110100.