T.C.
NECMETTİN ERBAKAN
ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇİMLENDİRİLMİŞ BAZI İLKEL BUĞDAYLARIN FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ İLE ERİŞTE VE EKMEK ÜRETİMİNDE KULLANILABİLİRLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Tekmile CANKURTARAN KÖMÜRCÜ

DOKTORA TEZİ

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Aralık-2021
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Tekmile CANKURTARAN KÖMÜRCÜ

Tarih:22/12/2021

ÖZET

DOKTORA TEZİ

ÇİMLENDİRİLMİŞ BAZI İLKEL BUĞDAYLARIN FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ İLE ERİŞTE VE EKMEK ÜRETİMİNDE KULLANILABİLİRLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Tekmile CANKURTARAN KÖMÜRCÜ

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Nermin BİLGİÇLİ

2021, 387 Sayfa

Jüri
Prof. Dr. Nermin BİLGİÇLİ
Prof. Dr. Selman TÜRKER
Doç. Dr. Nilgün ERTAŞ
Doç. Dr. Sultan ARSLAN TONTUL
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KOYUNCU

Bu çalışmanın ilk aşamasında, modern (Esperia) ve ilkel (einkorn ve emmer) buğdaylar 1-7 gün (17 ºC, %80 rutubet) süreyle çimlendirilerek, çimlenmenin bu buğdayların besinsel ve fonksiyonel özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu aşamada besinsel-fonksiyonel özelliklerle birlikte, ürüne işleme özellikleri açısından en uygun bulunan çimlenme süresi belirlenmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında, "işlem görmemiş buğdaylardan elde edilen unlar", "birinci aşamada belirlenen optimum sürede çimlendirilmiş buğdaylardan elde edilen unlar" ve "çimlendirildikten sonra nemli-ısıl işlem uygulanmış (ÇSNIU) unlar" 4 farklı (%0, 15, 30, 45 ve 60) oranda (3x3x5)x2 faktöriyel deneme desenine göre erişte üretiminde kullanılmıştır. Çalışmanın üçüncü aşamasında, işlem görmemiş ve optimum sürede çimlendirilmiş Esperia, einkorn ve emmer buğday unları 4 farklı (%0, 5, 10, 15 ve 20) oranda (3x2x5)x2 faktöriyel deneme desenine göre ekmek üretiminde kullanılmıştır. Deneme desenlerine uygun olarak üretilen erişte ve ekmek örneklerinin çeşitli fiziksel, kimyasal ve duyusal özellikleri belirlenmiştir.

Artan çimlenme süresi ile buğday örneklerinin; kül, protein, toplam fenolik madde (TFM), toplam sarı pigment (TSP) miktarları ve 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl radikalinin inhibisyon kuvveti (DPPH), ferrik iyonlarını indirgeme kuvveti (FRAP) ve bakır iyonlarını indirgeme kuvveti (CUPRAC) değerlerinde artış, yağ, toplam besinsel lif (TBL) ve fitik asit miktarlarında azalma meydana gelmiştir. Ürüne işleme potansiyeli de dikkate alınarak çimlenmenin üçüncü günü, en uygun çimlenme süresi olarak belirlenmiştir.

Erişte örneklerinin üretiminde ilkel buğday unlarının kullanımı, pişirme suyuna geçen madde miktarını artırmış, sıkılık değerini azaltmıştır. Çimlenmiş buğday unu kullanımı ile yüksek suya geçen madde miktarı ve düşük sıkılık değerleri belirlenirken; ÇSNIU unların kullanımı bu özellikleri olumlu yönde geliştirmiştir. Erişte formülasyonunda einkorn ve emmer buğday unlarının kullanımı ile erişte örneklerinin kül, protein, fitik asit, TSP, TFM, Ca, Fe, Mg, P ve Zn miktarları, DPPH, FRAP ve CUPRAC antioksidan aktivite değerleri artmıştır. Bu artış çimlenmiş buğday unu kullanımı ile daha yüksek değerlere ulaşmıştır. Artan oranda Esperia, einkorn ve emmer buğday unlarının kullanımı ile erişte örneklerinin ölçülen kimyasal özelliklerinin tamamına yakını artış göstermiştir.

Einkorn buğday unu ilaveli ekmeklik un paçalları, en düşük gluten indeks ve Zeleny sedimantasyon değerleri elde edilen paçallar olurken, çimlenmiş buğday unu kullanımı yaş gluten, gluten indeks, Zeleny sedimantasyon ve düşme sayısı değerlerinin azalmasına neden olmuştur. Ekmek formülasyonunda ilkel buğdayların kullanımı, modern ekmeklik buğday unu kullanımına göre daha düşük

hacim ve spesifik hacim verirken, çimlenme işlemi ekmek hacmini artırarak spesifik hacmi yüksek ekmekler elde edilmesini sağlamıştır. Ekmek üretiminde emmer buğday unu kullanımı ile protein, yağ, TFM, DPPH, FRAP ve CUPRAC antioksidan aktivite değerlerindeki artış diğer buğday unlarına göre daha yüksek oranda gerçekleşmiştir. Ekmek formülasyonunda çimlenmiş Esperia, einkorn ve emmer buğday unlarının %15-20 oranlarında kullanımı duyusal kaliteyi olumsuz etkilemiştir.

Anahtar Kelimeler: Çimlendirme, einkorn, ekmek, emmer, erişte, nemli-ısıl işlem

ABSTRACT

Ph.D THESIS

INVESTIGATION OF THE FUNCTIONAL PROPERTIES OF SOME GERMINATED ANCIENT WHEAT AND THEIR USE IN NOODLE AND BREAD PRODUCTION

Tekmile CANKURTARAN KÖMÜRCÜ

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY
IN FOOD ENGINEERING

Advisor: Prof. Nermin BİLGİÇLİ

2021, 387 Pages

Jury
Prof. Nermin BİLGİÇLİ
Prof. Selman TÜRKER
Assoc. Prof. Nilgün ERTAŞ
Assoc. Prof. Sultan ARSLAN TONTUL
Assist. Prof. Mehmet KOYUNCU

In the first stage of this study, modern (Esperia) and ancient (einkorn and emmer) wheat were germinated for 1-7 days (17°C, 80% humidity) and the effect of germination on nutritional and functional properties of the wheat samples was investigated. At this stage, the appropriate germination time was determined in terms of nutritional-functional properties as well as processing properties into the product. In the second stage of the study, "flour obtained from untreated wheat", "flour obtained from wheat which germinated in the optimum period determined in the first stage" and "moist-heat treated flour after germination (MHTAG)" at 4 different (0, 15, 30, 45 and 60%) ratios were used in noodle production according to the (3x3x5)x2 factorial experimental design. In the third stage of the study, untreated and optimally germinated Esperia, einkorn and emmer wheat flours at 4 different (0, 5, 10, 15 and 20%) ratios were used in bread production according to (3x2x5)x2 factorial design. Various physical, chemical and sensory properties of noodle and bread samples produced in accordance with the experimental designs were determined.

Increasing germination time of wheat, increased the ash, protein, total phenolic content (TPC), total yellow pigment (TYP) amounts and inhibition power of 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl radical (DPPH), ferric ions reducing power (FRAP) and copper ion reducing power (CUPRAC) values, on the other hand decreased fat, total dietary fiber (TDF) and phytic acid content of the wheat samples. The third day of germination was determined as the most suitable germination time, taking into account the potential for processing into the product.

The use of ancient wheat flours in the production of noodle samples increased the cooking loss and decreased the firmness value. High cooking loss and low firmness values were determined with the use of germinated wheat flour, but the use of MHTAG flours improved these properties positively. The ash, protein, phytic acid, TYP, TPC, Ca, Fe, Mg, P and Zn amounts, DPPH, FRAP and CUPRAC antioxidant activity values of the noodle samples increased with the use of einkorn and emmer wheat flours in the noodle formulation. This increase reached higher values with the use of germinated wheat flour. Increasing usage ratios of Esperia, einkorn and emmer wheat flours increased all of the measured chemical properties of the noodle samples.

While flour blends prepared with the addition of einkorn wheat flour have the lowest gluten index and Zeleny sedimentation values, the addition of germinated wheat flour caused a decrease in wet gluten, gluten index, Zeleny sedimentation and falling number values. The use of ancient wheat flour in the formulation of bread gave lower volume and specific volume compared to the use of modern bread wheat flour, while the germination process increased the volume of bread, resulting in breads with high specific volume. The increase in protein, fat, TPC, DPPH, FRAP and CUPRAC antioxidant activity values with the use of emmer wheat flour in bread was higher than other wheat flours. The use of germinated Esperia, einkorn and emmer wheat flours at 15-20% ratio in the bread formulation adversely affected the sensory quality.

Keywords: Bread, germination, einkorn, emmer, moist-heat treatment, noodle.

ÖNSÖZ

Bu çalışmada, geçmişten günümüze gelen einkorn ve emmer buğdaylarının tanınırlığını artırmak ve kullanılabilirliğini yaygınlaştırmak hedeflenmiş, elde edilen sonuçlar işlem görmemiş ve çimlenmiş einkorn ve emmer buğdaylarının belirli orana kadar gıda formülasyonlarında başarılı bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir.

Öncelikle bu tezin oluşmasında büyük emeği olan, bilgi ve tecrübeleriyle yoluma ışık tutan, özverisi ve sabrı ile her zaman yanımda hissettiğim, danışmanım olmasından onur duyduğum ve mesleki hayatım boyunca örnek alacağım değerli danışmanım, Prof. Dr. Nermin BİLGİÇLİ'ye şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmalarım süresince yardımlarını esirgemeyen Tez İzleme Komitesi üyeleri değerli hocalarım Prof. Dr. Selman TÜRKER ve Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KOYUNCU'ya çok teşekkür ederim.

Bugüne kadar eğitimime katkısı olan başta Necmettin Erbakan Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda bulunan öğretim üyesi hocalarıma, tez çalışmamda fabrikasının imkanlarını kullandığım arkadaşım Asuman ÇEVİK'e, laboratuvar çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım Mine ASLAN ve Ümmügülsüm KARA'ya çok teşekkür ederim.

Hayatım boyunca desteklerini hissettiren, anlayışlarını, sabırlarını eksik etmeyen ve çocuklarının hayatta başarılı olması için gece gündüz emek harcayan annem Sevgi CANKURTARAN ve babam Sadettin CANKURTARAN'a ve her daim anlayışıyla, sevgisiyle, varlığıyla ve yardımlarıyla bu zorlu süreçte en büyük destekçim sevgili eşim Erman KÖMÜRCÜ'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tekmile CANKURTARAN KÖMÜRCÜ
KONYA-2021

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER ..... **ix**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **xiii**

1. GİRİŞ **1**

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **5**

2.1. İlkel Buğdaylar 5
2.1.1. Einkorn buğdayı 8
2.1.2. Emmer buğdayı 16
2.1.4. Einkorn ve emmer unu katkılı tahıl ürünleri üzerine yapılan çalışmalar 24
2.2. Tahılların Çimlendirilmesi 28
2.3. Tahıllara Nemli-Isıl İşlem Uygulaması 36

3. MATERYAL VE YÖNTEM **39**

3.1. Materyal 39
3.2. Yöntem 39
3.2.1. Deneme deseni 39
3.2.2. Buğday analizleri 40
3.2.2.1. Buğdaylarda fiziksel analizler 40
3.2.2.1.1. Renk analizi 40
3.2.2.1.2. Bin tane ağırlığı 40
3.2.2.1.3. Hektolitre ağırlığı 40
3.2.2.1.4. Tane sertliği 41
3.2.2.1.5. Kavuzlu buğdaylarda kavuzsuz randıman analizi 41
3.2.2.1.6. Uzunluk, genişlik ve kalınlık 41
3.2.2.1.7. Tane iriliği 41
3.2.2.2. Buğdayların tam unlarında gerçekleştirilen fizikokimyasal analizler 42
3.2.2.2.1. Yaş gluten ve gluten indeks 42
3.2.2.2.2. Zeleny sedimentasyon 42
3.2.2.3. Düşme sayısı 42
3.2.2.4. Buğday unlarının hamurlarında gerçekleştirilen reolojik analizler 42
3.2.2.4.1. Farinograf analizleri 42
3.2.2.4.2. Ekstensograf analizleri 43
3.2.3. Buğdayların çimlendirilmesi 43
3.2.4. Buğday unlarının hazırlanması 44
3.2.5. Çimlendirilmiş buğday analizleri 44
3.2.5.1. Çimlenme oranı 44
3.2.5.2. Çim uzunluğu 44
3.2.5.3. Kuru madde kaybı 45
3.2.6. Çimlendirilmiş buğdaylardan elde edilen tam un örneklerinde yapılan analizler 45
3.2.6.1. Renk analizi 45
3.2.6.2. Kimyasal analizler 45
3.2.6.2.1. Kül 45
3.2.6.2.2. Protein 45

3.2.6.2.3. Yağ 46
3.2.6.2.4. Toplam besinsel lif 46
3.2.6.2.5. Fitik asit 46
3.2.6.2.6. Toplam sarı pigment 47
3.2.6.2.7. Toplam fenolik madde 47
3.2.6.2.8. Antioksidan aktivite analizleri 48
3.2.6.2.9. Mineral madde analizleri 49
3.2.7. Erişte üretimi 49
3.2.8. Erişte analizleri 49
3.2.8.1. Renk analizi 49
3.2.8.2. Erişte örneklerinde pişme ve sıkılık analizleri 51
3.2.8.2.1. Optimum pişme süresi 51
3.2.8.2.2. Ağırlık ve hacim artışı 51
3.2.8.2.3. Suya geçen madde miktarı 51
3.2.8.2.4. Sıkılık 52
3.2.8.3. Kimyasal analizler 52
3.2.8.4. Duyusal analizler 52
3.2.9. Ekmek üretiminde kullanılacak un paçalı analizleri 52
3.2.9.1. Renk analizi 52
3.2.9.2. Fizikokimyasal analizler 53
3.2.9.3. Düşme sayısı 53
3.2.10. Ekmek üretimi 53
3.2.11. Ekmek analizleri 53
3.2.11.1. Renk analizi 53
3.2.11.2. Ağırlık, hacim ve spesifik hacim 54
3.2.11.3. Tekstür profil analizi 54
3.2.11.4. Kimyasal analizler 55
3.2.11.5. Duyusal analizler 55
3.2.12. İstatistiki analizler 55

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA 56

4.1. Buğday Analiz Sonuçları 56
4.2. Çimlendirilmiş Buğday ve Bu Buğdaylardan Elde Edilen Unlara Ait Analiz Sonuçları 69
4.2.1. Çimlendirilmiş buğday örneklerine ait analiz sonuçları 70
4.2.1.1. Çimlenme oranı 70
4.2.1.2. Çim uzunluğu 70
4.2.1.3. Kuru madde kaybı 71
4.2.2. Çimlendirilmiş buğdaylardan elde edilen tam unlara ait renk değerleri 72
4.2.2.1. *L** (parlaklık) değeri 72
4.2.2.2. *a** (kırmızılık) değeri 75
4.2.2.3. *b** (sarılık) değeri 76
4.2.2.4. Hue ve SI değerleri 78
4.2.3. Çimlendirilmiş buğdaylardan elde edilen tam unlara ait kimyasal analiz sonuçları 81
4.2.3.1. Kül 81
4.2.3.2. Protein 84
4.2.3.3. Yağ 86
4.2.3.4. Toplam besinsel lif 88

4.2.3.5. Fitik asit 89
4.2.3.6. Toplam sarı pigment 93
4.2.3.7. Toplam fenolik madde 97
4.2.3.8. Antioksidan aktivite 100
4.2.3.8.1. DPPH 101
4.2.3.8.2. FRAP 102
4.2.3.3.3. CUPRAC 103
4.2.3.9. Mineral madde analiz sonuçları 107
4.3. Hammadde Olarak Kullanılan Tam ve Rafine Buğday Unlarına Ait Analiz Sonuçları 117
4.3.1. Renk değerleri 117
4.3.2. Kimyasal analiz sonuçları 119
4.4. Erişte Analiz Sonuçları 127
4.4.1. Erişte örneklerine ait renk değerleri 127
4.4.1.1. *L** değeri 127
4.4.1.2. *a** değeri 132
4.4.1.3. *b** değeri 133
4.4.1.4. Hue ve SI değerleri 136
4.4.2. Erişte örneklerine ait pişme testi ve sıkılık değeri sonuçları 141
4.4.2.1. Optimum pişme süresi 141
4.4.2.2. Ağırlık artışı 146
4.4.2.3. Hacim artışı 149
4.4.2.4. Suya geçen madde miktarı 152
4.4.2.5. Sıkılık 155
4.4.3. Erişte örneklerine ait kimyasal analiz sonuçları 157
4.4.3.1. Nem 157
4.4.3.2. Kül 161
4.4.3.3. Protein 162
4.4.3.4. Yağ 164
4.4.3.5. Toplam besinsel lif 165
4.4.3.6. Fitik asit 167
4.4.3.7. Toplam sarı pigment 173
4.4.3.8. Toplam fenolik madde 176
4.4.3.9. Antioksidan aktivite 179
4.4.3.9.1. DPPH 179
4.4.3.9.2. FRAP 182
4.4.3.9.3. CUPRAC 185
4.4.3.10. Mineral madde analiz sonuçları 188
4.4.4. Erişte örneklerine ait duyusal analiz sonuçları 200
4.5. İşlem Görmemiş ve Çimlendirilmiş Buğday Unları ile Hazırlanan Un Paçalı Analizleri 204
4.5.1. Un paçallarının renk değerleri 205
4.5.1.1. *L** değeri 205
4.5.1.2. *a** değeri 208
4.5.1.3. *b** değeri 211
4.5.1.4. SI ve Hue değerleri 213
4.5.2. Un paçallarının fizikokimyasal analiz sonuçları ve düşme sayıları 215
4.5.2.1. Yaş gluten 215
4.5.2.2. Gluten indeks 219
4.5.2.3. Zeleny sedimantasyon 221

4.5.2.4. Düşme sayısı 223
4.6. Ekmek Örneklerine Ait Analiz Sonuçları 225
4.6.1. Ekmek kabuğu ve ekmek içi renk değerlerine ait sonuçlar 225
4.6.1.1. Kabuk *L** değeri 226
4.6.1.2. Kabuk *a** değeri 230
4.6.1.3. Kabuk *b** değeri 233
4.6.1.4. Kabuk SI ve Hue değeri 234
4.6.1.5. Ekmek içi *L** değeri 235
4.6.1.6. Ekmek içi *a** değeri 241
4.6.1.7. Ekmek içi *b** değeri 243
4.6.1.8. Ekmek içi SI ve Hue değeri 246
4.6.2. Ekmeklerin ağırlık, hacim ve spesifik hacim değerlerine ait sonuçlar 250
4.6.3. Ekmeklerin tekstür değerlerine ait sonuçlar 260
4.6.4. Ekmek örneklerine ait kimyasal analiz sonuçları 295
4.6.4.1. Nem 295
4.6.4.2. Kül 298
4.6.4.3. Protein 299
4.6.4.4. Yağ 301
4.6.4.5. Toplam besinsel lif 302
4.6.4.6. Fitik asit 303
4.6.4.7. Toplam sarı pigment 306
4.6.4.8. Toplam fenolik madde 307
4.6.4.9. Antioksidan aktivite 309
4.6.4.9.1. DPPH 309
4.6.4.9.2. FRAP 310
4.6.4.9.3. CUPRAC 311
4.6.4.10. Ekmek örneklerine ait mineral madde analiz sonuçları 313
4.6.5. Ekmek örneklerine ait duyusal analiz sonuçları 320

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 326

5.1. Sonuçlar 326
5.2. Öneriler 333

KAYNAKLAR 335

EKLER 381

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

*a** : (+) kırmızı, (-) yeşil renk değeri
*b** : (+) sarı, (-) mavi renk değeri
BU : Brabender Unit
Ca : Kalsiyum
cm : Santimetre
cm^2 : Santimetre kare
dk : Dakika
F : Force (kuvvet)
Fe : Demir
g : Gram
hL : Hektolitre
Hue: Renk özü
K : Potasyum
kg : Kilogram
*L** : (0) siyah-(100) beyaz
M : Molar
m^2 : Metrekare
mg : Miligram
Mg : Magnezyum
ml : Mililitre
mm : Milimetre
mmol : milimol
N : Newton
nm : Nanometre
P : Fosfor
rpm : Devir sayısı/Dakika
sn : Saniye
Zn : Çinko
α : Alfa
µ : Mikron
µM :MikroMolar
µg : Mikrogram
µmol : Mikromol
Hue : Renk özü
SI : Doygunluk indeksi
TE : Troloks eşdeğeri
Fe^{+2} equiv : Fe (II) eşdeğeri

Kısaltmalar

CUPRAC : Bakır iyonlarını indirgeme kuvveti
ÇSNIU : Çimlendikten sonra nemli-ısıl işlem uygulanmış
DPPH : 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl radikalinin inhibisyonu
F : İstatistik hesaplamalarda F değeri
FRAP : Ferrik iyonlarını indirgeme kuvveti
GAE : Gallik asit eşdeğeri
İGTBU : işlem görmemiş tam buğday unu
KO : Kareler ortalaması
KT : Kareler toplamı
LE :Lutein eşdeğerliği
SGMM : Suya geçen madde miktarı
SPSS : Statistical Package for the Social Sciences
Std : Standart sapma
TBL : Toplam besinsel lif
TBUİO: Tam buğday unu ilave oranı
TFM : Toplam fenolik madde
TPA : Tekstür profil analizi
TSP : Toplam sarı pigment

1. GİRİŞ

Buğday, üretim potansiyeli ve teknolojik değeri nedeniyle küresel ekonomide benzersiz rol oynayan bir tahıldır (Figueroa ve ark., 2018). Dünyada yetiştirilen başlıca buğday türü, yıllık 700 milyon ton buğdayın yaklaşık %95'ini oluşturan, genellikle "yaygın" veya "ekmeklik" buğday olarak adlandırılan ve bir hekzaploid tür (genomlar AABBDD) olan *Triticum aestivum*'dur. Genellikle makarnalık buğday olarak bilinen bir tetraploid tür olan *Triticum turgidum* var. durum'da yıllık yaklaşık 35-40 milyon ton yetiştirilmektedir. Ekmeklik ve makarnalık buğday üretiminden geriye kalan alanlarda yetiştirilen ilkel buğday türleri ise tarihte büyük oranlarda ekilmiş, ancak bugün çoğunlukla organik olarak Türkiye, Fas, Kafkaslar, Mısır ve bazı Avrupa ülkelerinin dağlık arazilerinde yetiştirilen (Watanabe, 2017), diploid buğday *Tr. monococcum* (einkorn) (2n = 2x = 14, AA), tetraploid *Tr. dicoccum* ssp. dicoccum (emmer) (2n = 4x = 28, AABB) ve ekmeklik buğday ile aynı türe ait olduğu düşünülen hexaploid spelt (Tr. aestivum var. *spelta* genomes AABBDD) buğdayıdır.

İlkel buğdaylar, insanlık tarafından en erken kültüre alınmış buğday olup, mevcut buğdayların atalarıdır. "Kavuzlu buğdaylar" olarak da bilinen ilkel buğdaylarda; kavuz taneyi sıkıca sarmış olup, hasat ve harman sırasında buğday tanesini korumaktadır. Tarım işleme tekniklerinin gelişmesi, beslenme şekli, ekonomik değişiklikler ile yüksek verimli ve kolay harmanlanabilir ekmeklik ve makarnalık buğdayın kullanılmaya başlanması nedeniyle 1960'larda ilkel buğdayların üretimi büyük ölçüde azalmıştır. Son yıllarda, insanların doğal ve organik ürünlere artan ilgisi, (i) sağlık üzerine olumlu etkileri, (ii) yüksek dirençli nişasta içerikleri, (iii) soğuk iklimlerde bile düşük girdi teknikleri kullanarak verimi düşük topraklarda yetişme yetenekleri ve (iv) buğday ıslahı için potansiyel bir gen kaynağı olmaları ilkel buğdayların yeniden keşfedilmesini sağlamıştır.

İlkel buğdaylar yüksek protein sindirilebilirliği ile dikkat çekerken, vitamin, mineral ve biyoaktif bileşenler açısından da zengindir (Hidalgo ve ark., 2009; Suchowilska ve ark., 2012; Ziegler ve ark., 2015). Sinir sisteminin düzgün çalışması için gerekli olan değerli amino asitleri (fenilalanin, tirozin ve izolösin gibi) içerirler. Ayrıca daha kolay asimile edilen gluten formlarını (Vincentini ve ark., 2007; Vincentini ve ark., 2009; Giacintucci ve ark., 2014) ve çölyak hastalığı olan kişiler tarafından sindirilmeyen gliadinlerin, düşük toksisiteli formlarını bulundururlar (Biel ve ark., 2021).

Buğday, birçok gıda ürününün hazırlamasına imkân vererek dünya nüfusunun %40'ının beslenmesinde rol alan önemli bir tahıl ürünüdür. Proteinler, vitaminler, mineral maddeler ve diyet lifi açısından iyi bir besin kaynağı olma avantajına sahiptir (Chavan ve Kadam, 1989). Bununla birlikte, tahılların besin kalitesi süt ve süt ürünlerine kıyasla bazen daha düşük veya zayıftır (Kaur ve Gill, 2020). Bunun arkasındaki nedenler, düşük protein içeriği, bazı esansiyel amino asitlerin (lisin) eksikliği ve antibesinsel faktörlerin (fitik asit, tanenler ve polifenoller) varlığıdır. Tahılların besinsel niteliklerini iyileştirmek amacıyla çimlenme, pişirme ve fermantasyon gibi bir dizi gıda işleme tekniği kullanılmaktadır (Blandino ve ark., 2003).

Çimlenme, amilaz ve proteazlar gibi enzimlerin aktive edildiği, nişasta ve proteinin serbest amino asitler, peptitler ve basit şekerlere parçalanmasıyla sonuçlanan ve böylece besin kalitesini iyileştiren ekonomik ve etkili bir biyo-işleme tekniğidir (Jayasena ve James, 2013; Baranzelli ve ark., 2018; Chavarín-Martínez ve ark., 2019; Kaur ve Gill, 2020). Hidrolitik enzimlerin etkisiyle çimlenme sırasında nişasta ve proteinin parçalanması, besinlerin sindirilebilirliğini ve biyoyararlanımını iyileştirmektedir (Sharma ve ark., 2019a; Singh ve ark., 2021). Çimlenme sırasında meydana gelen biyokimyasal faaliyetler, C vitamini, tokoferoller, flavonoidler, tokotrienoller, γ-aminobütirik asit ve fenolik bileşikler gibi çeşitli ikincil metabolitlerin biyosentez ve birikimi ile sonuçlanır (Ceccaroni ve ark., 2020). Çimlenme aynı zamanda fitik asit gibi anti-besinsel faktörleri de azaltmakta, böylece buğdayın biyoyararlanımını arttırmaktadır (Azeke ve ark., 2011). Çimlendirilmiş tahıllar, lipidlerin oksidatif hasarının önlenmesi, trombosit agregasyonunun inhibisyonu, koroner kalp hastalığı ve kolon kanseri riskinin azaltılması gibi oksidatif stresin neden olduğu hastalıklar üzerindeki koruyucu etkileriyle bağlantılı, sağlık üzerine yararlı etkilere ve serbest radikal temizleme yeteneklerine sahiptir. Çimlendirilmiş buğday, taze filizlenmiş tahıl olarak ve ayrıca kahvaltılık ürünler, salatalar, çorbalar, güveçler, makarnalar ve unlu mamuller dahil olmak üzere farklı gıdalarda kullanım için teşvik edilmektedir (Dhillon ve ark., 2020).

Nemli-ısıl işlem, tahıllar ve nişastanın doğal yapılarını ve ardından fiziksel özelliklerini değiştirmek için kullanılan hidrotermal işlemlerden biridir. Nemli-ısıl işlem, nişastanın düşük nem seviyesinde (<%35) 15 dakika ila 16 saat süreyle 84 - 120 °C arasında değişebilen sıcaklıklarda uygulanan tipik bir fiziksel işlemdir (Hoover, 2010; da Rosa Zavareze ve Dias, 2011; Pratiwi ve ark., 2018). Uygulanan bu işlem esnasında nisaştanın moleküler ağırlığı, sarmal yapısı, kristalliği ve granül yapısı gibi

yapısal özellikleri değiştiğinden, nişastanın sindirim ve jelatinizasyon özelliklerinin etkilendiği bildirilmiştir (Wang ve ark., 2016; Tan ve ark., 2017; Wang ve ark., 2017). Nişastanın fizikokimyasal özelliklerini iyileştirmek için nemli-ısıl işlem üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar arasında çimlenme sırasında artan enzim aktivitesi nedeniyle makrobesin bileşenlerinin parçalanması sonucu son üründe oluşan istenmeyen yapısal özelliklerinin iyileştirilmesi üzerine yapılan araştırmalarda bulunmaktadır (Chung ve ark., 2009). Hidrotermal uygulamalar ekonomik açıdan girdilerinin az olması ve çevre dostu olmaları nedeniyle tercih edilmektedir. Ayrıca, yüksek ürün güvenliği ve düşük atık üretimi gibi avantajlarından dolayı nişasta modifikasyonları için yaygın olarak kullanılmaktadır (da Rosa Zavareze ve Dias, 2011).

Erişte, temel olarak pişirme kolaylığı ve uygun maliyeti nedeniyle dünya çapında en popüler yiyeceklerden biridir. Erişte endüstrisinde, her yıl 80'den fazla ülkede tüketilen çeşitli erişte türlerinden 95.4 milyar porsiyon tüketime sunulmaktadır. Erişte tipik olarak rafine buğday unu, su ve tuzdan oluştuğundan besin değeri düşük bir ürün olarak değerlendirilmektedir. Son yıllarda sağlıklı, fonksiyonel, besleyici ve katma değerli gıda ürünlerine olan ilgi ve talep giderek artmaktadır. Birçok araştırmacı, eriştenin besinsel ve fonksiyonel özelliklerini artırmak ve erişte kalitesi üzerine etkilerini incelemek amacıyla; yulaf kepeği (Aydin ve Gocmen, 2011), yeşil deniz yosunu (Chang ve Wu, 2008), kahverengi pirinç unu (Kim ve ark., 2015), β-glukan (Heo ve ark., 2014), karabuğday unu (Bilgiçli, 2009; Choy ve ark., 2013) ve çimlenmiş maş fasulyesi (Yaver ve Bilgiçli, 2020) gibi ilaveler ile erişte üretmiştir.

Ekmek, formülasyonu dünyanın birçok yerinde değişiklik gösteren en temel gıda maddesi olup aynı zamanda en çok tüketilen unlu mamuldür. Besleyici ve doyurucu olması, ucuz olması ve kolay temin edilebilmesi gibi etkenler, ekmeğin özellikle gelişmekte olan ülkelerde karbonhidrat ve protein kaynağı olarak insan beslenmesinde çok önemli bir yere sahip olmasına neden olmuştur. Un, ekmek yapımının en önemli ve temel malzemesidir. Genel olarak ekmek, buğday ununda hazırlanmaktadır. Son yıllarda tüketicilerin sağlıklı beslenme konusunda bilinçlenmesi, ekmek sanayiinde de çeşitliliğin hızlı bir büyüme trendine girmesine yol açmıştır. Günümüzde tüketiciler besin değeri düşük ekmek çeşitleri yerine doğal ve katkısız, besin değeri yüksek ürünleri tüketmeye özen göstermektedir. Buğday ekmeğinin besin profilini iyileştirmek amacıyla modern ve ilkel buğdaylar ile bunların çimlendirilmiş formlarından elde edilen tam unlar potansiyel ingredientler arasında yer almaktadır.

Bu tez çalışmasının birinci aşamasında, einkorn ve emmer ilkel buğdayları ile birlikte modern ekmeklik buğday çeşidi olan Esperia buğdayı çimlendirilerek; biyoaktif bileşenler açısından zengin, besinsel ve teknolojik olarak optimum kalitenin elde edileceği çimlenme süresinin fiziksel ve kimyasal analizler ile belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında, "işlem görmemiş buğdaylardan elde edilen tam unlar", "optimum sürede çimlendirilen buğdaylardan elde edilen tam unlar" ve "çimlenmiş buğday unlarının erişte kalitesi üzerine olumsuz etkilerini en aza indirmek için nemli-ısıl işlem uygulanmış tam unlar" dört farklı oranda (%0, 15, 30, 45 ve 60) erişte üretiminde kullanılmıştır. Çalışmanın son aşamasında işlem görmemiş ve çimlenmiş buğdaylardan elde edilen tam unlar yine dört farklı oranda (%0, 5, 10, 15 ve 20) ekmek üretiminde kullanılmıştır. Elde edilen erişte ve ekmek örneklerinin fiziksel, kimyasal ve duyusal özellikleri araştırılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. İlkel Buğdaylar

Buğday, dünya nüfusunun gıda ihtiyacının karşılanması açısından büyük öneme sahip tahılların başında gelmektedir (Atar, 2017). Günümüzde ılıman iklimlerden Avrupa'nın kuzeyine, güney Amerika'dan tropik ülkelere kadar çok geniş bir coğrafyada buğday tarımı yapılmaktadır (Özberk ve ark., 2016). 2020 yılında 762.7 milyon ton olan toplam küresel üretim ile buğday, tahıllar içinde mısırın arkasından, ikinci sırada yer almaktadır (FAO, 2020). Buğday, Türkiye'de en fazla ekilen tahıl olup, 2019 yılında dünya buğday üretiminin %2'sine karşılık gelen 19 milyon ton buğday üretimi ile ülkemiz dünyada onuncu sırada yer almıştır (TMO, 2019).

Buğday, ekonomik öneminin yanı sıra sosyal, kültürel ve tarihi değeri olan, aynı zamanda toplumsal kültürlerin oluşmasına ve gelişmesine katkı sağlayan bir tahıldır. Bunun yanında bereketin simgesi olup, yere düşürülmemesi ve israf edilmemesi gereken kutsal bir değer olarak kabul edilmektedir (Öztürk ve ark., 2016).

İnsanoğlu geçmişten günümüze buğday ve ürünlerinden birçok alanda faydalanmaktadır. Tanesi; un, bulgur, makarna ve nişasta yapımında, bitki sapları ise kâğıt, karton sanayi ve hayvan beslenmesinde kullanılmaktadır. Dünya nüfusunun beslenmesinde büyük önem arz eden buğday, günlük beslenmede harcanan kalorinin yarısından fazlasını ayrıca proteinin de yaklaşık yarısını sağlayarak dünya nüfusunun üçte birini beslemektedir (Yiğit, 2015).

Buğdayın doğadan toplanmasına dair ilk veriler MÖ 17.000 yılına kadar uzanmaktadır (Tanno ve Willcox, 2006; Atar, 2017). Arkeolojik çalışmalar, buğdayın ilk kez ortaya çıktığı ve dünyaya yayıldığı yerin, Türkiye'nin güneydoğusunuda kapsayan "Verimli Hilal" bölgesi olduğunu göstermektedir (Şekil 2.1). Yaklaşık 10 bin yıl önce Diyarbakır-Karacadağ'da kültüre alındığı tahmin edilen buğdayın Anadolu'da 23 yabani ve 400'den fazla kültüre alınmış türü bulunmaktadır (Özberk ve ark., 2016). Türkiye, kültürü yapılan buğday türleri ve bu türlerin ebeveynleri durumunda olan yabani türlerin gen ve çeşitlilik merkezidir. Bu türler buğdayın çeşitli koşullara uyumu, yayılması ve evrimi yanında modern çeşitlerin geliştirilmesiyle sonuçlanan genetik ilerlemenin de ana kaynağıdır (Özberk ve ark., 2016). Vavilov'un (1987) araştırmalarında belirlediği 8 gen merkezinden ikisi Türkiye'de bulunmaktadır.



Şekil 2.1. Buğdayın ilk kez ortaya çıktığı "Verimli hilal" bölgesi

Modern buğdayı oluşturan ve birinci gen havuzunda bulunan tüm akrabalar Türkiye'de bulunmaktadır. Yabani ve kültürü yapılan buğday Aegilops ve Triticum olmak üzere iki cinste ve üç farklı ploidi (diploid, tetraploid ve hekzaploid) düzeyinde toplanmıştır. Türkiye'de doğal bitki örtüsü içinde yer alan Aegilops türleri Çizelge 2.1'de, Triticum türleri Çizelge 2.2'de verilmektedir (Cabi, 2010; Güner ve ark., 2012; Özberk ve ark., 2016).

Çizelge 2.1. Türkiye'de bulunan Aegilops türleri

Ploidi düzeyi	Tür	Türkçe adı
Diploid (2x = 14)	*Ae. caudata* L.	Karaot
	Ae. *comosa* Sm., Sibth.& Sm. subsp. *comosa*	Uzunkılçık
	Ae. *comosa* Sm., Sibth.& Sm. subsp. *heldreichii*	Ergene kılçığı
	Ae. *speltoides* Tausch. var. *ligustica*	Ak buğdayanası
	Ae. *speltoides* Tausch. var. *speltoides*	Ak buğdayanası
	Ae. *tauschii* Coss.	Tespih buğdayı
	Ae. *umbellulata* Zhuk.	Hanım buğdayı
	Ae. uniaristata Vis.	Tekkılçık
Tetraploid (4x = 28)	*Ae. biuncialis* Vis.	Ikikılçık
	Ae. columnaris Zhuk.	Kıl buğday
	Ae. cylindrica Host.	Kirpikli ot
	Ae. geniculata Roth.	Konbaş
	Ae. kotschyi Boiss.	Asi buğday
	Ae. neglecta Reg. Ex Bertol	Tüylü buğday
	Ae. peregrina (Hack.) Marie & Weiller	Kum buğdayı
	Ae. triuncialis L. subsp. *triuncialis*	Üçkılçık
	Ae. triuncialis L. subsp. *persica*	Acem kılçığı
Hekzaploid (6x = 42)	*Ae. crassa* Boiss.	Kalın buğday
	Ae. juvenalis (Thell.) Eig.	Kaba buğday
	Ae. neglecta Reg. ex Bertol	Tüylü buğday
	Ae. vavilovii (Zhuk.) Chennav	Zarif buğday

Kaynak: Cabi, 2010; Güner ve ark., 2012; Özberk ve ark., 2016.

Çizelge 2.2. Türkiye'de bulunan Triticum türleri

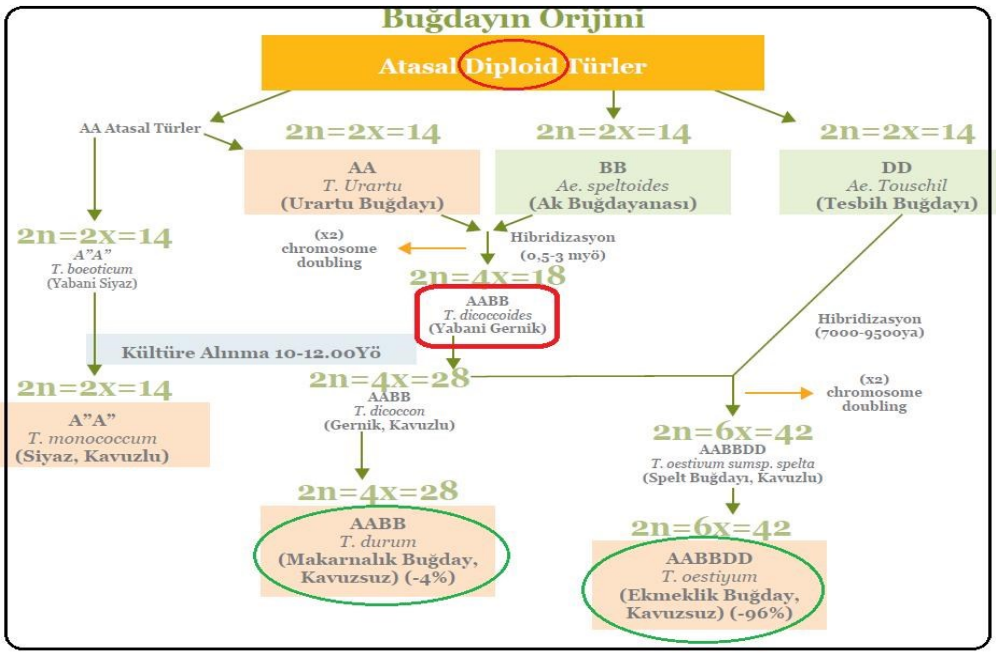
Ploidi düzeyi	Tür	Türkçe adı
Diploid (2x = 14)	*T. boeoticum* Bois.	Yabani siyez
	T. monococcum L.	Siyez
	T. urartu Thumanjn ex Gandilyan	Urartu buğdayı
Tetraploid (4x = 28)	*T. carthlicum* Nevski	Acem buğdayı
	T. dicoccoides (Körn. ex Ausch & Graebn.)	Yabani gernik
	T. dicoccon (Shrank) Schübl	Gernik
	T. durum Desf.	Makarnalık buğday
	T. polonicum L.	Polonya buğdayı
	T. timopheevii (Zhuk.) Zhuk. var. *araraticum*	Rus buğdayı
	T. turgidum L.	Şişik buğdayı
Hekzaploid (6x = 42)	*T. aestivum* L.	Ekmeklik buğday

Kaynak: Cabi, 2010; Güner ve ark., 2012; Özberk ve ark., 2016.

Türkiye'ye 20. yüzyıl ortalarında Meksika'dan getirilen Norin 10/ Brevor ile yerel çeşitlerin melezinden türetilen yarı-cüce çeşitler (Penjamo-62, Pitic-62, Lerma Rojo-64, Süper-X) buğday üretimini önemli ölçüde geliştirmiş ve "Yeşil Devrim" olarak adlandırılan bu dönemle birlikte yerel buğday çeşitlerinin ekim alanları azalmaya başlamış, hatta bazı yörelerde tamamen terk edilmiştir (Özberk ve ark., 2016).

Buğdayın yabani atalarından bugünkü kullandığımız haline gelinceye kadar aşamaları Şekil 2.2'de verilmiştir. Kültürü yapılan ilk buğdayların kavuzlu, kırılgan bir başağa sahip olduğu ve olgunlaşma döneminde başak ekseninin kırılarak başakcıkların ayrıldığı rapor edilmiştir (Zohary ve Hopf, 2000). Günümüzde hekzaploid ekmeklik buğday, *Tr. aestivum* L. (2n=42, AABBDD) ve tetraploid sert veya makarnalık buğdayın *Tr. durum* Desf. (2n=28, AABB) yaygın olarak üretimi yapılmakla birlikte en fazla ekim alanı ve üretim miktarı ekmeklik buğdaya ait olup, her iki çeşidinde verimi yüksektir. Adaptasyon kapasitesinin yüksek olmasına, kuraklığa-sıcağa dayanıklı ve daha kaliteli içeriğe sahip olmasına rağmen ilkel buğday türlerinin ülkemizde ekiminin son derece azalmasının temel nedeni verimdeki düşüklüktür. Bunun yanında azot tepkisinin düşük, yüksek boylu ve bazı yaprak hastalıklarına hassas olmaları da etkilidir (Özberk ve ark., 2010; Atar, 2017).

İlkel buğday çeşitlerinden günümüzde yaygın olarak bilinenleri einkorn, emmer ve spelt buğdaylarıdır. Son yıllarda yerel ve Avrupa Birliği destekli projeler kapsamında yetiştirilmeleri desteklenerek çok çeşitli gıda formülasyonlarında kullanılması teşvik edilmektedir.



Şekil 2.2. Buğdayın kökeni (Chantret ve ark., 2005; Özberk ve ark., 2016).

2.1.1. Einkorn buğdayı

Einkorn buğdayı *Tr. monococcum* L. subsp. *monococcum*; Triticum cinsine, Monococcum Dumort. takımına ve Poaceae (Gramineae) familyasına aittir. Yerel adı Almanca einkorndan gelir, kelimenin tam anlamıyla "tek tane" ve başakcık başına yalnızca bir tane varlığını ifade eder. Einkorn adı hem yabani (alt tür aegilopoides) hem de kültüre alınmış (alt tür monococcum) formlar için kullanılır. Kültüre alınmış form, daha büyük ve daha dolgun tohumlara ve olgunlaştıkça başakçıkların dağılmasını önleyen daha sert bir bitki yapısına sahiptir.

Modern ekmeklik ve makarnalık buğdayların yakın akrabası olan einkorn Türkiye'nin Karacadağ bölgesinde yaklaşık 10.000 yıl önce kültüre alınan diploid (2n=2x=14) kavuzlu bir buğdaydır (Hidalgo ve Brandolini, 2014; Hidalgo ve Brandolini, 2019a). Bununla birlikte birkaç kavuzsuz genotipi rapor edilmiştir. Einkornun koyu yeşil, zayıf tüylü koleoptilleri vardır. Bitki uzun boyludur (60-130 cm) ve birçok sürgün (filiz) verir. Gövdesi içi boş, ince cidarlı, esnektir ve yatmaya dayanıklıdır (Flaksberger, 1935). Yaprakları ortalama 18 cm uzunluğunda, dar (0.7-1.4 cm) ve kısa dişlidir. Başaklar 6-12 cm uzunluğunda olup başak başına ortalama 20-30 başakçık vardır. Başakçıkların tabanı olgunlaştıkça bozulur. Kılçıklar uzun ve pürüzlüdür (Humphries, 1980; Terrell ve Peterson, 1993) (Şekil 2.3). Küçük tanelere sahip einkorn buğdayının bin tane ağırlığı 25-

28 g olup bununla birlikte, bin tane ağırlığı 34.9 g'a ulaşan genotipleri de bilinmektedir (Hidalgo ve Brandolini, 2019a).



Şekil. 2.3. Farklı ülkelerden Einkorn buğday örnekleri (Soldan sağa doğru: Macaristan, Ermenistan, Romanya, Türkiye ve İsrail) (Zaharieva ve Monneveux, 2014).

Günümüzde einkorn, Akdeniz bölgesi, Türkiye, Balkan ülkeleri, güney İtalya, güney Fransa, İspanya ve Fas'ın marjinal bölgelerinde yetiştirilirken, vahşi atası *Tr. monococcum* ssp. *boeoticum*, hala "verimli hilalin" orta ve doğu bölgelerinde yetişmektedir (Hidalgo ve Brandolini, 2014). Einkorn genellikle hayvan beslenmesinde ve damların inşaatında yapı malzemesi olarak saman formunda kullanılmaktadır. Son yıllarda, düşük etkili ve sürdürülebilir tarıma yönelik eğilim, gıdanın besleyici yönlerine artan ilgi ile birleştiğinde, einkorn da dahil olmak üzere birkaç eski tahılın yeniden keşfedilmesine yol açmıştır. Yeni araştırma projeleri, hem beslenme hem de teknolojik kalite açısından *Tr. monococcum'*un insan tüketimi için potansiyelini değerlendirmektedir. Bu arada, İtalya, Almanya ve Kanada da dahil olmak üzere birçok ülkede, yüksek verimli, kavuzsuz, modern tahıl yetiştirme uygulamalarına uygun einkorn hatlarının oluşturulması için ıslah programları devam etmektedir (Hidalgo ve Brandolini, 2019a).

Cumhuriyetin ilk yıllarında einkorn buğdayının genellikle Kuzey Anadolu'da yaygın olarak yetiştirildiği bununla birlikte Kütahya, Kars ve İstanbul'da da tarımının yapıldığı bildirilmiştir. 1950'li yıllarda en geniş ekim alanına ulaşan einkorn, bu yıllardan itibaren ıslah çalışmaları ile hasatta kavuzu soyulan una veya bulgura işlerken ilave kavuz soyma maliyeti gerektirmeyen yüksek bin tane ve hektolitre ağırlığına sahip, gübre, tarım ilaçları ve yoğun toprak işleme gibi tarım girdilerine daha iyi tepki veren tescilli ekmeklik

ve makarnalık buğday çeşitlerinin yaygınlaşmasına paralel olarak sürekli devam eden ekim alanı kaybı başlamıştır. 2017 yılında einkorn ekim alanı 2.270 ha alana gerilemiştir. 1950 de toplam buğday ekim alanının %10'una sahip olan einkornun üretimi yıllık 130.000 ton iken 2015 yılında 4.700 tona gerilemiştir (Akar ve Eser, 2017). Günümüzde sadece Kastamonu, Bolu ve Bilecik illeri gibi sınırlı alanlarda yetiştirilmektedir (Aslan ve ark., 2017). Bu iller arasında Kastamonu en fazla einkorn üretimi yapılan il olup, İhsangazi ilçesi en fazla ekim alanına sahip olup, geleneksel siyez bulguru üretimi açısından ilk sırada gelmektedir (Karabak ve ark., 2019). Kastamonu genelinde 2018 yılında einkorn ekim alanı 31 bin 390 dekar alana yükselirken ürün miktarı 7 bin 33 tona çıkmıştır (Kızılaslan, 2020) (Çizelge 2.3).

Çizelge 2.3. Yıllara göre Türkiye'de einkorn ekimi (TÜİK, 2016)

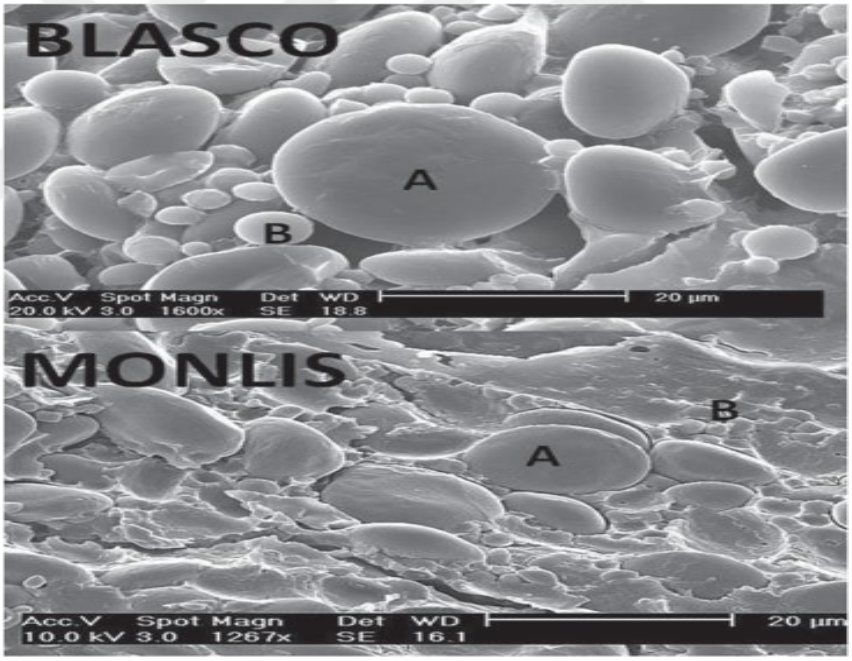
Yıllar	Ekim (ha)	Üretim (ton)	Verim (kg/ha)
1953	137.300	129.700	945
1963	132.000	137.000	1.038
1973	65.000	80.000	1.231
1983	38.000	50.000	1.316
1993	12.900	16.000	1.240
2003	7.600	1.366	1.980
2013	6.900	8.200	1.080
2015	2.270	4.700	2.080

Türkiye'nin toplam buğday ekim alanının %1'inden daha az alanda ekimi devam ettiği tahmin edilmekte olan ilkel buğday çeşitleri (Mazid ve ark., 2009), özellikle ıslah çalışmaları için genetik kaynak oluşturma açısından da önemlidir. Yerel çeşitlerin ıslah çalışmalarında önemli bir potansiyel olduğu birçok araştırmacı tarafından belirtilmektedir (Keller ve ark., 1991; Dotlačil ve ark., 2010; Kan ve ark., 2016).

Einkorn buğdayının besinsel değeri; günümüz buğdayları ile karşılaştırıldığında einkorn buğdayının; uygun protein, yağ, vitamin ve mineral yapısıyla diğer buğdaylara üstünlük sağladığı, fonksiyonel bileşenler olarak fenolik bileşikler, tokoferoller ve karotenoidler açısından oldukça zengin ve besin değerinin de daha iyi düzeyde olduğu bildirilmektedir (Abdel-Aal ve Hucl, 2002).

Depolama bileşenlerinin birikmesi ile oluşan tahıl endospermi esas olarak nişasta kaynağıdır. Einkorn tam ununda, toplam nişasta içeriği yaklaşık 655 g/kg olup, 581 ile 714 g/kg arasında değişirken, *Tr. aestivum*'da ortalama değer daha yüksektir (685 g/kg). *Tr. aestivum* nişasta granülleri, tipik bir çift modlu boyut dağılımına sahiptir. Büyük granüller A tipi, (12–24 μm çap) ve daha küçük granüller B tipi, (5 μm çap) olarak

isimlendirilmiştir. A granüllerinin sayısı, B granüllerinden daha azdır, ancak genellikle nişasta kütlesinin çoğunu temsil etmektedirler. Einkorn nişasta granülleri, tipik çift modlu şekli göstermez; ek olarak, Şekil 2.4'de görülebileceği gibi, A granülleri ekmeklik buğdaydan daha küçüktür. Genel olarak, einkornda nişastanın %23-62'si B tipi granüllerden oluşmaktadır. Nişasta bileşimi, jelatinizasyon ve retrogradasyon özellikleri, enzim duyarlılığı, kristallik, şişme ve çözünürlük granül boyutundan etkilenir. Küçük granül yapısındaki nişasta, birim ağırlığı başına daha yüksek yüzey alanı nedeniyle büyük granüllere göre asit veya enzimle daha hızlı hidrolize olmaktadır. Ek olarak, nişasta granüllerinin daha küçük boyutu, daha yüksek bir hidroliz yüzdesi ile sonuçlanır. Sindirim sırasında tüm nişastalar hızlı bir şekilde hidrolize olmaz; insan ince bağırsağında sindirime ve emilmeye dirençli fraksiyon, "dirençli nişasta" olarak tanımlanır ve diyet lifininkine benzer fizyolojik işlev görür. Bununla birlikte, einkorn (25.6 g/kg), ekmeklik buğday (30–88 g/kg) ile karşılaştırıldığında daha düşük dirençli nişasta içeriğine sahiptir.



Şekil 2.4. Ekmeklik buğday (Blasco) ve einkorn (Monlis) buğdayının nişasta yapısı

Einkornun toplam diyet lifi içeriği genel olarak modern buğdaylardan düşüktür (Hidalgo ve Brandolini, 2019a). Toplam diyet lifi içeriği ortalama %10 olarak rapor edilirken bu değer diğer kavuzlu buğdaylarla benzer olup, emmer için %9.8 ve spelt için %12 olarak bildirilmiştir. Toplam diyet lifi, çıplak buğdaylardan durum buğdayında %13.4, ekmeklik buğdayda %14.7 ile %15.2 arasında verilmiştir (Andersson ve ark., 2013; Hidalgo ve Brandolini, 2014). Diyet lifinin bileşenleri olan arabinoksilanlar,

glukanlar ve lignin, einkornda sınırlı miktarlarda bulunmaktadır (Hidalgo ve Brandolini, 2019a).

Einkorn taneleri, ekmeklik buğdayla karşılaştırıldığında, ortalama 18 g/100 g ve genellikle 20 g/100 g'ı aşan, üstün bir protein içeriği göstermektedir (Borghi ve ark., 1996; Grausgruber ve ark., 2004; Brandolini ve ark., 2008; Hidalgo ve Brandolini, 2019a). Bu üstünlüğün bir kısmı, küçük tohum boyutuyla (ve buna bağlı olarak aleuron oranının daha yüksek olmasıyla) bağlantılı olsada, aynı zamanda endosperm iyi bir protein kaynağıdır. Üç farklı lokasyonda ekilen 25 einkorn buğdayından elde edilen rafine ununda %15.4 ile %25.2 arasında değişen protein miktarı rapor edilmiştir (Corbellini ve ark., 1999; Hidalgo ve Brandolini, 2019a). Einkorn tanesinin yüksek protein konsantrasyonu, Abdel-Aal ve ark. (1995), D'egidio ve ark. (1993) ve Hidalgo ve ark. (2009)'nın verileriyle de doğrulanırken, diğer bazı araştırmacılar tarafından daha düşük protein konsantrasyonları bildirilmiştir. Einkornun protein değerleri genel olarak ekmeklik buğday (Rakszegi ve ark., 2008), makarnalık buğday, emmer ve spelt buğdaylarından daha üstündür (Brandolini ve ark., 2008). Einkorn proteinlerinin büyük kısmını, depo proteinleri oluşturmaktadır (Hidalgo ve Brandolini, 2014). Genel olarak, einkorn depo proteinleri zayıf ekmeklik özelliklere sahiptir. Diğer taraftan, einkorn unu iyi bisküvilik özellik gösterir (Brandolini ve Hidalgo, 2011; Hidalgo ve Brandolini, 2014). Einkorn proteinlerinin amino asit bileşimi ve beslenme yeterliliği, poliploid buğdaylara oldukça benzemektedir. Bununla birlikte, esansiyel amino asit içeriği, einkornda ekmeklik buğday çeşitlerinden daha üstün bulunmuştur (Acquistucci ve ark., 1995; Gabrovská ve ark., 2002; Abdel-Aal ve Hucl, 2002; Hidalgo ve Brandolini, 2019a). Ayrıca, einkornun lisin içeriğinin 11.5-31.5 g/kg arasında geniş bir varyasyon gösterdiği ve ekmeklik buğdaydan daha yüksek lisin içeriğine sahip bazı einkorn türlerinin varlığı bildirilmiştir (Matuz ve ark., 2000; Løje ve ark., 2003; Hidalgo ve Brandolini, 2014).

Einkorn ve ekmeklik buğdayların ruşeymlerinin nispi oranları benzer olsa da, einkorn (4.2%), ekmeklik buğdaydan (2.8%) yaklaşık %50 daha yüksek bir lipid içeriğine sahiptir (Hidalgo ve ark., 2009). Hidalgo, ve ark. (2009) yapmış oldukları çalışmada; einkorda yağ asiti olarak sırasıyla, linoleik (%50.9-54.0), oleik (24.8-26.4) ve palmitik asit (13.9-16.7) tespit etmişlerdir. Einkorn buğdayında tekli doymamış yağ asitlerinin daha yüksek, çoklu doymamış ve doymuş yağ asitlerinin daha düşük miktarda bulunduğu bildirilmiştir.

Tam buğday unu, bazıları gıdanın işlenmesi sırasında aktif olan birçok enzim (örneğin amilazlar, proteazlar, oksidazlar ve lipazlar) içerir (Hidalgo ve Brandolini, 2019a). Buğday türleri arasında genetik farklılıklar mevcut olup, bunun sonucu olarak einkorn tam unlarında (0.20 Ceralpha U/g), *Tr. turgidum* (0.24 Ceralpha U/g) ve *Tr. aestivum* (0.29 Ceralpha U/g) tam unlarına kıyasla daha düşük α-amilaz aktivitesi gözlenmiştir. Benzer şekilde einkorn ununun β-amilaz aktiviteside (12.0 Betamyl-3 U/g) hem *Tr. turgidum* (48.6 Betamyl-3 U/g) hem de *Tr. aestivum* (58.5 Betamyl-3 U/g) buğday unlarından daha düşük bulunmuştur (Hidalgo ve ark., 2013). Farklı Triticum türleri üzerinde yapılan bir çalışmada, einkornun (0.12 µmol/dk g) hem durum (3.48 µmol/dk g) hem de ekmeklik buğdaydan (8.02 µmol/dk g) daha düşük lipoksigenaz aktivitesi (0.12–0.91 µmol/dk) sergilediğini bildirilmiştir (Hidalgo ve Brandolini, 2012). Yapılan bir çalışmada kepekte ve ruşeymde bol miktarda bulunan polifenol oksidaz enziminin einkorn tam ununda, *Tr. turgidum* ve *Tr. aestivum'*dan daha yüksek olduğu rapor edilmiştir (Hidalgo ve ark., 2013).

Vitaminler, organizmalar tarafından sınırlı miktarlarda ihtiyaç duyulan organik bileşiklerdir. Einkorn buğdayının riboflavin ve pridoksin içeriğinin ekmeklik buğdaylardan 4-5 kat daha fazla olduğu ve β-karoten miktarının da yüksek olduğu yapılan çalışmalarla bildirilmiştir (Akar ve Eser, 2017). Analiz edilen 5 einkorn buğdayının folik asit (folat) konsantrasyonu 429-678 µg/kg, 150 ekmeklik buğdayda ise ortalama 323-774 µg/kg aralığında bulunmuştur (Hidalgo ve Brandolini, 2014).

Tam einkorn unundaki karotenoid konsantrasyonu, ekmeklik buğdaydan çok daha üstündür (D'egidio ve ark., 1993; Borghi ve ark., 1996; Corbellini ve ark., 1999; Hidalgo ve Brandolini, 2019a). Yüksek performanslı sıvı kromatografisiyle yapılan sarı pigment analizi, tüm Triticum türlerinde karotenoidlerin çoğunlukla luteinden (>% 90) oluştuğunu göstermiştir (Abdel-Aal ve ark., 2002). Einkorn tam ununda ortalama lutein içeriği 8.1 ile 5.2 mg/kg arasında değişmekle birlikte (Abdel-Aal ve ark., 2002; Lachman ve ark., 2013) maksimum 13.64 mg/kg'a kadar değerler gözlenmiştir (Hidalgo ve ark., 2006). Bu değerler, ekmeklik buğdayın yaklaşık dört ila sekiz katı ve irmiğin sarı renginin önemli bir kalite özelliği olduğu durum buğdayının iki katıdır (Hidalgo ve Brandolini, 2014). Lutein einkorn tane fraksiyonlarından rüşeymde (32.1 mg/kg) yüksek konsantrasyonda bulunurken sırasıyla endosperm (6.3 mg/kg) ve kepek de (4.3 mg/kg) daha düşük konsantrasyonlarda bulunmaktadır. Ekmeklik buğdayın aynı fraksiyonlarında sırasıyla 6.3 mg/kg, 0.8 mg/kg ve 0.7 mg/kg lutein varlığı bildirilmiştir (Hidalgo ve Brandolini,

2008). Karotenoidler ayrıca einkorn yapımı ürünlerde makarnalık buğday ve ekmeklik buğdaydan elde edilenlere göre daha fazladır, bu durum sadece daha yüksek karetonoid içeriğine sahip unların kullanılmasıyla ilgili olmayıp, aynı zamanda düşük lipoksigenaz aktivitesi ile bağlantılı (Leenhardt ve ark., 2006; Hidalgo ve Brandolini, 2012) daha düşük işleme kayıpları nedeniyledir (Hidalgo ve ark., 2010).

Einkornun toplam tokol içeriği, ortalama 77.96 mg/kg konsantrasyon ve maksimum 115.85 mg/kg değerle ekmeklik (62.75 mg/kg) ve makarnalık buğdaylardan (52.91 mg/kg) daha yüksektir. Einkornda diğer buğdaylara göre daha yüksek toplam tokol içeriği Lachman ve ark. (2013) ve Lampi ve ark. (2008) tarafından da rapor edilmiştir. Einkornda β-tokotrienol (%61.9) en bol bulunan bileşik olup, ardından sırasıyla α-tokotrienol (%16.4), α-tokoferol (%15.6) ve β-tokoferol (%6.1) gelmektedir.

Esas olarak tanenin dış katmanlarında bulunan polifenoller (fenolik asitler, flavonoidler, alkilresorsinoller vb.), bitkinin büyümesi ve üremesi için gerekli olan bitki metabolitleri olup ve bitki patojenlerine karşı savunma amaçlı üretilirler. İnsanlarda koroner kalp hastalığı, felç ve kanser gibi hastalıklara karşı koruyucu bir rol oynarlar. Einkorn ve ekmeklik buğdayda ferulik asit ana fenolik bileşendir. Einkorn ve ekmeklik buğdaylar benzer serbest toplam polifenol ve toplam fenolik asit içeriğine sahiptir. Ancak einkornun bağlı fenolik asit içeriği daha düşüktür. Genel olarak, einkornun toplam fenolik asit içeriği 449–816 mg/kg aralığındadır. Yapılan bir çalışmada einkornun flovanoid içeriği 1.13 μmol/g olarak bildirilirken, aynı çalışmada ekmeklik buğday için flovoid içeriği 1.32 μmol/g olarak bildirilmiştir.

Fitosteroller, yapısal olarak kolesterole çok benzeyen bitki sterolleri olup, kalp sağlığını korumada, yaygın kanserlerden kolon, göğüs ve bağırsak kanserini önlemeye yardımcı olurlar (Katan ve ark., 2003; Berger ve ark., 2004). Fitosteroller tanede en fazla ruşeym ve kepek tabakasında bulunmaktadır (Nyström ve ark., 2007). Einkorn buğdayının fitosterol içeriği ortalama 1054 mg/kg olup, diğer buğday çeşitlerinden %25 daha fazladır ve fitosterol içeriğinin %47'sini sitosterol oluşturmaktadır (Lachman ve ark., 2012).

Tahıllar ve tahıl bazlı yiyecekler dünya çapında yaygın bir şekilde tüketilmekte olup, birçok gelişmekte olan ülkede insanlar için birincil demir ve çinko kaynağıdırlar (Hidalgo ve Brandolini, 2019a). Yapılan çalışmalar einkorn buğdayının mineral madde bakımından oldukça zengin olduğu gösterilmektedir. Einkorn buğdayının Fe, Zn, Mn, Cu, Mg, P ve Se içeriği sırasıyla 36–38.2 mg/kg, 35 mg/kg, 26–30 mg/kg, 6 mg/kg, 1.1–1.4

g/kg, 3.1–4.7 g/kg ve 29.8–39.9 µg/kg olarak bildirmişlerdir. Ekmeklik buğdayın Fe, Zn, Mn, Cu, Mg, P ve Se içeriği ise sırasıyla 45.9–52 mg/kg, 53-72 mg/kg, 28–46 mg/kg, 9 mg/kg, 1.5–1.6 mg/kg, 5.2–5.4 mg/kg ve 50.0–54.8 µg/kg olarak rapor edilmiştir. Einkorn buğdayı çoğu mikro element içeriği açısından *Tr. aestivum'*dan daha yüksek konsantrasyonlara sahiptir (Erba ve ark., 2011; Suchowilska ve ark., 2012). Öte yandan, K ve Ca içeriği einkorn ve ekmeklik buğday türleri arasında farklılık göstermemektedir.

Tam einkorn ununun toplam kül içeriği yüksek olup %2.1 ila 2.8 arasında değişmektedir (D'Egidio ve ark., 1993; Løje ve ark., 2003; Brandolini ve ark., 2008) buna kıyasla ekmeklik buğdayın ortalama kül içeriği çoğunlukla %2.0'den azdır (Hidalgo ve Brandolini, 2019).

Einkorn buğdayının kullanım alanları; Tüm dünyada insan nüfusunun temel gıda hammaddesi hububata dayanır. Tahıllar enerji sağlar, aynı zamanda antioksidanlar, mikro elementler ve lif gibi iyi biyolojik özelliklere sahip birçok bileşenin kaynağıdır (Nakov ve ark., 2018). Einkorn, yüksek protein içeriği, yüksek karotenoid ve tokol konsantrasyonu, lipitler (çoğunlukla doymamış yağ asitleri) ve iz mineral (demir ve çinko) içerikleri ve düşük lipoksigenaz aktivitesi gibi mükemmel beslenme özelliklerine sahiptir (Hidalgo ve Brandolini, 2014). Bu özelliklerin çoğu, ekmek, makarna, bisküvi ve genleştirilmiş tahıl taneleri gibi einkorn türevi gıda ürünlerinde korunur (Hidalgo ve ark., 2010, 2016).

Einkorn, yetiştirildiği ülkeye bağlı olarak ve doğal teknolojik sınırlamalardan ziyade kültürel nedenlerle hem gıda hem de hayvan yemi olarak kullanılmıştır. Dorofeev (1979), einkornun İsveç ve Yugoslavya'da gıda hammaddesi olarak kullanılırken, Bulgaristan'da insan gıdası olarak değerlendirildiğini bildirmiştir. Romanya'da hem gıda hammaddesi olarak kullanılırken birtakım çiftçiler tarafında at, domuz ve tavuk yemi olarak değerlendirilmektedir (Hajnalova´ve Dreslerova´, 2010).

İnsan tüketimi için, geleneksel yöntemlerle kavuzundan ayrılmış buğdaylar ateşe maruz bırakılarak, dövülerek veya taşlarla öğütülerek kullanılmıştır (Aykroyd ve Doughty, 1970). Bu işlem günümüzde özel makineler kullanılarak gerçekleştirilmektedir (Vallega, 1996). Etnografik ve arkeolojik bilgiler, ekmek (mayalı veya mayasız), yulaf lapası, çorba, bira gibi muazzam bir einkorn kullanımına işaret etmektedir (Nesbitt ve Samuel, 1996). Hem bütün ve kırık taneler, İspanya'da puches, Türkiye, Orta-Doğu ve Balkanlar da bulgur, Kuzey Avrupa'da müsli, yulaf lapası ve graupen üretiminde kullanılmıştır (Vallega, 1996).

Einkorn altın çağında, esas olarak yulaf lapası olarak veya sade bir şekilde pişirilerek tüketilmiştir. Daha yakın zamanlarda, einkorn, insanlığın kavuzsuz durum ve ekmek buğdaylarını kullanmasıyla, tercihen hayvanlara yedirilmiştir. Einkorn tarihte ekmek yapma malzemesi olarak ilk sırada yer almamış, bu durum yakın tarihte de devam etmiştir. Einkorn, yapışkan hamurları ve yetersiz reolojik özellikleri nedeniyle unlu mamullerin üretimi için uygun görülmemiştir (Corbellini ve ark., 1999; Lomolino ve ark., 2017). Bununla birlikte, bazı çalışmalarda ekmeklik buğdayınkine benzer özellikte ve hacimli ekmekler elde edilmiştir (D'Egidio ve Vallega, 1994).

Rafine einkorn unuyla hazırlanan ekmekleri *Tr. turgidum* veya *Tr. aestivum* ile hazırlanan ekmeklerden ayıran özellikler, ekmeğin koyu sarı kabuk rengi ve yoğun aromasıdır. Ekmek yapımı için yalnızca bazı einkorn genotipleri uygunken, tüm genotipler bisküvi ve diğer unlu mamullerin hazırlanması için uygun görülmektedir.

2.1.2. Emmer buğdayı

Emmer, *Tr. dicoccon (Tr. turgidum* L. subsp. *dicoccon* (Schrank) Thell), *Triticum* cinsine, *Dicoccoidea* bölümüne, *Poaceae* familyasına (*Gramineae*) ait tetraploid bir türüdür. Emmer taneye yapışık sert kavuzu ve olgunlaştığında başağın üzeride dağılan sap yapısı ile karakterize edilmektedir (Humphries, 1980). Sapın içi genellikle özlüdür ve yapraklar sıklıkla tüylüdür. Başakçık yoğun, yandan sıkıştırılmış, dar ve genellikle kılçıklıdır. Başakçıkların iç kısımları basıktır ve genellikle iki çiçek bulundurur. Taneler kırmızı veya beyaz, uzun ve ince ve her iki ucu da keskindir (Leornard ve Martin, 1968). Emmer diğer kavuzlu buğdaylarda olduğu gibi kavuzsuz buğdaylardan daha ince bir perikarp yapısına sahiptir (Küster, 1985).

Emmer, en eski kültüre alınmış tahıllardan biridir ve binlerce yıldır temel gıda maddesi olmuştur (Nesbitt ve Samuel, 1996). Antik çağda, özellikle Mısır'da ve yakın zamana kadar çok çeşitli ülkelerde farklı isimler altında yaygın olarak yetiştirilmiştir. Günümüzde, çoğunlukla izole, marjinal alanlarda küçük miktarlarda yetiştirilmektedir. En önemli özelliği, zayıf topraklarda iyi verim verebilmesi ve sulu alanlarda yaygın olan mantar hastalıklarına karşı direncinde yatmaktadır. Bazı popülasyonlarının kuraklığa ve sıcaklık stresine özellikle toleranslı olduğu da kanıtlanmıştır. Emmer buğdayı, ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) ve durum buğdayının (*Triticum durum* Desf.) biyotik ve

abiyotik strese karşı direncini artırmak için değerli bir genetik kaynağı temsil etmektedir (Dorofeev ve ark., 1979; Zaharieva ve ark., 2010).



Şekil 2.5. Emmer buğdayının başak, başakçık ve taneleri

Bugün, emmer buğdayı toplam dünya buğday üretim alanının sadece %1'ini kaplamaktadır ve ağırlıklı olarak Etiyopya, İran, Doğu Türkiye, Transkafkasya, Volga Havzası, eski Yugoslavya, Orta Avrupa, İtalya, İspanya ve Hindistan'da yetiştirilmektedir (Stallknecht ve ark., 1996). Hindistan, Etiyopya ve Yemen'de hala önemli bir tahıl olarak kabul edilmektedir (Damania, 1998).

Türkiye'de emmer buğdayı 1927'de çeşitli bölgelerde ekilmekteydi ve Anadolu'daki ekili alanın yaklaşık %2'sini temsil etmekteydi. Günümüzde Kars ve Ardahan bölgesinde yıllık 600 ton civarında üretimi yapılmaktadır. Avrupa ülkelerinde, emmer buğdayı, yirminci yüzyılın ortalarına kadar, özellikle dağlık bölgelerde ekilmiştir. Mısır'da emmer ekimi giderek ortadan kalkmıştır.

Günümüzde emmer, ekonomik olarak başka hiçbir ürünün yetiştirilemeyeceği izole, marjinal alanlarda yetiştirilen bir tahıldır. Fakir ve taşlı topraklara uyum sağlama yeteneği, düşük sıcaklıklara dayanıklılık, yabani otları kontrol edebilme ve diğer tahıllarda yaygın olan hastalıklara karşı direnç gibi tipik özellikleri avantaj olarak kullanılmaktadır (Čurná ve Lacko-Bartošová, 2017).

Emmer buğdayının besinsel değeri; Emmer nişasta, mineral, lif içeriği bakımından zengindir ve alerji, kolit ve yüksek kan kolesterolünden muzdarip bireylerin beslenmesinde tavsiye edilmektedir (Barcaccia ve ark., 2002).

Emmer tanesinin toplam nişasta miktarı %52.7 ile %56.8 arasındadır. Bu değerler makarnalık buğdayın nişasta miktarından daha düşüktür, bu düşük nişasta değerleri kavuzlu buğdayların modern buğdaylara kıyasla küçük nişasta biriktirme kapasitesine atfedilebilir (Galterio ve ark., 2003).

Tam buğday tanesi büyük çoğunluğunu arabinoksilan (%5.5-7.4), selüloz (%1.67–3.05) ve ß-glukan (%0.51-0.96) gibi hücre duvarları bileşenlerinin oluşturduğu %11.5 ile %15.5 arasında değişen toplam diyet lifi içeriğine sahiptir (Andersson ve ark., 2013). Bununla birlikte, bu bileşenler, tanenin farklı kısımlarında değişen konsantrasyonlarda bulunurlar. Üç emmer genotipinin tam tanesinin, esas olarak çözünmeyen fraksiyonlar (toplam lifin %85-88'i) olmak üzere yaklaşık %10-12 'lik bir toplam diyet lifi içeriğine sahip olduğu bildirilmiştir (Marconi ve Cubadda, 2005). Bununla birlikte Galterio ve ark. (1994; 1999) daha düşük toplam diyet lifi içeriğine (%7.11-8.94) sahip emmer popülasyonların varlığını işaret etmiştir. Bu sonuçlar Grausgruber ve ark. (2004), Abdel-Aal ve ark. (1995), Bonafaccia ve ark. (2000) ile uyumludur. Toplam diyet lifinin yaklaşık %20'sini çözünür diyet lifi oluşturmaktadır. Toplam diyet lifi ortalama değeri emmer için %9.2, einkorn için %10.8 ve spelt buğdayı için %11.18 olarak bildirilmiştir. Kavuzlu tahılların toplam diyet lifi içerikleri modern buğdaylarla karşılaştırıldığında modern buğday > spelt > einkorn > emmer şeklinde sıralandığı görülmektedir (Hammed ve Simsek, 2014).

Proteinler buğday tanesinin aleuron tabakası hücrelerinde, perikarpta ve ruşeymde yoğunlaşırlar ve endospermde daha düşük miktarda bulunurlar (Fares ve ark., 2003). Emmer buğdayının, genel ekmeklik buğdaydan daha yüksek protein içeriğine sahip olduğu bildirilmektedir. Literatürde emmer buğdayının protein içeriği ile ilgili az sayıdaki veri, bu parametrenin geniş varyasyona sahip olduğunu göstermektedir. Farklılıklar, yetiştirme yeri ve mevsimi, yetiştirme koşulları, kullanılan tarım girdileri (gübre vb.) nedeniyle olabilmektedir (Marconi ve ark., 1999; Puumalainen ve ark., 2002). Perrino ve ark. (1993), elli emmer hattında ortalama protein içeriğini %17.1 bulurken, diğer araştırmacılar, bunun aksine, üç farklı lokasyondan yetiştirilen üç İtalyan emmer popülasyonunda (Garfagnana, Leonessa ve Trivento'dan) çok düşük protein değerleri (<%10) bulunduğunu bildirmişlerdir. Protein içeriğindeki bu kadar yüksek değişkenlik, diğer araştırmacılar tarafından da doğrulanmıştır: Blanco ve ark. (1990) elli emmer hattında %8.7 ile %18 arasında değişen bir protein içeriği bildirmişlerdir. Cubadda ve Marconi (1995) tarafından Apulia'da (güney İtalya) yetiştirilen emmer buğdayları

üzerinde iki yıl boyunca (1992-1993) yapılan değerlendirmelerde, ortalama %20.6-21.9 protein içeriği belirlemişlerdir. Slovak Cumhuriyeti'nin güney bölgesinde organik tarım sistemi koşullarında yetiştirilen üç emmer buğdayı çeşidinin proteini %13.26 ile %14.17 arasında değişmektedir (Lacko-Bartošová ve ark., 2015). Genel olarak aynı tarımsal koşullar altında yetiştirilen kavuzlu buğdayların protein içeriğinin modern buğdaylardan daha yüksek olduğu rapor edilmiştir (Perrino ve ark., 1993; Galterio ve ark., 1994; Cubadda ve Marconi, 1995; Castagna ve ark., 1996; Reedy ve ark., 1998).

Emmer buğdayının amino asit içeriği modern buğdaylar ile benzerlik göstermektedir. Beslenme değeri açısından bakıldığında hem emmerde hemde diğer tahıllarda lisin (1.40-1.94 g/100 g), ardından treonin (2.57-3 g/100 g) ve metiyonin (1.5-1.7 g/100 g) sınırlı aminoasitlerdir (Cubadda ve Marconi, 1995; Marconi ve Cubadda, 2005; Nowak ve ark., 2015). Arzani (2011) emmer tanesinin yüksek lisin içeriğine (3.1%) sahip olduğunu rapor etmiştir. Emmer buğdayındaki albümin ve globulin fraksiyonlarının içeriği (%30-39), makarnalık ve yumuşak buğdaylara (%15 – 25) kıyasla hatırı sayılır bir miktardadır (Galterio ve ark., 1999). Tam tane emmer buğdayındaki ortalama gliadin ve glutenin yüzdeleri, toplam proteinin sırasıyla yaklaşık %37'si ve %29' unu oluşturmaktadır (Galterio ve ark., 1999). Sonuç olarak, emmer buğdayı yüksek lisin ve düşük gluten içeriği ile, lisin bakımından fakir, ancak gluten içeriği bakımından zengin buğday ununu tamamlayabilir (Arzani, 2011).

Lipitler, tahıl tanelerinde nispeten küçük bileşenlerdir. Ancak beslenme, tahıl depolama ve işleme konularını tartışırken dikkate alınması gerekmektedir. Tahıl tanesinin yaklaşık %3' ünü oluşturan lipidlerin %28.5 ruşeymde, %8 aleuron tabakasında ve %1.5 endospermde bulunmaktadır (Delcour ve Hoseney, 2010). Emmer buğdayının lipid içeriği ortalama %2.8 olup, bu değer durum buğdayları (%2.8) ile benzer, yumuşak buğdaylardan (%2.5) daha yüksektir. Hanchinal ve ark. (2005) emmer buğdayındaki lipid içeriğini %1.02 ile %3.80 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Spelt ve modern buğdaylarla karşılaştırıldığında emmer buğdayının yağ asidi kompozisyonu, referans buğdaylarda olduğu gibi, birincil yağ asidinin linoleik (C18:2) (%60), ardından oleik (C18:1) (%19), palmitik (C16:0) (%16), linolenik (C18:3) (%4) ve stearik asitin (C18:0) (%1) geldiğini göstermektedir. Emmer, spelt ve durum buğdayları arasında toplam doymamış / doymuş yağ asidi oranlarında ve çoklu doymamış / tekli doymamış oranlarda herhangi bir farklılık bulunmamıştır (Marconi ve Cubadda, 2005).

Fitosterollerin kolon kanserini önlemede ve toplam serum kolesterolünü düşürmede rol aldığı düşünülmektedir olabilir (Piironen ve ark., 2000). Hem kavuzlu hemde kavuzsuz buğdaylarda toplam ve serbest sterolerin başında ß-sitosterol gelir bunu campesterol ve stigmasterol takip eder. Tetraploid türler (emmer ve durum buğdayı), hekzaploid türlerden (kılçıksız buğday) önemli ölçüde daha fazla miktarda sterol ve stanol içerir (Marconi ve Cubadda, 2005). Emmer buğdayının toplam tokol miktarı ortalama 46.37 mg/g (Lampi ve ark., 2008; Giambanelli ve ark., 2013) ve spelt buğdayının tokol içeriği 37.10 mg/g (Hussain ve ark., 2012) iken aynı değer einkorn için ortalama 69.06 mg/g (Hejtmankova ve ark., 2010) olarak bildirilmiştir. Tokokromanolün biyolojik olarak en aktif formu olarak kabul edilen α-tokoferol, emmer buğdayında ortalama 7.10 ila 10.01 mg/kg arasında değişmiştir.

Kavuzlu buğdayların hepsinde bulunan baskın karotenoid luteindir ve bu einkorn, emmer (toplam karotenoidlerin %90'ı) ve makarnalık buğdayda ekmeklik buğdaydan daha yüksektir (Lafiandra ve ark., 2012). En yüksek lutein içeriği, ortalama 7,28 mg/g ile einkorn için bildirilmiştir (Giambanelli ve ark., 2013; Lachman ve ark., 2013). Emmer de lutein içeriği ortalama 2.72 mg/g ve ekmeklik buğdayda 1.55 mg/g olarak rapor edilmiştir (Carpentier ve ark., 2009; Stringham ve ark., 2010; Shewry ve Hey, 2015). Toplam karotenoidler, emmerde (2.34 mg/kg) ve yumuşak buğdayda (1.49 mg/kg) durum buğdayına (3.05 mg/kg) göre daha düşüktür (Panfili ve ark., 2004; Marconi ve Cubadda, 2005). Piergiovanni ve ark. (1996) karotenoid içeriğini emmerde ortalama 2.9 mg/kg ve durum buğdayında 4.7 olarak bildirmiştir. Diğer taraftan Somma ve ark. (2004) ve Marconi ve Cubadda (2005) emmer (6.17 mg/kg) ve durum buğdaylarının (6.34 mg/kg) karetonoid içeriğinde önemli bir fark olmadığını rapor etmişlerdir.

Hanchinal ve ark. (2005) emmer buğdayının mineral içeriğinin %1.14 ile %2.46 arasında değiştiğini ve aynı zamanda durum buğdayından daha düşük oranda mineral madde içeriğine sahip olduğunu bildirmiştir. Emmer buğdayı önemli bir antioksidan faktör olan selenyum bakımından zengindir. Genc ve MacDonald (2008), durum ve ekmeklik buğday genotiplerine göre daha fazla çinko konsantrasyonuna sahip emmer buğdayı genotipleri tanımlamıştır. Emmer buğdayı, yüksek demir (34.1 mg/kg), çinko (22.8 mg/kg) ve selenyum (150.6 - 325.8 µg/kg) konsantrasyonu ile karakterize edilir. Emmerden daha yüksek demir konsantrasyonları, einkornda (ortalama 45.9 mg/kg) tespit edilmiştir. Çinko konsantrasyonu emmer (22.8 mg/kg) ve einkorn (22.4 mg/kg) için aynı oranda bildirilmiştir. Emmer buğdayının kül içeriği (>2.0 %) durum ve yumuşak

buğdaylardan (1.7-1.8%) daha yüksektir (Piergiovanni ve ark., 1996; Galterio ve ark., 1999; Lacko- Bartošová ve Čurná, 2015). Modern buğday çeşitlerinin düşük kül içeriği, öğütme verimini artırmak için genetik seçilimin sonucudur (Rasmusson ve ark., 1971). Bu nedenle bu parametre, kavuzlu buğdayların ilkelliğinin bir göstergesi olabilir. Piergiovanni ve ark. (1996) 50 emmer genotipinde %1.75 ila %2.33 (ortalama değer %2.00) arasında değişen bir kül içeriği bildirmiştir.

Emmer buğdayının kullanım alanları; Emmer esas olarak insan gıdası, aynı zamanda hayvan yemi olarak da kullanılabilmektedir. Rusya'da, büyük ölçüde tavuk yemi olarak (Zhukovsky, 1964); Yugoslavya'da, esas olarak atlar ve domuzların beslenmesinde (Borojevic´, 1956); yine Almanya, İtalya, İsviçre ve Fransa'da atların beslenmesinde (Gadea, 1954) ve ABD'de besi sığırları için yem olarak değerlendirilmektedir (Stallknecht ve ark., 1996).

Emmer buğdayı, Etiyopya'da ülke buğday üretiminin yaklaşık %7'sini temsil etmekte ve öncelikle ev tüketimi ve bazen de bölgesel pazarlarda satmak için üretilmektedir (D'Andrea ve Haile, 2002). Yerel olarak bu mahsul, köylüler tarafından gıda olarak çeşitli şekillerde kullanılmaktadır. Emmer buğdayının genellikle geleneksel yöntemlerle kavuzu ayrılır ve un haline getirilir, bu un "kita" (mayalı ekmek) olarak bilinen fermente edilmemiş ekmek yapımında kullanılır. Ayrıca bazı topluluklarda yumuşak bir lapa yapmak için emmer ununu süt veya suyla pişirmek yaygın bir uygulamadır. Özellikle Bale yaylalarında emmer, "cankita" (yerel spagetti) hazırlamak için kullanılır (Tesfaye, 2000).

Eski Mısırlılar, ekmek yapmak için çoğunlukla emmer buğdayı kullanmışlardır. Emmer aynı zamanda bira üretiminde de kullanılmıştır (Drenkhahn, 1975; Kemp, 1989). İtalya'da emmer buğdayı ekmek yapımında olduğu kadar lapa olarak da (Braun, 1995) kullanılmış ve Toskana'da hala geleneksel çorbalarda taneleri kullanılmaktadır. Makarna yapımında kullanımı ile, sağlıklı gıda pazarına yeni girmiştir, ayrıca emmer ekmeğide çoğu fırında bulunmaktadır. Avusturyada ekmek, pankek ve bebek maması olarak kullanılmaktadır (Peña-Chocarro, 1996). Dünyanın birçok yerinde geleneksel ekmeklerin, makarna ve biraların üretiminde ve çeşitli yöresel ürünlerin formülasyonunda kullanılmaya devam etmektedir.

Emmer buğdayının irmik verimi durum buğdayı ile benzer bulunmuştur (Buvaneshwari ve ark., 2005). Nişasta ve proteinler arasındaki yapışma derecesiyle ilişkili olan ve öğütme kalitesini ve irmik verimini etkileyen tane sertliğinin, emmer

buğdayında durum ve ekmek buğdayına göre daha düşük olduğu bildirilmiştir (Vatsala ve Haridas Rao, 1990; Hanchinal ve ark., 2005). Dorofeev ve ark. (1979) gluten içeriğinin geniş varyasyon gösterdiğini ve en yüksek gluten içeriğine sahip hatların Hindistan, İran, Morocco ve İtalya da yetiştirildiğini bildirmiştir. Piergiovanni ve ark. (2009), emmer de durum ve ekmeklik buğdaydan daha yüksek kuru gluten içeriği bulmuşlardır. Gluten için yüksek bir varyasyon bulunmaktadır, ancak bazı emmer hatlarında 66 ml'ye kadar SDS hacimleri bulunmuştur (Blanco ve ark., 1990; Perrino ve ark., 1993). Reolojik özellikleri ve makarna yapımı ile ilgili bilgiler yetersiz olmakla birlikte emmer buğdayı, düşük yapışkanlık ve yeterli sertlik gösteren kabul edilebilir bir makarna kalitesine sahiptir (Cubbada ve Marconi, 1996). Makarna kalitesiyle ilişkilendirilen gliadin ω35 ve γ45'in Hindistan'da yetiştirilen emmer çeşitlerinde varlığı bildirilmiştir (Buvaneshwari ve ark., 2005). Emmer buğdayının ekmek yapımında kullanılabileceğini, ancak *Tr. aestivum*'dan daha düşük kalitede olduğunu belirtilmiştir (Piergiovanni ve ark., 1996). Ancak Grausgruber ve ark. (2004) emmer buğdayının reolojik özelliklerinin geniş varyasyon gösterdiğini rapor etmiştir.

İlkel buğdayların sağlık üzerine etkileri; Buğday, insan için temel bir gıda bileşenidir, ancak buğday tüketimi genellikle zor gelişen ve hatta yaşamı tehdit eden sağlık sorunlarına yol açar. Buğday ununa karşı aşırı duyarlılık reaksiyonları hem soluma (fırıncı astımı) hem de yutma (gıda alerjisi ve çölyak hastalığı) yoluyla meydana gelir, ancak bazen temasla da ortaya çıkabilir.

Fırıncı astımı gibi alerjiler, bir veya daha fazla buğday proteinine karşı anormal bağışıklık sistemi reaksiyonlarıdır ve kızarıklık, nefes almada zorluk ve mide bulantısı gibi çok çeşitli semptomlara neden olabilir. Bazen yaşamı tehdit eden bir reaksiyona (anafilaksi) dönüşebilir. Kavuzlu buğdaylar, diğer bitkiler gibi, otçullara ve mikroplara karşı bazı koruyucu biyolojik bileşiklere sahiptir. Bu tür biyolojik bileşikler, insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere neden olan immünomodülatör aktiviteler ve enzim inhibisyonu gösterebilir. Poliploid buğdaylardan farklı olarak, einkorn buğdyayının insan α-amilazına karşı inhibe edici aktiviteleri minimaldir veya yoktur. Emmer, tarım ilacı ve gübreye ihtiyaç duymadan zorlu koşullarda büyümelerini sağlayan antimetabolik bileşikler içerirler. Bu buğdayın endospermlerinde tahıl tripsini/α-amilaz inhibitörleri bulunur ve bakterilere, böceklere ve hayvan avcılarına karşı savunma sağlar (Fontanini ve ark., 2007). Emmer üzerinde yapılan biyokimyasal ve beslenme çalışmaları, üç α-amilaz inhibitörünün varlığını ortaya çıkarmıştır (Fontanini ve ark., 2007; Capocchi ve ark.,

2013). α-amilaz inhibitörleri, eksojen (insan dahil) amilazları inhibe edebilen antibesinsel proteinler ve fırıncı astımı ile bağlantılı alerjenler gibi davranırlar (Salcedo ve ark., 2004).

Buğday proteini, insan nüfusunun yaklaşık %99'u tarafından kolayca sindirilir. Bununla birlikte, Avrupa, Güney Amerika, Avustralasya ve ABD'deki çeşitli tarama çalışmaları, bu popülasyonların yaklaşık %0.5-1'inin saptanmamış çölyak hastalığına sahip olabileceğini göstermektedir (Di Sabatino ve Corazza, 2009; Vanga ve Kelly, 2014). Çölyak hastalığı, buğday, arpa, çavdar ve yulaf çeşitlerinde bulunan gluten proteininin bir fraksiyonu olan gliadine karşı bağışıklık sisteminin olumsuz reaksiyonunun neden olduğu bir durumdur. Modern buğday formlarının aksine, einkorn ve emmerdeki gliadin proteininin çölyak hastalığından muzdarip olanlar için toksik olmayabileceğine dair çalışmalar vardır. Ancak henüz herhangi bir glutensiz diyette önerilmemiştir.

Einkorn buğdayı gluten içerir, ancak çoğu buğdaydan farklıdır. Çünkü emmerde 28 ve modern buğdayda 42 kromozoma karşılık yalnızca 14 kromozom bulundurmaktadır. Bu durum gluten yapısını değiştirir, bu nedenle gluten intoleransı olanları diğer buğdaylar kadar etkilememektedir (Cooper, 2015). Literatürde einkorn buğdayının protein içeriğinin diğer buğday türlerinden yüksek olduğu (Løje ve ark., 2003) ancak gluten fraksiyonunu oluşturan gliadin ve glutenin oranlarının, diğer buğday türlerine göre daha düşük olduğu bildirilmiştir (Stallknecht ve ark., 1996). Hekzaploid buğday türlerine göre diploid türlerde glutene karşı T hücre yanıtının daha düşük olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca einkorn buğdayının da dâhil olduğu ilkel buğday türlerinde α-gliadin T hücre uyarıcı epitoplarının yanı sıra çölyak hastalığında rol oynayan diğer gliadin ve glutenin franksiyonlarınında düşük konsantrasyonlarda bulunduğu belirlenmiştir (Pizzuti ve ark., 2006; Šuligoj ve ark., 2013).

Einkorn buğdayının çölyak hastalığı üzerine olumlu etkisini destekleyen çalışmaların yanı sıra toksik olduğuna ilişkin kanıtlar sunan çalışmalar da mevcuttur. Prandi ve ark. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada dört farklı tür ekmeklik buğday (Grano del Miracolo, Virgilio, Blasco ve Bologna), üç farklı tür durum buğdayı (Senatore Cappelli, Timilia ve Odisseo) ve birer tür einkorn buğdayı (ID331), emmer buğdayı (Farro della Garfagnana) ve spelt buğdayı (Rouquin) incelenmiştir. Çalışma sonuçları einkorn buğdayının en düşük konsantrasyonda immünojenik peptit içeriğine sahip olmasının yanı sıra en yüksek konsantrasyonda toksik peptit içerdiğini göstermiştir. Einkorn buğdayı da dahil olmak üzere ilkel buğday türlerinin de immünotoksik sekansları

içeren peptitler ürettiği ve bu nedenle çölyak hastaları için güvenli sayılamayacağı bildirilmiştir (Zanini ve ark., 2013).

2.1.4. Einkorn ve emmer unu katkılı tahıl ürünleri üzerine yapılan çalışmalar

Brandolini ve ark. (2018) einkorn, ekmeklik ve durum buğdaylarından elde edilen rafine buğday unlarını kısa kesme makarna ve spagetti üretiminde kullanılmışlardır. Einkorn makarnalarının, karotenoid içeriği, renk ve görüntü analiz parametreleri dahil olmak üzere pek çok özellik bakımından durum buğdayı makarnasından farklı olduğu, daha kısa pişme süresine ve daha az sıkı yapıya sahip makarnalar elde edildiği rapor edilmiştir. Pişirildikten sonra einkorn makarnaların lutein içeriği, durum buğdayı makarnasına göre daha yüksek olup, einkorn makarnası, durum buğdayı makarnasından daha iyi besin değerine sahip bulunmuştur.

Hidalgo ve ark. (2020) einkorn unlarından ve karışımlarından hazırlanan makarnaların kalite özelliklerini değerlendirmek için; einkorn rafine unu, çimlendirilmiş einkorn rafine unu, einkorn tam unu, einkorn rafine unu + yumurta akı ve einkorn rafine unu + tam yumurta karışımı ve durum buğdayı irmiğinden elde edilen makarna örneklerini karşılaştırmışlardır. Yumurta akı ve çimlendirilmiş un ilavesi ile makarna rengi değişmezken, tam un makarnaların parlaklığını azaltmış, tam yumurta kullanımı parlaklığı ve sarılığı artırmıştır. Tüm einkorn numuneleri, durum irmiğinden elde edilen makarnalardan daha yüksek protein ve karotenoid içeriği ve iyi pişirme özellikleri göstermiştir.

Agnello ve ark. (2016) %30, 50 ve 100 einkorn ununu durum irmiği ile yer değiştirerek makarna üretiminde kullanmışlardır. Einkorn proteinleri makarna yapımı sırasında irmik proteinleri ile etkileşime girerek yüksek moleküler ağırlıklı polimerler oluşturmuştur. Einkorn katkılı örneklerde ekstrakte edilemeyen polimerik proteinleri, irmikten yapılan makarnadan önemli ölçüde daha yüksek konsantrasyonda bulunmuştur. %50 einkorn makarnasında yapışkanlıkta azalma ve sertlikte bir artış tespit edilmiştir.

Levent (2019) geleneksel Türk erişte üretiminde %20, 40, 60, 80 ve 100 oranında einkorn buğday unu kullanmıştır. Einkorn kullanımı eriştenin kül, protein, toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivitesinde önemli artışlar sağlamıştır. Einkorn oranı arttıkça hacim ve ağırlık artışı değerleri artış gösterirken pişme suyuna geçen madde miktarı azalmıştır. Erişte örneklerinin Ca, Fe, Cu ve Mg içeriği kontrol örneğine göre

artmıştır. %100 einkorn unu kullanımı, pişmiş eriştenin tat ve çiğneme puanlarını azaltmıştır.

Nakov ve ark., (2018) einkorn tam ununu %30, 50, 70 ve 100 oranında rafine buğday unu ile yer değiştirilerek bisküvi üretiminde kullanmışlardır. Einkorn unu ile zenginleştirilmiş bisküviler, kontrole göre daha iyi fiziko-kimyasal özelliklere sahip bulunmuştur. Bisküvilerin kül, protein, polifenol, karotenoid, antioksidan aktivite ve β-glukan içeriği artmıştır. Ayrıca, duyusal analiz sonuçları tüm bisküvilerin çok iyi kabul edilebilirliğe sahip olduğunu göstermiştir.

Hidalgo ve ark. (2019) 2 farklı einkorn rafine unu ve ekmeklik rafine buğday unlarından üretilen bisküvilerin teknolojik özelliklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında; einkorn bisküvilerinin, kontrol bisküvilerinden daha ince, daha geniş çaplı, daha koyu renkli, pürüzsüz bir yüzeye ve daha yüksek kırılma direncine sahip oldukları belirlenmiştir. Ayrıca, normal buğday unu bisküvilerinden daha fazla karotenoide sahip olup, daha az ısı hasarı göstermişlerdir.

Hidalgo ve Brandolini (2011) einkorn, durum ve ekmeklik buğdaydan elde edilen ekmek örneklerinin ısı hasarı, şeker, amilazlar ve renk özellikleri değerlendirmişlerdir. Isı hasarı ile oluşan furosin, einkorn ekmeklerinde; ekmeklik buğdaydan ve makarnalık buğdaydan düşük bulunmuştur. Einkorn ekmeklerinin kabuk rengi ısı hasarına bağlı olarak daha açık bulunmuştur.

Levent ve Aktaş (2019) çalışmalarında %10, 20 ve 30 oranında einkorn ununu rafine buğday unu ile yer değiştirerek kek üretimde kullanmışlardır. Einkorn kullanımı ile kek örneklerinin kabuk ve kek içi L^* değerleri azalmış, a^* değerleri artmıştır. Genel olarak kek örneklerinin hacimleri istatistiksel olarak benzer bulunmuştur. Duyusal değerlendirme sonuçları, tüm kek örneklerinin tekstür puanlarının kontrol örneklerine benzer olduğunu, ancak keklerin tadı ve çiğnenebilirliğinin einkorn ilavesi ile iyileştiğini göstermiştir.

Yılmaz ve Koca (2017) farklı pişirme ve kurutma tekniklerinin einkorn ve durum bulgurunun biyokaktif bileşenleri üzerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında; en yüksek toplam fenolik madde miktarını einkorn bulgurunda bulunmuş ancak bulgur üretimi sırasında durum buğdayına göre daha fazla kayba maruz kalmıştır. Einkorn bulgurunun durum bulgurundan yaklaşık 2 kat daha fazla toplam sarı pigment içerdiği belirlenirken, her iki buğdayda da en fazla bulunan fenolik asit ferulik asit, en az ise klorojenik olarak kaydedilmiştir. Yılmaz (2019) farklı pişirme ve kurutma yöntemlerinin emmer

bulgurlarının biyoaktif bileşiklerdeki ve antioksidan aktivitelerindeki değişiklikleri araştırdığı çalışmasında; biyoaktif bileşikler ve antioksidan aktivitenin, tüm bulgur üretim yöntemlerinde önemli ölçüde azaldığını bildirmiştir.

Hendek Ertop (2019) einkorn buğdayı ve makarnalık buğdaydan üretilen endüstriyel ve ev yapımı bulgurların fizikokimyasal, besinsel ve mikrotekstürel özelliklerini karşılaştırdığı çalışmasında; bulgur üretimin metodunun bulgur örneklerinin fizikokimyasal özellikleri üzerinde bir etkisinin olmadığı einkorn bulgurlarının kül ve yağ açısından daha zengin olduğu ayrıca durum bulguruna kıyasla daha koyu renkli olduğu belirlenmiştir. Ayrıca einkorn bulgurlarının mikro elementlerden Fe ve Zn açısından durum bulgurlarından üstün bulunmuştur.

Tekin ve ark. (2021) einkorn ve emmer buğdayları arasındaki genetik değişkenliğin ve pişirme yöntemlerinin bulgur kalite parametreleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Elde edilen bulgulara göre genotip, incelenen tüm parametreler üzerinde önemli etkilere sahip bulunmuştur. Makarnalık ve ekmeklik buğday örneklerinden oluşan kontrol grubu ferulik asit, toplam fenolik içerik ve antioksidan aktivite açısından einkorn ve emmer bulgur örneklerine göre daha yüksek değerlere sahipken, einkorn bulgur örneklerinin toplam karotenoid içeriği diğer gruplara göre belirgin olarak daha yüksek bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar, mikrodalgada pişirmenin bulgurun besin kalitesi için genel olarak umut verici sonuçlar verdiğini göstermiştir. Ayrıca kavuzlu buğday türleri olan einkorn ve emmer, besleyici özellikleri ile endüstriyel bulgur üretiminde durum buğdayı ile rekabet edebilecek büyük bir potansiyele sahip bulunmuştur.

Cankurtaran ve Bilgiçli (2021) einkorn bulguru ve emmer buğday ununu pseudocereallar ile kuskus üretiminde kullanmışlardır. Einkorn bulguru ve emmer ununun kullanımı ile geleneksel kuskus örneklerine kıyasla örneklerin kül, protein, yağ, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite değerlerinin arttığı bildirilmiştir.

Makarna üretiminde emmer buğday unu kullanılan bir çalışmada, işleme ve pişirme işlemlerinin makarnanın çözünmeyen diyet lifi içeriğini artırırken, çözünür diyet lifi içiriğinde kayıp gözlenmiştir. Pişirme işlemi ayrıca amiloz ve dirençli nişasta içeriğinde kayda değer bir artışa neden olmuştur. Antioksidan bileşikler ve toplam fenolik madde miktarı pişme işlemi ile önemli ölçüde azalmıştır. Ayrıca emmer buğday unu glisemik indeksi değerini önemli ölçüde düşürerek, fonksiyonel bileşen kaynağı olarak kullanımının önünü açtığı ifade edilmiştir (Fares ve ark., 2008).

Bobryk-Mamczarz ve ark. (2021) emmer buğdayının endüstriyel makarna üretimi için uygunluğunu değerlendirdikleri çalışmalarında; emmer buğdayının makarna üretiminde durum buğdayı kadar iyi özelliklere sahip olmadığını, bununla birlikte emmer makarnasının protein, gluten ve kül içeriğinin daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Emmer buğdayının irmik verimi, tane sertliği, öğütme parametreleri ve nişasta hasarının derecesi durum buğdayına en yakın, ancak irmiğin rengi ve makarnanın organoleptik özellikleri durum makarnasından daha zayıf bulunmuştur.

Borghi ve ark. (1996) einkorn buğdayının ekmeklik özelliklerini araştırdıkları çalışmalarında; 25 einkorn hattından yedi tanesinin, ekmeklik buğdayınkine benzer alveograf değerleri ve farinograf stabilite indeksleri veren kabul edilebilir gluten mukavemetine sahip olduğu bildirilmiştir. Bu buğday örneklerinin, yaklaşık üçte biri kabul edilebilir hamur özellikleri ve hacimleri ekmeklik buğdaya benzer veya ondan daha iyi olan parlak sarı renkli ekmek üretimine imkan vermiştir.

Antognoni ve ark. (2017) modern buğdaylara göre einkorn buğdayının daha yüksek karotenoid içeriğine sahip olduğunu ve ekşi hamur fermantasyonu sırasında atmosferik oksijene daha uzun süre maruz kalmasına rağmen korunduğunu bildirmişlerdir Ayrıca, sindirim sıvısının etkisiyle maskelenmiş olmasına rağmen, einkorn ekmeğinin anti-inflamatuar etki gösterdiği belirlenmiştir.

Çakır ve ark. (2020) einkorndan üretilen spontane ekşi hamurlarda laktik asit bakteri suşlarının karakterizasyonu ve ekşi mayalı ekmeğin bazı kalite özelliklerini inceledikleri çalışmalarında; %25, 50, 75 ve 100 oranında einkorn unu kullanılmış ve 32 farklı laktik asit bakterisi belirlenmiştir. %25 ve %50 einkorn unu içeren ekşi mayalı ekmekler, daha iyi hacim, özgül hacim ve tekstürel özelliklere sahip bulunurken, duyusal özellikler açısından %100 einkorn buğday unu içeren ekmek en iyi puanı almıştır.

Keçeli ve ark. (2021) einkorn buğdayının ekmeklik için uygunluğunu araştırdıkları çalışmalarında; einkorn rafine un ilavesinin daha açık renkli ekmek üretimi sağlarken, artan einkorn tam buğday unu oranının daha koyu ekmekleri beraberinde getirdiğini belirtmişlerdir. Einkorn tam buğday unu içerdiği kepek miktarının yüksek olması nedeniyle ekmek hacim değeri, rafine einkorn unundan üretilen ekmek örneklerinden önemli ölçüde düşük bulunmuştur. Einkorn, ekmeklik buğday unu ve tam buğday unu ile belirli oranlarda karıştırılarak tüketici taleplerine uygun ekmek üretiminde kullanılabileceği ifade edilmiştir.

2.2. Tahılların Çimlendirilmesi

Günümüzde tüketicinin yaşam tarzı "sağlıklı yaşam ve daha sağlıklı yiyecekler" e doğru kaymıştır (Benincasa ve ark., 2019), dolayısıyla gıda talebi, tokoferoller, fitosteroller, lignanlar, fenolik asitler ve folatlar gibi tahıl tanelerinde bulunabilen diğer biyoaktif bileşiklere olan ilgiyi artmıştır (Slavin ve ark., 2000; Hübner ve Arendt, 2013). Ancak tahılların beslenme kalitesi ve ürünlerinin duyusal özellikleri, daha düşük protein içerikleri, bazı esansiyel aminoasitlerin (lizin) eksikliği, belirli antibesinsel faktörlerin varlığı (fitik asit, tanenler ve polifenoller) nedeniyle yetersiz bulunmaktadır (Chavan ve Kadam, 1989; Sing ve ark., 2015). Tahılların besin değerini sınırlayan önemli faktörler; sınırlı protein içeriği ve kalitesi ve mikro besinlerin (demir ve çinkonun) düşük içeriği ve biyoyararlanımıdır. (Nout, 1993; Mouquet ve ark., 2008; Sing ve ark., 2015). Tahılların besleyici niteliklerini iyileştirmek amacıyla bir dizi yöntem kullanılmaktadır. Tahılların çimlendirilmesi bu işleme teknolojilerinden sadece birisidir (Mattila-Sandholm, 1998; Pugalenthi ve Vadivel, 2005; Sing ve ark., 2015).

Çimlendirme; bitkilerin gelişme ve büyümesi için gerekli enerji ve esansiyel bileşenlerin sağlanması amacıyla tohumda bulunan proteinlerin parçalanması, lipitlerin oksitlenmesi ve karbonhidratların basit şekerlere dönüşmesi gibi kompleks metabolik faaliyetlerin bütünü olarak tanımlanmaktadır. Çimlendirilmiş tohumlar genelde "filiz" olarak isimlendirilmektedir. Filizin oluşumu sırasında, bitki ve tohumların bünyelerinde bazı vitamin, mineral ve fenolik maddeler gibi bileşenlerin sentezlenmesi, protein, karbonhidrat ve yağ asidi kompozisyonlarının değişmesi gibi önemli biyokimyasal olaylar meydana gelmektedir (Yetim ve ark., 2010).

Tahıllar, teknolojik ve beslenme özelliklerini iyileştirmek için binlerce yıldır tüketimden önce suya batırılmış ve çimlendirilmiştir. Çimlenmenin tahılın görünümünü, lezzetini ve tadını olduğu kadar besin değerini de değiştirdiği ifade edilmektedir (Kaukavirto-Norja ve ark., 2004; Hübner ve Arendt, 2013). Çimlenmenin temel amacı, tanede inaktif olan hidrolitik enzimlerin gelişimini teşvik etmektir (Ayernor ve Ocloo, 2007). Çimlenme sırasında, tahılların biyosentetik potansiyelinden yararlanılır ve bir dizi hidrolitik enzim sentezlenir. Çimlenen tahıldaki reaksiyonlar, yapısal modifikasyona ve bazıları yüksek biyoaktiviteye sahip olan ve tahılların besin değerini ve stabilitesini artırabilen yeni bileşiklerin sentezine yol açar (Kaukovirta-Norja ve ark., 2004).

Çimlenme sırasında kimyasal bileşimde değişim; Çimlenme sırasında yapıda, biyoaktivite, tat, stabilite ve sindirilebilirlik gibi ürün özelliklerini etkileyen birçok biyokimyasal değişiklik meydana gelir (Salmenkallio-Marttila ve ark., 2001; Heiniö ve ark., 2003; Katina ve ark., 2007). Çimlenme, tohumların enzimatik aktivitesini tetikleyerek proteinlerin, karbonhidratların ve lipidlerin daha basit formlara parçalanmasına yol açar (Nout ve Ngoddy, 1997). Hidrolitik enzimler aktive olur ve nişastayı, nişasta olmayan polisakkaritleri ve proteinleri parçalayarak arpa (Rimsten ve ark., 2002), buğday (Yang ve ark., 2001), yulaf (Mikola ve ark., 2001) ve pirinçte (Manna ve ark., 1995) oligosakkarit ve amino asitlerin artmasına neden olur (Singh ve ark., 2015).

Çimlenen tahıllarda, amilazlar, amiloz ve amilopektin olarak depolanan nişastanın basit şekerlere, glikoz ve maltoza hidrolizini katalizler ve indirgenmeyen şeker sükroza, daha yüksek bir sindirilebilirlik kazandırırlar. Bununla birlikte, filizlenmiş tahılların şeker profilindeki eğilimler esas olarak türlere bağlıdır: pirinç, sorgum ve darı, glikozdan daha fazla maltoz biriktirirken karabuğday, maltoz yerine büyük ölçüde glikoz biriktirir (Agu ve ark., 2012; Chiba ve ark., 2012). Nişasta hidrolizi, nişasta granül tipi ve konumu ve nişasta bileşenleri ile ilgilidir. Genel olarak, nişastanın hidrolizi, buğday dahil birkaç türde gözlemlendiği gibi, amiloz içeriğinde küçük değişikliklere neden olabilir (Benincasa ve ark., 2019). Yulafın çimlenmesi sırasında amilaz aktivitesinin 6 kat artığı ve bunun sonucu olarak yulafın toplam nişasta içeriğinin %60'lardan %20'ye düştüğü bildirilmiştir.

Çimlenmenin tahılların diyet lif içeriği üzerindeki etkisi genellikle tutarsızdır ve lif fraksiyonuna, çimlenme süresine ve genotiplere bağlıdır (Nelson ve ark., 2013). Çimlendirilmiş buğdayda, toplam diyet liflerindeki artış 196 saatlik çimlenme süresinde kayda değer görünürken, çimlenme süresinin ilk 48 saati içinde azaldığı gözlemlenmiştir. Arpada 72 saatlik çimlendirme sürecinde önemli bir değişiklik gözlenmezken (Teixeira ve ark., 2016) pirinçte, toplam diyet lifinde bir artış gözlenmiş ve bu durum yeni birincil hücre duvarlarının oluşumu ile açıklanmıştır (Lee ve ark., 2007). Toplam lif içeriğindeki artışın yanı sıra, çimlendirilmiş esmer pirinç çeşitlerinin hem çözünür hem de çözünmez lif fraksiyonları için de artış eğilimi kaydedilmiştir (Ohtsubo ve ark. 2005) Yulaf için de çimlenme sırasında çözünmeyen fraksiyonda artış gözlenmiştir (Hübner ve ark., 2010; Benincasa ve ark., 2019).

Tahılların protein içeriği genel olarak kuru ağırlığın %8 ila %16'sı arasında değişmektedir (Donkor ve ark., 2012). Sağlam tahıl taneleri, 1 gün çimlendikten sonra

önemli ölçüde artan düşük endojen peptidaz aktivite seviyelerine sahiptir (Elmoneim ve ark., 2010; Faltermaier ve ark., 2015). Sorgum (Elmoneim ve ark., 2010), arpa (Osman ve ark., 2002), çavdar (Kolodziejczyk ve Michniewicz, 2004), yulaf (Mäkinen ve ark., 2013) ve buğday (Faltermaier ve ark., 2015) 15 ila 27 °C'de 3 ila 7 gün çimlendirildiğinde depeptidaz aktivitesinde 2 ila 5 kat artış gözlenmiştir. Endopeptidazlar, çimlenme sırasında aleuron ve skutellumdan üretilir. Tanenin gelişimi için çok önemlidirler çünkü depolama proteinlerini parçalarlar ve fonksiyonel proteinleri aktive ederler. Genel olarak, çimlendirme protein hidroliziyle sonuçlanırken, toplam protein içeriğinde ilgili değişikliklere neden olmaz (Cáceres ve ark., 2014) Bununla birlikte, bazı çalışmalar çimlenmiş buğday (Seguchi ve ark., 2010), sorgum (Afify ve ark., 2012) ve pirinçte (Esa ve ark., 2011) protein içeriğinde %3 ila %10 oranında önemli bir azalma olduğunu bildirmiştir. Buna karşılık, diğer çalışmalar filizlenmiş arpa (Teixeira ve ark., 2016), yulaf, buğday, sorgum, çavdar, pirinç (Donkor ve ark., 2012) ve darıda (Mbithi-Mwikya ve ark., 2000) protein içeriğinde %5 ila %10'luk bir artış bildirmiştir. Protein içeriğindeki azalma, suda çözünür peptitlerin ıslatma suyuna süzülmesine bağlanırken (Afify ve ark., 2012), artış muhtemelen solunum yoluyla karbonhidrat kaybıyla açıklanabilir (Mbithi-Mwikya ve ark., 2000). Bununla birlikte, çimlenmiş ve çimlenmemiş tahıllar arasındaki protein içeriğindeki nispi farklılıkların %10'dan daha küçük olduğu bildirilmiştir (Lemmens ve ark., 2019).

Tanenin çimlenmesi sırasında, depo proteinleri, çimlenme periodunun başlangıcından 2-3 gün sonra proteolitik enzimler tarafından peptitlere ve amino asitlere hidrolize edilir, böylece besin biyoyararlanımı artar (Benincasa ve ark., 2019). Temel amino asitlerden izolösin, lösin, lisin, treonin, valin ve fenilalanin seviyeleri oldukça artar (Hung ve ark., 2012). Amino asit içeriklerindeki artışın yanı sıra, serbest amino asit bileşiminde önemli değişiklikler gözlenmiştir. Özellikle çimlendirilmiş tam tahıllar, insan vücudundaki protein üretiminde rol alan daha yüksek miktarlarda esansiyel amino asitler içerir. Tane tipi ve çimlenme süresi amino asit kompozisyonu üzerinde en büyük etkiye sahiptir. Buğdayda, esansiyel amino asitler izolösin, lösin, fenilalanin ve valin 36 saatlik çimlenmeden sonra maksimum seviyelere ulaşırken, diğer esansiyel amino asitler (treonin ve metiyonin) 24 ve 48 saat sonra en yüksek düzeye ulaşmıştır. Yulafta, çimlenme sırasında albümin içeriğinde bir artış (esansiyel amino asitler lizin ve triptofan açısından zengin) ve ardından globulin ve prolamin içeriklerinde (lizinde zayıf) bir azalma gözlenmiştir (Benincasa ve ark., 2019).

Çimlendirme ile protein çözünürlüğü ve sindirilebilirliği artmaktadır. Bu bağlamda, 17 ila 27 °C'de 3 ila 5 gün çimlendirilen arpa ve buğdayın protein çözünürlüğünde 1.2 ila 2.0 kat artış kaydedilmiştir. Bunun aksine, Swieca ve Dziki, (2015), buğdayın 20 ila 25 °C'de 4 gün çimlendirilmesinin ardından protein sindirilebilirliğinde herhangi bir değişiklik gözlemlememiştir. Bu sonuç, filizlenme sırasında proteinlerle çözünmeyen kompleksler oluşturabilen ve bunların sindirilebilirliğini azaltabilen serbest fenolik bileşiklerin düzeylerindeki artışla ilişkilendirilmiştir. Ayrıca, bazı fenolik bileşikler, sindirim sistemi enzimlerinin aktivitesini ve bunların substratları için afinitesini olumsuz etkileyebilmektedir (Swieca ve Dziki, 2015). Tahıllarda bulunun antibesinsel bileşenler yine proteinlerin sindirilebilirliğini azaltabilmektedir. Sorgum proteini, proteolitik enzimlerle kompleksler oluşturarak proteinlerin sindirilebilirliğini sınırlayan kondanse tanenler ve tripsin inhibitörleri içerdiğinden (Afify ve ark., 2012; Swieca ve Dziki, 2015), diğer tahıl proteinlerinden %15 ila %25 daha az sindirilebilmektedir (Ogbonna ve ark., 2012; Lemmens ve ark., 2019).

Lipit katabolizması, tanenin çimlenmesi sırasında biyokimyasal ve fizikokimyasal modifikasyon için gerekli olan enerji ve karbon kaynaklarını sağlar (Moongngarm ve Saetung, 2010). Bu bağlamda, tahıl tanelerinin aleuron ve/veya skutellumdaki çimlenme sırasında lipaz ve lipoksigenaz aktivite seviyelerinde 1.2 ila 2.3 kat artış meydana gelir (Mäkinen ve ark., 2013). Lipaz aktivitesindeki artışın sonucunda 3 gün filizlenen darıda (Suma ve Urooj, 2014), 22 °C'de 5 gün çimlenen arpada (Chung ve ark., 1989), ve 16 °C'de 6 gün çimlenen yulafta (Peterson, 1998) lipit içeriklerinde %8 ila %15 azalma meydana gelmiştir. Çimlenme sıcaklıklarının arttırılması, daha yüksek bir lipit parçalanmasına yol açar. Lipaz, trigliseridlerin gliserol ve serbest yağ asitlerine parçalanmasını katalize eder. Gliserol ve serbest yağ asitleri esas olarak sakkaroza dönüştürülür ve bu da kök ve sürgün tarafından kullanılmak üzere scutelluma gönderilir (Lemmens ve ark., 2019).

Kepekte bulunan fosforun (P) yaklaşık %85'i fitik asit (miyoinositol 1,2,3,4,5,6-hexa*kis*fosfat) olarak depolanır ve esas olarak aleuron hücrelerinde bulunan protein açısından zengin globoid yapılara gömülü granüller halinde oluşurlar (Schlemmer ve ark., 2009). Çoğu fitik asit, demir (Fe), çinko, (Zn) kalsiyum (Ca), mangan (Mn), magnezyum (Mg) ve bakır (Cu) gibi katyonlarla şelat oluşturarak fitata dönüşür (Schlemmer ve ark., 2009). Fitatların biyoyararlanımı ve varlığı insan gastrointestinal kanalında

absorbsiyonunun yanı sıra, kan yoluyla insan organlarına ve dokularına dağılımları yalnızca %5 ila %25'tir. Bu durum insanların bağırsak fitaz enzimlerine sahip olmamasından kaynaklı sindirilme dereceleri ve emilimlerinin zayıf olmasından kaynaklanmaktadır (Bouis ve ark., 2011). Sadece inositol hekzafosfat (IP6) değil, aynı zamanda bazı düşük inositol polifosfatlar da mevcuttur. Bunlar arasında inositol pentafosfat (IP5), tetrafosfat (IP4) ve trifosfat (IP3) bulunur. Bitki bazlı diyetlerde, IP6 ve IP5, bağırsaktan Fe ve Zn emiliminin ana inhibitörleridir (Hurrell, 2004; Lemmens ve ark., 2019). Tahıl tanelerinin çimlenmesi sırasında, bitkinin büyümesi ve gelişiminde rol oynayan fosfat, mineral maddeler ve miyoinositol oluşturmak için fitazlar aktive edilir (Miransari ve Smith, 2014). Böylelikle kontrollü şartlar altında tanenin çimlendirilmesi, mineral elementlerin biyolojik olarak erişilebilirliğini arttırır (Lemmens ve ark., 2019). Olgun tahıl taneleri, çimlenme sırasında önemli ölçüde artan nispeten düşük endojen fitaz aktivitesine sahiptir. Bu enzim aktivitesi tahıl ve çimlenme koşullarına göre değişir. Pirinç, çavdar, buğday, arpa, sorgum ve yulafın fitaz aktivitesinde 15 ila 25 °C'de 4 ila 5 gün çimlendirilmesinin ardından 3 ila 10 kat artış olduğu bildirilmiştir (Azeke ve ark., 2011). Çimlenmenin bir sonucu olarak endojen fitaz aktivitesindeki artış, doğrudan fitat hidrolizine ve dolayısıyla bağlı minerallerin salınmasına ve gelişmiş mineral biyo-erişilebilirliğine yol açmaktadır. Bartnik ve Szafranska (1987), 20 ° C'de 3 gün çimlenme sonucunda arpada %12, buğdayda %16 ve çavdarda %28 fitat parçalanması belirlerken, Centeno ve ark. (2001), arpa ve çavdarda sırasıyla %37 ve %68 fitat parçalanması bildirmiştir. Genel olarak, tahıldaki yüksek fitaz aktivitesi, yüksek fitat hidroliziyle sonuçlanır. Fitat konsantrasyonunu %30'dan daha fazla düşürmek için nispeten uzun çimlenme sürelerine (3 ila 5 gün) ihtiyaç vardır (Azeke ve ark., 2011). Azeke ve ark. (2011), 24 - 28 °C'de 2 günlük çimlenmenin ardından pirinç, sorgum, buğday ve darının fitat içeriğinde sadece %5, %10, %9 ve %9'luk bir azalma olduğunu 5 günlük çimlendirmenin ardından ise fitat içeriğinin sırasıyla %57, %47, %34 ve %37 oranında azaldığını rapor etmişlerdir. Ayrıca, Hübner ve ark. (2010), 10 °C'de 2 günlük çimlenmenin bir sonucu olarak yulafta fitat içeriğinde yalnızca %6'lık bir azalma bildirirken, bu sıcaklıkta 6 gün çimlendirildiğinde fitat içeriğinin %32 azaldığını rapor etmişlerdir.

Tanelerin çimlendirilmesinden hemen önce ıslatılması sırasında, sızıntı nedeniyle mineral kaybı meydana gelebilir (Hübner ve ark., 2010). Tahıl taneleri çimlenmeden önce 30 °C'de ıslatıldığında kayıp nispeten yüksektir (yaklaşık %30) (Afify ve ark., 2011). Ek

olarak, mineraller gelişmekte olan embriyoya taşınır ve gelişen kökçükler uzaklaştırıldığı zaman çimlenen tahıldan mineral kaybına yol açar (Hübner ve ark., 2010). Filize geçen mineraller esas olarak skutellum ve aleurondan kaynaklanırken, nişastalı endospermdeki mineral konsantrasyonu büyük ölçüde değişmeden kalır (Eastwood ve Laidman, 1971). Tohum çimlenmesi sırasında en hareketli mineral iyonları K, Ca ve Zn'dur, Mn ve Fe iyonları ise daha az hareketlidir.

Tahıl taneleri, 0.9- 4.1 mg/100 g arasında değişen seviyelerde E vitamini (tokoferol ve tokotrienollerden oluşur) içerir (EFSA, 2015). Ayrıca tahıl çeşidine bağlı olarak Tiamin (B_1) içeriği 0.2-0.5 mg/100 g arasında, riboflavin (B_2) içeriği 0.02-0.14 mg/100 g arasında ve piridoksin (B_6) içeriği 0.25-0.76 mg/100 g arasında değişmektedir (Coulibaly ve Chen, 2011). Son olarak, tahıllardaki niasin (B_3) içeriği 2.7 ila 7.6 mg/100 g ve folat içeriği 0.016-0.143 mg/100 g arasında değişmektedir (Koehler ve ark., 2007). Hububat tanelerindeki vitamin içeriği filiz gelişimi için önemli olup çimlenme sırasında artar. Çimlenmiş tahılların vitamin içeriğindeki farklılıklar, tahılın türüne ve çimlenme koşullarına bağlıdır. Sentezlenen vitaminler esas olarak kök hücrelerinde birikir ve çimlenme işleminin ardından bunların uzaklaştırılması önemli miktarda vitamin kaybına neden olur (Hucker ve ark., 2012). E vitamini, iyi bilinen bir antioksidandır. Hücre zarları içindeki serbest radikalleri temizler ve esas olarak tahılların embriyosunda bulunur. Çimlenme sırasında sentezlenen Tokoferoller embriyo içinde depolanır ve tohum çimlenme sırasında kökçüklere taşınır (Hucker ve ark., 2012). E vitamini içeriğindeki artışın temel belirleyicisi çimlenme süresidir. Yang ve ark. (2001), 16.5 °C'de 7 gün çimlendiğinde buğdaydaki tokoferol içeriğinde 2.5 kat artış bildirmişlerdir. Tahıllardaki B vitamini içeriği genellikle çimlenme sonucu artar ve fide gelişimini ve büyümesini destekler. B vitaminleri çimlenme sırasında kökçüklere taşınır, bu da kökcüklerin atılmasının çimlenen tahılların B vitamini içeriğini azalttığı anlamına gelir (Hucker ve ark., 2012). Tahıl tanelerindeki C vitamini içeriği genellikle tespit edilemez veya çok düşüktür. Ancak çimlenme sırasında C vitamini sentezlenir ve çimlenmiş buğdayda 5 ila 55 mg/100 g kadar çıkabilir (Yang ve ark., 2001). Çimlenmiş tahıllardaki nispeten yüksek E, B ve C vitaminleri tüketildiğinde, bu vitaminlerin günlük alımına önemli ölçüde katkıda bulunabilir. Yetişkinler, günlük 100 ila 150 g çimlenmiş buğday veya çavdar taneleri tüketerek folatın RDA değerini karşılayabilir. 100 g çimlenmiş tahıl niasinin günlük alım miktarının %20 ila %35'ini, riboflavin ve piridoksin günlük alım miktarının

%5 ila %30'unu ve E vitamini günlük alımının %3 ila %36'sını karşılayabilirler (EFSA, 2015).

Tahıllarda vitaminler, steroller ve fenolik bileşikler ile fitik asit dahil olmak üzere antioksidan özelliklere sahip bir dizi bileşik bulunmuştur (Fardet ve ark., 2008). Adı geçen bileşiklerin çoğu ya kepek ya da ruşeymde yoğunlaşmıştır (Slavin ve ark., 2010). Genel olarak çimlenme tahılların antioksidan aktivitesini arttırır. Çeşitli araştırmacılar, çimlenme ile buğdayın antioksidan aktivitesinde 1.2-2.9 kat artış olduğunu bildirmişlerdir (Alvarez-Jubete ve ark., 2010; Žilić ve ark., 2014). Çimlenmiş tahıllardaki yüksek antioksidan aktivite, esas olarak E vitamini ve polifenollerin birikimine bağlanır (Ahmad ve ark., 2016). Tahıl tanelerindeki ana (poli-) fenoller, p-hidroksibenzoik, ferulik, sinapik, vanillik ve p-kumarik asitlerdir (Cáceres ve ark., 2014; Fardet ve ark., 2008). Genel olarak, tahıllardaki polifenollerin %60 ila %90'ı bağlı formda bulunur (Fardet ve ark., 2008). Çimlendirilen buğdayda toplam polifenol içeriğinde 1.2 ila 3.6 kat artış ölçülmüştür (Alvarez-Jubete ve ark., 2010; Swieca ve Dziki, 2015). Ayrıca, kahverengi pirinçte ve buğdayda bağlı fenolik bileşik konsantrasyonundan 1.5 ila 1.7 kat (Ohm ve ark., 2016) ve serbest fenolik bileşiklerin konsantrasyonundan 1.3 ile 3 kat artış bildirilmiştir (Zilic ve ark., 2014). Serbest fenolik bileşikler, bağlı fenolik bileşiklerden daha etkili antioksidanlardır. Fenolik bileşikler çimlenme sırasında biyosentezlenir ve sinamoil esterazlar ve ferüloil esterazlar ile kombinasyon halinde selülazlar ve endoksilanazlar gibi sentezlenen hücre çeperini parçalayan enzimler, hücre duvarlarına bağlı fenolik bileşikleri hidrolize edebilir. Bu, başta ferulik asit olmak üzere serbest fenolik bileşiklerin seviyelerini artırır ve böylece antioksidan kapasiteside artar. (Benincasa ve ark., 2014; Cáceres ve ark., 2014; Lemmens ve ark., 2019).

Çimlenmiş tohumların insan beslenmesinde kullanımı; Tohumların çimlendirilmesi, özellikle çimlenmiş tanelerin geleneksel mutfağın önemli bir parçası olduğu Doğu ülkelerinde çok uzun zamandır bilinmektedir. 1980'lerden başlayarak, çimlenmiş tohumların tüketimi, diyetetik ve egzotik sağlıklı gıdalara olan tüketici talebi nedeniyle Batı ülkelerinde de yaygınlaşmıştır. Benzersiz renk, zengin lezzet ve biyoaktif maddelerin kayda değer içeriği gibi kendine özgü özellikleri göz önüne alındığında, salataların duyusal özelliklerini geliştirmek veya çok çeşitli ürünleri süslemek için kullanılmaktadırlar (Treadwell ve ark., 2010). Dahası, çimlenme, karmaşık ekipman olmadan yapılabilen, hızlı bir üretim döngüsüne sahip (en fazla iki ila üç hafta), sera üretiminde çok az yer kaplayan ve oldukça yüksek verim sağlayan basit ve ucuz bir

işlemdir (Delian ve ark., 2015; Kyriacou ve ark., 2016). Alkollü içeceklerin üretimi için kullanılan özel bir çimlenmeyi temsil eden maltlamanın yanı sıra, çimlenmiş tahıllar yemeye hazır filizler şeklinde tüketilebilir veya kurutma ve kavurma işlemleri uygulanabilir. Son trend buğday ekmeğinin çimlenmiş tahıl ve pseudocereallar ile takviye edilmesidir (Falcinelli ve ark., 2018). Bununla birlikte, kontrolsüz çimlenme koşulları yüksek enzimatik aktivite ve sonuçta, hamurun fiziksel özelliklerini ve ortaya çıkan pişirme performansını olumsuz etkileyebilir (Marti ve ark., 2018). Çimlenen tahıllar ayrıca erişte, makarna, mayasız ekmek ve yulaf lapası yapımında da kullanılmaktadır (Shingare ve Thorat, 2013). Çimlenmiş tahıllar ve una dayalı karışımın laktik asit fermantasyonu ile elde edilen fonksiyonel içecekler üretilebilir. En azından buğday çimi çoğunlukla taze meyve suyu veya tabletler, kapsüller ve sıvı konsantreler olarak tüketilmektedir (Benincasa ve ark., 2019).

Çimlendirilmiş buğdaylar üzerine yapılan çalışmalar; Buğday, dünya nüfusunun üçte birinden fazlası için en temel gıda ürünüdür. Son yıllarda, tam buğday ürünleri, sağlığı geliştirici bileşenleri nedeniyle gıda endüstrisinden ve tüketici pazarından büyük ilgi görmüştür. Çimlendirilmiş tahıl ürünleri, artan besin değerleri, geliştirilmiş besin emilimi ve daha iyi lezzet ve tatları nedeniyle gıda endüstrisinde ilgi görmeye başlamıştır (Nelson ve ark., 2013). Gelişmiş besin değerinin yanı sıra, filizlenmiş buğdaydan elde edilen tam buğday ununun fonksiyonel özellikleri de gıda endüstrisinde önemli bir husustur. Günümüzde çimlenmiş tahılların insan beslenmesin de kullanımında ve beslenme özellikleri ve fitokimyasal içerikleri ile ilgili bilimsel araştırmalarda artış olmuştur (Benincasa ve ark., 2019). Çimlendirme, fonksiyonel değeri arttırmak için verimli ve etkili bir yöntem olarak önerilmiştir (Abderrahim ve ark., 2012).

Dhillon ve ark. (2020) 30 ºC'de 3 gün çimlendirdiği buğdaylardan elde ettiği tam unu %25, 50, 75 ve 100 oranında işlem görmemiş buğday tam unu ile yer değiştirerek ekmek üretiminde kullanmıştır. Çimlendirilmiş buğday unu ile hazırlanan ekmek örneklerinin yüksek protein ve nem içeriği sergiledikleri rapor edilmiştir. Panelistler çimlenmiş buğday unu ilave edilen tüm ekmekler için tatmin edici bir genel kabul edilebilirlik puanı vermişlerdir.

Liu ve ark. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada; makarna formülasyonunda %25, 50, 75 ve 100 oranlarında çimlenmiş buğday unu kullanmışlardır. İlave edilen çimlenmiş buğday unu miktarı arttıkça makarna örneklerinin kimyasal bileşimi zenginleşmiştir. Ayrıca çimlenmiş tam buğday ununun makarnalara dahil edilmesinin

renk, tekstür, lezzet ve genel beğeni kriterleri açısından tüketici beğenisini artırdığını bildirmişlerdir.

Marti ve ark. (2018) 20 ºC'de 48 saat çimlendirilmiş buğdaylardan elde edilen rafine buğday ununu %25, 50, 75, ve 100 oranında ticari rafine buğday unu ile yer değiştirerek ekmek üretiminde kullanmışlardır. Çimlenmiş buğday ununun ekmek hamurunun reolojik özelliklerini geliştirdiğini, fermantasyon sırasında gaz üretiminin ve %100 katkı oranında yavaş sindirilen nişasta içerinin arttığını bildirmişlerdir. Bunlarla birlikte ekmek hacminin artan çimlenmiş buğday unu oranı ile arttığını ve ekmek kabuk renginin koyulaştığını ifade etmişlerdir.

Naumenko ve ark. (2021) 22 ºC'de filizleri 1.5-2.0 mm uzunluğa erişinceye kadar çimlendirdikleri buğdaylardan elde ettikleri tam unu %10, 20 ve 30 oranlarında ekmek formülasyonunda kullanmışlardır. Çimlenmiş buğday tanesinden elde edilen tam buğday ununu, artan sindirilebilirlik ve enzimatik aktivite ile esansiyel amino asitler, kolayca sindirilebilir şekerler ve diyet lifi içeren tam teşekküllü bir ham madde olarak tanımlamışlar ve yüksek reolojik özelliklere sahip kaliteli ekmek elde edilmesini sağladığını bildirmişlerdir.

Đurović ve ark. (2021) 20 ºC'de 6 gün çimlendirdikleri buğdayların kurutulup, öğütülmesi ile elde edilen tam unu %2.5, 5.0 ve 7.5 oranında bisküvi formülasyonuna dahil etmişlerdir. Artan oranda çimlenmiş buğday ununun kullanılması ile bisküvi örneklerinin ham protein, yağ ve kül içerikleri ile enerji değerlerin arttığı bildirilmiştir. Ayrıca çimlenmiş buğday unu kullanımının daha yüksek fenolik, alfa-tokoferol ve antioksidan aktivite değerleriyle sonuçlandığı rapor edilmiştir.

Zhu ve ark. (2017) çimlendirilmiş (25 ºC'de 48 saat) buğday ununu %15 oranında tam buğday unu ile yer değiştirerek makarna üretiminde kullanmışlardır. Çimlenmiş buğday ununun kullanımı ile makarnaların protein, indirgen ve toplam çözünür şeker içeriği artmıştır. Çimlenmiş buğday unu içeren örneklerin kontrol örneğe benzer duyusal puanlara sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

2.3. Tahıllara Nemli-Isıl İşlem Uygulaması

Nemli-ısıl işlem, nişasta için etkili bir fiziksel modifikasyon yöntemidir ve genellikle nişasta modifikasyonunu, jelatinizasyon sıcaklığının altında (84-120 ºC) camsı geçiş sıcaklığının üzerinde sınırlı bir nem içeriği (%18-30 nem) koşulunda

gerçekleştirilmektedir. Nemli-ısıl işlem, genellikle ısıl işlem sırasında olası nem kayıplarını ortadan kaldıran, numuneyi kapalı bir kaba yerleştirerek sabit nem içeriğinde uygulanır. Nemli-ısıl işlem, amorf ve kristalize bölgelerde nişasta zincirlerinin yeniden düzenlenmesini teşvik eder, bu da çözünürlüğü, şişmeyi, amiloz çözünürlüğünü ve pik vizkozitesini azaltır; kıvamlı yapı oluşturma (pasting) sıcaklığını, jelatinizasyon sıcaklığını ve termal stabiliteyi arttırır ve enzimatik duyarlılıkta değişikliklere yol açar, (Franco ve ark., 1995). Nemli-ısıl işlem uygulamasından sonra elde edilen unun hamur viskozitesindeki büyük azalma nedeniyle, buğday ununun modifikasyonunda nemli-ısıl işlem uygulanması sınırlıdır. Nemli-ısıl işlem nişastaları, doğal nişastalara göre daha yüksek termal stabiliteye ve daha düşük retrogradasyona sahip olduğu için gıda sanayinde makarna ve ekmek yapımında, dondurulmuş ve konserve ürünlerde ise ingrediyen olarak kullanılmaktadır. Nemli-ısıl işlemden sonra oluşan retrograde amiloz 3.tip dirençli nişastadır. Nemli-ısıl işlem dirençli nişasta üretiminde oldukça ekonomik bir yöntem olmakla birlikte (Li ve ark., 2011), nişastanın fonksiyonel özelliklerini geliştirir. Herhangi bir kimyasal artık bırakmadığı için çevre dostu olan bir metottur (Sun ve ark., 2014).

Chung ve ark. (2012) nemli-ısıl işlem ile modifiye edilmiş çimlendirilmiş kahverengi pirincin buğday ve çimlendirilmiş kahverengi pirinç unlarının karışımlarından elde edilen kompozit eriştelerin pişme kalitesi ve tekstürel özellikleri üzerindeki etkisini incelemiştir. Nemli-ısıl işlem uygulanış çimlendirilmiş kahverengi pirincin (%17-%20 nem, 100 °C, 4 saat), kompozit eriştelerin pişirme kalitesini ve dokusal özelliklerini iyileştirdiğini bulmuşlardır.

Li ve ark. (2020) nemli ısıl işlem uygulanmış buğday ununun fizikokimyasal özelliklerini ve erişte kalitesine etkilerini araştırmışlardır. Nemli-ısıl işlem ile birlikte buğday ununun jeletinizasyon sıcaklığı artış göstermiştir. Elde edilen unların sindirilebilir nişasta miktarı azalmış ve dirençli nişasta içeriği artmıştır. Erişte örneklerinin sertlik değeri ve suya geçen madde miktarı artış gösterirken, pişme verimi azalmıştır. Nemli-ısıl işlem uygulanmış unlar ile hazırlanan eriştеler panelistler tarafından daha yüksek duyusal skorlar almıştır.

Liu ve ark. (2019) 20 ºC'de 12 saat çimlendirdikleri buğdaylardan elde ettikleri tam unların nem içeriklerini %17, 21, 25 ve 29'a ayarladıktan sonra nemli ısıl işlem uygulamışlardır (100 ºC'de 1 saat). Nemli-ısıl işlem ile birlikte unların düşme sayısı, viskozitesi, kristalizasyon ve jeletinizasyon sıcaklıkları artarken, düşük hamur stabilitesi gözlenmiştir. Nemli ısıl işlem uygulanmış unlar arasında optimum fizikokimysal özellik

gösteren çimlenmiş buğday ununu erişte üretiminde kullanmışlardır. Çimlendikten sonra nemli-ısıl işlem uygulanmış unlardan üretilen erişte örneklerinin a^* ve b^* renk değerlerinin arttığını, pişme özelliklerinden ağırlık artışı ve suya geçen madde miktarının azaldığını bildirmişlerdir. Ayrıca erişte örneklerinin sertlik değerinin de arttığı belirlenmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Araştırmada materyal olarak 2019 yılının mahsulü olan *Triticum monococcum* L. (Einkorn), *Triticum dicoccum* L. (Emmer) ve *Triticum aestivum* L. (Esperia) kullanılmıştır. Einkorn buğdayı Kastamonu'dan (Türkiye), Emmer buğdayı Kars, Büyükçatma Köyü'nden (Türkiye) ve Esperia buğdayı Konya'da faaliyet gösteren ticari bir firmadan (Türkiye) temin edilmiştir. Çimlendirme işleminden önce Einkorn ve Emmer buğdaylarının kavuzları ayrılmış ve tüm buğday çeşitleri kuru temizleme işleminden geçirilerek yabancı maddelerinden arındırılmıştır.

Ekmek ve erişte üretiminde kullanılan buğday unu Konya'da faaliyet gösteren ticari bir un fabrikasından (Hekimoğlu, Konya Türkiye) temin edilmiştir. Yaş maya (Pakmaya, Kocaeli, Türkiye), sofra tuzu (Salina, Konya, Türkiye) ve yumurta (Sevimli, Konya, Türkiye) yerel bir marketten alınmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Deneme deseni

Çalışma üç aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında; Esperia, einkorn ve emmer buğdayları 7 gün süre ile çimlendirilmiş ve çeşitli kimyasal-besinsel analizlere tabi tutularak optimum besinsel ve teknolojik kaliteyi veren çimlendirme süresi belirlenmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında; "bir önceki aşamada belirlenen sürede çimlendirilmiş daha sonra kurutularak öğütülmüş tam buğday unları", teknolojik kaliteyi artırmak için "çimlendirildikten sonra nemli ısıl işlem uygulanmış (ÇSNIU) tam unlar" ve "işlem görmemiş buğdaylardan elde edilen tam unlar"; %0, 15, 30, 45 ve 60 oranlarında rafine buğday unu ile yer değiştirilerek erişte üretiminde kullanılmıştır. Çalışmanın bu aşaması (3x3x5)x2 deneme desenine göre yürütülmüştür. Bu kapsamda elde edilen erişte örneklerinin bazı fiziksel, kimyasal ve duyusal özellikleri belirlenmiştir.

Çalışmanın üçüncü aşamasında; işlem görmemiş ve çimlenmiş Esperia, einkorn ve emmer buğdaylarından elde edilen tam unlar %0, 5, 10, 15 ve 20 oranlarında rafine

buğday unu ile yer değiştirilerek un paçalları hazırlanmış ve bu un paçallarında renk, gluten, gluten indeks ve düşme sayısı analizleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın bu aşaması (3x2x5)x2 deneme desenine göre yürütülmüştür. Bu aşamanın devamında aynı un paçalları Türk usulü ekmek üretiminde kullanılmıştır. Deneme (3x2x5)x2 faktöriyel desene uygun olarak yürütülmüştür. Bu kapsamda elde edilen ekmek örneklerinin bazı fiziksel, kimyasal ve duyusal özellikleri belirlenmiştir.

3.2.2. Buğday analizleri

3.2.2.1. Buğdaylarda fiziksel analizler

3.2.2.1.1. Renk analizi

Buğday örneklerinin renk değerleri Minolta CR-400 (Konica Minolta, Inc., Osaka, Japonya) cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Ölçümler 50 gram buğday materyali ile yapılmıştır. L^* (parlaklık), a^* (kırmızı, yeşil) ve b^* (sarı, mavi) değerleri tespit edilmiştir. Hue (renk özü) değeri a*>0 ve b*>0 için arctan (b*/a*); $a < 0$ and $b > 0$ için Hue = arctan [b^*/a^*] + 180° formülü ile, SI (doygunluk indeksi) değeri ise $(a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$ formülü ile hesaplanmıştır (Francis, 1998).

3.2.2.1.2. Bin tane ağırlığı

Analiz için yabancı maddesi ayrılmış buğday örneklerinden gelişi güzel 1000 tane seçilmiş ve tartılarak kuru madde üzerinden gram cinsinden ağırlığı ifade edilmiştir (Özkaya ve Kahveci, 1990).

3.2.2.1.3. Hektolitre ağırlığı

Buğday örneklerinde hektolitre ağırlığı tayini kavuzsuz buğday örneklerinde yapılmıştır. 1 litrelik hektolitre ölçü silindiri içerisine tayin edilecek örnek 4 cm yükseklikten 12 saniyede dolacak hızla akıtılmıştır. Bu işlemden sonra bıçak çekilerek, buğdaylar ölçü silindirini doldurunca bıçak tekrar yerine takılmıştır. Daha sonra bıçak üstünde kalan örnekler atılmış ve bıçak çıkarılıp buğdayların tartımı yapılmıştır. İşlem 2

defa tekrarlanmıştır. Bulunan rakamlar litrede gram değerini verdiğinden rakamlar 100 ile çarpılarak hektolitrede kilogram olarak hesaplanmıştır (Özkaya ve Kahveci, 1990).

3.2.2.1.4. Tane sertliği

Tane setliğinin belirlenmesinde Grobecker kesit aleti kullanılmıştır. 50 adet buğday tanesi Grobecker kesit aletine yerleştirilerek camsı yüzeyli buğday taneleri belirlenmiş ve elde edilen sonuç 2 ile çarpılarak % olarak bildirilmiştir (Elgün ve ark., 2001).

3.2.2.1.5. Kavuzlu buğdaylarda kavuzsuz randıman analizi

Kavuzlu haldeki einkorn ve emmer buğdaylarından 100 gram örnek alınmıştır. Kavuz içerisindeki sağlıklı taneler el ile çıkarılmıştır. Kavuzundan temizlenen buğday taneleri tartılarak einkorn ve emmer buğdaylarının kavuzsuz randımanı yüzde olarak hesaplanmıştır (Yılmaz, 2012).

3.2.2.1.6. Uzunluk, genişlik ve kalınlık

Kavuzları uzaklaştırılmış buğdayınlar için uzunluk, kalınlık ve genişlik değerleri Ünal (2009) tarafından belirtilen metoda göre 100 adet buğday tanesinde kumpas (Mitutoyo 500-181-30, Japonya) yardımıyla yapılmış, sonuçlar ortalama olarak belirtilmiştir.

3.2.2.1.7. Tane iriliği

Delik çapı 2.2, 2.5 ve 2.8 mm olan elekler, delik çapı en geniş olan elek en üste, en dar olanı da en alta gelecek şekilde üst üste yerleştirilmiş ve 100 gram buğday tartılıp 5 dakika elek takımında elenmiştir. Süre sonunda her eleğin üstünde kalanlar ayrı ayrı tartılmıştır. İki elek üstü toplamı (2.2+2.5 veya 2.5+2.8) %75'den fazla ise örneğin homojen tane iriliğinde olduğu kabul edilmiştir (Özkaya ve Kahveci, 1990).

3.2.2.2. Buğdayların tam unlarında gerçekleştirilen fizikokimyasal analizler

3.2.2.2.1. Yaş gluten ve gluten indeks

Buğday unlarının yaş gluten miktarı ile gluten indeks değeri AACC 38-12'ye göre Glutomatic-2200 yıkama cihazı ve Centrifuge 2015 santrifüj cihazı kullanılarak belirlenmiştir (AACC, 1990).

3.2.2.2.2. Zeleny sedimentasyon

Zeleny sedimantasyon tayini ICC-Standart No:116/1 metoduna göre (ICC, 2001) belirlenmiştir. 3.2 g un numunesi 100 ml'lik cam mezüre tartılarak üzerine 50 ml brom fenol çözeltisi ilave edilmiş ağızı kapatılmıştır. Homojen bir süspansiyon elde etmek için yatay konumda 5 sn içerisinde 12 kez sallanarak karıştırılmış daha sonra da cihaza yerleştirilerek 5 dk çalkalanmıştır. Üzerine 25 ml laktik asit özeltisi ilave edilerek 5 dk daha çalkalanmış ve tüp düz bir zemin üzerinde 5 dk bekletilerek çökelme değeri göz hizası seviyesinden ml cinsinden okunmuştur. Okunan değer sedimentasyon değeri olarak kaydedilmiştir.

3.2.2.3. Düşme sayısı

Düşme sayısı tayini, AACC metot 56–81B'ye göre Falling Number-7200 (Erkaya, 7200, Türkiye) cihazı kullanılarak yapılmıştır (AACC, 1990).

3.2.2.4. Buğday unlarının hamurlarında gerçekleştirilen reolojik analizler

3.2.2.4.1. Farinograf analizleri

Esperia, einkorn ve emmer unlarından hazırlanan hamurların farinogram özellikleri AACC Standard Method No: 54-21'e göre tespit edilmiştir (AACC, 2000). Farinografta, su absorbsiyonu, gelişme süresi, stabilite ve yumuşama derecesi değerleri belirlenmiştir.

3.2.2.4.2. Ekstensograf analizleri

Esperia, einkorn ve emmer unlarından hazırlanan hamurların ekstensogram özellikleri AACC Standart Metot No: 54- 10 yöntemlerine göre belirlenmiştir (AACC, 2000). Ekstensografta ekmek yapım prosesi göz önünde bulundurularak 135°C'deki enerji, uzamaya karşı direnç, uzama kabiliyeti ve maksimum direnç değerleri kullanılmıştır.

3.2.3. Buğdayların çimlendirilmesi

Çalışmada kullanılacak einkorn ve emmer buğdaylarının kavuzları elle uzaklaştırılmıştır. Kavuzsuz haldeki einkorn, emmer ve Esperia buğdayları kullanılıncaya kadar kuru ve serin bir ortamda da muhafaza edilmiştir.

Çimlendirme sürecinin başlangıcında buğdaylar +4 ºC de 4 saat soğutulmuştur. Ardından buğdaylar toz, kir ve yabancı maddeler uzaklaştırılıncaya kadar yıkanmış ve üzerine 1:5 (a/h) oranında soğuk su eklenerek 30 dakika su içerisinde bekletilmiştir. Suda bekletme işlemi tanenin boyutuna, karakteristik özelliklerine, su absorbsiyon kapasitesine ve tohum kabuğunun kalınlığına göre optimize edilmiştir. Bu işlemin ardından buğdaylar dezenfeksiyon amacıyla 1:3 (a/h) oranında %1'lik (h/h) sodyum hipoklorit (NaClO) çözeltisinde 15 dakika bekletildikten sonra süzülerek yeterli miktarda saf su ile yıkanmıştır. Fazla suyu uzaklaştırılan buğdaylar, içerisinde gazlı bezle sarılmış pamuk bulunan tepsilere yerleştirilmiş ve %80 rutubetli 17 ºC deki iklimlendirme kabininde karanlık şartlarda 7 gün boyunca her gün 10 ml su verilerek çimlendirilmiştir. İlk kökçüklerin oluşmasının ardından tepsiler +4 ºC de 4 saat bekletilerek buğdayların çimlendirme süreci hızlandırılmıştır.

Çimlendirme süresi boyunca, çimlendirme başlangıcından itibaren her 24 saatin sonunda her gün için (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 ve 7. gün) ayrı ayrı hazırlanmış olan yaklaşık 100 gram çimlenmiş buğday iklimlendirme kabininden çıkartılarak çim boyları ölçülmüş ve 60 ºC de 24 saat kurutulmuştur. Kurutma işleminin ardından 500 µm'lik elek altına geçecek şekilde öğütülmüştür. Ardından analizlerde kullanılıncaya kadar -18 ºC de muhafaza edilmişlerdir.

3.2.4. Buğday unlarının hazırlanması

İşlem görmemiş tam buğday unu üretimi: Temizlenmiş buğdaylar çekiçli değirmende (Perten, LM3100, Perten Instruments AB, Huddinge, İsveç) öğütülerek 500 µm'lik elek altına geçecek şekilde tam un elde edilmiştir.

Çimlenmiş buğday unu üretimi: Çimlendirildikten sonra etüvde (Nüve 240, Türkiye) 60 ˚C de kurutulmuş buğday örnekleri öğütülerek 500 µm'lik elek altına geçecek şekilde tam un elde edilmiştir.

Çimlendirildikten sonra nemli-ısıl işlem uygulanmış (ÇSNIU) buğday unu üretimi: Öğütülerek 500 µm'lik elek altına indirgenen çimlenmiş buğday unlarının nem içeriklerini %25'e ayarlamak için polietilen poşet içerisindeki unların üzerine belirlenen miktarda saf su püskürtülmüştür. Polietilen poşet içerisindeki un örnekleri ara sıra karıştırılarak bir gece ağızı kapalı şekilde dinlendirilmiştir. Bu işlemin ardından örnekler ağızı kapaklı cam kavanozlara aktarılmış ve ağızı kapalı formda 100 °C de 1 saat ısıl işlem uygulanmıştır. Oda sıcaklığına soğutulmuş olan örnekler gece boyunca 40 °C'de kurutulmuştur. Bir porselen havan ile hafifçe öğütülüp tekrar 500 µm'lik elekten elendikten sonra erişte üretiminde kullanılıncaya kadar -18 °C de muhafaza edilmiştir (Liu ve ark., 2019).

3.2.5. Çimlendirilmiş buğday analizleri

3.2.5.1. Çimlenme oranı

Çimlenme oranı tohumun çimlenme yeteneğinin oransal değeri olarak ifade edilmektedir (Kaur ve Gill, 2020). Tohumların çimlenme oranının tespiti için 50 adet tohum 17ºC'de %80 nispi nem koşulları altında çimlenmeye bırakılmıştır. Çimlenebilen tohum sayısı yüzde olarak hesaplanmıştır (Şahan, 2017).

3.2.5.2. Çim uzunluğu

Çimlendirilmiş buğdayların çim uzunluklarının kumpas yardımı ile ölçülmesi ile elde edilmiştir. Her buğday çeşidi için 24 saat aralıklarla (7 gün boyunca) 20 çimlenmiş buğday örneğinden ölçüm yapılarak ortalamaları alınmıştır.

3.2.5.3. Kuru madde kaybı

Çimlenme öncesi ve çimlenme sonrası buğday örneklerinin kuru madde miktarı arasındaki farktan hesaplanmıştır. Çimlendirilen buğday tanelerinin 60 ºC de 24 saat kurutulması ile tespit edilmiştir (Maresi, 1984).

3.2.6. Çimlendirilmiş buğdaylardan elde edilen tam un örneklerinde yapılan analizler

3.2.6.1. Renk analizi

Çimlendirilmiş buğdaylardan elde edilen unlarının renk değerleri 3.2.2.1.1 başlığı altında anlatılan şekilde belirlenmiştir.

3.2.6.2. Kimyasal analizler

3.2.6.2.1. Kül

Çimlendirilmiş buğday örneklerinin kül içerikleri 550 °C'de kül fırınında (Daihan Wisetherm F-12, Gangwon, Güney Kore) açık gri kül elde edilinceye kadar yakılmak suretiyle AACC 08–01.01 metoduna göre belirlenmiştir (AACC, 1999).

3.2.6.2.2. Protein

Çimlendirilmiş buğday örneklerinin protein miktarı AACC 46-12.01'e Kjeldahl metodu ile tespit edilmiştir. Metodun esası; örneğin sülfürik asitle tahrip edilerek içindeki azotun $(NaH_4)SO_4$ dönüşmesinin ardından, bunu NaOH ile muamele ederek oluşan NH_4OH içeriğindeki azotlu madde miktarının HCl ile titrasyonla belirlenmesine dayanmaktadır. Tüm örneklerde 5.70 çevirme faktörü kullanılarak protein miktarları % olarak hesaplanmıştır (AACC, 1999).

3.2.6.2.3. Yağ

Çimlendirilmiş buğday örneklerinin toplam yağ içerikleri Soxhlet ekstraksiyon yöntemiyle AACC Metot 30-25'e göre belirlenmiştir (AACC, 1990). Buğdaylarda bulunan yağ, hekzan ile ekstrakte edildikten sonra hekzan uzaklaştırılmıştır. Kalıntı ise sabit tartıma gelinceye kadar kurutularak tartılmış ve sonuç % olarak belirtilmiştir.

3.2.6.2.4. Toplam besinsel lif

Çimlendirilmiş buğday örneklerinde bulunan toplam besinsel lif (çözünür ve çözünmez toplam besinsel lif) miktarı AOAC Standard Method No: 991.43'e göre belirlenmiştir (AOAC, 2012).

1 g örnek 40 mL MES-TRIS tampon çözeltisi (pH 8.2, 24 °C'de) ile karıştırılmış, üzerine 50µl α-amilaz ilave edilerek 95-100 °C'deki su banyosunda 30 dk 120 rpm' de çalkalanmıştır. Süre sonunda 60 ºC soğutulan karışımların üzerine 100 µl 120 rpm'de proteaz konularak 60 °C'deki su banyosunda 30 dk çalkalanmıştır. Su banyosundan alınan örneklere 5 ml 0.561 N HCl ilave edilmiş ve pH'ları 4.1 ile 4.8 aralığına ayarlanmıştır. Üzerlerine 200 µl amiloglukozidaz konulan örnekler tekrar 60 °C'deki su banyosunda 30 dk 120 rpm'de çalkalanmıştır. Süre sonunda 60 ºC sıcaklıktaki 225 ml, %95'lik etil alkol ilave edilerek oda sıcaklığında 1 saat bekletilen karışımlara filitrasyon uygulanarak kroze üzerinde kalan kısım sırasıyla 30 ml % 78'lik etil alkol, 30 ml %95'lik etil alkol ve 30 ml aseton ile yıkanmıştır. Toplam besinsel lif tayini için krozeler 105 °C'deki etüvde bir gece kurutularak tartılmış, protein ve kül miktarları belirlenen örneklerin toplam diyet lif miktarları hesaplanmıştır.

3.2.6.2.5. Fitik asit

Buğday örneklerine ait fitik asit miktarı, Haug ve Lantzsch (1983)'e göre kolorimetrik metot kullanılarak tayin edilmiştir. Buğday unları 0.2 N hidroklorik asit çözeltisi ile ekstrakte edildikten sonra belli miktardaki demir III çözeltisi ile muamele edilip çöktürülmüş ve serum kısmında kalan demir miktarı spektrofotometrik yolla belirlenerek elde edilen sonuçlardan fitik asit miktarı hesaplanmıştır.

3.2.6.2.6. Toplam sarı pigment

Toplam sarı pigment miktarı analizinde AACC 14-50.01, (1999) metodu modifiye edilerek kullanılmıştır. 2 gram buğday unu üzerlerine 10 ml suyla doyurulmuş n-bütanol ilave edilmiştir. Vorteks karıştırıcıda 1 dakika karıştırılan örnekler 15 dakika bekletildikten sonra 1 dakika daha karıştırılmış ve 16-18 saat karanlık ortamda bekletilmiştir. Örnekler Whatman No:1 filtre kağıdıyla süzülmeden önce karıştırılmıştır. Süzülen örnekler mikroküvetlerde durum buğdayı ve einkorn buğdayında baskın pigment olan luteinin en iyi absorbans verdiği 445 nm'de okunmuştur. Analizde kalibrasyon, suyla doyurulmuş n-bütanol ile yapılmıştır. Sonuçlar Sims ve Lepage (1968)' de lutein için belirtilen soğurganlık katsayısıyla hesaplanmıştır (Emeksizoğlu, 2016).

3.2.6.2.7. Toplam fenolik madde

Fenolik maddelerin örneklerden ekstraksiyonu için Yılmaz (2012)' de belirtilen metod modifiye edilerek kullanılmıştır. 1 gr örnek 10 ml %1 HCl içeren %80'lik metanol ile karıştırılmış ve karışım 2 saat oda sıcaklığında (24±1 °C) çalkalamalı su banyosunda (Daihan Wisebath WSB-30, Gangwon, Güney Kore) çalkalanmış ardından 3000 rpm' de 10 dk santrifüj (santrifüj) edilmiştir. Elde edilen süpernatantlar filitreden geçirilerek analizde kullanılmıştır.

Buğdayların toplam fenolik madde içerikleri UV-visible spektrofotometre kullanılarak Folin Ciocalteau kolorimetrik metodu modifiye edilerek kullanılmıştır (Singleton ve Rossi, 1965). Analiz için mikro küvete 0.1 ml örnek ekstraktı alınmış üzerine 0.5 ml folin (%10'luk, h/h, suda) ve 5 dk bekletildikten sonra üzerine 0.4 ml Na_2CO_3 (%7.5'lik g/h) ilave edilerek karanlık ortamda oksijen geçirmeyecek şekilde 2 saat oda sıcaklığında (24±1 °C) bekletilmiştir. Bu süre sonunda da örneklerin absorbans değerleri 760 nm de spektrofotometrede (Hitachi-U1800, Japonya) okunarak kaydedilmiş ve toplam fenolik madde miktarı gallik asit eşdeğeri şeklinde hesaplanmıştır. Spektrofotometre cihazı okuma işlemine başlamadan önce ekstraksiyon çözeltisi ile sıfırlanmıştır.

3.2.6.2.8. Antioksidan aktivite analizleri

Antioksidan aktivite analizinde DPPH, FRAP ve CUPRAC olmak üzere 3 farklı metot kullanılmıştır.

Örneklerden toplam fenolik madde ekstraksiyonundan farklı olarak; 1 gr örnek 10 ml asitlendirilmemiş %80'lik metanol ile karıştırılmış ve karışım 2 saat oda sıcaklığında (24±1 °C) çalkalamalı su banyosunda çalkalanmış ardından 3000 rpm' de 10 dk santrifüj edilmiştir. Elde edilen süpernatantlar filitreden geçirilerek analizde kullanılmıştır.

DPPH metodu ile toplam antioksidan aktivite analizi; Buğdayların antioksidan aktivite analizinde spektorofotmetrik yöntemle DPPH (2-2-Diphenyl-2-picrylhydrazyl) metodu Gyamfi ve ark. (1999) ile Beta ve ark. (2005)'nın metodları modifiye edilerek kullanılmıştır. Metodun temelini, bir serbest radikal olan DPPH'in örnekte bulunan antioksidan maddeler tarafından yok edilmesi esası oluşturmaktadır. Bunun için 100 µl örnek ekstraktı üzerine yeni hazırlanmış 3.9 ml DPPH çözeltisi ilave edilmiştir. Karanlık ortamda 30 dakika bekletildikten sonra spektrofotometrede 517 nm'de absorbans ölçümleri yapılmıştır. Spektrofotometre cihazı okuma işlemine başlamadan önce kör ile sıfırlanmıştır. Sonuçlar troloks eşdeğeri cinsinden ifade edilmiştir.

FRAP metodu ile toplam antioksidan aktivite analizi; FRAP (Demir İndirgeme Antioksidan Gücü) metodu ile aktivite tayininde Gao ve ark. (2000)'nın metodu kullanılmıştır. 300 mmol/L asetat tamponu, 10 mmol/L TPTZ (Tripyridyl triazine) çözeltisi ile 20 mmol/L FeCl3.6H2O çözeltisi sırası ile 10:1:1 oranında karıştırılarak analiz çözeltisi hazırlanmıştır. 50 µl örnek ekstraktı üzerine 700 µl analiz çözeltisi ilave edilerek karanlıkta 5 dakika bekledikten sonra UV-Visible spektrofotometrede 593 nm'de absorbans ölçülmüştür. Sonuçlar 2 paralelli olarak troloks eşdeğeri cinsinden ifade edilmiştir.

CUPRAC metodu ile toplam antioksidan aktivite analizi; CUPRAC (Bakır (II) İyonu İndirgeme Esaslı Antioksidan Kapasite) metodu ile antioksidan aktivite tayininde Apak ve ark. (2008)'nın metodu kullanılmıştır. Bir cam tüp içerisine 10^{-2} M $CuCI_2$, 1M NH_4AC (Amonyum asetat tamponu, Ph;7) ve $7.5x10^{-3}$ M neokuproin çözeltisinden sırasıyla 1'er ml eklenmiş ve üzerine 0.1 ml antioksidan çözeltisi ve 1 ml distile su ilave edilip tüpler vortekslenmiştir. Toplam hacim 4.1 ml olacak şekilde hazırlanan çözeltiler oda koşullarında ağzı kapalı olarak 30 dakika boyunca bekletilmiştir. Bu süre sonunda

içinde örnek yerine ekstraksiyon çözeltisi bulunan referans çözeltiye karşı 450 nm'de absorbans değerleri ölçülmüştür. Sonuçlar troloks eşdeğeri cinsinden ifade edilmiştir.

3.2.6.2.9. Mineral madde analizleri

Örneklerin Ca, Fe, K, Mg, P ve Zn miktarları tayini için, 0.3 g kuru örnek 7 ml HNO3 + H2SO4 kullanılarak mikrodalga sisteminde (Mars 5, CEM Corporation, USA) yakılmış, elde edilen süzüklerde mineral madde içerikleri ICP-MS (İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometresi) cihazında (Agilent Technologies - 7900 ICP-MS / ASX 500, Waldbronn, Germany) analiz edilmiştir (Skujins, 1998).

3.2.7. Erişte üretimi

Erişte üretiminde Özkaya ve ark. (2001)'in erişte üretim metodu modifiye edilerek kullanılmıştır. Katkısız erişte üretiminde 100 gr un esasına göre 0.5 g sofra tuzu, 40 gr yumurta ve yeterli miktarda su kullanılarak mikserde (Hobart N50, Offenburg, Almanya) homojen hamur yapısı elde edilince kadar yoğurulmuştur. Yoğurulan hamur kitlesi nemli bez altında 20 dakika dinlendirilmiştir. Daha sonra bu hamurlar, erişte kesme makinesinin (Shule Pasta Machine, Çin) sırası ile 7 ve 5 numaralı inceltme bölümlerinden geçirilerek inceltilmiş ve ince uzun şeritler, 4 cm uzunluklarda kesilip oda koşullarında 3 gün süre ile kurutulmuştur. Kurutma sonunda erişteler çift katlı polietilen poşetlerde ambalajlanıp analizlerde kullanılıncaya kadar oda şartlarında depolanmıştır. Erişte formülasyonlarında işlem görmemiş, çimlendirilmiş ve ÇSNIU tam unlar %0, 15, 45 ve 60 oranlarında rafine buğday unu ile yer değiştirme esasına göre kullanılmıştır.

3.2.8. Erişte analizleri

3.2.8.1. Renk analizi

Erişte örneklerinin renk değerleri 3.2.2.1.1. başlığı altında anlatılan şekilde belirlenmiştir. Erişte örneklerinin yüzeyinde beş ayrı noktada renk ölçümü yapılarak, ortalamaları alınmıştır. Renk ölçümleri pişmemiş eriştelerde yapılmıştır.

Çizelge 3.1. Erişte formülasyonları

Bileşen	İşlem görmemiş					Çimlenmiş				ÇSNIU[1]			
	%0	%15	%30	%45	%60	%15	%30	%45	%60	%15	%30	%45	%60
Buğday unu (g)	100	85	70	55	40	85	70	55	40	85	70	55	40
Esperia tam unu (g)	0	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60
Einkorn tam unu (g)	0	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60
Emmer tam unu (g)	0	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60
Yumurta (g)	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Tuz (g)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Su (ml)	30	29-30	26-28	25-26	22-24	27-29	26-28	23-26	20-24	30-32	31-32	30-31	29-30

[1]Çimlendikten sonra nemli-ısıl işlem uygulanmış.

3.2.8.2. Erişte örneklerinde pişme ve sıkılık analizleri

3.2.8.2.1. Optimum pişme süresi

Eriştelerin optimum pişme süresinin belirlenmesinde Singh ve ark. (1989)'nın metodu modifiye edilerek kullanılmıştır. 10 g erişte kaynayan 150 ml distile suda pişirilmeye başlanmış ve 30 saniye aralıklarla bir şerit alınarak 2 cam levha arasında sıkılarak ezilmiş, cam levhalar arasında ezilen eriştelerin ortasında beyaz merkez kayboluncaya kadar bu işleme devam edilmiştir. Başlangıçtan beyaz merkezin kaybolduğu ana kadar geçen süre optimum pişme süresi olarak kaydedilmiştir.

3.2.8.2.2. Ağırlık ve hacim artışı

Erişte örneklerinin pişme özelliklerini belirlemek amacıyla, 20 g erişte örneği 250 ml saf su içinde ön denemelerle belirlenen sürede pişirilmiştir. Suyu süzülen pişmiş örnekler 2 dakika bekletildikten sonra tartılarak pişmiş örnek ağırlığı hesaplanmıştır. Pişmiş örnek ağırlığı değerinden, pişmemiş örnek ağırlığı çıkarılarak pişirme sonucu meydana gelen ağırlık artışı yüzde (%) olarak tespit edilmiştir. Örneklerin hacim artışı değerlerinin belirlenmesi için, pişirilip süzülen ve 2 dakika bekletilen erişte örnekleri, içerisinde 150 ml saf su bulunan 250 ml'lik ölçü silindirine konularak ve taşırdığı su miktarından saptanmıştır. Pişirmede kullanılan kuru örneklerin de aynı şekilde taşırdığı su miktarı belirlenerek ve aradaki farktan hacim artışı yüzde (%) olarak hesaplanmıştır (Oh ve ark., 1985, Özkaya ve Kahveci, 1990).

3.2.8.2.3. Suya geçen madde miktarı

Analiz için 25 gram erişte, 400 ml'lik bir beherde 250 ml su içinde sıcaklığı ayarlı (98 ± 2 ^{o}C) su banyosu (Nüve ST-402 Ankara, Türkiye) yardımıyla ön denemelerle belirlenen optimum pişme süresince pişirilmiştir. Pişmiş erişte örnekleri süzülerek alınmış, süzüntü suyu kurutma dolabında (Nüve FN-500, Ankara, Türkiye) 135 ^{o}C'de kurutularak, suya geçen madde miktarı (%) hesaplanmıştır (Kahveci ve Özkaya, 1989).

3.2.8.2.4. Sıkılık

Erişte örneklerinin sıkılık tayininde AACC Standart Metot No: 16-50 (AACC, 2002) yöntemi esas alınarak, tekstür analiz cihazı (TA-XT plus, Stable Mikrosistemleri, İngiltere) ile gerçekleştirilmiştir. Erişteler ön denemelerle belirlenen optimum pişme süresi boyunca pişirildikten sonra 3 adet erişte yan yana dizilmiş ve sıkılık değeri (F, g) olarak tespit edilmiştir.

3.2.8.3. Kimyasal analizler

Erişte örneklerinin nem içeriklerinin belirlenmesi için 135 °C de 2.5 saat normu uygulanarak, analiz AACC' nin Standart Metotlarından Metod 44–19.01'e göre yapılmıştır (AACC, 1999).

Eriştelerin kül, protein, yağ, toplam besinsel lif, fitik asit, toplam sarı pigment, toplam fenolik madde miktarları, antioksidan aktivite değerleri ve mineral madde miktarı 3.2.6.2. başlığı altında belirtilen metotlar kullanılarak belirlenmiştir.

3.2.8.4. Duyusal analizler

Erişte örneklerinde duyusal analiz, Necmettin Erbakan Üniversitesi Gıda Mühendisliği bölümünde 30-55 yaşları arasındaki 12 kişi tarafından gerçekleştirilmiştir. Panelistler, 1-7 arasındaki skalayı (1:aşırı kötü, 7: mükemmel) kullanarak pişmiş erişte örneklerinde görünüş, tat, koku, çiğnenebilirlik ve genel beğeni parametreleri açısından değerlendirme yapmışlardır.

3.2.9. Ekmek üretiminde kullanılacak un paçalı analizleri

3.2.9.1. Renk analizi

Un paçallarının renk değerleri 3.2.2.1.1. başlığı altında anlatılan şekilde belirlenmiştir.

3.2.9.2. Fizikokimyasal analizler

Un paçallarının fizikokimyasal analizleri 3.2.2.2. başlığı altında anlatılan şekilde belirlenmiştir.

3.2.9.3. Düşme sayısı

Un paçalı örneklerinin düşme sayıları 3.2.2.3. başlığı altında anlatılan şekilde belirlenmiştir.

3.2.10. Ekmek üretimi

Ekmek denemelerinde; 100 g un esasına göre 1.5 g sofra tuzu, 3.0 g yaş maya ve farinografta daha önceden belirlenmiş su absorbsiyonunun 2 birim daha azı su (ml) ilave edilerek olgun hamur elde edilene kadar mikser (Hobart N50, Offenburg, Almanya) içerisinde yoğrulmuştur. Yoğurma işlemi tamamlandıktan sonra %75-80 nispi nemde ve 30 ^{o}C sıcaklıkta fermantasyon kabininde (Fimak FMD 16, Konya, Türkiye), 2 defa 30 dakikalık kitle fermantasyonuna bırakılmış ve bu süreler sonunda katlanıp havalandırılmıştır. Daha sonra ekmek hamuruna son şekli verilip, 30 ^{o}C'de 60 dk son fermantasyona tabi tutulmuştur. Fermantasyon işleminin ardından hamurlar 230 ± 5 ^{o}C'ye ısıtılmış fırında (Fimak Rokon Classic FRN10 G, Konya, Türkiye) pişirilmiştir. Pişmiş ekmekler 1 saat dinlendirilmiş, ardından ağırlık, hacim ve kabuk renkleri belirlenmiştir. 24 saat sonra ise ekmek içi renk ve tekstür özellikleri belirlenmiştir. Kimyasal analizler için örnekler oda şartlarında kurutulmuştur. Kurutulan ekmekler öğütülmüş ve ağzı kapatılan plastik poşetlere alınarak analize kadar -18 ^{o}C'de muhafaza edilmiştir.

3.2.11. Ekmek analizleri

3.2.11.1. Renk analizi

Ekmek örneklerinin kabuk renk değerleri ve 2.5 cm kalınlığında kesilen ekmek dilimlerinden ekmek içi renk değerleri 3.2.2.1.1. başlığı altında anlatılan şekilde

belirlenmiştir. Kabuk ve iç renk ölçümleri ekmeklerde 5 farklı noktadan yapılarak ortalaması alınmıştır.

Çizelge 3.1. Ekmek formülasyonları

	İşlem görmemiş					Çimlenmiş			
Bileşen	**%0**	**%5**	**%10**	**%15**	**%20**	**%5**	**%10**	**%15**	**%20**
Buğday unu (g)	100	95	90	85	80	95	90	85	95
Esperia unu (g)	0	5	10	15	20	5	10	15	20
Einkorn unu (g)	0	5	10	15	20	5	10	15	20
Emmer unu (g)	0	5	10	15	20	5	10	15	20
Yaş maya (g)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Tuz (g)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Su (ml)	66-67	66-69	66-69	68-71	68-70	63-65	63-64	60-62	59-60

3.2.11.2. Ağırlık, hacim ve spesifik hacim

Ekmekler, pişirmeyi takiben 60 dakika dinlendirildikten sonra ağırlıkları ve hacimleri ölçülmüştür. Hacim ölçümü kolza tohumu ile yer değiştirme esasına göre gerçekleştirilmiştir. Spesifik hacim değerleri ise ekmek hacminin ekmek ağırlığına bölünmesi ile hesaplanmıştır (Elgün ve ark., 2001).

$$\text{Spesifik hacim } (\text{cm}^3) = \frac{\text{Ekmek hacmi(cm3)}}{\text{Ekmek ağırlığı (g)}}$$

3.2.11.3. Tekstür profil analizi

Tekstür profil analizi (TPA) için ekmekler pişirilip soğutulduktan 24 saat sonra, 72 saat sonra ve 120 saat sonra analize alınmıştır. Ekmekler analize alınmadan önce 2.5 cm'lik dilimler halinde kesilerek cihazın tablasına yerleştirilmiş ve analize başlanmıştır. Ekmeklerin tekstürlerinin belirlenmesinde 30 kg'lık yük hücresine sahip TA.XT plus Texture Analyser (Texture Exponent Stable Micro Systems Ltd., Surrey, UK) cihazı ve 36 mm çapında silindir prop kullanılmıştır. Analiz parametreleri; pretest speed (teste başlamadan önceki hız): 1mm/sn, test speed (test anındaki hız): 5 mm/sn, posttest speed (test sonrası hız): 5 mm/sn, distance (sıkıştırma mesafesi):5 mm olarak belirlenmiştir. Ekmek içine ait sertlik (hardness), elastikiyet (springiness), koheziflik (cohesiveness), çiğnenebilirlik (chewiness) ve esneklik (resilience) değerleri belirlenmiştir.

3.2.11.4. Kimyasal analizler

Ekmeklerde nem 3.2.8.3. başlığı altında belirtilen metotlar kullanılarak, kül, protein, yağ, toplam besinsel lif, fitik asit, toplam sarı pigment, toplam fenolik madde miktarları, antioksidan aktivite değerleri ve mineral madde miktarları 3.2.6.2. başlığı altında belirtilen metotlar kullanılarak belirlenmiştir.

3.2.11.5. Duyusal analizler

Ekmek örneklerinde; tat, koku, görünüş, gözenek yapısı ve genel beğeni özellikleri 1-7 arasındaki duyusal skalası (1: aşırı kötü, 7: mükemmel) kullanılarak (Epler ve ark., 1998), 12 kişi tarafından gerçekleştirilmiştir.

3.2.12. İstatistiki analizler

İstatistiki analizlerde JMP istatistik programı, 10.0 versiyonu (SAS Institute Inc., Cary, NC, ABD) ve SPSS, 22 versiyonları kullanılmıştır. Elde edilen veriler varyans analizine tabi tutularak, ana varyasyon kaynaklarının ortalamaları çimlenmiş buğday unu ve erişte denemelerinde Duncan ve ekmek denemelerinde HSD Tukey çoklu karşılaştırma testi aracılığıyla karşılaştırılmıştır ($p<0.05$). İstatistiki analiz sonuçları tablolar halinde özetlenerek, önemli ve anlamlı bulunan interaksiyonlar şekiller üzerinde gösterilmiştir.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Buğday Analiz Sonuçları

Çalışmada kullanılan Esperia, einkorn ve emmer buğdaylarına ait renk değerleri Çizelge 4.1' de verilmiştir. Buğdayların *L** değeri 49.87 ile 54.79 arasında değişmiştir. *L** değerinin einkorn buğdayında (54.79) Esperia (50.62) ve emmer buğdayına (49.87) göre daha yüksek olduğu yani daha açık renkli olduğu görülmektedir. Buğdayların *a** değeri 5.71 ile 6.47 arasında değişmiş olup, Esperia buğdayının *a** değeri einkorn buğdayından yüksek bulunmuştur. Sonuçlar *b** değeri açısından incelendiğinde, yüksek lutein içeriğine sahip einkorn buğdayının daha yüksek *b** değerine (18.80) sahip olduğu görülmektedir. Emmer ise en düşük *b** değerinin (15.71) elde edildiği buğday olmuştur. Hammaddelerdeki Hue ve SI değerleri sırasıyla 69.67 ile 73.10 ve 17.00 ile 19.65 arasında değişim göstermiştir. İlkel buğdaylardan einkorn buğdayı emmer buğdayına göre daha yüksek Hue ve SI değeri vermiştir.



Şekil 4.1. Esperia, einkorn ve emmer buğdayları (a; Esperia buğdayı, b; einkorn buğdayı, c; emmer buğdayı, d; kavuzlu einkorn buğdayı, e; kavuzlu emmer buğdayı)

Yılmaz (2012) yaptığı çalışmada einkorn buğdayının *L**, *a** ve *b** renk değerlerini sırasıyla 43.98, 6.17 ve 16.55 olarak bildirmiştir. Hendek Ertop (2019) ise bulgur

üretiminde kullandığı einkorn ve durum buğdaylarının *L**, *a** ve *b** renk değerlerini sırasıyla 50.16 - 8.14, 18.85 - 60.19 ve 3.32 - 22.44 aralığında rapor etmiştir. Abdel-Aal ve ark. (1997), einkorn buğdayının *L**, *a** ve *b** değerlerini sırası ile 89.1, 0.1 ve 13.7 olarak bildirirken, Hidalgo ve Brandolini (2011) ise 93.27, -2.83 ve 10.93 olarak belirlemişlerdir.

Zengin (2015), ilkel buğdayların çeşitli özelliklerini inceledikleri çalışmalarında; einkorn ve emmer buğday unlarının ortalama *L**, *a** ve *b** değerlerini sırasıyla einkorn için 91.69, 0.25 ve 10,47 olarak, emmer için ise 87.90, 1.54 ve 12.19 olarak bildirmiştir.

Bu çalışmada Esperia, einkorn ve emmer buğdayları için elde edilen renk değerlerinin literatür verileri ile genel olarak uyumlu olduğu görülmüş olup, ufak farklılıklar buğdayın yetiştirilmesi sırasındaki ekolojik faktörlerden kaynaklanmış olabilir.

Çizelge 4.1. Buğdaylara ait renk değerleri[1]

Hammadde	*L**	*a**	*b**	Hue	SI
Esperia	50.62±0.09^{b}	6.47±0.15^{a}	17.43±0.23^{ab}	69.93±0.38^{b}	18.83±0.08^{a}
Einkorn	54.79±0.46^{a}	5.71±0.03^{b}	18.80±0.40^{a}	73.10±0.25^{a}	19.65±0.39^{a}
Emmer	49.87±0.27^{b}	5.91±0.12^{ab}	15.71±0.23^{b}	69.67±0.16^{b}	17.00±0.26^{b}

[1]Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ($p<0.05$). L^*: Parlaklık renk değeri, a^*: Kırmızı-yeşil renk değeri, b^*: Sarı-mavi renk değeri, Hue: Renk özü, SI: Doygunluk indeksi.

Buğday örneklerinin fiziksel analiz sonuçlarına ilişkin elde edilen veriler Çizelge 4.2 ve 4.3'de verilmiştir. Bin tane ağırlıkları Esperia, einkorn ve emmer buğdayları için sırasıyla ortalama 41.50 g, 32.20 g ve 24.90 g olarak bulunmuştur. Bin tane ağırlığı çeşide, iklim şartlarına, toprak koşullarına ve tarımsal yönteme göre değişiklik göstermektedir. Bin tane ağırlığının yüksek olması; tanelerin iri, dolgun ve nişastaca zenginliğinin bir göstergesi olup, Türkiye buğdaylarında bin tane ağırlığının; yumuşak buğdaylarda 24-51 g ve sert buğdaylarda 26-58 g arasında değiştiği belirtilmiştir (Emeksizoğlu, 2016). Atar ve Kara (2019) çalışmalarında bin tane ağırlığını ekmeklik, einkorn ve emmer buğdayları için sırasıyla 30.8, 25.7 ve 28.8 g olarak bildirmiştir.

Yiğit (2015) Türkiye'de yaygın olarak yetiştirilen ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşitlerinin protein, aminoasit dağılımı ve antioksidan aktivitelerini araştırdığı çalışmasında; ekmeklik buğdayların bin tane ağırlığının 25.5 ile 58.87 g arasında değiştiğini ifade etmiştir. Tanenin daha iri ve sert olması, yoğunluğunun daha fazla olmasına ve bin tane ağırlığının daha yüksek çıkmasına sebep olmaktadır (Öztürk ve Çağlar, 2003; Aydın ve ark., 2005).

Buğday çeşitlerinde hektolitre ağırlığı 71.83-84.95 kg/hL aralığında değişim göstermiştir. En yüksek hektolitre ağırlığı Esperia buğdayında (84.95 kg/hL) belirlenirken, bunu sırasıyla einkorn (79.19 kg/hL) ve emmer buğdayları (71.83 kg/hL) izlemiştir (Çizelge 4.2). Hektolitre ağırlığı, buğdayın değerini belirtmede önemli bir faktör olup, kalite derecelendirmesinde kullanılır. Ayrıca, buğdayın un verimini göstermesi bakımından ticari öneme sahiptir (Elgün ve ark., 1987). Taş (2001), hektolitre ağırlığı yüksek olan buğdaylarda un veriminin daha fazla olduğunu ifade etmiştir.

Çizelge 4.2. Buğdaylara ait fiziksel analiz sonuçları[1]

Hammadde	Bin tane ağırlığı (g)	Hektolitre ağırlığı (kg/hL)	Sertlik (%)	Kavuzsuz randıman (%)
Esperia	41.50±1.00[a]	84.95±0.35[a]	63.33±3.33[a]	-
Einkorn	32.20±0.30[b]	79.19±0.01[b]	16.67±6.67[b]	76.76±0.27[a]
Emmer	24.90±0.40[c]	71.83±0.28[c]	90.00±10.00[a]	75.41±0.48[a]

[1]Aynı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ($p<0.05$).

Hektolitre ağırlığı buğdayların çeşidine, ekime, yetiştiği çevrenin iklim şartlarına bağlı olarak değişmekle birlikte; Türkiye'deki ekmeklik buğdaylarda ortalama 78 kg/hL olup, bu değer makarnalık buğdaylarda daha yüksektir. Kavuzsuz hektolitre ağırlığı ortalama 71.83 kg/hL olarak bulunan emmer buğdayı Türk Buğday Standardına göre hektolitre ağırlığı bakımından düşük vasıflı ekmeklik buğday sınıfına girmektedir. 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).

Buğday örnekleri sertlik değeri açısından incelendiğinde, Esperia ve emmer buğdaylarının sertlik değeri (%63.33 ve %90.00), einkorn buğdayının sertlik değerinden (%16.67) yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.2). Buğday örneklerinin sertliği grobecker cihazı ile kesilip kesit alanı incelenerek değerlendirilmiş, camsı görünüşe sahip olanlar sert olarak değerlendirilmiştir. Esperia buğdayı ekmeklik bir buğday çeşidi olması nedeniyle sertlik derecesi tetraploid bir buğday olan emmer buğdayından düşük bulunmuştur. Corbellinin ve ark. (1999) 24 einkorn buğday örneğinin sertlik indeksi değerinin -14.8 ile 4. 0 arasında değiştiğini ve çok yumuşak buğdaylar olduklarını bildirmişlerdir (Sertlik indeksi <33= yumuşak, 33< sertlik indeksi <46 orta yumuşaklıkta, 46< sertlik indeksi <59 orta sertlikte ve 59< sertlik indeksi ise çok sert olduğunu göstermektedir). Şahin ve ark. (2011) 100 adet ekmeklik buğday genotipinin çeşitli fiziksel ve kimyasal özelliklerini araştırdıkları çalışmada, ekmeklik buğdayların sertlik

değerinin %22.54 ile %76.27 arasında değiştiğini ortalama olarak %46.27 olduğunu bildirmişlerdir.

Brandolini ve ark. (2008) yaptıkları çalışmada; einkorn, emmer ve ekmeklik buğday örnekleri için ortalama bin tane ağırlığını sırasıyla 25 g, 50.6 g ve 34.5 g olarak bildirmişlerdir. Aynı çalışmada tane sertliği (keskin bir neşter bıçağı ile taneleri yarıya bölmek için gereken ortalama basınç şeklinde değerlendirmiş) einkorn, emmer ve ekmeklik buğday örnekleri için sırasıyla 238 g, 640 g ve 372 g olarak rapor etmişlerdir.

Løje ve ark. (2003) ilkel buğdayların kimyasal, fonksiyonel ve tekstürel özelliklerini inceledikleri çalışmalarında, einkorn buğdayının bin tane ağırlığının bazı çeşitlerde 37.4 g'a kadar çıktığını belirtirken, emmer ve ekmeklik buğday için bin tane ağırlığını sırasıyla 33.3 g ve 48.5 g olarak rapor etmişlerdir. Araştırmacılar einkorn buğdayının ortalama 21.6 sertlik indeksi ile en yumuşak buğday, emmer buğdayının ise 87.1'lik sertlik indeksi değeri ile en sert buğday olduğunu ve ekmeklik buğday için bu değerin 45.7 olduğunu bildirmişlerdir.

Zengin (2015), 16 einkorn ve 9 emmer buğday örneği için ortalama bin tane ağırlığını 27.63 g ve 28.77 g olarak bildirdiği çalışmasında, einkorn ve emmer buğday örneklerine ait hektolitre ağırlıklarını sırasıyla 74.80 kg/hL ve 76.39 kg/hL olarak rapor etmiştir. Aynı çalışmada buğday örneklerinin sertlik değerleri ise einkorn buğdayı için; %53.75 ve emmer için için %67.44 olarak bildirilmiştir.

Emeksizoğlu (2016) araştırmada, Kastamonu ili ve ilçelerine bağlı, köyler başta olmak üzere değişik bölgelerden einkorn buğday örnekleri toplamış ve 30 einkorn buğdayının ortalama bin tane ağırlığını 33.72 g ve hektolitre ağırlığını 52.24 kg/hL olarak belirlemiştir. Yapılan başka bir çalışmada einkorn buğdayı için bin tane ağırlığı ve hektolitre ağırlığı sırasıyla 24.79 g ve 83.13 kg/hL olarak bildirilmiştir (Yılmaz, 2012).
Belcar ve ark. (2020) ata buğdayların (einkorn, emmer ve spelt) tane ve un özelliklerini inceledikleri çalışmalarında; einkorn, emmer ve ekmeklik buğdaylar için bin tane ağırlığını sırasıyla 23.47 g, 21.70 g ve 38.83 g olarak, sertlik değerlerini ise sırasıyla %65.0, %90.0 ve %50.0 olarak bildirmişlerdir. Esperia, einkorn ve emmer buğdayları için elde edilen bin tane, hektolitre ve sertlik değerleri genel olarak literatürde bildirilen aralıklarda olup, ufak farklılıklar buğdaylarının yetiştirilme koşulları, tohum genetik yapısı ve depolama koşulları gibi özelliklerinden kaynaklanmış olabilir.

Kavuzsuz randıman analizi kavuzlu oldukları için sadece einkorn ve emmer buğdaylarında yapılmıştır. Kavuz, başak olan tahılların başakcıklarını ve çiçeklerini saran ince yeşil örtüdür. Kavuzlu buğdaylarda kavuz taneyi sıkıca sardığından, diğer buğday

türlerinden farklı olarak hasat ve harman sırasında ayrılmamaktadır. Bu nedenle bu buğday türleri depolandığında ve tarlaya ekildiğinde zararlılara karşı kendilerini koruyabilirler (Emeksizoğlu, 2016). Kavuzlu olan einkorn ve emmer buğdaylarının ortalama kavuzsuz randımanı sırasıyla %76.76 ve %75.41 olarak bulunmuştur. Bu değerler el ile yapılan kavuz ayırma sonucunda elde edilmiştir. Kavuz ayırma işlemi kavuz ayırma makineleriyle gerçekleştirildiğinde randıman %50-65 aralığına düşmektedir (Yılmaz, 2012). Yılmaz (2012) yaptığı çalışmada einkorn buğdayının kavuzsuz randımanını ortalama %75.300 olarak bulurken, Emeksizoğlu (2016) tarafından yapılan çalışmada ortalama %70.21 olarak bulunmuştur.

Buğday çeşitlerinde uzunluk, genişlik ve kalınlık değerleri sırasıyla 7.44-7.68 mm, 2.44-3.40 mm ve 2.18-2.74 mm aralığında değişim göstermiştir (Çizelge 4.3). Uzunluk bakımından en yüksek değer einkorn buğdayında belirlenmiş, ancak örnekler arasında istatistiksel bir fark bulunmamıştır. Buğdaylar kalınlık bakımından karşılaştırıldığında en yüksek değer Esperia buğdayında (3.00 mm), genişlik açısından karşılaştırıldığında einkorn buğdayında (3.40 mm) belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, hem einkorn hem de emmer buğday tanelerinin boyut özelliklerinin ekmeklik buğday çeşidi olan Esperia buğdayına yakın olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.3. Buğdaylara ait fiziksel analiz sonuçları[1]

Hammadde	Uzunluk (mm)	Genişlik (mm)	Kalınlık (mm)	Tane iriliği (%) elek üstü		
				2.8 mm	2.5 mm	2.0 mm
Esperia	7.44±0.06a	3.00±0.01b	2.74±0.04a	61.54±2.28b	31.65±3.44ab	6.15±0.21b
Einkorn	7.72±0.18a	3.40±0.02a	2.44±0.02b	74.47±0.85a	23.45±0.93b	2.56±0.40b
Emmer	7.68±0.38a	2.44±0.04c	2.18±0.04c	7.54±2.46c	42.67±1.06a	48.73±3.76a

[1]Aynı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ($p<0.05$).

Emeksizoğlu (2016) 30 farklı einkorn buğdayının çeşitli fiziksel ve kimyasal özelliklerini incelediği çalışmada einkornun kavuzlu halde uzunluk, genişlik ve kalınlık değerleri ortalamasını sırası ile 9.18, 2.80 ve 1.53 mm olarak tespit edilmiştir.

Ünal (2009), einkorn ve emmer buğdaylarının fiziksel özelliklerini incelediği çalışmasında einkorn buğdayında uzunluk, genişlik ve kalınlık değerlerini sırası ile ortalama 6.77, 2.87 ve 1.88 mm olarak ve emmer buğdayında aynı değerleri sırası ile 7.61, 2.64 ve 2.31 mm olarak bildirmiştir. Demirbaş ve Dursun (2007), bazı buğday türlerinin fiziksel özelliklerini görüntü analizi tekniği ile incelemiştir. Ekmeklik buğday için ortalama 6.66 mm uzunluk, 3.09 mm genişlik, 2.68 mm kalınlık değerleri bildirmişlerdir.

Buğday örneklerine ait irilik analizi sonuçları incelendiğinde einkorn buğdayı örneklerinin 2.8 mm + 2.5 mm' lik elek üstünde kalan miktar %97.92 olarak bulunurken, bu buğday çeşidinin en iri ve homojen tane yapısına sahip olduğu, bu değeri %93.19 ile Esperia buğdayının takip ettiği görülmüştür. Emmer buğdayının ise 2.5 mm + 2.0 mm' lik elek üstünde kalan miktarı %91.40 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.3). Analizi yapılan buğday örneklerinden einkorn ve Esperia'nın iri ve homojen yapıda olduğu ve emmer buğdayının homojen ancak iri olmadığı saptanmıştır. Elek analizlerinde peş peşe gelen iki elek üzerinde kalan materyal toplamının %75'ten fazla olması örneklerin irilik açısından homojen olduklarını göstermektedir. İrilik ve homojenlik değirmencilik açısından önemli bir kalite kriteridir. Özellikle un verimini tahmin etmede önemli olup, iri tanelerin un verimi daha yüksektir (Gül ve ark., 2012).

Emeksizoğlu (2016) çalışmasında; farklı einkorn buğday örnekleri arasında 2.8 mm + 2.5 mm'lik elek üstünde kalanların oranını en yüksek %93.27 ve en düşük %79.40 olarak bulmuştur. Elde edilen verileri göz önünde bulundurarak bütün einkorn örneklerinin iri ve homojen yapıya sahip olduğunu rapor etmiştir.

Şahin ve ark. (2013) ekmeklik buğday tane boyutunun, kalite özellikleri üzerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında 6 ekmeklik buğday çeşidi (Tosunbey, Karahan 99, Bezostaja-1, Gerek 79, Gün 91, Bayraktar 2000) için 2.8 mm + 2.5 mm' lik elek üstünde kalan oranlarını sırasıyla %74.03, 73.62, 74.29, 73.20, 73.30 ve 73.92 olarak belirlemişlerdir.

Buğday örneklerinin fizikokimyasal analiz sonuçları ve düşme sayıları Çizelge 4.4'de verilmiştir. Buğday örneklerinin yaş gluten miktarı %24.00 ile %26.40 arasında değişmekte olup, Esperia buğday örneklerine ait ortalama yaş gluten miktarı (%26.40), einkorn ve emmer buğdaylarının yaş gluten miktarından (%24.88 ve %24.00) yüksek bulunmuştur. Gluten son ürünün pişme kalitesi için önemli olup, un ve diğer bileşenleri bir arada tutan ve nihayetinde hamurun omurga yapısını oluşturan bağlayıcı bir maddedir (Bojňanská ve Frančáková, 2002). Yaş gluten miktarı, buğdayın çeşit ve yetiştirilme koşullarına bağlı olarak değişim göstermektedir (Menderis ve ark., 2008). Yüksek gluten değeri gösteren buğdaylarda bu oranın %35'ten yukarı, iyi özellik gösteren buğdaylarda %28-35 arasında, orta derece olan buğdaylarda %20-27 arasında, düşük derece gluten bulunduran buğdaylarda ise %20'den az olduğu belirtilmektedir (Kahrıman, 2007; Köksel ve ark., 2000). Undaki gluten miktarı ve kalitesi unun hangi ürün için kullanılacağının bir göstergesi olduğundan önemli bir faktördür. Ekmek yapımında yaş gluten miktarının en az %27 olması istenir (Doğan ve Uğur, 2005).

Çizelge 4.4. Buğday örneklerinin bazı fizikokimyasal analiz sonuçları ve düşme sayıları[1]

Hammadde	Yaş gluten (%)	Gluten indeks (%)	Zeleny sedimentasyon (ml)	Düşme sayısı (s)
Esperia	26.40±0.30a	96.00±1.40a	34.26±0.23a	362.0±8.33a
Einkorn	24.88±0.22b	35.24±1.34c	9.21±0.24c	349.0±0.33ab
Emmer	24.00±0.23b	60.54±1.63b	10.87±0.27b	320.0±3.50b

[1]Aynı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ($p<0.05$).

Esperia, einkorn ve emmer buğdaylarının gluten index değeri sırasıyla %96.00, %35.24 ve %60.54 olarak belirlenmiştir. En düşük gluten indeks değeri einkorn buğdayında en yüksek gluten indeks değeri Esperia buğdayından elde edilmiştir (Çizelge 4.4). Gluten indeks analizi gluten kalitesinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Gluten indeks testinin temeli yaş glutenin santrifüjüne dayanmaktadır. Aynı protein miktarına ya da gluten miktarına sahip unların gluten kalitelerindeki farklılıktan dolayı oldukça değişik davranış gösterdikleri bildirilmiştir (Karaduman, 2013). Gluten indeks değerinin ekmeklik unlarda %60-90 arasında olması istenmektedir. Gluten indeksi %40'tan düşük olan unlardan ekmek yapılamamaktadır (Ünal, 2003).

Buğdaylar Zeleny sedimantasyon değeri açısından incelendiğinde; Esperia buğdayı 34.26 ml ile en yüksek değeri gösterirken, en düşük sedimantasyon değeri 9.21 ml olarak einkorn buğdaylarından elde edilmiştir. Einkorn ve emmer buğdayları daha düşük protein şişme kapasitesi göstermiş ve düşük gluten indeks değerleri de göz önüne alındığında hamur oluşturma kalitelerinin düşük olduğu tahmin edilmektedir. Zeleny sedimantasyon değeri, unun gluten kalitesi hakkında bilgi veren önemli bir parametredir (Dąbkowska, 2009). Ekmek yapımında kullanılacak unlarda 30 ml ve üzeri sedimentasyon değeri çok iyi kalite olarak kabul edilmektedir. Sedimentasyon değerlerinin 15-20 ml olması zayıf, 20-25 ml orta, 25-30 ml arasında değişmesi ise unun ekmek yapımı için iyi kalitede olduğu göstermektedir (Ünal, 2003).

Esperia, einkorn ve emmer buğdaylarının düşme sayısı 320.50 s ile 362.67 s arasında değişmekte olup en yüksek değer Esperia buğdayından (362.67 s) en düşük değer ise emmer buğdayından (320.50 s) elde edilmiştir. Düşme sayısı, dolaylı olarak unun pişme kalitesini tanımlayan bir parametredir; ilgili test, amilolitik enzimlerin, özellikle nişastayı hidrolize eden α-amilazın aktivitesini değerlendirir. Ekmeklik unlar için düşme sayısının optimum aralığı 200 - 350 s olarak belirlenmiştir (Krawczyk ve ark., 2008; Knapowski ve ark., 2015).

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. Kavuzlu buğday unlarında düşme sayısı testlerinin sonuçlarını sunan birçok araştırma raporu vardır ve sonuçlar amilolitik enzimlerin orta veya düşük aktivitesine işaret etmektedir (Belcar ve ark., 2020).

Brandolini ve ark. (2010), tam einkorn ve beyaz buğday ununda yaptıkları düşme sayısı analizi sonuçlarını 346 s ve 387 s olarak belirtmişlerdir. Einkorn buğdayı ile elde edilen değerler araştırma sonuçlarımız ile benzerlik göstermektedir. Abdel-Aal ve ark. (1997), einkorn, spelt ve durum buğdayının karşılaştırıldığı bir çalışmada, düşme sayısı değerini sırasıyla 363, 430 ve 318 s olarak; Borghi ve ark. (1996), einkorn buğdayı ile yaptıkları çalışmasında düşme sayısını 311 s ve 215 s olarak tespit etmişlerdir. Yine Løje ve ark. (2003)'nin yaptıkları bir çalışmada einkorn, emmer ve spelt buğdayını karşılaştırmışlardır. Einkorn buğdayında düşme sayısını 362 s, emmer buğdayında 436 s, spelt buğdayında 369 s ve ekmeklik buğdayda 259 s olarak tespit edilmiştir.

Konvalina ve ark. (2013) emmer ve ekmeklik buğdaylarının pişme özelliklerini ve gluten yapılarını inceledikleri çalışmalarında; emmer buğdaylarının yaş gluten, gluten indeks ve düşme sayısı değerlerini sırasıyla %21.26-%47.64, %23-%39 ve 14.58 ml-17.58 ml arasında değiştiğini, ekmeklik buğdaylarda ise aynı değerlerin sırasıyla %32.94-%33.52, %90-%80 ve 56.00 ml-56.83 ml arasında değişti rapor etmişlerdir.

Zhang ve ark. (2016) farklı emmer buğdayı hatlarının hamur özelliklerini ve gluten içeriklerini inceledikleri çalışmalarında; emmer buğdaylarının gluten indeks değerini 2 farklı hat için %46.50 ve %2.20 olarak bildirirken, yaş gluten miktarlarını ise %66.16 ve %72.12 olarak bildirmişlerdir. Gluten indeks, protein gücüyle bağlantılı olarak unun fizikokimyasal özellikleriyle doğrudan bağlantılıdır. Yüksek gluten indeks değeri daha iyi esnekliğe ve uzayabilirliğe sahip olan daha güçlü gluten gücünü yansıtır (Wang ve Kovacs 2002).

Belcar ve ark. (2020) çalışmalarında einkorn, emmer ve ekmeklik buğdayın gluten içeriğini sırasıyla %39.26, %59.60 ve %28.50 olarak bildirirken, gluten indeks değerlerini aynı buğdaylar için sırasıyla %29.56, %31.53 ve %88.49 olarak rapor etmişlerdir. Aynı

çalışmada buğday örneklerinin Zeleny sedimantasyon değerleri ise einkorn, emmer ve ekmeklik buğdaylar için sırasıyla 22.0 ml, 23.0 ml ve 38.0 ml olarak belirlenmiştir.

Jankowska ve ark. (2011) einkorn unu için Zeleny sedimantasyon ve düşme sayısı değerlerini sırasıyla 9.10 ml-10.6 ml ve 334-365 s aralığında bildirmişlerdir. Bu değerler einkorn buğdayının sedimantasyon ve düşme sayısı değeri ile benzerlik göstermektedir.

Brandolini ve ark. (2008) 65 farklı einkorn buğdayında yaptığı çalışmada; sedimentasyon değerini 14 ml ile 66 ml arasında (ortalama 26 ml) belirlemişlerdir. Lacko-Bartošová ve ark. (2019) emmer buğdayının sedimantasyon değerinin 11.3 ile 12.8 ml arasında değiştiği rapor etmişlerdir.

Altınbaş ve ark. (2004) ekmeklik buğdayda tane verimi ve bazı kalite özellikleri üzerinde genotip ve lokasyon etkilerini inceledikleri çalışmalarında; ekmeklik buğday örneklerinin yaş gluten içeriğinin %19.7 ile %45.9 arasında değiştiğini, aynı örneklerin ortalama sedimantasyon değerlerinin 25.8 ml olduğunu bildirmişlerdir. Aydın ve ark. (2005) ise ekmeklik buğday örneklerinin sedimentasyon değerlerinin 26.3 ml ile 54.5 ml arasında değiştiğini rapor etmişlerdir.

Menderis ve ark. (2008) Güneydoğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsünden temin ettikleri, aralarında tescilli ekmeklik buğdaylarında bulunduğu 15 buğday örneğinin ortalama yaş gluten, gluten indeks ve Zeleny sedimantasyon değerlerini sırasıyla %32.11, %79.54 ve 32.58 ml olarak bildirmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada; ekmeklik buğday örneklerinde yaş gluten, gluten indeks, sedimantasyon ve düşme sayısı değerleri sırasıyla %30.32, %75.38, %35.97 ve 355.02 s olarak bildirilmiştir (Olgun ve ark., 2019).

Koca ve ark. (2010) farklı buğday çeşitlerinde bitki sıklığı ve azot dozlarının verim, verim öğeleri ve ekmeklik kalite özellikleri üzerine etkisi araştırdıkları çalışmalarında; ekmeklik buğday örneklerinin yaş gluten içeriğinin %20.12 ile %14.9 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Menderis (2006), tescilli 20 ekmeklik buğday çeşidi üzerinde yaptığı çalışmada; buğday çeşit ve hatlarının gluten indeks değerlerinin %99.71 ile %48.08 arasında değiştiğini, ortalama %80.43 olarak bulunduğunu belirtmişlerdir.

Wieser (2000), farklı buğday çeşitlerinde protein ve gluten miktarını karşılaştırdığı çalışmasında; gluten miktarlarını einkorn, emmer, durum ve spelt buğdayları için sırasıyla %21.31, %16.43, %19.19 ve %18.50 olarak belirlemiştir.

Çalışmada Esperia, einkorn ve emmer buğdayları için elde edilen fizikokimyasal özellikler ve düşme sayısı değerleri literatürde verilen değerler aralığında yer almakla

birlikte, ufak farklılıkların yetiştirme şartları ve genetik özelliklerden kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

Çalışmada kullanılan Esperia, einkorn ve emmer tam buğday unlarından hazırlanan hamurlaın farinograf değerlerine (su absorbsiyonu, stabilite, gelişme süresi ve yumuşama derecesi) ait sonuçlar Çizelge 4.5' de verilmiştir. Farinogram sonuçlarına göre, su absorbsiyonu %63.0-70.2, gelişme süresi 1.7-4.6 dk, stabilite 1.1-7.2 dk ve yumuşama derecesi 71-220 BU aralığında değişim göstermiştir.

Çizelge 4.5. Buğday unlarından hazırlanan hamurlara ait farinogram değerleri[1]

Hammadde	Su absorbsiyonu (%)	Gelişme süresi (dk)	Stabilite (dk)	Yumuşama derecesi (BU)
Esperia	70.2±0.3a	4.6±0.4a	7.2±0.3a	71±1.0b
Einkorn	63.0±1.0b	1.8±0.1b	1.1±0.1b	220±3.0a
Emmer	65.0±0.4b	1.7±0.1b	1.3±0.2b	210±2.0a

[1]Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ($p<0.05$). BU; Brabender Unit.

Farinograf değerleri hamurun reolojik özellikleri hakkında bilgi veren ve unların ekmek yapımına uygunluğunun tahminde kullanılan önemli parametrelerdir. Bu analiz ile unun su absorpsiyonu ve hamurun yoğurma sırasındaki reolojik özellikleri ölçülerek gluten proteinlerinin hamur oluşturma özellikleri hakkında bilgi edinilmektedir (Doğan ve Uğur, 2005; Köksel ve ark., 2000).

Çizelge 4.5 incelendiğinde; Esperia buğday ununun su absorbsiyon değeri (%70) einkorn ve emmer buğday unlarının su absorbsiyon değerinden (%63 ve %65) yüksek bulunmuştur. Su absorbsiyon kapasitesi ekmeklik buğday unlarında önemli bir faktör olup, kaliteli bir çeşitte farinograf su absorbsiyonu değerinin %60'ın üzerinde olması istenmektedir. Unun farinograf su absorbsiyon değeri ne kadar yüksek olursa ekmeğin hacmi artmakta ve tekstürel özellikleri iyileşmektedir (Şanal ve ark., 2012). Elde edilen sonuçlara bakıldığında çalışmada kullanılan tüm buğday unu örneklerinin su absorbsiyon değerinin %60' ın üzerinde olduğu belirlenmiştir.

Hamurların gelişme süresi 1.7 dk ile 4.6 dk arasında değişmiş olup, Esperia buğday unundan hazırlanan hamurun gelişme süresi einkorn ve emmer buğdaylarının unlarından hazırlanan hamurların gelişme süresinden yüksek bulunmuştur. Farinograf gelişme süresi hamur mukavemeti ile ilgili olup, bu değerin yüksek olması hamur mukavemetinin yüksek olduğunu göstermektedir (Şahin ve ark., 2013).

Hamurların stabilite değeri bakımından karşılaştırıldığında; Esperia buğday unundan hazırlanan hamurun stabilite değeri 7.2 dk ile ilkel buğdayların hamurlarından

yüksek bulunmuştur. Stabilite, unun karıştırmaya karşı toleransının bir göstergesidir. Daha yüksek değerler daha güçlü bir hamur olduğunu gösterir. Tolerans ne kadar yüksek olursa, hamur o kadar uzun süre karıştırılmalıdır (Torbica ve ark., 2021).

Esperia, einkorn ve emmer buğdaylarının unlarından hazırlanan hamurlara ait yumuşama derecesi sırasıyla 71 BU, 220 BU ve 210 BU olarak belirlenmiş olup, ilkel buğdayların unlarından hazırlanan hamurların yumuşama derecesi Esperia buğdayından hazırlanan hamurlarının yumuşama derecesinden yüksek bulunmuştur. Lacko-Bartošová ve ark. (2019) yüksek yumuşama derecesi değerinin, hamurun uzun mekanik işlemlere toleransının düşük olduğunun göstergesi olduğunu ifade etmişlerdir.

Biel ve ark. (2021) tarafından yapılan sınıflandırmaya göre güçlü un; su absorbsiyonu %59'dan fazla, hamur gelişme süresi 3 dakikadan uzun, hamur stabilitesi 4 dakikadan fazla ve yumuşama derecesinin 40 BU'dan az olması ile karakterize edilirken, zayıf un; su absorbsiyonu %51'in altında, hamur gelişme süresi 2 dakikadan kısa, hamur stabilitesi 1 dakikadan kısa ve yumuşama derecesinin 150 BU' nun üzerinde olması ile karakterize edilmektedir. Analiz edilen buğday örneklerinden Esperia güçlü un sınıfına daha yakınken einkorn ve emmer buğdayları düşük kalite un grubuna yakın özelliktedir.

Elde edilen bulgular einkorn ve emmer hamurunun düşük kaliteli gluten ağına sahip olduğunu kanıtlar nitelikte olup, bu buğday unlarının düşük teknolojik değerini gösterir. Belcar ve ark. (2021) kısa gelişme süresi, 1.70 dakikalık düşük stabilite ve yüksek yumuşama derecesi ile einkorn ve emmer buğdaylarından elde edilen unun zayıf özellikte olduğunu bildirmişlerdir. Geisslitz ve ark. (2018) einkorn unu ile karşılaştırıldığında, emmer buğdayından elde edilen unun önemli ölçüde daha yüksek stabilite süresi ve daha düşük yumuşama derecesi sunduğunu, bununla birlikte gluten kalitesinin düşük olduğunu yansıtan direnç değerinin; düşük olduğunu ve sonuç olarak düşük pişme kalitesi gösterdiğini rapor etmişlerdir.

Lacko-Bartošová ve ark. (2019) çalışmalarında birkaç üretim yılı boyunca 4 farklı emmer buğday çeşidinin kalite değerlendirmesini yaptıkları çalışmalarında; emmer buğdayları için hamur gelişme süresinin 0.49-1.41 dk, stabilite değerinin 0.25-2.05 dk ve yumuşama derecesinin ise 134-191 BU arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Rao ve ark. (2010) emmer buğdayının genotiplerinde gelişme süresinin 2.60-7.0 dk arasında değiştiğini rapor etmişlerdir.

Borghi ve ark. (1996), farklı iki lokasyonda üretimi yapılmış einkorn buğdayları için; su absorpsiyonunu %57 ve %54 olarak, gelişme süresini 1.38 dk ve 1.31 dk olarak,

stabilite süresini 1.22 dk ve 2.35 dk olarak ve yumuşama derecesini 186 BU ve 155 BU olarak bildirmişlerdir.

Biel ve ark. (2021) ekmeklik ve ilkel buğday tanelerinin verim, kimyasal bileşim ve farinograf özelliklerini karşılaştırdıkları çalışmada; ekmeklik, einkorn ve emmer buğday örneklerinin su absorbsiyon, gelişme süresi, stabilte süresi ve yumuşama derecesi değerlerini sırasıyla %60.7, %61.3 ve %65.5, 4.8 dk, 2.1 dk ve 2.1 dk, 4.40 dk, 1.20 dk ve 1.43 dk ve 69.7 BU, 182.5 BU ve 163.0 BU olarak bildirmişlerdir.

Aydoğan ve ark. (2012) ekmeklik buğday unlarında alveograf, farinograf ve miksografta ölçülen reolojik özellikler arasındaki ilişkinin belirlenmesi üzerine yaptıkları çalışmada; ekmeklik buğday unlarının ortalama su absorbsiyununu %59.85, gelişme süresini 3.04 dk, stabilite süresini 2.84 dk ve yumuşama derecesini 125.80 BU olarak belirlemişlerdir.

Şahin ve ark. (2013) Konya'da 2011-2012 yetiştirme sezonunda 224 hat 90 çeşit olmak üzere toplam 314 ekmeklik buğday genotipinde yaptıkları analiz sonucunda; su absorbsiyonunu ortalama %63.1 (en düşük %52.6, en yüksek %70.6), gelişme süresini ortalama 9.2 dk (1.5 dk - 19.6 dk), stabilite süresini ortalama 14.4 dk (1.2 dk - 58.0 dk) ve yumuşama derecesini ise ortalama 70 BU (0.0 BU - 249 BU) olarak rapor etmişlerdir.

Çalışmada kullanılan Esperia, einkorn ve emmer buğdaylarına ait tam unların ekstensograf değerleri (enerji, uzamaya karşı direnç, uzama kabiliyeti ve maksimum direnç) Çizelge 4.6'da verilmiştir. Ekstensogram sonuçlarına göre, buğdaylarda enerji değeri 22-41 cm^2, uzamaya karşı direnç 120-296 BU, uzama kabiliyeti 45-101 mm ve maksimum direnç 145-310 BU aralığında değişim göstermiştir.

Çizelge 4.6. Buğday unlarından hazırlanan hamurların ekstensogram değerleri[1]

Hammadde	Enerji (cm^2)	Uzamaya karşı direnç (BU)	Uzama kabiliyeti (mm)	Maksimum direnç (BU)
Esperia	41±2.0a	296±2.02a	101±2.25a	310±5.26a
Einkorn	22±1.0b	120±1.54c	45±0.98c	145±1.14c
Emmer	33±2.0a	167±1.94b	63±1.01b	211±4.65b

[1]Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ($p<0.05$). BU; Brabender Unit.

Ekstensograf değerleri hamurun reolojik özellikleri hakkında bilgi veren ve unların kalitesini tahminde kullanılan önemli parametrelerden biri olup, farklı sürelerde bekletilen hamurun uzama kabiliyeti ile uzamaya karşı gösterdiği direnci ortaya koyar (Özkaya, 1995).

Esperia, einkorn ve emmer buğday unlarından hazırlanan hamurlara ait ekstensograf analiz sonuçları incelendiğinde, Esperia ve emmer buğday unlarından elde edilen hamurların enerji değeri (41 cm^2 ve 33 cm^2), einkorn buğday ununa ait hamurların enerji değerinden (22 cm^2) yüksek bulunmuştur. Kuvvetli buğdayların enerji değerleri de yüksektir. Enerji kurvenin alanı olup, bu değerin büyük olması hamurun gaz tutma kapasitesi ve fermantasyon toleranslarının iyi olduğunu gösterir. Bu tip hamurlar daha hacimli ekmek verir (Hruskova ve Smejda, 2003).

Buğday çeşitlerine ait unlardan hazırlanan hamurlara ait uzamaya karşı direnç değerleri 120 BU (Brabender Unit) ile 296 BU arasında değişmiş olup, en yüksek uzamaya karşı direnç değeri Esperia buğday unlarından hazırlanan hamurlarda, en düşük uzamaya karşı direnç değerleri einkorn buğday unlarından hazırlanan hamur örneklerinde belirlenmiştir. Emmer buğday unundan hazırlanan hamurların ise uzamaya karşı gösterdiği direnç 167 BU olarak ölçülmüştür.

Çizelge 4.6 incelendiğinde, en yüksek uzama kabiliyeti 101 mm ile Esperia buğday unlarından elde edilen hamurlarda belirlenirken, en düşük uzama kabiliyeti ise 45 mm ile einkorn buğday unlarından elde edilen hamurlarda ölçülmüştür. Hamurun uzamaya karşı gösterdiği direnç ve uzama kabiliyeti, unun ekmeklik özelliklerini belirleyen önemli parametrelerdir. Hamurun fermentasyon sırasında üretilen CO_2 gazını tutabilmesi, uzama kabiliyeti ve uzamaya karşı gösterdiği direnç ile ilgilidir. Hamurun uzama kabiliyeti iyi ve uzamaya karşı direnci yüksek olduğunda ekmeğin hacmi artmaktadır (Hruskova ve Smejda, 2003).

Sonuçlar maksimum direnç açısından değerlendirildiğinde, en yüksek maksimum direnç Esperia buğday unlarına ait hamur örneklerinde (310 BU) belirlenirken, en düşük maksimum direnç değeri ise einkorn buğday unlarına ait hamurlarda (145 BU) belirlenmiştir.

Bulgular, einkorn buğday unundan elde edilen hamurun zayıf uzayabilirliğini ve esnekliğini yansıtmaktadır. Bu hamur türünün kil gibi davrandığı, kolay kırılabilir özellikte olduğu ve fermantasyon sırasında oluşan karbondioksidin hızla açığa çıkıp buharlaştığı rapor edilmiştir (Brabender, 2009). Ekstensograf ölçümlerinin sonuçları, emmer unu hamurunun gevşek ve yetersiz elastikiyete sahip olduğunu ve emmer ununun zayıf pişirme özellikleri sunacağını göstermektedir. Zayıf hamur yapısı üretilen karbondioksiti tutamadığından fermantasyon sürecinin optimize edilmesi zorlaşmaktadır. Emmer buğday unundan elde edilen hamur 45 dakika kadar kısa bir süre mayalanmaya

bırakılmalıdır. Viskozitesi nedeniyle endüstriyel yoğurma makinelerine uygun olmadığından, manuel olarak yoğrulması önerilmektedir (Belcar ve ark., 2021).

Belcar ve ark. (2021), ekmek üretiminde kullanılan ilkel buğday çeşitlerine ait unların kalite özelliklerini değerlendirdikleri çalışmada; einkorn, emmer ve ekmeklik buğday unlarına ait ekstensograf değerlerini; enerji, uzamaya karşı direnç, uzama kabiliyeti ve maksimum direnç için sırasıyla 22, 36 ve 80 cm^2, 120, 138 ve 260 BU, 131,185 ve 174 mm ve 167,139 ve 325 BU olarak bildirmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre einkorn ve emmer buğdaylarının zayıf özellikte olduğunu ifade etmişlerdir.

4.2. Çimlendirilmiş Buğday ve Bu Buğdaylardan Elde Edilen Unlara Ait Analiz Sonuçları

Biyolojik olarak çimlenme: "uygun koşulların bulunması halinde tohum embriyosundan, normal bir bitki oluşturma yeteneğine sahip bir yapının, endosperm, perisperm, testa veya perikarp gibi tohumun kabuğunu aşarak dışarı çıkmasıyla sonuçlanan fizyolojik süreç" şeklinde tanımlanabilir (Bewley ve ark., 2013). Çimlenme sürecinde tane yapısında hem fiziksel hem de kimyasal birçok değişiklik meydana gelmektedir. İlkel buğdayların ve modern ekmeklik buğdayın çimlenme sürecinde meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişiklikler aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.2. 3 gün çimlendirilmiş Esperia, einkorn ve emmer buğdayları



Şekil 4.3. 7 gün çimlendirilmiş Esperia, einkorn ve emmer buğdayları

4.2.1. Çimlendirilmiş buğday örneklerine ait analiz sonuçları

4.2.1.1. Çimlenme oranı

Buğday örneklerinin çimlenme oranı %94.0 ile %98.0 arasında değişmiştir Çimlenmenin başlangıcından 24 saat sonra, Esperia buğdayının çimlenme oranının (%98.0), einkorn buğdayının çimlenme oranından (%94.0) ve emmer buğdayının çimlenme oranından (%96.0) yüksek olduğu belirlenmiştir.

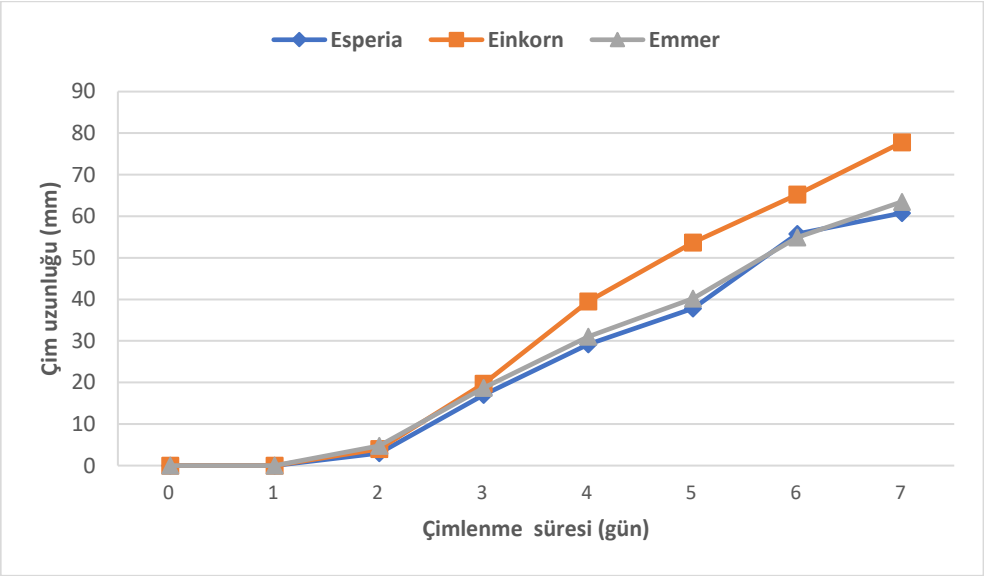
Kaur ve Gill (2020) farklı tahılların (buğday, pirinç, mısır ve yulaf) çimlendirilmesi sırasında fizikokimyasal, besinsel ve moleküler yapılarında meydana gelen değişimleri karşılaştırdıkları çalışmalarında; tahılların çimlenme oranının %90.0 ile %94.0 arasında değiştiğini ve buğday örneğinin en yüksek çimlenme oranına sahip tahıl olduğunu, en düşük çimlenme oranına sahip tahılın ise yulaf (%87.0) olduğunu bildirmişlerdir. Çimlenme süresinin ilerlemesi ile çimlenme oranının önemli ölçüde arttığını, bu durumun daha uzun çimlenme süresi ile birlikte suyun tanenin merkezine kadar yayılmasına ve çimlenme için gerekli enzimleri aktive eden şartların daha uygun hale gelmesine bağlamışlardır. Farklı tahıl taneleri arasındaki çimlenme oranındaki farklılaşma, tahılların canlılığına, tahıl tanelerinin boyutuna ve kütlesine bağlanabilmektedir. Pongrac ve ark. (2016) karabuğday ve buğday örneklerinin çimlenmesi ile mineral miktarı ve biyoaktif bileşiklerin bileşimini araştırdıkları çalışmada buğday örneğinin çimlenme oranını %85 olarak bildirmişlerdir.

4.2.1.2. Çim uzunluğu

Ekmek ve erişte üretiminde kullanılacak buğdaylarda optimum besinsel ve teknolojik kaliteyi elde etmek amacıyla yapılan çimlendirme denemelerinde çimlendirilmiş buğdayların çim uzunlukları 0.00 mm ile 38.68 mm arasında değişmekte olup, ortalama olarak 13.01 mm ölçülmüştür. Çimlenme sürecinde, einkorn buğdaylarının ortalama çim uzunluğu (32.48 mm) emmer (26.65 mm) ve Esperia buğdaylarının (24.46 mm) ortalama çim uzunluğundan daha yüksek bulunmuştur.

Artan çimlenme süresine bağlı olarak beklenildiği gibi buğdayların çim uzunluğu artış göstermiştir (Şekil 4.4). Çimlenmenin ilk iki gününde buğday örneklerinin çim uzunluğunda meydana gelen artışın benzer olduğu görülürken, çimlenmenin 3. gününden sonra einkorn buğdaylarının çim uzunluğundaki artış, Esperia ve emmer buğday

örneklerinin çim uzunluğundaki artıştan daha fazla olmuştur. Esperia ve emmer buğday örneklerinin çim uzunluğu çimlenme süresinin genelinde benzer bir artış eğilimi göstermişlerdir. Çimlenme süresinin sonunda tüm buğday örneklerinin ortalama çim uzunluğu 67.35 mm olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.4. Buğday örneklerinde çim uzunluğunun çimlenme süresine bağlı değişimi

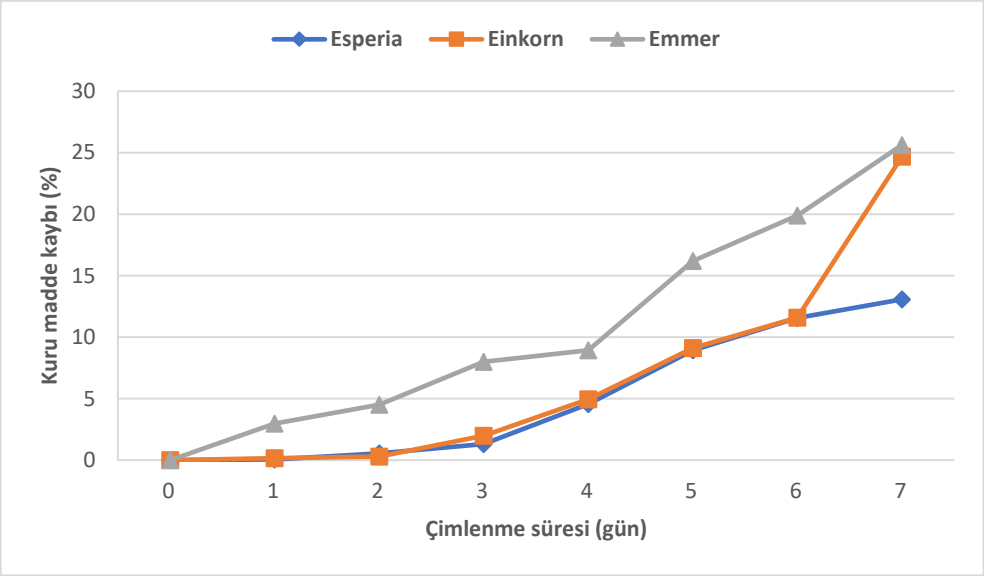
Buriro ve ark. (2011) farklı sıcaklıklarda (10, 20 ve 30 ºC) çimlendirilen buğday örneklerinin çim uzunluğunun çimlenme süresinin artmasına bağlı olarak artış gösterdiğini, bu artışın yüksek sıcaklık uygulamalarında daha yüksek oranda gerçekleştiğini bildirmişlerdir.

4.2.1.3. Kuru madde kaybı

Çimlenme sürecinde çimlenen buğday örneklerine ait ortalama kuru madde kaybı %5.48 olarak belirlenmiştir. Çimlenme sürecinde en fazla kuru madde kaybı emmer buğdayında (%10.77) belirlenirken, emmer buğdayını %6.60'lık kayıp ile einkorn ve %5.01'lik kayıp ile Esperia buğdayı izlemiştir. Çimlenme sürecinin başlangıcında tüm buğday örneklerinin ortalama kuru madde kaybı %0.00 iken, çimlenmenin sonunda ortalama kuru madde kaybı %21.13 olarak bulunmuştur.

Buğdayların çimlenme süresi uzadıkça kuru madde kaybı artmış, bu artış emmer buğdayında daha yüksek oranda gözlemlenmiştir (Şekil 4.5). Çimlenmenin ilk 6 gününde Esperia ve einkorn buğdaylarının kuru madde kayıpları birbirine yakın değerler gösterirken, çimlenmenin son gününde einkorn ve Esperia buğdaylarının kuru madde

kayıpları arasındaki fark maksimum düzeye ulaşmış ve einkorn ile emmer buğdaylarının kuru madde kaybı birbirine yaklaşmıştır.



Şekil 4.5. Buğday örneklerinde kuru madde kaybının çimlenme süresine bağlı değişimi

4.2.2. Çimlendirilmiş buğdaylardan elde edilen tam unlara ait renk değerleri

Tane rengi; protein içeriği, testanın rengi, tanenin içerdiği renk pigmentleri, flavonoidler gibi birçok faktörden etkilenir (Liu ve ark., 2018). Esperia, einkorn ve emmer buğdaylarının çimlenme sürecindeki renk değerleri Çizelge 4.7'de, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.8' de ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.9'da verilmiştir.

4.2.2.1. *L** (parlaklık) değeri

Çimlenmiş buğdayların tam unlarına ait *L** değerleri Çizelge 4.7'de verilmiş olup, çimlenmiş buğdaylardan elde edilen tam unların *L** değerleri 78.92 ile 89.67 arasında değişmiştir. Çimlenmiş buğdaylardan üretilen tam un örneklerinin varyans analizi sonuçları incelendiğinde, *L** değeri üzerinde, buğday çeşidi ve çimlenme süresi faktörleri ile "*buğday çeşidi x çimlenme süresi*" interaksiyonlarının istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.9'da verilen Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları buğday çeşidi faktörüne göre incelendiğinde; farklı sürelerde çimlendirilmiş Esperia ve einkorn

buğdaylarından elde edilen tam unların ortalama L^* değeri (85.42 ve 85.57) farklı sürelerde çimlendirilmiş emmer buğdaylarından elde edilen tam unların ortalama L^* değerinden (82.60) daha yüksek bulunmuştur.

Sonuçlar çimlenme süresi açısından değerlendirildiğinde; çimlenmenin 2. gününde en yüksek L^* değerinin ölçüldüğü görülmektedir (Çizelge 4.9). Çimlenme başlangıcındaki (0. gün) buğday unlarının L^* değerleri ile karşılaştırıldığında, 4. gün sonuna kadar buğday unlarının L^* değerleri artış göstermiş, daha sonraki çimlenme sürelerinde L^* değerinin düştüğü belirlenmiştir. En düşük L^* değeri çimlenmenin 7. gününde elde edilmiştir.

Çizelge 4.7. Çimlenmiş buğdaylardan elde edilen unlara ait renk değerleri[1]

Buğday çeşidi	Çimlenme süresi (gün)	*L**	*a**	*b**	Hue	SI
Esperia	0	84.69±1.23	2.28±0.42	13.62±0.48	80.52±1.37	13.81±0.54
	1	86.80±0.62	1.71±0.11	12.24±0.02	82.04±0.51	12.35±0.04
	2	87.55±0.27	1.43±0.09	11.90±0.42	83.14±0.18	11.98±0.42
	3	86.83±0.04	1.23±0.07	12.90±0.04	84.55±0.34	12.96±0.03
	4	86.43±0.23	0.83±0.03	14.20±0.13	86.65±0.13	14.22±0.12
	5	84.83±0.05	0.90±0.05	15.58±0.04	86.68±0.17	15.60±0.04
	6	83.32±1.03	1.13±0.89	16.32±0.33	86.04±0.40	16.36±0.92
	7	82.63±0.01	1.30±0.00	16.60±0.16	85.53±0.04	16.64±0.16
Einkorn	0	84.54±1.17	0.86±0.07	15.27±0.18	86.74±0.47	15.29±0.42
	1	89.16±0.07	-0.02±0.14	14.36±0.40	90.08±0.55	14.36±0.40
	2	89.67±0.14	0.15±0.24	13.56±0.07	89.36±1.02	13.56±0.08
	3	86.85±0.45	0.46±0.09	15.19±0.18	88.28±0.38	15.20±0.23
	4	86.10±0.01	0.52±0.02	14.63±0.45	87.99±0.01	14.64±0.46
	5	82.91±0.35	0.81±0.16	14.81±0.26	86.86±0.85	14.83±0.40
	6	82.74±0.00	1.56±0.06	16.69±0.38	84.66±0.21	16.76±0.54
	7	78.92±0.44	2.20±0.13	17.56±0.30	82.85±0.45	17.70±0.20
Emmer	0	79.51±0.30	3.09±0.19	17.29±0.17	79.87±0.52	17.56±0.20
	1	81.29±0.04	2.80±0.17	16.73±0.17	80.49±0.49	16.96±0.18
	2	82.64±0.13	2.35±0.06	16.04±0.13	81.68±0.29	16.21±0.11
	3	83.88±0.09	1.67±0.02	15.70±0.34	83.91±0.06	15.79±0.04
	4	84.93±0.69	1.53±0.39	15.83±0.26	84.26±1.21	15.26±0.83
	5	83.28±0.01	1.37±0.18	15.90±0.20	85.36±0.41	16.92±0.57
	6	83.05±0.21	0.86±0.09	16.53±0.27	86.87±0.44	15.65±0.30
	7	82.32±0.16	1.13±0.15	16.86±0.21	86.10±0.62	16.56±0.30
Minimum-maksimum		78.92-89.67	-0.02-3.09±	11.89-17.56	79.87-90.08	11.98-17.63
Ortalama±std		84.53±2.80	1.28±0.77	15.15±1.57	85.24±2.79	15.27±1.58

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. L^*: Parlaklık renk değeri, a^*: Kırmızı-yeşil renk değeri, b^*: Sarı-mavi renk değeri, Hue: Renk özü, SI: Doygunluk indeksi.

Çizelge 4.8. Çimlenmiş buğdaylardan elde edilen unların renk değerlerine ait varyans analizi sonuçları[1]

VK	SD	*L**		*a**		*b**		Hue		SI	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Buğday çeşidi (A)	2	44.93	190.43**	5.74	97.19**	17.91	253.60**	76.63	231.39**	18.66	119.57**
Çimlenme süresi (B)	7	19.09	80.90**	0.38	6.35**	7.55	106.95**	4.72	14.24**	6.14	39.32**
(AxB)	14	10.77	45.63**	1.41	23.77**	1.97	27.93**	17.61	53.17**	2.67	17.13**
Hata		0.24		0.06		0.14		0.33		0.16	

[1]** p<0.01 düzeyinde önemli.

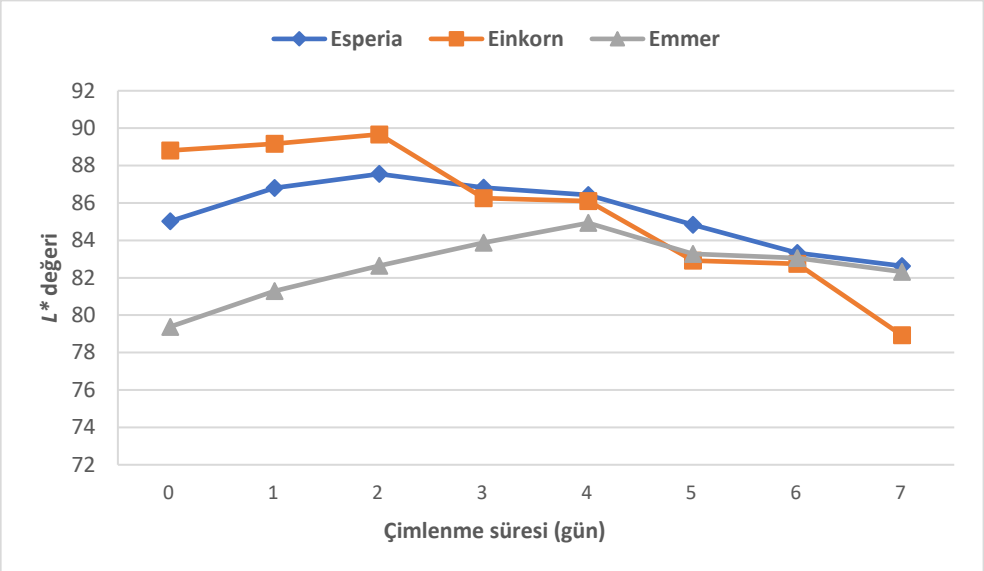
Çizelge 4.9. Çimlenmiş buğdaylardan elde edilen unların renk değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	n	*L**	*a**	*b**	Hue	SI
Buğday çeşidi						
Esperia	16	85.42±1.78a	1.34±0.50b	14.15±1.78c	84.43±2.17b	14.23±1.77c
Einkorn	16	85.57±3.67a	0.66±0.84c	15.05±1.33b	87.72±2.81a	15.21±1.34b
Emmer	16	82.60±1.64b	1.85±0.80a	16.26±0.74a	83.57±2.56c	16.38±0.83a
Çimlenme süresi (gün)						
0	6	84.40±4.31c	1.62±1.65a	15.17±1.83c	84.12±5.89b	15.32±1.92c
1	6	85.75±3.62b	1.50±1.28ab	14.44±2.02e	84.21±4.62b	14.56±2.07d
2	6	86.62±3.23a	1.31±0.99bc	13.83±1.78f	84.72±3.68b	13.92±1.92e
3	6	85.65±1.41b	1.12±0.56cd	14.09±0.04f	85.58±2.12a	14.65±1.34d
4	6	85.82±0.78b	0.96±0.49d	14.82±0.70d	86.30±1.78a	14.71±0.63d
5	6	83.67±0.92d	1.03±0.29cd	15.36±0.46c	86.30±0.85a	15.78±0.99c
6	6	83.04±0.54e	1.18±0.51cd	16.51±0.30b	85.86±1.04a	16.26±0.71b
7	6	81.29±1.85f	1.54±0.53ab	17.01±0.48a	84.83±1.59b	16.97±0.59a

[1] Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05). L^*: Parlaklık renk değeri, a^*: Kırmızı-yeşil renk değeri, b^*: Sarı-mavi renk değeri, Hue: Renk özü, SI: Doygunluk indeksi.

Çimlenme sırasında artan enzim aktivesi ve buna bağlı artan enzimatik reaksiyonlar sonucu meydana gelen proteinler ile karbonhidratlar arasındaki esmerleşme reaksiyonları ve oksidasyon ürünleri *L** değerindeki değişikliğin ana sebepleri olabilir. Diğer taraftan Tian ve ark. (2010) buğdayın kepek tabakasının, endospermden çok daha yüksek düzeyde renk pigmenti içerdiğini ve bu nedenle, ıslatma vb. işlemler sırasında kepekte bulunun renk pigmentlerinin ıslatma suyuna göçü ve endosperm içine difüzyonu ile çimlenmenin başlangıcında elde edilen çimlenmiş buğday unlarının renginin etkilenebileceği ifade etmiştir.

Tam buğday unlarının *L** değeri üzerine etkili "*buğday çeşidi x çimlenme süresi*" interaksiyonu Şekil 4.6'da verilmiştir. Buğday örneklerinin çimlenme süresine bağlı olarak her buğday çeşidi için önce *L** değerinde artış ardından farklı günlerde olmak üzere azalma meydana gelmiştir. Çimlenme sürecinin başlangıcında ve çimlenmenin ilk 2 gününde einkorn buğdayı en yüksek *L** değeri gösterirken, çimlenme süresinin sonunda en düşük *L** değerine sahip buğday çeşidi olmuştur.



Şekil 4.6. Çimlenmiş buğdaylardan elde edilen tam unlarda *L** renk değeri üzerinde etkili *"buğday çeşidi x çimlenme süresi"* interaksiyonu

4.2.2.2. *a** (kırmızılık) değeri

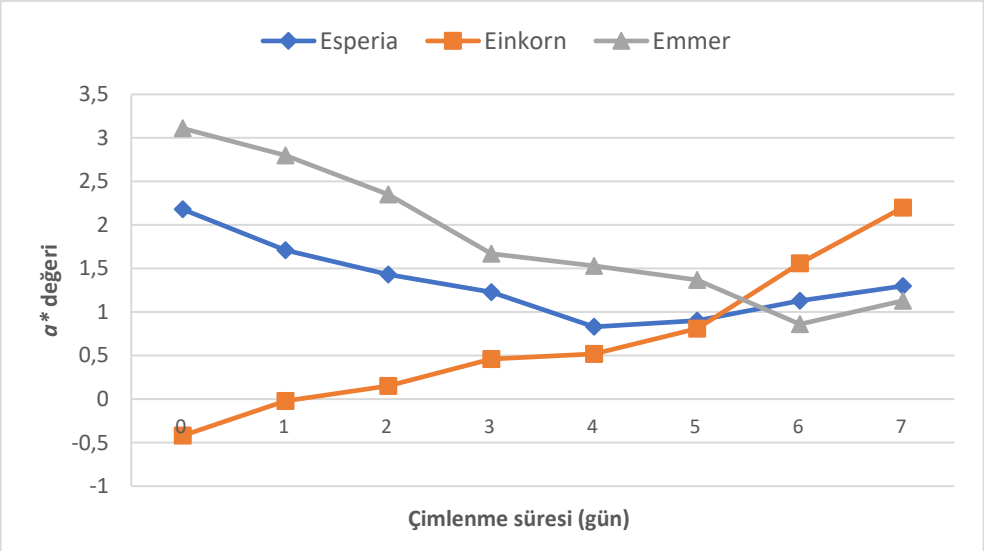
Çimlenmiş buğdayların tam unlarına ait *a** değerleri Çizelge 4.7'de verilmiş olup, çimlenmiş buğdayların *a** değerleri -0.02 ile 3.09 arasında değişmiştir. Çimlenmiş buğdaylardan üretilen tam un örneklerinin varyans analiz sonuçları incelendiğinde, *a** değeri üzerinde, buğday çeşidi ve çimlenme süresi faktörleri ile "*buğday çeşidi x*

çimlenme süresi" interaksiyonlarının istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.8).

Sonuçlar buğday çeşidi faktörü açısından değerlendirildiğinde, en yüksek *a** değeri emmer buğdayından elde edilen tam unlarda (1.85) ölçülürken, bunu sırasıyla Esperia ve einkorn buğdayından elde edilen tam un örneklerinin *a** değerleri (1.34 ve 0.66) takip etmiştir (Çizelge 4.9).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları çimlenme süresi açsından değerlendirildiğinde; çimlenmenin başlangıcında ortalama 1.62 olarak ölçülen *a** değeri ile çimlenmenin son gününde ortalama 1.54 olarak ölçülen a* değeri istatistiksel olarak aynı grupta yer almış olup, çimlenmenin 2-6 günleri arasında ölçülen *a** değerlerinden yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.9).

Tam buğday unlarının *a** değeri üzerine etkili "*buğday çeşidi x çimlenme süresi*" interaksiyonu Şekil 4.7'de verilmiştir. Esperia ve emmer buğday unlarının *a** değeri sırasıyla çimlenmenin 4. ve 6. gününe kadar azalmış, çimlendirme işleminin devamında hafif artış göstermişlerdir. Einkorn buğdayı ise en düşük *a** değerini çimlenmenin başlangıcında, en yüksek *a** değerini çimlenme süresinin sonunda göstermiştir.



Şekil 4.7 Çimlenmiş buğdaylardan elde edilen tam unlarda *a** renk değeri üzerinde etkili *"buğday çeşidi x çimlenme süresi"* interaksiyonu

4.2.2.3. *b** (sarılık) değeri

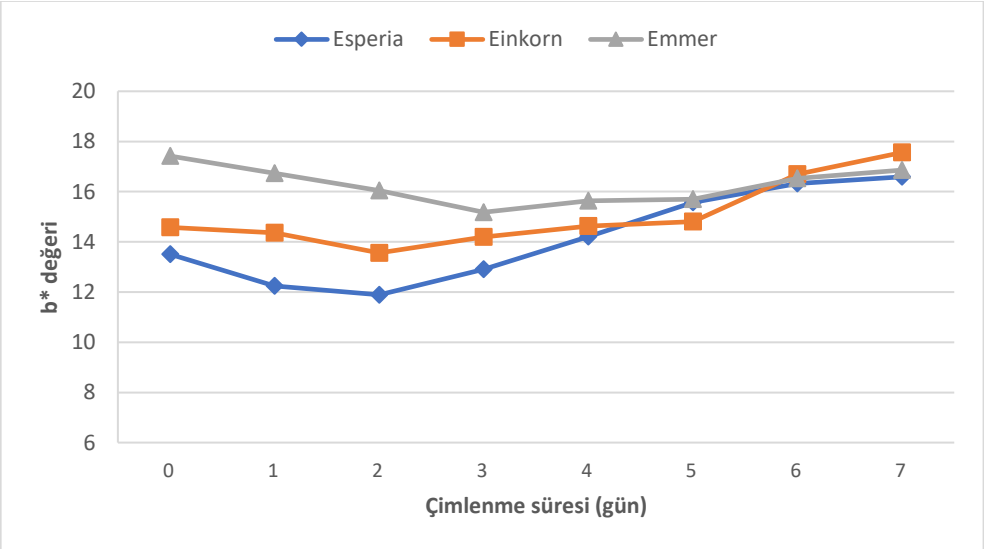
Çimlenmiş buğdaylardan elde edilen tam un örneklerine ait *b** değeri 11.89 ile 17.56 arasında değişmiş olup, ortalama 15.15 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.7). Çimlendirilmiş buğday örneklerinin tam unlarının *b** değerlerine ait varyans analizi

sonuçları incelendiğinde, buğday çeşidi ve çimlenme süresi faktörleri ile "*buğday çeşidi x çimlenme süresi*" interaksiyonu p<0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.8).

Çimlenmiş buğdaylardan elde edilen tam un örneklerine ait *b** değeri üzerinde buğday çeşitlerinin etkisi incelendiğinde; en yüksek ortalama *b** değeri emmer buğdayından elde edilen tam un örneklerinde, en düşük ortalama *b** değeri Esperia buğdaylarından elde edilen tam un örneklerinde (14.15) bulunmuştur. Einkorn buğdaylarından elde edilen tam un örneklerinde ise ortalama *b** değeri 16.26 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9'da verilen Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları çimlenme süresi açısından değerlendirildiğinde; en düşük *b** değerleri çimlenmenin 2. ve 3. gününde belirlenirken, en yüksek *b** değeri çimlenmenin 7. gününde belirlenmiştir. Çimlendirme işleminin başlangıcından 6. güne kadar olan *b** değerindeki azalma ıslatma işlemi sırasında tane kabuğundaki pigment kaybından kaynaklanabileceği gibi, artan eznimatik aktivite sonucu renk pigmentlerinin oksidasyonu ile de ilgili olabilir.

Çimlenme sürecinde buğday örneklerinin *b** değeri üzerinde etkili *"buğday çeşidi x çimlenme süresi"* interaksiyonu Şekil 4.8' de verilmiştir. Buna göre çimlenme süresinin artmasına bağlı olarak buğday örneklerinin *b** değeri belli bir süre azalmış, bu azalma her buğday çeşidinde farklı çimlenme süresine kadar devam etmiştir. Esperia ve einkorn buğdaylarının çimlenmenin başlangıcında azalan *b** değeri sırasıyla çimlenmenin 4. ve 6. günlerinden itibaren artış gösterirken, emmer buğdayının *b** değeri çimlenme süresinin tamamında çimlenmenin başlangıcında ölçülen *b** değerinden düşük kalmıştır.



Şekil 4.8. Çimlenmiş buğdaylardan elde edilen tam unlarda *b** renk değeri üzerinde etkili *"buğday çeşidi x çimlenme süresi"* interaksiyonu

4.2.2.4. Hue ve SI değerleri

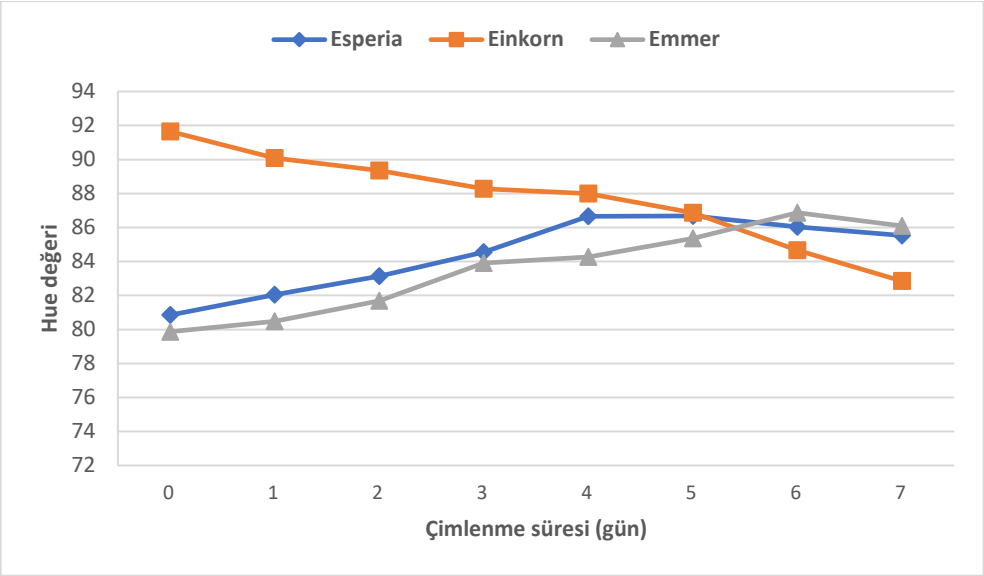
Çimlenmiş buğdaylardan elde edilen tam un örneklerine ait Hue ve SI değerleri Çizelge 4.7 de verilmiş olup, örneklerin ortalama Hue ve SI değerleri 85.24 ve 15.27 olarak belirlenmiştir. Çimlendirilmiş buğday örneklerinin tam unlarının Hue ve SI değerlerine ait varyans analizi sonuçları incelendiğinde; Hue ve SI değerleri üzerinde buğday çeşidi ve çimlenme süresi faktörleri ile "*buğday çeşidi x çimlendirme süresi*" interaksiyonlarının istatistiki olarak $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.9'da verilen sonuçlara göre; çimlenmiş buğday örneklerinin tam unları arasında einkorn buğdayından elde edilen tam un (87.72) en yüksek Hue değeri elde edilen buğday unu olurken, einkorn buğday ununu sırasıyla Esperia (84.43) ve emmer buğdaylarından elde edilen tam un örnekleri (83.57) takip etmiştir. Buğday çeşitleri SI değeri açısından değerlendirildiğinde ise 16.38 ile emmer buğdayından elde edilen tam un en yüksek SI değerinin elde edildiği örnek olurken, 14.23 ile Esperia buğdayından elde edilen tam un en düşük SI değerinin elde edildiği örnek olmuştur.

Sonuçlar çimlenme süresi açısından değerlendirildiğinde; çimlenme süresinin artmasına bağlı olarak örneklerin Hue değeri 84.12 ile 86.30 arasında değişmiştir (Çizelge 4.9). Çimlenmenin başlangıcına göre 3. gün ile 6. gün arasında daha yüksek Hue değerleri elde edilmiştir. Çizelge 4.9 tam unların SI değeri açısından değerlendirildiğinde; çimlenmenin 2. gününde en düşük değerine (13.92) ulaşan SI, çimlenmenin 6. gününden itibaren başlangıç gününe göre artış göstermiş ve çimlenmenin son günüde 16.97 olarak ölçülmüştür.

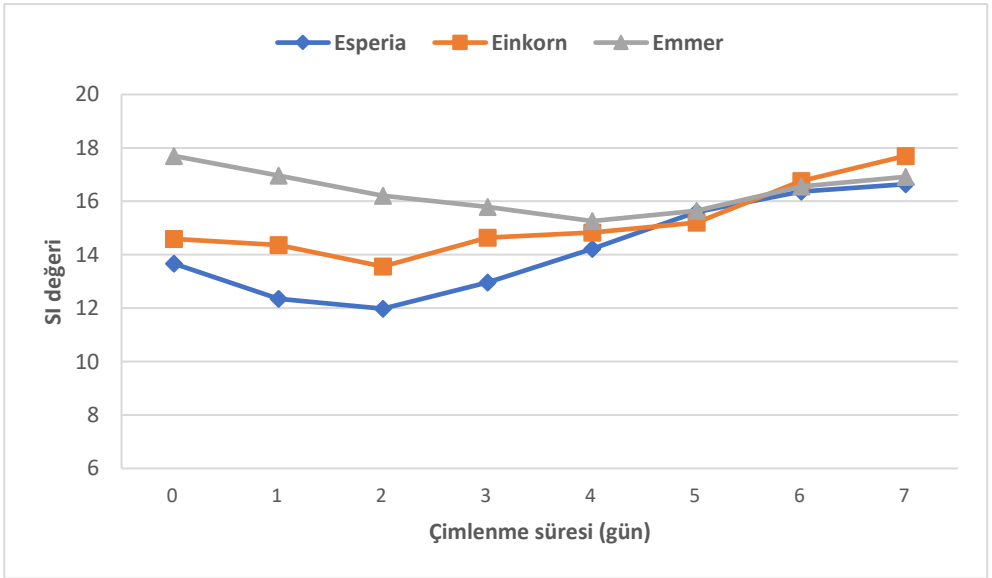
Çimlenmiş buğdaylara ait unlarının Hue değeri üzerinde etkili ($p<0.01$) *"buğday çeşidi x çimlenme süresi"* interaksiyonu Şekil 4.9'da verilmiştir. Esperia ve emmer buğdaylarının çimlenme süresinin artmasına bağlı olarak Hue değerleri bir süre artış göstermiş ve bu iki buğday çeşidi birbirine yakın bir değişim sergilemiştir. Einkorn buğdayının Hue değeri ise çimlenme süresinin artışına bağlı olarak sürekli bir azalış göstermiştir.

Çimlenmiş buğdaylara ait unlarının SI değeri üzerinde etkili ($p<0.01$) *"buğday çeşidi x çimlenme süresi"* interaksiyonu Şekil 4.10'da verilmiştir. İnteraksiyonun gidişi Şekil 4.8'de verilen b^* değerine genel olarak paralellik göstermiş, ancak emmer buğdayının en düşük b^* değeri 3. gün, SI değeri ise 4. gün ölçülmüştür.



Şekil 4.9. Çimlenmiş buğdaylardan elde edilen tam unlarda Hue renk değeri üzerinde etkili *"buğday çeşidi x çimlenme süresi"* interaksiyonu

Liu ve ark. (2017) ticari olarak satışı yapılan çimlenmiş buğday unu ikamesi (%0, 25, 50, 75 ve 100) ile hazırlanan tam buğday ununun ve ondan yapılan tortillanın bazı özelliklerini inceledikleri çalışmalarında; un paçallarında çimlenmiş buğday unu oranı arttıkça parlaklığın arttığını, kırmızılık ve sarılık değerlerinin azaldığını rapor etmişlerdir. Çalışmada tam buğday ununun L^*, a^* ve b^* değerleri sırasıyla 83.63, -1.18 ve 11.99 olarak bildirilirken, çimlenmiş buğday ununun aynı renk değerleri 85.36, -0.25 ve 9.67 olarak rapor edilmiştir.



Şekil 4.10. Çimlenmiş buğdaylardan elde edilen tam unlarda SI renk değeri üzerinde etkili *"buğday çeşidi x çimlenme süresi"* interaksiyonu

Johnston ve ark. (2019) 24 saat 21 ºC'de aşırı nemli şartlarda yaptıkları çimlendirme işleminin ardından buğday örneklerinin *L** değerinin azaldığını, *a** ve *b** değerlerinin arttığını bildirmiştir.

Kılınçer (2018) çimlendirilmiş bazı tahıl ve baklagillerin besinsel ve fonksiyonel özelliklerini araştırdığı çalışmasında, çimlendirme işleminin 5. gününe kadar buğday örneklerinin *L** değerinin arttığını, *a** ve *b** değerlerinin ise azaldığını bildirmiştir. Çimlenmenin son gününde (5. gün) ise *L** değeri azalırken, *a** ve *b** değerlerinin artış gösterdiğini rapor etmiştir.

Paredes-Lopez ve Mora-Escobedo (1989) çimlenme süresinin amarant tohumlarının fiziksel ve kimyasal yapısı üzerindeki etkisini incelendikleri çalışmalarında; çimlenme süresinin artması ile birlikte amarant tohumlarının *L** renk değerinin 63.0'dan 72 saat sonra 48.5 'e düştüğünü belirlemişlerdir. *a** ve *b** renk değerlerinin ise *L** değerinin aksine artış gösterdiğini bildirmişlerdir.

Sharma ve ark. (2019b) farklı sıcaklıklarda çimlendirme prosesinin biyoaktif ve besin bileşenlerinin sindirilebilirlikleri üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında, uyguladıkları tüm sıcaklıklarda (25, 30 ve 35 ºC) *L** değerinin çimlenme ile birlikte azaldığını bu azalmanın yüksek sıcaklıklarda çimlendirilen örneklerde daha fazla oranda gerçekleştiğini belirlemişlerdir. Çimlenme sürenin artması ile birlikte *a** değeri artarken, *b** değerinin azaldığını bildirmişlerdir.

Yang ve ark. (2021) 6 gün süren çimlenme süresi ile birlikle buğdayların *a** değerinin arttığını ve maksimum *a** değerinin 5. gün elde edildiğini bildirmişlerdir. Çimlenmenin başlangıcında 16.4 olan *b** değeri çimlenmenin 6. gününde 21.9 olarak belirlenmiştir. Aynı çalışmada çimlenme süresine bağlı olarak örneklerin *a** ve *b** renk değerleri artarken, *L** değeri azalmış ve bu renk değişiklikleri küçük moleküler yapıya sahip şeker ve proteinlerin reaksiyonu sonucu oluşan melanoidinlerin birikimine bağlanmıştır.

Chung ve ark. (2012) tarafından yapılan bir çalışmada; çimlenme ile birlikte kahverengi pirinçlerin *L** değerlerinin azaldığı bildirilmiştir. Bu durumun kahverengi pirinçte bulunan polifenol oksidaz ve peroksidaz gibi doğal oksidatif enzimlerin aktivitesinin çimlenme ile artmasına bağlı olabileceğini rapor etmişlerdir.

Sofi ve ark. (2020) çimlenme süresinin artmasına bağlı olarak nohut örneklerinin *a** değerinin 2.89'dan 6.88'e yükseldiğini bildirmişlerdir. Bu durumun renk pigmentlerinin tane kabuğundan endosperme aktarılması ve enzimatik olmayan esmerleşmeden kaynaklanıyor olabileceğini ifade etmişlerdir.

4.2.3. Çimlendirilmiş buğdaylardan elde edilen tam unlara ait kimyasal analiz sonuçları

Çimlendirilmiş Esperia, einkorn ve emmer buğdaylarından elde edilen unlarına ait kül, protein, yağ ve toplam besinsel lif (TBL) analizi sonuçları Çizelge 4.10' de, fitik asit, toplam sarı pigment (TSP), toplam fenolik madde (TFM) miktarı ve antioksidan aktivite (DPPH, FRAP ve CUPRAC) sonuçları ise Çizelge 4.13'de verilmiştir. Bu değerlere ait varyans analizi sonuçları sırasıyla Çizelge 4.11 ve 4.14'de, Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise sırasıyla Çizelge 4.12 ve 4.15'de özetlenmiştir.

4.2.3.1. Kül

Çimlenmiş buğdaylardan elde edilen tam unların çimlenme sürecinde kül miktarı %1.53-2.39 arasında değişmekte olup, ortalama %1.89 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.10). Varyans analizi sonucuna göre, çimlenmiş buğday unlarının kül miktarı üzerinde buğday çeşidi faktörünün $p<0.01$ düzeyinde, çimlenme süresi faktörünün ise $p<0.05$ düzeyinde önemli etkiye sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.11).

Farklı sürelerde çimlendirilmiş buğdaylardan elde edilen unların kül miktarları karşılaştırıldığında; emmer buğdayından elde edilen tam unların ortalama kül miktarı (%2.06), einkorn ve Esperia buğdaylarının tam unlarının ortalama kül miktarından (%1.69 ve %1.67) daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.12). Bu durum emmer buğdayının başlangıç kül içeriğinin, Esperia ve einkorn buğdaylarının kül içeriğinden yüksek olması ile ilişkili olabilir (Çizelge 4.10).

Sonuçlar çimlenme süresi açısından değerlendirildiğinde; çimlenme süresinin başlangıcında sayısal olarak azalan kül miktarı, çimlenmenin 2. gününde %1.63 ile en düşük düzeye inmiştir. Ancak bu azalma istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.12). Dhillon ve ark. (2020) çalışmalarında 30 ^{o}C'de 3 gün çimlendirdikleri buğday örneklerinin kül içeriğinin %1.61'den %1.11'e azaldığını, bu azalmanın buğday örneklerinin çimlendirilmeden önce 8 saat ıslatılması sırasında mineral maddelerin ıslatma suyuna geçerek kaybedilmesinden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Çimlenmenin 6. ve 7. gününde, başlangıca göre kül miktarında sayısal artış gerçekleşse de bu artış da istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Hung ve ark. (2012) çimlenme ile kül miktarının artış göstermesini; çimlenmeden kaynaklanan nişasta kaybı ile tane ağırlığının

azalması ve külün toplam tane ağırlığı içerindeki oranının artmasından kaynaklanmış olabileceğini ifade etmişlerdir.

Lemar ve Swanson (1976) %1.8 olan buğdayın kül miktarının çim uzunluğu ¼ inch olduğunda %1.25'e, 1 inch olduğunda ise %1.34'e yükseldiğini bildirmişlerdir. Öztürk (2008), 2 farklı ekmeklik buğday örneğini çimlendirdiği bir çalışmada, çimlenmemiş buğdayın kül içeriğini %1.51, çimlenmiş buğday örneklerinin kül içeriğini ise ortalama %1.80 olarak rapor etmiştir. Kanmaz (2017), 5 gün çimlendirilen buğday tanelerinin, kül içeriğinde %18 oranında artış olduğunu bildirmiştir.

Ohm ve ark. (2016) 3 gün ve 5 gün çimlenmeden sonra elde edilen buğday numunelerini biyokimyasal özellikleri açısından analiz ettikleri çalışmalarında; buğday örneklerinin çimlenmenin başlangıcındaki ve 5. günündeki ortalama kül içeriğini sırasıyla %1.45 ve %1.57 olarak bildirmişlerdir. Kül içeriğindeki artışın, tohumun çimlenmesi sırasında enerji sağlamak için katabolik işlemlerle karbonhidrat tüketiminden kaynaklanmış olabileceğini ifade etmişlerdir.

Çizelge 4.10. Çimlenmiş buğdaylardan elde edilen unlara ait kül, protein, yağ ve TBL analiz sonuçları[1]

Buğday çeşidi	Çimlenme süresi (gün)	Kül (%)	Protein (%)	Yağ (%)	TBL[2] (%)
Esperia	0	1.63±0.04	11.99±0.26	1.73±0.02	12.78±0.16
	1	1.53±0.01	11.64±0.26	1.71±0.02	12.75±0.06
	2	1.58±0.00	11.46±0.17	1.69±0.01	12.68±0.06
	3	1.69±0.00	11.86±0.04	1.66±0.01	12.99±0.15
	4	1.67±0.05	11.99±0.09	1.62±0.02	13.24±0.01
	5	1.70±0.01	11.99±009	1.58±0.03	13.37±0.08
	6	1.77±0.03	12.08±0.09	1.56±0.01	13.79±0.06
	7	1.82±0.02	12.43±0.26	1.54±0.02	13.75±0.05
Einkorn	0	1.84±0.09	12.82±0.22	1.98±0.02	8.90±0.21
	1	1.81±0.33	12.73±0.04	1.94±0.01	8.71±0.06
	2	1.83±0.52	12.69±0.18	1.94±0.02	8.62±0.08
	3	1.87±0.30	13.13±0.09	1.93±0.02	8.95±0.14
	4	1.89±0.33	13.21±0.18	1.88±0.00	9.11±.06
	5	1.92±0.30	13.83±0.09	1.88±0.01	9.25±0.07
	6	1.95±0.23	14.09±0.17	1.83±0.06	9.39±0.08
	7	2.03±0.13	14.35±0.09	1.80±0.01	9.37±0.08
Emmer	0	2.04±0.30	12.91±0.04	2.13±0.00	8.35±0.5
	1	1.98±0.10	12.86±0.09	2.07±0.02	8.24±0.10
	2	2.01±0.22	12.78±0.00	2.05±0.03	8.22±0.10
	3	2.08±035	13.56±0.09	1.98±0.02	8.58±0.07
	4	2.11±0.19	13.65±0.35	1.93±0.03	8.64±0.10
	5	2.15±0.02	13.83±0.26	1.82±0.01	8.97±0.17
	6	2.17±0.07	14.35±0.09	1.80±0.01	9.13±0.04
	7	2.39±0.01	14.61±0.35	1.75±0.02	9.14±0.04
Minimum-maksimum		1.53-2.39	11.46-14.61	1.54-2.13	8.22-13.79
Ortalama±std		1.89±0.23	12.95±0.90	1.83±0.16	10.29±2.07

[1]Sonuçlar kuru madde üzerinden verilmiştir. Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. [2]Toplam besinsel lif.

Çizelge 4.11. Çimlenmiş buğdaylardan elde edilen unların kül, protein, yağ ve TBL değerlerine ait varyans analizi sonuçları[1]

VK	SD	Kül		Protein		Yağ		TBL[2]	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Buğday çeşidi(A)	2	0.78	17.41**	12.67	201.97**	0.43	453.22**	100.14	5239.26**
Çimlenme süresi (B)	7	0.11	2.50*	1.66	26.45**	0.05	50.31**	0.82	42.67**
(AxB)	14	0.01	0.32ns	0.16	2.51*	0.00	3.73**	0.02	0.96ns
Hata		0.05		0.06		0.00		0.02	

[1]*p< 0.05 düzeyinde önemli,**p< 0.01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz. [2]Toplam besinsel lif.

Çizelge 4.12. Çimlenmiş buğdaylardan elde edilen unların kül, protein, yağ ve TBL değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	n	Kül (%)	Protein (%)	Yağ (%)	TBL[2] (%)
Buğday çeşidi					
Esperia	16	1.67±0.09b	11.88±0.33c	1.64±0.07c	13.17±0.42a
Einkorn	16	1.69±0.25b	13.31±0.62b	1.90±0.06b	9.04±0.29b
Emmer	16	2.06±0.24a	13.51±0.68a	1.94±0.13a	8.66±0.37c
Çimlenme süresi (gün)					
0	6	1.88±0.32ab	12.53±0.50ef	1.94±0.18a	10.01±2.16d
1	6	1.66±0.24b	12.35±0.62f	1.90±0.17b	9.90±2.22d
2	6	1.63±0.31b	12.25±0.68f	1.90±.17b	9.84±2.21d
3	6	1.72±0.22b	12.82±0.78de	1.85±0.15c	10.17±2.20c
4	6	1.76±0.23ab	12.92±0.82dc	1.81±0.15d	10.33±2.27c
5	6	1.85±0.27ab	13.17±0.96bc	1.76±0.14e	10.53±2.21b
6	6	1.91±0.24ab	13.45±1.14ab	1.73±0.14ef	10.77±2.34a
7	6	2.03±0.29a	13.73±1.11a	1.70±0.13f	10.75±2.32a

[1] Aynı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (p<0.05). [2]Toplam besinsel lif.

Hung ve ark. (2012) çimlenmenin başlangıcında %1.8 olan buğday örneklerinin kül içeriğinin çimlenmenin ilk 36 saatinde önemli bir değişiklik göstermediğini ve sayısal olarak azaldığını ardından artarak 48 saat sonra %1.94'e yükseldiğini rapor etmişlerdir.

4.2.3.2. Protein

Çimlenmiş buğdaylardan elde edilen tam un örneklerine ait protein miktarı %11.46 ile %14.61 arasında değişim göstermekte olup, ortalama %12.95 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.10). Varyans analizi sonucuna göre buğday örneklerinin protein miktarları üzerinde buğday çeşidi ve çimlenme süresi faktörlerinin $p<0.01$ düzeyinde ve "*buğday çeşidi x çimlenme süresi*" interaksiyonun ise $p<0.05$ düzeyinde önemli etkiye sahip olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.11).

Farklı sürelerde çimlendirilmiş buğday örneklerinden elde dilen tam unların protein miktarı üzerine buğday çeşidinin etkisi incelendiğinde; en yüksek protein miktarı emmer buğdayından elde edilen tam unlardan (%13.51), en düşük protein miktarı ise Esperia buğdayından elde edilen tam unlardan (%11.88) elde edilmiştir (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12, çimlenme süresi açısından değerlendirildiğinde; çimlenmenin başlangıcında %12.53 olan protein miktarının, çimlenmenin 7. gününde %13.73'e yükseldiği belirlenmiştir (Çizelge 4.12). Çimlenmenin başlangıcından 4. güne kadar protein içeriğinde önemli bir değişiklik gerçekleşmemiş olup, Bau ve ark. (1997) bu durumun çimlenme sırasında proteinlerin bozunma ve sentez süreçlerinin dengesinden kaynaklandığını bildirmişlerdir. Çimlenmenin 4. gününden itibaren buğday unlarının protein içeriği artış göstermiştir. Ohm ve ark. (2016) protein miktarındaki artışın; gerçek bir protein artışından ziyade solunum sırasında karbonhidrat kaybından kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Koehler ve ark. (2007), çimlenme sırasındaki enzim aktivitesinin, çimlenmenin başlangıcında gelişmekte olan bitkiye besin sağlamak için proteinlerin parçalanmasına yol açtığı gibi, çimlenmenin sonraki aşamasında ise artan protein içeriğinden sorumlu olabileceğini ifade etmişlerdir. Ahmad ve ark. (2010) ise çimlenmenin başlangıcında gözlemledikleri protein içeriğindeki düşüşün; proteinlerin çözünür şekerlere dönüştürüldüğü glukoneogenezden kaynaklandığını, çimlenme süresinin devamında protein içeriğindeki artışın ise tohum filizinin, ototrofik bir metabolizma moduna ve fotosentezin başlamasına geri dönmesinden kaynaklı olduğunu bildirmişlerdir.

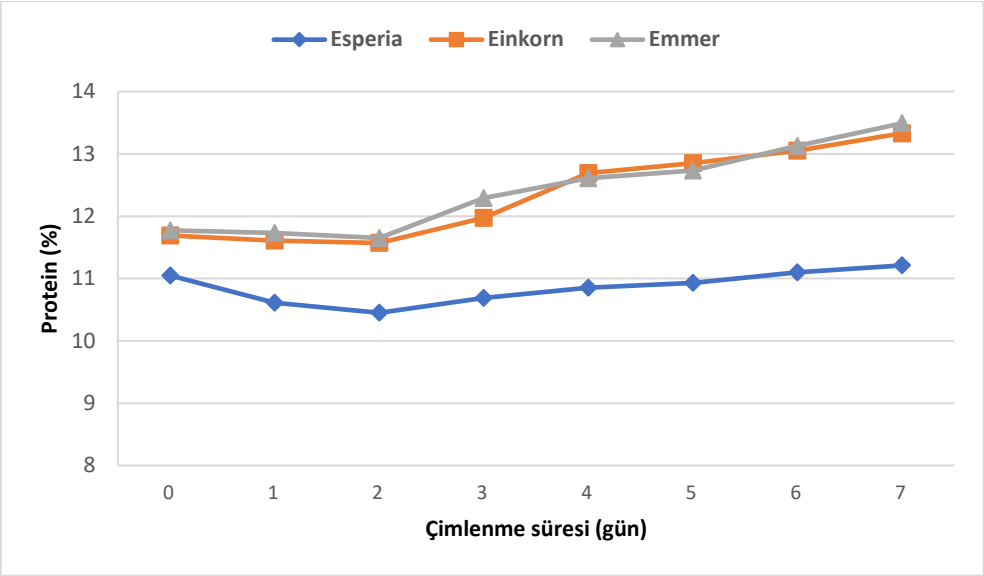
Liu ve ark. (2018) 25 ºC'de 72 saat çimlendirdikleri maş fasulyelerinin protein içeriğini; çimlenmenin başlangıcında %25.58 olarak, çimlenmenin 24. ve 72. saatinde sırasıyla %24.48 ve %28.81 olarak belirlemişlerdir.

Dhillon ve ark. (2020) çalışmalarında, ekmeklik tam buğday ununun %12.18 olan protein miktarının 3 günlük çimlenme ile %13.3'e yükseldiğini bildirmişlerdir. Calzuola ve ark. (2004) ekmeklik buğdayın 5 gün çimlendirilmesi ile protein içeriğinin arttığını ve çimlenmenin 5. gününde protein miktarını yaklaşık %13 olarak belirlediklerini rapor etmişlerdir.

Grassi ve ark. (2018) buğday örneklerinin başlangıçta %13.3 olan protein içeriğinin, %90 nem ve 21 ºC'de 72 saat çimlendirme ardından %13.6'ya yükseldiğini ve bu artışın çimlenme sırasında enerji kaynağı olarak kullanılan nişastanın azalması ile proteinin toplam kuru madde içerisindeki oranının artmasından kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Ohm ve ark. (2016) buğday örneklerinin çimlenmenin başlangıcında %2.50 olan azot miktarını çimlenmenin 3. günüde %2.50 ve 5. günüde %2.68 olarak bildirmişlerdir. Bu durumun, çimlenme sırasında enerji sağlamak için karbonhidrat tüketiminden kaynaklanmış olabileceğini ifade etmişlerdir.

Çimlenme sürecinde, çimlenmiş buğdaylardan elde edilen tam unların protein miktarı üzerinde etkili *"buğdayı çeşidi x çimlenme süreci"* interaksiyonunun verildiği Şekil 4.11 incelendiğinde; çimlenmenin başlangıcında azalan protein miktarı çimlenme süresinin artmasına bağlı olarak artış göstermiştir. Buğday çeşitleri arasında Esperia buğdaylarından elde edilen tam unlar, tüm çimlenme süresi boyunca en düşük protein içeriğine sahip tam un çeşidi olurken, emmer ve einkorn buğdaylarından elde edilen tam unların çimlenme sürecinde protein içeriklerindeki değişimler benzerlik göstermiştir. Çimlenme sırasında tam buğday unlarının protein içeriğindeki artış, esas olarak karbonhidrat miktarında olmak üzere kuru madde kaybına bağlanabilir. Toplam karbonhidrat miktarı azaldıkça, diğer besin maddelerinin yüzdesi artmaktadır (Lorenz ve ark., 1981). Diğer taraftan, çimlenme sırasında artan enzim aktivitesi protein içeriğindeki artıştan sorumlu olabilir (Bau ve ark., 1997).



Şekil 4.11. Çimlenmiş buğdaylardan elde edilen tam unların protein miktarı üzerinde etkili *"buğday çeşidi x çimlenme süresi"* interaksiyonu

Yang ve ark. (2021) ekmeklik buğdayın çimlenmenin başlangıcında %14.95 olan protein içeriğini, çimlenmenin 6. gününde %14.62 olarak bildirmişlerdir. Çimlenmenin ilk aşamasında protein içeriğinde hafif azalma olduğunu ve çimlenmenin 4. gününden sonra ise protein içeriğindeki artışın istatistiksel olarak önemli bulunduğunu ve bu artışın, esas olarak karbonhidrat formundaki kuru madde kaybından kaynaklandığını rapor etmişlerdir.

Çalışmalar arasındaki değişken sonuçlar, çimlenmenin farklı bitki türlerine ait tohumlar üzerindeki farklı etkilerinin yanı sıra çimlenme koşullarındaki (sıcaklık, ışık, nem ve çimlenme zamanı) varyasyonlardan kaynaklanabilmektedir (Yang ve ark., 2001).

4.2.3.3. Yağ

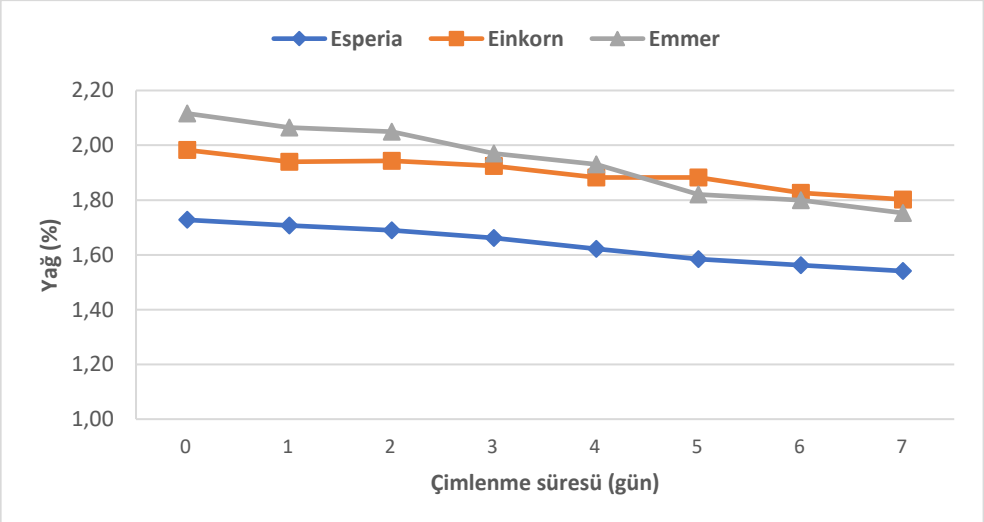
Çimlenme sürecinde, çimlenmiş buğdaylardan elde edilen tam unların yağ miktarı %1.54 ile %2.13 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.10). Yapılan varyans analizi sonucunda örneklerin yağ miktarı üzerinde buğday çeşidi ve çimlenme süresi faktörleri ile "*buğday çeşidi x çimlenme süresi"* interaksiyonunun $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.11).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; en yüksek yağ miktarı emmer buğdayı tam un örneklerinde (%1.94) belirlenmiş olup, bunu sırasıyla einkorn buğdayı tam unlarının ortalama yağ miktarı (%1.90) ve Esperia buğdayı tam unlarının ortalama yağ miktarı (%1.64) takip etmiştir (Çizelge 4.10). İstatistiki olarak önemli kabul edilen

bu fark, buğday örneklerinin çimlenme öncesi yağ içerikleri ile de ilişkilendirilebilir (Çizelge 4.12).

Sonuçlar çimlenme süresi açısından değerlendirildiğinde; artan çimlenme süresine bağlı olarak buğday unlarının ortalama yağ miktarında azalma görülmüş ve çimlenmenin başlangıcında %1.94 olan yağ miktarı çimlenme süresinin sonunda %1.70'e düşmüştür (Çizelge 4.12). Azalan yağ içeriği, yağı yağ asitlerine ve gliserole hidrolize eden lipolitik enzim aktivitesinin çimlenme sırasında artması ile ilgili olabilir (Chiemela ve ark., 2009). Ayrıca çimlenme ile birlikte yağ miktarındaki bu düşüşün sebebi lipitlerin ve serbest halde bulunan yağ asitlerinin, embriyonun yeni doku oluşturma sürecinde enerji kaynağı olarak tüketilmesi ile ilişkilendirilebilir (Yıldız, 1996). Daha önce yürütülen çalışmalarında Dhaliwal ve Aggarwal (1999), El-Adawy ve ark. (2004), Ghavidel ve Prakash (2007) ve Hahm ve ark. (2008) çimlenme süresinin uzaması ile yağ içeriğinin azaldığını belirtmişlerdir.

Çimlenmiş buğdaylardan elde edilen tam unların yağ miktarı üzerinde etkili ($p<0.01$) "*buğday çeşidi x çimlenme süresi*" interaksiyonu Şekil 4.12'de verilmiştir. Her bir buğday çeşidi için geçerli olmak üzere çimlenme süresinin artışına bağlı olarak örneklerin yağ içeriğinin azaldığı görülmektedir. Başlangıç yağ içeriği daha düşük olan Esperia buğdaylarından elde edilen tam unlar çimlenme süresince en düşük yağ içeriğine sahip örnekler olurken, çimlenmenin 5. gününe kadar en yüksek yağ içeriğine sahip örnek emmer buğdayı tam unları olmuş, çimlenmenin devamında ise einkorn buğdaylarından elde edilen tam unların ortalama yağ içeriğindeki azalma daha az olduğundan yağ içeriği diğer buğday örneklerinden yüksek bulunmuştur.



Şekil 4.12. Çimlenmiş buğdaylardan elde edilen tam unlarda yağ miktarı üzerinde etkili *"buğday çeşidi x çimlenme süresi"* interaksiyonu

Yang ve ark. (2021) çalışmalarında buğdayın çimlenmesine bağlı olarak yaklaşık %0.10- 0.25 oranında yağ kaybı olduğunu bildirmişlerdir.

El-Adawy ve ark. (2003) maş fasulyesi, bezelye ve mercimek örneklerinin çimlendirilmesi ile yağ içeriklerinin sırasıyla 1.75, 2.40 ve 1.15 mg/100g'dan 1.15, 1.65 ve 0.93 mg/100g'a düştüğünü bildirmişlerdir. Bu durumun, çimlenmeyi başlatmak için yağın enerji kaynağı olarak kullanılmasından kaynaklanabileceğini ifade edilmiştir.

4.2.3.4. Toplam besinsel lif

Buğdayın diyet lif içeriği esas olarak arabinoksilan, selüloz, β-glukan, arabinogalaktan peptit, dirençli oligosakkaritler, lignin ve ilgili bitki maddelerinden oluşmaktadır (Gebruers ve ark., 2008). Farklı sürelerde çimlendirilmiş buğdayların tam unlarına ait TBL miktarı %8.22 ile %13.79 arasında değişmekte olup, ortalama %10.29 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.10). Varyans analizi sonuçlarına göre örneklerin TBL miktarı üzerinde buğday çeşidi ve çimlenme süresi faktörlerinin $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.12 buğday çeşidi açısından incelendiğinde; en yüksek ortalama TBL miktarı (%13.17) çimlenmiş Esperia buğdayından elde edilen tam unlarda belirlenirken, bunu sırasıyla çimlenmiş einkorn ve emmer buğdayı tam unlarının TBL miktarı (%9.04 ve %8.66) takip etmiştir (Çizelge 4.12).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; çimlendirme işleminin ilk iki gününde buğday örneklerinin TBL içeriği sayısal olarak azalmış ve çimlenmenin 2. gününde en düşük miktara (%9.84) ulaşmış, ancak bu azalma istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Çimlendirme işleminin devamında artış gösteren TBL miktarı, çimlenmenin 6. ve 7. günlerinde istatistiksel olarak en yüksek seviyeye ulaşmıştır (%10.77 ve %10.75) (Çizelge 4.12). Yang ve ark. (2021) buğday örneklerinin çimlendirilmesi sırasında toplam diyet lif içeriğinin yavaş bir şekilde arttığını ve çimlendirme işleminin başlangıcında %11.21 olan toplam diyet lif içeriğinin %27.56 oranında artarak çimlendirme işleminin 5. gününde %14.30'a ulaştığını bildirmişlerdir. Benzer bir sonuç da Ding ve ark. (2018) tarafından bildirilmiş olup, tanenin çimlendirilmesi sırasında çözünmeyen diyet lif miktarındaki azalmanın, çözünür diyet lif miktarındaki artıştan daha az olduğunu, bunun da TBL miktarında artışa neden olduğunu rapor etmişlerdir. Lee ve ark. (2006) çimlenme ile TBL içeriğindeki değişikliklerin, çimlenme prosesi sırasında hücre duvarı polisakkaritlerinin yapısında meydana gelen

modifikasyonlar sonucunda yeni diyet lifi bileşenlerinin oluşması ile ilgili olabileceğini ifade etmişlerdir.

Koehler ve ark. (2007) çimlendirme ile buğday örneklerinin TBL içeriğinin ilk 48 saatte azaldığını, düşük sıcaklıklarda bu azalmanın daha belirgin olduğunu bildirdikleri çalışmalarında, 102 saat çimlendirme işleminin ardından TBL içeriğinin belirgin şekilde arttığını ve 25 °C'de yapılan çimlendirme işlemi ile buğday örneklerinin TBL içeriğinin 150 mg/g'dan 190 mg/g'a yükseldiğini belirlemişlerdir. Harmuth-Hoene ve ark. (1987) tarafından yapılan bir başka çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiş, 96 saat çimlendirme işlemi ile buğday örneklerinin TBL miktarının %25 oranında arttığı bildirilmiştir.

Gebruers ve ark. (2008) yazlık ve kışlık ekmeklik buğdaylarının TBL içeriğinin %11.5 ile %18.3 arasında, einkorn ve emmer budaylarında ise bu değerin %7.2 ile %12.8 arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Hendek Ertop ve Atasoy (2019) einkorn buğdayının fiziksel ve morfolojik özelliklerini inceledikleri çalışmalarında; einkorn buğdayının TBL içeriğini %10.75 olarak bildirmişlerdir.

4.2.3.5. Fitik asit

Çimlenmiş buğdayların tam unlarına ait fitik asit sonuçları Çizelge 4.13'de verilmiştir. Örneklerin fitik asit miktarı 843.86-1863.06 mg/100g arasında değişmekte olup ortalama 1241.89 mg/100 g olarak belirlenmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre farklı sürelerde çimlenmiş buğdaylara ait tam unların fitik asit miktarı üzerinde buğday çeşidi ve çimlenme süresi faktörleri ile "*buğday çeşidi x çimlenme süresi"* interaksiyonunun $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.14).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; en yüksek fitik asit miktarı emmer buğday unlarında ortalama 1454.21 mg/100 g olarak belirlenirken, en düşük fitik asit içeriği ise ortalama 1056.30 mg/100g ile Esperia buğday unlarında bulunmuştur (Çizelge 4.15). Fitik asit; çinko, demir, kalsiyum, magnezyum, bakır gibi minerallerle kompleks oluşturarak bunların biyo-yararlılığını düşüren anti-besinsel bir ögedir (Harland ve Harland, 1980). Hububat ve baklagillerde doğal bir bileşen olarak bulunan fitik asit besleyici kaliteyi olumsuz yönde etkileyen bir faktördür.

Çizelge 4.15 çimlenme süresi açısından değerlendirildiğinde, artan çimlenme süresine bağlı olarak buğdaylara ait tam un örneklerinin fitik asit içeriği azalmıştır. Çimlenme sürecinin başlangıcında 1594.52 mg/100g olan ortalama fitik asit içeriği

Çizelge 4.13. Çimlenmiş buğdaylardan elde edilen unların fitik asit, TSP, TFM ve antioksidan aktivite sonuçları[1]

Buğday çeşidi	Çimlenme süresi (gün)	Fitik asit (mg/100g)	TSP µg/g (LE)	TFM (mg GAE/kg)	DPHH (mg TE/kg)	FRAP (µmol TE/g)	CUPRAC (µmol TE/g)
Esperia	0	1326.06±16.44	3.39±0.20	480.85±10.47	405.91±15.42	2.51±0.06	5.10±0.16
	1	1202.77±2.74	4.93±0.00	644.92±12.94	336.51±34.64	1.75±0.05	4.82±0.33
	2	1178.11±23.54	5.01±0.05	654.68±12.92	537.54±15.22	2.18±0.02	7.41±0.21
	3	1024.68±5.48	7.76±0.06	785.77±26.84	971.61±13.21	4.12±0.07	20.41±1.12
	4	979.02±16.54	19.37±0.06	1058.42±21.98	1038.86±8.67	6.32±0.03	22.25±0.58
	5	958.93±35.48	25.20±0.00	1489.85±15.88	1171.07±60.20	8.59±0.07	28.27±0.48
	6	937.01±41.25	32.87±0.04	1537.54±32.54	1622.21±12.15	8.68±0.22	55.24±3.48
	7	843.86±43.54	35.99±0.12	1415.97±39.18	1617.89±26.60	7.49±0.10	59.00±4.14
Einkorn	0	1594.56±71.23	13.61±0.01	521.61±11.87	595.76±16.23	2.49±0.00	5.33±0.71
	1	1449.35±8.22	14.58±0.07	599.33±9.87	462.50±18.61	1.89±0.022	5.07±0.78
	2	1367.15±19.18	15.97±0.09	546.66±14.56	623.08±58.54	2.68±0.02	11.97±0.62
	3	1194.55±32.88	20.79±.07	830.08±54.12	1065.32±25.81	5.09±0.01	25.65±0.25
	4	1178.11±21.92	21.36±0.00	996.46±19.54	1147.65±10.78	6.85±0.03	26.98±1.16
	5	1019.20±5.48	31.65±0.01	1084.66±54.26	1511.79±15.22	9.58±0.04	32.00±1.20
	6	989.06±30.14	41.67±0.01	1466.55±66.21	1668.20±66.87	11.88±0.04	62.80±3.93
	7	928.79±13.70	50.08±0.03	1498.59±48.50	1787.47±88.91	10.49±0.27	67.01±3.21
Emmer	0	1863.06±89.74	4.75±0.02	551.74±9.54	793.40±28.47	2.61±0.03	6.20±0.77
	1	1572.64±60.28	5.20±0.01	888.36±27.84	808.23±36.51	2.09±0.06	8.17±0.52
	2	1553.46±72.45	6.24±0.01	798.78±31.26	970.44±90.51	3.41±0.04	15.45±0.20
	3	1484.97±54.26	9.87±0.08	1164.20±34.54	1252.31±76.63	6.80±0.00	29.79±0.03
	4	1424.69±27.40	14.09±0.08	1699.48±41.26	1700.87±19.23	8.24±0.03	54.46±0.44
	5	1337.02±54.36	21.26±0.08	1835.18±23.58	2557.41±24.02	10.11±0.03	60.03±0.34
	6	1280.39±34.51	26.07±0.00	2282.13±56.48	2924.34±26.05	13.980.06	86.71±5.41
	7	1117.83±46.87	32.89±0.03	2080.88±78.54	3004.95±63.93	14.20±0.06	67.13±5.70
Minimum-maksimum		843.86-1863.06	3.39-50.08	480.85-2282.13	336.51-3004.95	1.75-14.20	4.82 – 86.71
Ortalama±std		1241.89±255.93	19.36±12.16	1121.36±511.93	1273.97±777.27	6.42±3.86	31.97±24.65

[1]Sonuçlar kuru madde üzerinden verilmiştir. Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. [2]Toplam sarı pigment (LE: Lutein eşdeğeri). [3]Toplam fenolik madde (GAE: Gallik asit eşdeğeri). [4] 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl radikalinin inhibisyonu (TE:Troloks eşdeğeri). [5]Ferrik iyonlarını indirgeme kuvveti. [6]Bakır iyonlarını indirgeme kuvveti.

Çizelge 4.14. Çimlenmiş buğdaylardan elde edilen unların fitik asit, TSP, TFM ve antioksidan aktivite değerlerine ait varyans analizi sonuçları[1]

VK	SD	Fitik asit		TSP		TFM		DPPH		FRAP		CUPRAC	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Buğday çeşidi (A)	2	641970.89	541.17**	447.62	56259.96**	1034961.54	597.71**	3808360.82	1029.66**	24.57	1357.40**	1030.85	268.18**
Çimlenme süresi (B)	7	253734.32	213.89**	836.04	105079.13**	1390019.84	802.76**	2645185.86	715.17**	89.22	4929.48**	3631.28	944.69**
(AxB)	14	5983.27	5.04**	24.89	3128.67**	55656.30	32.14**	204106.66	55.18**	2.85	157.31**	120.14	31.26**
Hata		4.97		0.01		6.01		8.78		0.02		0.28	

[1]**p< 0.01 düzeyinde önemli. [2]Toplam sarı pigment. [3]Toplam fenolik madde. [4]2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl radikalinin inhibisyonu. [5]Ferrik iyonlarını indirgeme kuvveti. [6]Bakır iyonlarını indirgeme kuvveti.

Çizelge 4.15. Çimlenmiş buğdaylardan elde edilen unların fitik asit, TSP, TFM ve antioksidan aktivite değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

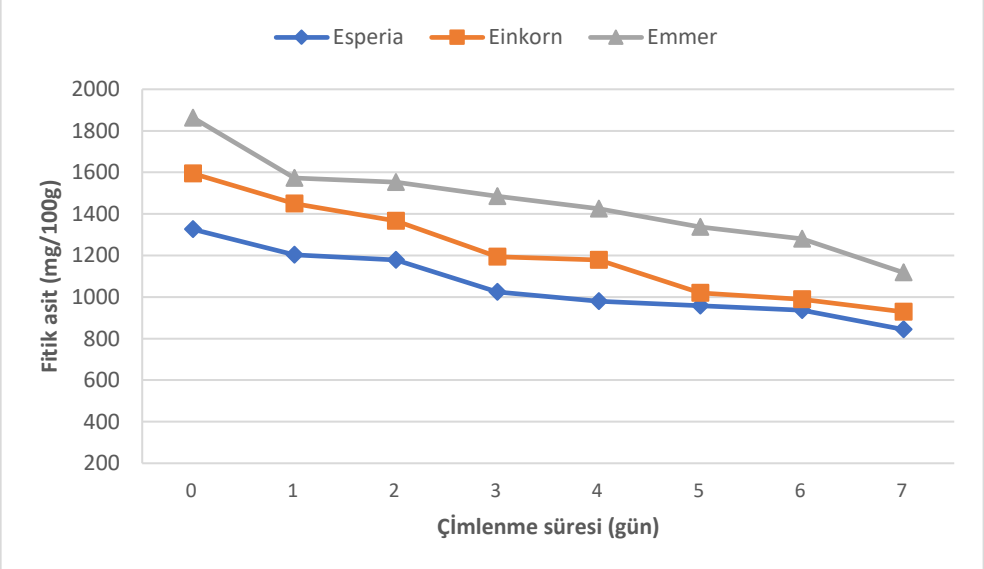
Faktör	n	Fitik asit (mg/100g)	TSP[2] µg/g (LE)	TFM[3] (mg GAE/kg)	DPHH[4] (mg TE/kg)	FRAP[5] (µmol TE/g)	CUPRAC[6] (µmol TE/g)
Buğday çeşidi							
Esperia	7	1056.30±152.37c	15.05±9.92c	1008.50±397.90b	962.49±474.61c	5.20±2.73c	25.47±19.95c
Einkorn	7	1215.06±224.56b	24.96±11.55a	942.99±367.03c	1107.46±483.88b	6.37±3.68b	29.70±22.35b
Emmer	7	1454.21±210.69a	16.82±12.48b	1412.59±605.30a	1870.63±939.39a	7.68±4.53a	40.99±28.32a
Çimlenme süresi (gün)							
0	6	1594.52±244.53a	7.25±4.97h	518.07±32.58g	598.33±174.54g	2.54±0.07g	5.54±0.85g
1	6	1408.22±172.79b	8.24±4.92g	710.87±139.02f	535.70±223.86g	1.91±0.22h	6.69±1.31g
2	6	1366.22±168.31c	9.07±5.37f	666.70±114.17f	710.15±212.90f	2.76±0.56f	11.61±3.64f
3	6	1234.68±209.24d	12.81±6.26e	926.68±186.66e	1096.03±137.58e	5.33±1.21e	25.28±4.27e
4	6	1193.89±200.88d	18.27±3.36d	1251.46±350.07d	1587.33±767.89d	7.14±0.89d	34.56±15.28d
5	6	1105.03±182.58e	26.04±4.69c	1469.89±338.62c	1746.33±647.58c	9.43±0.69c	40.10±15.53c
6	6	1068.81±166.65e	31.24±4.45b	1762.07±408.55a	2071.33±662.36b	11.51±2.39a	68.25±15.23a
7	6	963.48±126.53f	38.61±8.88a	1665.15±325.18b	2136.00±721.14a	10.73±3.01b	64.38±4.19b

[1] Aynı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (p<0.05). [2]Toplam sarı pigment (LE: Lutein eşdeğeri). [3]Toplam fenolik madde (GAE: Gallik asit eşdeğeri). [4] 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl radikalinin inhibisyonu (TE:Troloks eşdeğeri). [5]Ferrik iyonlarını indirgeme kuvveti. [6] Bakır iyonlarını indirgeme kuvveti.

çimlenme ile %39.58 azalarak çimlenmenin 7. gününde 963.48 mg/100g olarak belirlenmiştir.

Buğday örneklerinin 7 gün çimlendirilmesinin ardından ortalama fitik asit içeriklerinin %40 oranında azaldığı görülmektedir. Fitik asit, birçok tohumun ana fosfor bileşenidir. Olgun Triticum tanesinde asitte çözünür fosforun yaklaşık %88'ini ve toplam fosforun %53'ünü oluşturan bu bileşik, büyük ölçüde testa-perikarp fraksiyonunda yoğunlaşmıştır. Tohumun çimlenmesi sırasında, fitik asit fitaz enzimi tarafından hidrolize edilerek, inorganik fosfor kaynağı olarak kullanılmaktadır. Çimlenme ile birlikte artan fitaz aktivitesi sayesinde, tanedeki fitik asit miktarı azalmaktadır (Feizollahi ve ark., 2021). Greiner ve Konietzny (2006) çimlenmemiş ham tahıl ve baklagil tanelerinde az miktarda endojen enzim aktivitesinin mevcut olduğunu, çimlenme sırasında artan enzim aktivitesi ile fitik asit parçalanma hızında belirgin bir artış olduğunu bildirmişlerdir.

Çimlenmiş buğday örneklerine ait tam unların fitik asit içeriği üzerinde etkili ($p<0.01$) olan "*buğday çeşidi x çimlenme süresi*" interaksiyonu Şekil 4.13'de verilmiştir. Buğday örneklerinin artan çimlenme süresine bağlı olarak her buğday çeşidinde farklı oranda olmak üzere fitik asit içeriğinin azaldığı görülmektedir. Esperia buğday unu örneklerinin fitik asit içeriği çimlenme sürecinde einkorn ve emmer buğday unlarının fitik asit içeriğinden daha düşük olup, çimlenmenin 4. gününden itibaren einkorn buğday unları ile aralarındaki farkın azaldığı belirlenmiştir. Örnekler arasında, ilkel buğdaylardan emmer buğday unlarının fitik asit içeriğinin çimlenme süresince diğer buğday çeşitlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 4.13. Çimlenmiş buğdaylardan elde edilen tam unlarda fitik asit miktarı üzerinde etkili *"buğday çeşidi x çimlenme süresi"* interaksiyonu

Bartnik ve Szafranska (1987) ve Azeke ve ark. (2011), 20-30 °C arasında değişen sıcaklıklarda çimlendirilen buğdayın fitat içeriğinin 2 gün sonra %9-15 ve 4-5 günlük çimlenmeden sonra %24-34 azaldığını bulmuşlar ve daha yüksek çimlenme sıcaklıklarının daha fazla fitat yıkımına yol açtığını bildirmişlerdir. Ayrıca, tahıllardaki fitat konsantrasyonlarını %30'dan fazla azaltmak için genellikle en az 3-5 günlük çimlenme süresine ihtiyaç olup (Azeke ve ark., 2011) fitaz aktivitesinde önemli bir artış olmasına rağmen, çimlenme sırasında fitat yıkımının oldukça sınırlı olduğu ifade edilmiştir (Lemmens ve ark., 2018).

Pakfetrat ve ark. (2019) çimlenmenin, buğday tanesinin fitik asit, aflotoksin ve diğer mikotoksinler üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında; 14 gün çimlendirme işleminin ardından buğday örneklerinin fitik asit içeriğinin %63 oranında azaldığını bildirmiştir. Bu azalışın, fitik asitin düşük moleküler ağırlıklı inositollere parçalanmasına neden olan endojen fitaz aktivitesindeki artıştan kaynaklandığını ileri sürmüşlerdir.

Masud ve ark. (2007) farklı işleme teknikleri ve pişirmenin ekmeklik buğday çeşitlerinin fitik asit içeriği üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında, 48 saat çimlendirilen buğday örneklerinin fitik asit kaybının %36 olduğunu bildirmişlerdir.

Egli ve ark. (2002) farklı tahıl ve baklagilleri 72 saat çimlendirdikten sonra fitik asit miktarlarındaki değişiklikleri incelemişlerdir. Çalışmada, ham buğday tanesinin 1030 mg/100g olan fitik asit içeriğinin çimlenme ile birlikte 690 mg/100g'a düştüğünü bildirmişlerdir.

Makokha ve ark. (2002) 72 saat çimlendirdikleri darı tanelerinde fitik asitin %23.9 oranında azaldığını bildirirken, Coulibaly ve ark. (2011) ise darının 96 saat çimlendirilmesi ile fitik asit içeriğinde %45.3 oranında azalma meydana geldiğini rapor etmişlerdir.

4.2.3.6. Toplam sarı pigment

Toplam sarı pigment (TSP), farklı buğday çeşitlerindeki lutein içeriğinin bir göstergesi olarak kullanılmaktadır (Hentschel ve ark., 2002). Buğdaydaki karotenoidlerin konsantrasyonu, meyve ve sebzelerde bulunana kıyasla düşük olup esas olarak hidroksillenmiş karotenoid olan luteinden oluşmaktadır. Bununla birlikte, temel beslenme şekli neredeyse tamamen buğdaya dayanan popülasyonlarda, buğday bazlı ürünlerin günlük tüketimi ile karotenoid konsantrasyonundaki küçük bir artışın insan

popülasyonunun sağlığı üzerine büyük bir etkisinin olduğu ifade edilmektedir (Humphries ve ark., 2004).

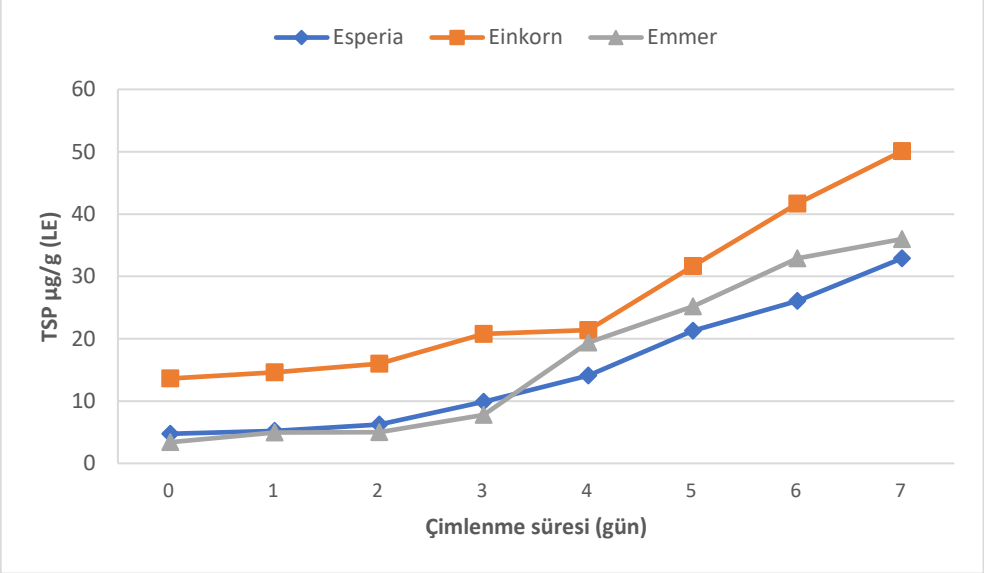
Çimlenmiş buğday unu örneklerine ait TSP miktarı 3.39-50.08 µg/g (Lutein eşdeğeri: LE) arasında değişmiş olup, ortalama 19.36 µg/g (LE) olarak bulunmuştur (Çizelge 4.13). Örneklerin TSP miktarına ait varyans analiz tablosu incelendiğinde; buğday çeşidi ve çimlenme süresi faktörleri ile "*buğday çeşidi x çimlenme süresi*" interaksiyonunun $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.14).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; en yüksek TSP miktarı einkorn buğdaylarından elde edilen tam unlarda (24.96 µg/g (LE)), en düşük TSP miktarı ise Esperia buğdaylarından elde edilen tam un örneklerinde (15.05 µg/g (LE)) belirlenmiştir. Emmer buğdayına ait tam un örneklerinin TSP miktarı ise ortalama 16.82 µg/g (LE) olarak bulunmuştur (Çizelge 4.15). Einkorn buğdayının TSP içeriğinin diğer buğday çeşitlerinden üstün olduğu literatürde de sıklıkla rapor edilmiştir (Serpen ve ark., 2008; Hidalgo ve ark., 2008; Yılmaz, 2012; Emeksizoğlu, 2016).

Çizelge 4.15 çimlenme süresi bakımından değerlendirildiğinde; artan çimlenme süresi ile buğday unu örneklerinin TSP içeriği artış göstermiştir. Çimlenmenin başlangıcında 7.25 µg/g (LE) olan TSP içeriği çimlenme süresinin sonunda 39.65 µg/g (LE) 'a yükselmiştir. Lutein insan vücudu tarafından sentezlenemez. Bu nedenle, karotenoid bakımından zengin baklagil ve tahıl tanelerinin çimlendirilmesi yoluyla geliştirilmesi, son zamanlarda artan bir ilgi görmektedir (Naqvi ve ark., 2015). Çimlenme sadece vitaminler, gama-aminobütirik asit (GABA) ve polifenoller gibi biyolojik olarak aktif bileşikleri biriktirmekle kalmaz, aynı zamanda antioksidan ve karotenoid seviyesini de geliştirir (Gan ve ark., 2017; He ve ark., 2019; Luo ve ark., 2020). Daha önce, karotenoidlerin radikal süpürücü aktivitesinin lutein, zeaksantin ve β-karoten içerikleri ile iyi bir korelasyon gösterdiği bildirilmiştir (Kljak ve Grbeša, 2015). Al-Qabba ve ark. (2020) çimlenme sırasında artan lutein miktarının; tohum matrisinde bulunan veya hücre duvarı bileşenlerine bağlı formdaki luteinin salınımını tetikleyen esteraz enzimlerinin aktivitesindeki artıştan kaynaklanabileceğini rapor etmişlerdir.

Farklı sürelerde çimlendirilmiş buğday örneklerine ait tam unların TSP miktarı üzerinde etkili ($p<0.01$) olan *"buğday çeşidi x çimlenme süresi*" interaksiyonu Şekil 4.14'de verilmiş olup, artan çimlenme süresi her bir buğday çeşidinin TSP miktarında artış sağlamış olup, bu artışın çimlenme süresi boyunca einkorn buğday unu örneklerinde, Esperia ve emmer buğday unu örneklerinden daha fazla oranda gerçekleştiği görülmektedir. Çimlenmenin ilk üç gününde Esperia ve emmer buğdaylarının TSP

içeriğindeki artış benzer olurken, 3. günden sonra çimlenmiş emmer buğday unu örneklerinde TSP içeriğinin artış oranı, çimlenmiş Esperia buğdayı unu örneklerinden daha yüksek olmuştur.



Şekil 4.14. Çimlenmiş buğdaylardan elde edilen tam unlarda TSP miktarı üzerinde etkili "*buğday çeşidi x çimlenme süresi*" interaksiyonu

Solanum nigrum (köpek üzümü) tohumları filizlenirken lutein içeriğinin kontrole kıyasla %35 arttığı bildirilmiştir (Ben Abdallah ve ark., 2016). Lim ve ark. (2012), suda yetiştirilen karabuğday filizlerinde toplam karotenoid miktarının, çimlenmenin 5. gününe kadar sürekli arttığını, 7. günde sonra bir artış gözlenmediğini rapor etmiştir

Serpen ve ark. (2003) ekmeklik rafine buğday unu için TSP içeriğini 0.19-0.31 µg/g aralığında bildirirken, einkorn buğdayı için aynı değeri 6.37 ve 8.46 µg/g ve emmer buğdayı için ise 3.21ve 4.69 µg/g olarak bildirmişlerdir. Moore ve ark. (2005) 8 farklı yumuşak buğday için TSP içeriğini 0.82-1.14 µg/g aralığında bildirmiş, Adom ve Liu (2002) ise 11 ekmeklik buğday çeşidi için 0.26-1.43 µg/g aralığında olduğunu rapor etmişler ve ekmeklik buğday örneklerinin TSP içeriğindeki farklılıkların genetik faktörlerden kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir.

Hidalgo ve ark. (2006) farklı eko-coğrafi alanlardan toplanan 54 einkorn örneği için karotenoid ve lutein içeriğini araştırmışlardır. Lutein, toplam karotenoidlerin %93'ünü oluşturan ortalama 7.69 µg/g değeriyle baskın karotenoid olarak bildirilmiştir.

Abdel-Aal ve ark. (2007) farklı buğday çeşitlerindeki karotenoidlerin tanımlanması ve miktarlarının belirlenmesi üzerine yaptıkları çalışmalarında, einkorn buğdayının TSP içeriğinin 8.56-13.79 µg/g arasında, emmer buğdaylarının TSP içeriğinin

3.91-6.67 µg/g arasında ve sert ekmeklik buğdayların TSP içeriğinin 2.77-3.15 µg/g arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Sonuçlar, einkorn ve aynı zamanda emmer buğdayının önemli miktarda lutein içerdiğini göstermektedir. Hem epidemiyolojik (Seddon ve ark., 1994; Brown ve ark., 1999; Chasan ve ark., 1999) hem de klinik çalışmalardan (Bone ve ark., 2001; Landrum ve Bone 2001) elde edilen kanıtlar, lutein alımının yaşa bağlı maküler dejenerasyon insidansının azalmasıyla ilişkili olduğunu ve eksikliğinin yaşlı insanlarda geri dönüşü olmayan körlüğe ve katarakta neden olduğunu ortaya koymuştur (Abdel-Aal ve Hucl, 2014). Günlük yaklaşık 6 mg lutein alımı, günde 0.5 mg alımına kıyasla yaşa bağlı maküler dejenerasyon riskini %57 azaltabilmektedir (Seddon ve ark., 1994). Einkorn ve emmer buğday çeşitleri, luteinin sağlığa yararlı etkilerini elde etmek için daha yüksek lutein seviyeleri ile insan diyetlerini iyileştirme potansiyeline sahiptir.

Hidalgo ve ark. (2010) çalışmalarında HPLC ile einkorn buğdayında mevcut olan renk pigmentlerini azalan oranda sırasıyla lutein, karoten (α-β), β-kriptoksantin ve zeaksantin olarak, ekmeklik buğdayda ise lutein ve zeaksantin olarak tespit etmişlerdir. Lutein tanımlanan karotenoidlerin yaklaşık %90'nını oluşturmaktdır. Pigmentler, poliploid buğdaylara göre einkorn buğdayında daha yüksek oranda bulunmaktadır.

Einkorn da yüksek konsantrasyonda bulunan lipofilik bir antioksidan olan lutein, esas olarak ruşeymde yoğunlaşmıştır. Adom ve ark. (2003), ekmeklik buğdayın kepek + rüşeym fraksiyonlarına ait lutein içeriğinin un fraksiyonundan yaklaşık 4 kat daha yüksek olduğunu gözlemlemiştir. Hidalgo ve ark. (2006) lutein miktarını durum buğdayında 3.00 µg/g ve *Triticum aestivum* buğdayında 1.90 µg/g; *Triticum aestivum* buğdayında 2.51 µg/g olarak tespit etmişlerdir (Brandolini ve ark., 2008). Yılmaz (2012) çalışmasında einkorn buğdayının TSP içeriğini 13.99 µg/g olarak bildirmiştir.

Fares ve ark. (2008) 11 emmer ve 2 durum buğdayı çeşidinin kimyasal özelliklerini inceledikleri çalışmada; emmer buğdaylarının lutein içeriğinin 1.32 µg g^{-1} ile 1.98 µg g^{-1} arasında değiştiğini ve ortalama 1.76 µg g^{-1} olarak belirlendiğini, durum buğdylarının ise lutein içeriğinin 1.56 µg g^{-1} ve 1.40 µg g^{-1} olduğunu bildirmişlerdir.

Wang ve ark. (2019) tuzlu ortamda çimlendirilen mısır tanelerindeki lutein içeriğinin 3. güne kadar arttığını daha sonrasında ise azaldığını, kontrol grubu mısırlarda ise çimlenme süresince sürekli artmaya devam ettiğini bildirmişlerdir. NaCl ile işlenen tohumların, çimlenme sırasında tuz stresi nedeniyle daha fazla lutein üretmesini, çimlenmenin dördüncü gününden sonra ise lutein içeriğindeki azalmayı; bu fitokimyasalın, NaCl tarafından üretilen serbest radikalleri nötralize etmek için bir

savunma mekanizması olarak filizlenen tohumlar tarafından tüketilmesine bağlamışlardır. Lee ve ark. (2013) soya fasulyesinde bol miktarda bulunan lutein miktarının farklı soya fasulyelerinin 10 gün çimlendirlmesi ile 8-20 kat artış gösterdiğini bildirmişlerdir.

4.2.3.7. Toplam fenolik madde

Genel olarak, tahılların fenolik bileşikler açısından zengin olduğu bilinmekte ve fenolik bileşiklerin, buğday tanelerinin genel antioksidan kapasitesine önemli ölçüde katkıda bulunduğu kabul edilmektedir. Fenolik bileşiklerin tahıllarda esas olarak hücre duvarına bağlı formda bulunduğu bildirilmektedir (Serpen ve ark. 2008).

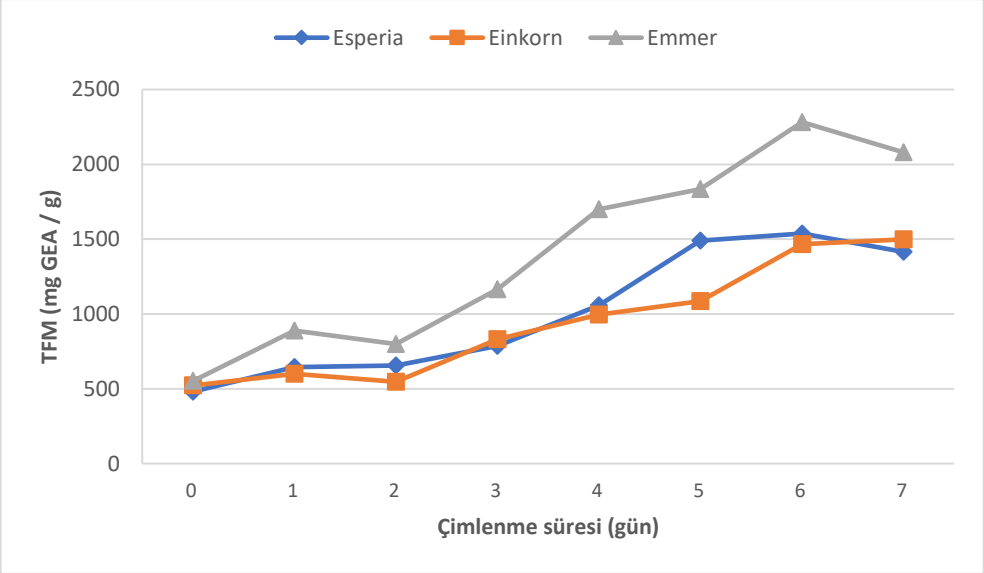
Farklı sürelerde çimlendirilmiş buğdaylara ait tam unların toplam fenolik madde (TFM) miktarı 480.85 mg GAE/kg ile 2282.13 mg GAE/kg arasında değişmiş olup, ortalama olarak 1121.36 mg GAE/kg olarak bulunmuştur (Çizelge 4.13). Örneklerin TFM miktarlarına ait varyans analiz tablosu incelendiğinde; buğday çeşidi, çimlenme süresi faktörleri ve *"buğday çeşidi x çimlenme süresi"* interaksiyonunun TFM miktarı üzerinde $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.14).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları buğday çeşidi açısından değerlendirildiğinde; en yüksek TFM miktarı çimlenmiş emmer buğdayına ait tam unu örneklerinde belirlenmiş olup (1412.59 mg GAE/kg), bunu sırasıyla einkorn buğdayı tam unu ve Esperia buğdayı tam unu örneklerinin TFM miktarları (1008.50 mg GAE/kg ve 942.99 mg GAE/kg) izlemiştir (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.15 çimlenme süresi açısından değerlendirildiğinde; çimlenme süresindeki artış ile buğday örneklerinin TFM miktarı artmış ve çimlenmenin 6. gününde en yüksek değerine ulaşmıştır. Çimlenme sürecinin başlangıcında 518.07 mg GAE/kg olan TFM miktarı çimlenmenin 6. gününde 1762.07 mg GAE/kg ve çimlenmenin son gününde (7. gün) 1665.15 mg GAE/kg olarak bulunmuştur. Tanenin çimlenmesi sırasında, fenolik bileşiklerin sentezi, bitkilerin abiyotik ve biyotik streslerden korunmasında önemli rol oynar (Wang ve ark., 2014). Kaur ve Gill (2020) farklı tahılları çimlendirdikleri çalışmalarında, 72 saat çimlendirme işleminin ardından tahılların TFM miktarının 2 kat arttığı bildirmişlerdir. Tahıllar arasında buğdayın 835 µg GAE/g olan TFM miktarının 72 saat çimlenmenin ardından 1652 µg GAE/g' a yükseldiğini rapor etmişlerdir. Çimlenmeden sonra tahılların yapılarından fenolik bileşenler daha iyi ekstrakte edilebilmekte ve bağlı fenolik bileşikler, çimlenme sırasında artan hidrolitik

enzim aktivitesinin etkisiyle serbest kalabilmektedir (Maillard ve ark., 1996). Tian ve ark. (2004) ise karbonhidraz enzimlerinin nişasta ve birçok hücre duvarı materyaline bağlı formda bulunan fenolik bileşikleri serbest bırakmak için çimlenen tohumun nişastasını hidrolize ettiğini ifade etmişlerdir.

Çimlenmiş buğday unlarının TFM miktarı üzerinde etkili ($p<0.01$) olan "*buğday çeşidi x çimlenme süresi*" interaksiyonu Şekil 4.15'de verilmiş olup, genel olarak artan çimlenme süresine bağlı örneklerin TFM miktarlarında artış meydana geldiği görülmektedir. Çimlenme süresi boyunca Esperia ve einkorn buğday unlarının TFM miktarı birbirine yakın olmakla beraber, çimlenmenin 5. gününde aralarındaki fark açılmıştır. Emmer buğday örneklerinin TFM miktarındaki artış, çimlenme süresince Esperia ve einkorn buğday örneklerinin TFM miktarından daha yüksek oranda gerçeklemiştir. Çimlenmenin son gününde (7. gün) Esperia ve emmer buğday çeşitlerinin TFM miktarı azalmış ve 6. güne ait TFM miktarının altına düşmüştür.



Şekil 4.15. Çimlenmiş buğdaylardan elde edilen tam unlarda TFM miktarı üzerinde etkili *"buğday çeşidi x çimlenme süresi"* interaksiyonu

Xu ve ark. (2017) adlay tohumlarını çimlendirdikleri çalışmalarında ham adlay tohumlarının serbest, bağlı ve TFM miktarlarını sırasıyla 1171.0, 679.4 ve 1850.4 µg GAE/g olarak bildirmişlerdir. Çimlenme sırasında serbest ve toplam fenolik madde miktarı artarken bağlı fenolik madde miktarının azaldığı gözlemlemişlerdir. 60 saat çimlendirme işleminin ardından serbest fenolik madde miktarı 2488.4 µg GAE/g ve TFM miktarı 2916.3 µg GAE/g olarak belirlenmiştir.

Hung ve ark. (2011) 9 gün çimlendirdikleri buğday örneklerinin TFM miktarının, başlangıçtaki buğday örneğine kıyasla önemli düzeyde yüksek olduğunu, bu durumun çimlenmiş buğday örneklerinin hem serbest hem de bağlı fenolik madde miktarındaki değişikliklerden kaynaklandığını bildirmişlerdir. Buna ek olarak, C vitamini ve tokoferoller gibi diğer antioksidan bileşikler de çimlenme süresi ile artmış ve bu da çimlenmiş buğdayın antioksidan aktivitesini artırmıştır.

Van Hung ve ark. (2011) 9 gün çimlendirdikleri buğday örneklerinin çeşitli kimyasal özelliklerini inceledikleri çalışmalarında; serbest fenolik bileşiklerin, çimlenmenin ilk 24 saati boyunca önemli ölçüde değişmediğini, bununla birlikte, 36 ve 48 saatlik çimlenmeden sonra önemli ölçüde arttığını bildirmiştir. Bağlı fenolik bileşiklerin ise ilk olarak 12 ve 24 saat çimlenmeden sonra azaldığını, ancak 36 ve 48 saatlik çimlenmeden sonra serbest fenolik bileşikler gibi önemli ölçüde arttığını rapor etmişlerdir. Serbest fenolik madde içeriğindeki artış, Hung ve ark. (2011) tarafından bildirildiği üzere sirinjik asitteki artıştan kaynaklanabilmektedir. Bununla birlikte, Yang ve ark. (2001), bağlı fenolik bileşiklerin başlangıçta hücre duvarlarına bağlanan polifenolik bileşiklerin hidrolizi sırasında kaybedildiğini ve daha sonra fenolik biyosentez sırasında ferulik asit birikimi ile 24 saatlik çimlenmeden sonra bağlı fenolik içeriğinin ve TFM miktarının artışına katkıda bulunduğunu bildirmişlerdir.

Van Hung ve ark. (2015) 25 ºC'de 48 saat çimlendirdikleri yüksek enzim içerikli buğday örneklerinde hem serbest hem de bağlı fenolik içeriklerin 24 saatlik çimlenmeden sonra önemli ölçüde arttığını ve çimlenme süresinin uzaması ile artışın devam ettiğini bildirmişlerdir. Sonuçlar, bağlı fenolik ekstraktlarının hem çimlenmemiş hem de çimlendirilmiş buğdaylarda serbest formlardan önemli ölçüde daha yüksek olduğunu göstermiştir. Buğday tanelerindeki fenolik asitler çoğunlukla bağlı formdadır ve hücre duvarı bileşenleri ile ilişkili kepekte bulmaktadır (Adom ve Liu, 2002; Liyana-Pathirana ve Shahidi, 2006).

Karwasra ve ark. (2017) 6 farklı ekmeklik buğday çeşidini 25 ºC'de 72 saat çimlendirdikleri çalışmalarında; çimlenme süresinin artmasına bağlı olarak buğday örneklerinin TFM miktarının arttığını, bu artışın çimlenme sırasında fenolik bileşiklerin salınması ve/veya biyosentezine veya çimlenme sırasında diğer glikosile flavonoidlerin hidrolizine bağlı olabileceğini bildirmişlerdir.

Adom ve ark. (2003) durum ve ekmeklik buğdayda dahil 11 farklı buğday çeşidinin TFM miktarının 7.1-8.6 µmol/ g arasında değiştiğini emmer buğdayının TFM

miktarının durum buğdayına yakın olduğunu, ekmeklik ve einkorn buğdaylarından ise daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Serpen ve ark. (2008) emmer, einkorn ve ekmeklik buğday örneklerinin ortalama TFM miktarlarını sırasıyla 6.33 µmol/g, 3.37 µmol/g ve 4.36 µmol/g olarak belirlenmiş olup, emmer buğday örneklerinin einkorn buğday örneklerinden yaklaşık 1.9 kat daha yüksek TFM miktarına sahip olduğu bildirilmişlerdir.

4.2.3.8. Antioksidan aktivite

Bitkisel kaynaklı gıdalardan özellikle tahıllarda, antioksidan aktiviteyi sağlayan biyoaktif bileşenlerin karmaşık yapılarından dolayı antioksidan aktivite analizinde daha doğru bir değerlendirme yapmak için en az iki metot uygulanması gerektiği literatürde belirtilmiştir (Tacer, 2009; Liyana-Pathirana ve Shahidi, 2007). Esperia, einkorn ve emmer buğday unlarının antioksidan aktivitelerinin belirlenmesinde DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl), FRAP (Ferrik iyonlarını indirgeme kuvveti) ve CUPRAC (Bakır iyonlarını indirgeme kuvveti) metotları kullanılmıştır.

Fontaine ve ark. (1995), antioksidanların (askorbik asit, tokoferoller, karoteoidler ve fenolik bileşikler) tohumun uyku halinden çıkması ve çimlenmesinde önemli bir rol üslendiklerini öne sürmüşlerdir. Çimlenme sırasında sentezlenen antioksidanlar, serbest radikallerin başlangıç oranını azaltarak veya çimlenme sırasında oluşan serbest radikallerin yayılmasını önleyerek, düşük yoğunluklu lipoproteinlerin oksidasyonunu ve yeni hücre zarlarının zarar görmesini engelleyerek oluşan filizin korunması için gereklidir (Osawa ve ark., 1985). Çimlendirilmiş buğdayda antioksidan içeriğinin en büyük payını fenolik bileşikler oluşturmaktadır. Çimlendirilmiş buğdayın antioksidan aktivitesini önemli ölçüde artırabilen fenolik bileşenler ile antioksidanlar arasında sinerjik etki bildirilmiştir (Maillard ve Berset, 1995).

Çimlenmiş buğdayın tüketilmesi ile dokulara yüksek konsantrasyonda antioksidan sağlaması mümkün olabilmektedir. Bu nedenle çimlenmiş buğday vücuttaki serbest radikalleri temizleyebilmekte, plazma kolesterolünü düşürebilmekte ve otoimmün hastalıkları olan bireylerde enflamatuar yanıtı azaltarak bağışıklık fonksiyonunu değiştirebilmektedir (Seibold, 1990).

4.2.3.8.1. DPPH

DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) yöntemi serbest radikal süpürücü aktiviteyi belirlemek için kullanılır. DPPH radikalinin antioksidan bileşenler tarafından indirgenmesiyle renk değişimi meydana geldiğinden, reaksiyonun ilerleyişi spektrofotometrik yöntem ile izlenir (Durmuş, 2012).

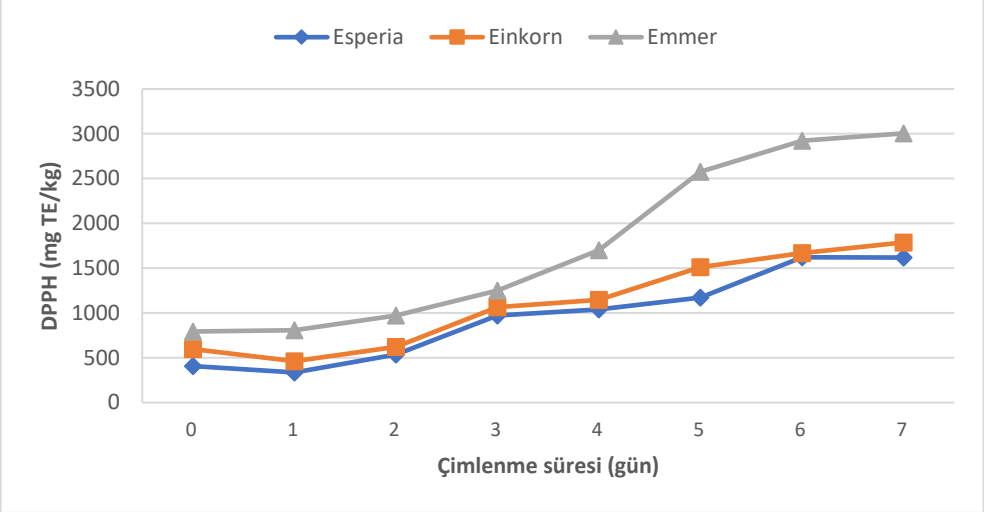
Çimlenme sürecinde buğday çeşitlerine ait tam unların DPPH değeri 336.51 mg TE/kg ile 3004.95 mg TE/kg arasında değişmiş olup, ortalama 1273.97 mg TE/kg olarak bulunmuştur (Çizelge 4.13). Örneklerin DPPH analiz sonuçlarına ait varyans analizi sonuçları incelendiğinde; buğday çeşidi ve çimlenme süresi faktörleri ile "*buğday çeşidi x çimlenme süresi*" intereaksiyonunun $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.14).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, en yüksek DPPH değeri emmer buğdaylarından elde edilen tam unlarda ortalama 1870.63 mg TE/kg olarak belirlenmiştir. Emmer buğdayı tam unlarının ardından en yüksek DPPH değeri 1107.46 mg TE/kg ile einkorn buğdaylarından elde edilen tam unlarda belirlenirken, en düşük DPPH değeri ise 962.49 mg TE/kg ile Esperia buğdaylarından elde edilen tam unlarda bulunmuştur (Çizelge 4.15).

Sonuçlar çimlenme süresi açısından değerlendirildiğinde; çimlenmenin başlangıcında 598.33 mg TE/kg olan DPPH değerinin 24 saat sonra 535.70 mg TE/kg 'a düştüğü ancak bu düşüşün istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.15). DPPH değerindeki bu azalmanın, suya duyarlı antioksidan aktiviteye sahip bileşenlerin parçalanmasından ya da oksijen eksikliğinden kaynaklanması mümkündür. Aşırı havalandırma ve aşırı ıslatma; aşırı su emilimine, daha yavaş filizlenme oranına ve özellikle zararlı olan çürümeye neden olabilir (Yang ve ark., 2001). Çimlendirmenin 1. gününden itibaren buğday örneklerinin DPPH değeri artış göstermiştir. Çimlenme sürecinin başlangıcında 598.33 mg TE/kg olan DPPH değeri çimlendirme işleminin son gününde 3.6 kat artarak 2136.00 mg TE/kg olarak belirlenmiştir. Doblado ve ark. (2007) çimlenme sırasında endospermin, hidrolitik enzimler (endojen esterazların aktivasyonu) tarafından modifiye edilerek, antioksidan aktivitenin artmasına katkı sağlayan bazı bağlı fenolik bileşenlerin serbest kaldığını belirtmişlerdir.

Buğday örneklerinin DPPH değeri üzerinde etkili ($p<0.01$) olan *"buğday çeşidi x çimlenme süresi"* interaksiyonu Şekil 4.16'da verilmiştir. Esperia ve einkorn buğdaylarından elde edilen tam unlar için çimlenmenin 1. gününde hafif azalan DPPH

değeri çimlenmenin sonraki günlerinde artış göstermiştir. Artan çimlenme süresine bağlı olarak en yüksek DPPH artış oranı emmer buğdayı tam unlarından elde edilmiştir ve çimlenme sürecinin tamamında emmer buğdaylarının DPPH değeri einkorn ve Esperia buğdaylarından yüksek bulunmuştur. Einkron ve Esperia buğdaylarına ait tam unların DPPH değerleri çimlenme süresince birbirine yakın değerler göstermiş olup, çimlenmen 6. Gününde aralarındaki fark en aza inmiştir.



Şekil 4.16. Çimlenmiş buğdaylardan elde edilen tam unlarda DPPH değeri üzerinde etkili *"buğday çeşidi x çimlenme süresi"* interaksiyonu

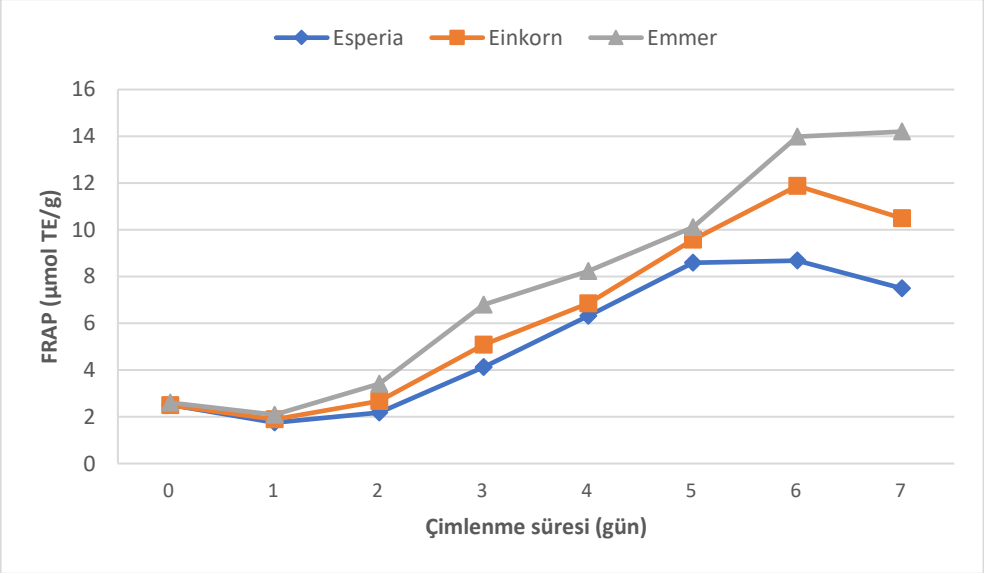
4.2.3.8.2. FRAP

FRAP metodunda Demir (III) tripiridiltriazin (TPTZ) kompleksinin antioksidanlar varlığında renkli Fe (II) şelatına indirgenmesinden yararlanılmaktadır. Farklı sürelerde çimlendirilmiş Esperia, einkorn ve emmer buğdaylarına ait tam unların FRAP değeri 1.75-14.20 µmol TE/g arasında değişmiş olup, ortalama 6.42 µmol TE/g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.13). Varyans analizi sonuçlarına göre örneklerin FRAP değeri üzerinde buğday çeşidi ve çimlenme süresi faktörleri ile *"buğday çeşidi x çimlenme süresi"* interaksiyonunun $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.15 buğday çeşidi bakımından incelendiğinde; DPPH değerinde olduğu gibi en yüksek FRAP değeri emmer buğdayına ait tam unlardan (7.68 µmol TE/g) elde edilmiştir. Emmer buğdayını 6.37 µmol TE/g ile einkorn ve 5.21 µmol TE/g ile Esperia buğday örnekleri takip etmiştir.

Sonuçlar çimlenme süresi bakımından incelendiğinde; çimlenmenin 1. gününden itibaren artan çimlenme süresi ile buğday örneklerinin FRAP metoduna göre antioksidan aktiviteleri artış göstermiş ve çimlenmenin altıncı gününde en yüksek değerine ulaşmıştır. Çimlenme sürecinin birinci gününde ortalama 1.91 µmol TE/g olan FRAP değeri, çimlenmenin altıncı gününde ortalama 11.51 µmol TE/g olup, çimlenmenin son gününde (7. gün) 10.73 µmol TE/g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.15).

Esperia, einkorn ve emmer buğday örneklerini FRAP değeri üzerinde etkili ($p<0.01$) olan *"buğday çeşidi x çimlenme süresi"* interaksiyonu Şekil 4.17'de verilmiş olup, çimlenme başlangıcına göre, buğday örneklerinin FRAP değerinde 1. Günden sonra artışa neden olduğu ve bu artışın emmer buğday örneklerinde daha yüksek oranda gerçekleştiği görülmektedir. Esperia ve einkorn buğday unlarının FRAP değeri çimlenmenin 5. gününe kadar birbirine yakın değerlerde seyretmiş olup, çimlenmenin devamında aralarındaki fark artmıştır.



Şekil 4.17. Çimlenmiş buğdaylardan elde edilen tam unlarda FRAP değeri üzerinde etkili *"buğday çeşidi x çimlenme süresi"* interaksiyonu

4.2.3.3.3. CUPRAC

CUPRAC yönteminde, kromojenik bir yükseltgen olan açık mavi renkli Cu(II)-neokuproin (Ne) reaktifinin örnekteki antioksidan ve polifenol bileşikleri yükseltgemesinden yararlanılmaktadır. Çimlenmiş buğday unu örneklerinin CUPRAC değeri 4.82-86.71 µmol TE/g arasında değişmiş olup, ortalama 31.97 µmol TE/g olarak bulunmuştur (Çizelge 4.13). Varyans analizi sonuçlarına göre buğday unlarının CUPRAC

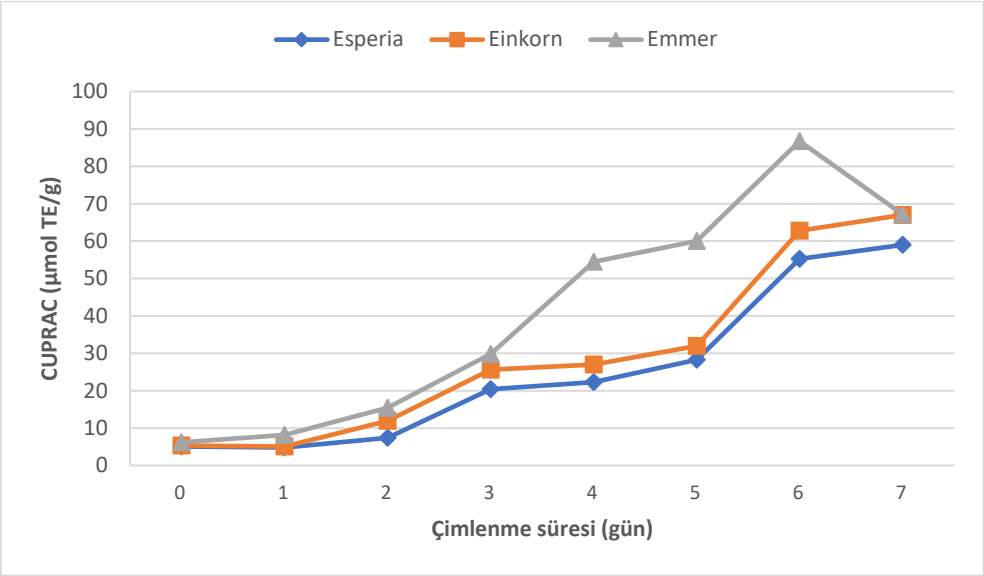
değeri üzerinde buğday çeşidi ve çimlenme süresi faktörleri ile *"buğday çeşidi x çimlenme süresi"* interaksiyonunun $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.14).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; örnekler arasında en yüksek CUPRAC antioksidan aktivite değeri emmer buğdayından elde edilen tam un örneklerinde (40.99 µmol TE/g) belirlenmiş olup, en düşük CUPRAC antioksidan aktivite değeri ise Esperia buğdayından elde edilen tam un örneklerinde (25.47 µmol TE/g) bulunmuştur. Einkorn buğdayı tam un örneklerine ait CUPRAC değeri 29.70 µmol TE/g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.15).

Elde edilen sonuçlar çimlenme süresi açısından değerlendirildiğinde; çimlenme süresi arttıkça CUPRAC antiokisidan aktivite değeri de buna bağlı olarak artırmıştır. Bu artış çimlenmenin 1. gününden itibaren istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Çimlenmenin başlangıcında 5.54 µmol TE/g olan CUPRAC değeri çimlenmenin 6. gününde 68.25 µmol TE/g, son gününde (7. gün) ise 64.38 µmol TE/g olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.15).

Çimlenmiş buğdaylara ait unların CUPRAC değeri üzerinde etkili *"buğday çeşidi x çimlenme süresi"* interaksiyonu incelendiğinde; buğday örneklerinin çimlenme süresi arttıkça bu buğdaylardan elde edilen tam unların CUPRAC değerlerininde arttığı görülmektedir (Şekil 4.18). Einkorn ve Esperia buğday çeşitlerinde çimlenmenin 6. gününden sonra CUPRAC değeri artış oranının yavaşladığı, emmer buğdayını CUPRAC değerinin azaldığı belirlenmiştir. Çimlenme sürecinin tamamında emmer buğdayı en yüksek CUPRAC değerini veren buğday çeşidi olmuştur. DPPH ve FRAP değerlerinde olduğu gibi Esperia ve einkorn buğdaylarına ait unların CUPRAC değerleri birbirine benzer ve yakın değerler göstermiş olup, çimlenmenin 6. günüden itibaren aralarındaki fark açılmıştır.

Serpen ve ark. (2008) einkorn, emmer ve ekmeklik buğday örneklerinin antioksidan aktivitelerini ABTS metodunu ile belirledikleri çalışmalarında; buğday örneklerinin antioksidan aktivite değerlerinin 9.56-23.84 μmol TE/g arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Çalışmada antioksidan aktivite emmer, einkorn ve ekmeklik buğday için sırasıyla 21.57 μmol TE/g, 18.31 μmol TE/g ve 12.49 μmol TE/g olarak belirlenmiş olup, emmer buğdayının einkorn buğdayından 1.2 kat daha fazla antioksidan aktiviteye sahip olduğunu rapor etmişlerdir.



Şekil 4.18. Çimlenmiş buğdaylardan elde edilen tam unlarda CUPRAC değeri üzerinde etkili *"buğday çeşidi x çimlenme süresi"* interaksiyonu

Emeksizoğlu (2016) çalışmasında incelediği 30 farklı einkorn buğdaylarının FRAP metoduna göre antioksidan aktivitesinin 3.67 µmol TE/g ile 5.36 µmol TE/g arasında değiştiğini rapor etmiştir. Yapılan başka bir çalışmada einkorn buğdayının FRAP değeri 7.09 µmol TE/g, durum buğdayının aynı değeri 6.70 µmol TE/g olarak bildirilmiştir (Yılmaz, 2012).

Lanchman ve ark. (2012) einkorn, emmer ve ekmeklik tam buğday unlarının antioksidan aktivitelerini DPPH metodu kullanarak analiz ettikleri çalışmalarında, einkorn ve emmer buğdaylarının ortalama antioksidan aktivitelerinin birbirine yakın olduğunu ve ekmeklik buğdaydan yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Emmer, einkorn ve ekmeklik buğdaylar için belirlenen DPPH değerleri sırasıyla 215.4–257.6 mg TE/kg, 149.8–255.8 mg TE/kg ve 195.8 ve 210.0 mg TE/kg aralığında bildirilmiştir.

Kaur ve Gill (2020) işlem görmemiş tahıl tanelerinde %6.8 ile %10.42 arasında değişen DPPH değerinin, 72 saatlik çimlendirmeden sonra %24.8 ile %31.5 aralığına yükseldiğini rapor etmişlerdir. Çimlenmiş buğday, pirinç, mısır ve yulaf unları arasında antioksidan aktivitedeki artış oranının en yüksek buğday örneğinde olduğunu belirlemişlerdir.

Chen ve ark. (2017) çalışmalarında 25 ºC 'de 4 gün çimlendirilen farklı ekmeklik buğday çeşitlerinin fenolik içeriklerini, antioksidan aktivitelerini ve ilgili enzim aktivitelerini incelemişlerdir. Çimlendirme işleminin başlangıcından itibaren buğday çeşitlerinde farklı oranlarda olmak üzere serbest, bağlı ve toplam antioksidan aktivitelerinin arttığını bildirmişlerdir. Bununla birlikte 3 farklı ekmeklik buğday

çeşidinde ham buğday örneklerine kıyasla toplam fenolik madde içeriğinin de %48.3, %51.8 ve %46.1 oranında artış meydana geldiği rapor edilmiştir.

Yang ve ark. (2001) %1.25'lik NaClO ile dezenfekte ettikleri buğday tanelerini 16.5 ^{o}C' de 9 gün çimlendirmişlerdir. Oda sıcaklığı yerine, 16.5 ^{o}C sıcaklık şartlarının kullanılma nedeni bu sıcaklıkta daha fazla antioksidan ve aminoasit üretilmesi olarak gösterilmişdir (Hesterman ve Teuber, 1980). Çimlenme ile birlikte buğday örneklerinin toplam antioksidan kapasitesini oluşturan C vitamini, E vitamini, β-karoten, fenolik asit içerikleri araştırılan çalışmada; C vitaminin 7. günde maksimum düzeye ulaştığını ve ardından azaldığını, E vitaminin ise 8. gün de maksimum düzeye ulaştığı bildirilmiştir. Çimlenmenin başında 4.37 molg/g olan α-tocopherol ve 0.914 mol g/g olan ǫ -tocopherol çimlenmenin 8. gününde maksimum düzeyine ulaşmış ve α-tocopherol 10.92 molg/g olarak ve ǫ-tocopherol 1.5 molg/g olarak tespit edilmiştir. Çimlenmenin başlangıcında ham buğdaylarda tespit edilemeyen β-karoten çimlenmenin 8. gününde maksimum değerine ulaşmıştır. Fenolik asitler (ferulik asit ve vanillik asit) çimlenme ile birlikte belirgin şekilde artmış ve 8.günde pik değerine ulaşmıştır (ferulik asit için 932.4 mg / g ve vanilik asit için 13 mg / g).

Yang ve ark. (2021) buğday örneklerinin 6 gün devam eden çimlendirme işlemi süresince antioksidan aktivitelerini DPPH ve FRAP metodları ile analiz etmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre; buğday örneklerinin bağlı fenolik asitlerden ferulik asitin ve serbest fenolik asitlerden şiringik asitin ve diğer antioksidan bileşiklerden C vitamini, tokoferoller gibi bileşiklerin çimlenme sırasında arttığı ve bununda filizlenmiş buğday unlarının DPPH ve FRAP antioksidan aktivitelerinin artmasına katkıda bulunduğu bildirilmiştir.

Van Hung ve ark. (2015) çimlendirilen yüksek enzim aktiviteli buğdayların bağlı, serbest ve toplam antioksidan aktivitelerini inceledikleri çalışmalarında; antioksidan aktiviteye büyük katkı sağlayan serbest ve bağlı fenolik bileşenlerin çimlenmenin ilk 12 saatinde önemli bir değişiklik göstermediğini ancak 36 saat sonra hızlı bir artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Van Hung ve ark. (2011) bu sonuçların muhtemelen çimlenme sırasında şirinjik, kafeik ve vanilik asitlerin miktarındaki artıştan kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Ek olarak, C vitamini ve tokoferoller gibi antioksidan bileşiklerin miktarıda artan çimlenme süresine paralel olarak artmış ve çimlenen buğday unlarının antioksidan aktivitesine katkıda bulunduğu bildirilmiştir.

Buğday filizinin tüketilmesinin, dokulara C vitamini, β-karoten, E vitamini ve fenolik asitler gibi yüksek konsantrasyonlu antioksidan sağlaması mümkündür. Bu

nedenle buğday filizi vücuttaki serbest radikalleri temizleyebilir, plazma kolesterolünü (LDL kolesterol) düşürebilir ve otoimmün hastalıkları olan bireylerde hastalarda enflamatuar yanıtı azaltarak bağışıklık fonksiyonunu değiştirebilir (Seibold, 1990; Yang ve ark., 2001). Bununla birlikte, aktiviteleri, diğer faktörlerin varlığına, örneğin bunların reaktivitelerine ve konsantrasyonlarına ve askorbik asit, β-karoten ve selenyum dahil olmak üzere yenileme sistemlerinin mevcudiyetine bağlıdır. Öte yandan askorbik asit, radikal formundan yeniden üretilmek için glutatyon gibi hücresel tiyollere ihtiyaç duyar (Basu, 1999).

4.2.3.9. Mineral madde analiz sonuçları

Çimlendirilmiş Esperia, einkorn ve emmer buğdaylarından elde edilen tam unlara ait mineral madde (Ca, Fe, Mg, K, P ve Zn) miktarı sonuçları Çizelge 4.16'da verilmiştir. Bu değerlere ait varyans analizi sonuçları sırasıyla Çizelge 4.17'de, Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.18'de özetlenmiştir.

Çizelge 4.16. Çimlenmiş buğday unlarına ait mineral madde miktarı (mg/100 g) sonuçları[1]

Buğday çeşidi	Gün	Ca	Fe	Mg	K	P	Zn
Esperia	0	30.191.80	4.01±0.16	131.00±6.38	370.67±14.96	526.23±17.69	4.37±0.24
	1	26.77±1.58	3.73±0.23	127.05±6.27	326.03±16.65	498.25±22.06	3.78±0.20
	2	25.00±2.37	3.73±0.16	134.02±4.98	330.10±18.06	490.54±16.97	4.23±0.17
	3	30.69±1.67	4.30±0.36	139.84±5.26	341.26±11.77	430.84±18.93	4.59±0.33
	4	31.25±1.98	4.34±0.16	142.12±5.46	338.00±14.17	420.32±17.44	4.74±0.17
	5	31.96±1.49	5.34±0.18	143.80±5.34	345.65±12.76	415.62±14.17	5.22±0.20
	6	32.81±2.39	6.17±0.40	146.23±4.07	358.00±13.36	410.53±17.51	5.26±0.37
	7	33.63±2.15	6.25±0.37	146.89±2.91	372.56±17.51	395.78±15.19	5.75±0.33
Einkorn	0	32.54±1.81	6.13±0.31	132.40±4.58	383.20±13.83	678.41±20.21	6.07±0.28
	1	29.25±1.50	5.19±0.46	129.30±6.77	319.07±14.71	650.74±17.40	5.48±0.27
	2	30.25±185	5.25±0.41	133.40±7.05	340.74±14.87	632.47±17.13	6.89±0.48
	3	33.24±1.60	7.09±0.36	143.55±6.15	346.31±16.30	589.45±16.67	7.37±0.50
	4	33.84±2.43	7.69±0.21	148.02±4.10	351.21±17.25	580.51±19.94	7.56±0.53
	5	33.69±1.68	7.70±0.20	149.62±5.69	359.45±13.04	550.23±17.41	7.59±0.56
	6	34.69±1.77	8.45±0.21	159.98±8.15	366.00±14.82	538.12±18.72	7.61±0.38
	7	45.38±1.81	10.02±0.81	169.58±5.54	386.22±18.41	521.47±20.01	7.99±0.40
Emmer	0	31.25±1.53	5.59±0.39	134.69±3.42	389.09±18.73	690.25±26.87	5.77±0.42
	1	27.73±1.50	4.08±0.21	132.72±4.41	306.07±15.01	630.21±18.21	4.68±0.24
	2	29.54±1.85	4.33±0.19	138.97±6.24	314.62±16.78	628.54±23.61	5.24±0.22
	3	31.87±1.58	6.14±0.36	145.28±5.74	349.65±15.56	618.00±22.13	5.79±0.28
	4	32.00±1.8	6.86±0.35	144.05±4.93	353.49±16.43	614.52±21.36	5.91±0.33
	5	32.10±1.91	7.22±0.16	150.68±4.34	377.89±15.40	595.42±16.70	5.94±0.38
	6	32.07±2.15	9.04±0.27	151.27±6.18	391.98±18.72	581.26±17.83	6.03±0.46
	7	35.87±2.28	9.86±0.48	156.66±5.02	392.10±16.29	542.67±19.38	6.73±0.47
Minimum-maksimum		25.00-45.38	3.73-10.02	127.05-169.60	306.07-392.10	395.78-690.25	3.78-7.99
Ortalama±std		31.98±3.98	6.19±1.90	142.97±14.36	354.56±27.36	551.27±88.60	5.86±1.20

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır.

Çizelge 4.17. Çimlenmiş buğday unlarının mineral madde miktarlarına ait varyans analizi sonuçları[1]

VK	SD	Ca		Fe		Mg		K		P		Zn	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Buğday çeşidi (A)	2	60.66	17.25**	26.64	230.01**	209.40	6.87**	582.51	2.31ns	128285.31	351.78**	21.80	167.82**
Çimlenme süresi (B)	7	62.22	17.69**	14.65	126.47**	578.44	18.97**	3515.67	13.92**	13964.15	38.29**	2.72	20.94**
(AxB)	14	7.37	2.09*	0.72	6.25**	35.59	1.18ns	239.47	0.95ns	417.75	1.15ns	0.17	1.28ns
Hata		0.27		0.05		0.80		2.29		2.76		0.05	

[1]* p< 0.05 düzeyinde önemli, ** p< 0.01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz.

Çizelge 4.18. Çimlenmiş buğday unlarının mineral madde miktarlarına (mg/100 g) ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	n	Ca	Fe	Mg	K	P	Zn
Buğday çeşidi							
Esperia	16	30.29±2.78b	4.73±0.98c	138.87±6.89b	347.78±16.47a	448.51±45.68c	4.74±0.60c
Einkorn	16	34.11±4.60a	7.19±1.54a	145.73±7.89a	356.53±20.85a	592.67±52.81b	7.07±0.81a
Emmer	16	31.55±2.19b	6.64±1.93b	144.29±13.21a	356.36±32.28a	612.61±39.99a	5.76±0.56b
Çimlenme süresi (gün)							
0	6	31.33±1.70b	5.24±1.01f	132.70±4.32d	380.99±14.97a	631.63±83.56a	5.40±0.85c
1	6	27.92±1.63c	4.33±0.73g	129.69±5.23d	317.05±15.03e	593.07±75.52b	4.65±0.78d
2	6	28.26±3.00c	4.44±072g	135.46±4.49d	328.49±17.43de	583.85±7386b	5.45±1.23c
3	6	31.93±1.70b	5.84±1.30e	142.89±5.09c	345.74±12.80cd	546.10±91.43c	5.92±1.28b
4	6	32.36±2.01b	6.30±1.57d	144.73±4.63c	347.57±14.48cd	538.45±93.99cd	6.07±1.30b
5	6	32.59±1.58b	6.75±1.13c	148.03±5.19bc	361.00±17.98bc	520.42±84.58de	6.25±1.13b
6	6	33.19±2.04b	7.89±1.36b	152.49±7.93ab	372.00±20.06ba	509.97±80.62e	6.30±1.12b
7	6	38.29±5.81a	8.71±1.96a	157.71±10.79a	383.63±16.20a	486.64±72.41f	6.82±1.05a

[1] Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05).

Çimlenmiş buğdaylardan elde edilen tam un örneklerinin Ca miktarı 25.00 mg/100 g ile 45.38 mg/100 g arasında değişmiştir (Çizelge 4.16). Varyans analizi sonuçlarına göre örneklerin Ca miktarı üzerinde; buğday çeşidi ve çimlenme süresi faktörlerinin $p<0.01$ düzeyinde, "*buğday çeşidi x çimlenme süresi*" interaksiyonunun ise $p<0.05$ düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.17).

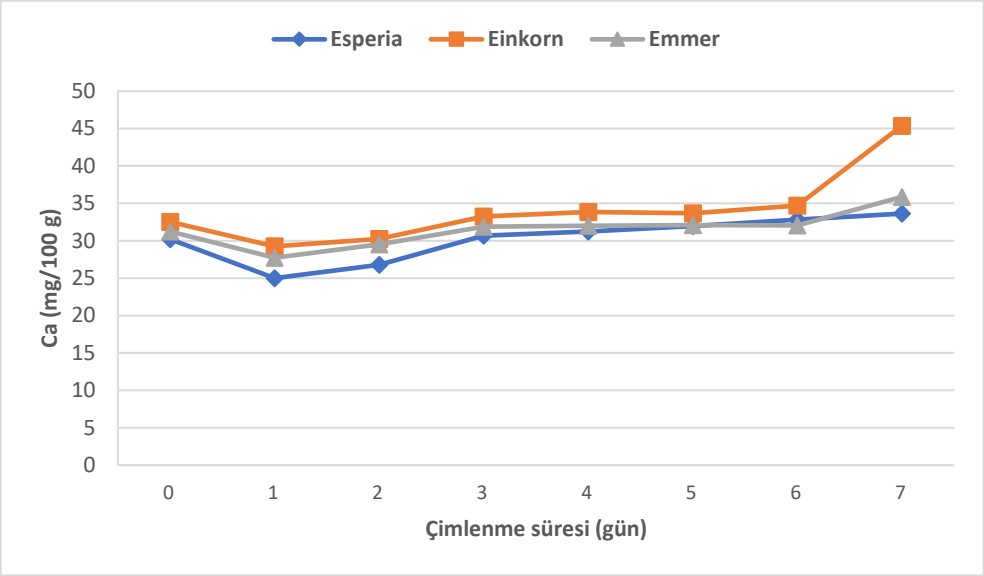
Çizelge 4.18'de verilen Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, einkorn buğdaylarına ait un örneklerinin ortalama Ca miktarı (34.11 mg/100 g), Esperia ve emmer buğdaylarına ait un örneklerinin ortalama Ca miktarından (30.29 mg/100 g ve 31.55 mg/100 g) daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.18). Literatür verileri, mineral madde içeriği açısından ilkel buğday türlerinin üstünlüğünü göstermektedir (Murphy ve ark., 2008; Shewry ve ark. 2016; Arzani ve Ashraf, 2017).

Biel ve ark. (2021) modern ve ilkel buğday çeşitlerinin kimyasal ve reolojik özelliklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında; einkorn, emmer ve ekmeklik buğdayın Ca içeriğini sırasıyla 0.17 g/kg, 0.15 g/kg ve 0.11 g/kg olarak bildirmişlerdir. Benzer sonuçlar Rachoń ve ark. (2015) tarafından da bildirilmiş olup, einkorn buğdayının Ca içeriğini %0.063, ekmeklik buğday için aynı değeri %0.048 olarak rapor etmişlerdir.

Sonuçlar çimlenme süresi açısından değerlendirildiğinde; çimlenmenin başlangıcında 31.33 mg/100 g olan Ca miktarının, çimlenmenin 7. gününde 38.29 mg/100 g'a yükseldiği belirlenmiştir (Çizelge 4.18). Çimlendirme işleminin 1. ve 2. gününde buğday örneklerinin Ca miktarı, çimlenme işleminin başlangıcındaki Ca miktarından düşük olup, bu durum, filiz ve skutellumun makro element içeriğindeki artış ile endosperm ve kepekteki stokiyometrik azalmanın dengesizliğinden kaynaklanmış olabilir (Eastwood ve Laidman, 1971). Çimlendirme işleminin devamında artış gösteren Ca miktarı, çimlenmenin 7. gününde istatistiksel olarak en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Steve (2012) bu artışı, çimlenme sırasında mikroorganizmaların biyo-sentez ve aktiviteleri ile ilişkilendirmiştir.

Buğday örneklerinin Ca miktarı üzerinde etkili ($p<0.05$) olan *"buğday çeşidi x çimlenme süresi"* interaksiyonu Şekil 4.19'da verilmiştir. Esperia einkorn ve emmer buğdaylarından elde edilen tam unlar için çimlenmenin 1. gününde hafif azalan Ca miktarı çimlenmenin sonraki günlerinde artış göstermiştir. Çimlenme süresinin 6. gününe kadar Esperia, einkorn ve emmer buğdaylarına ait tam unların Ca değerleri birbirine yakın değerler göstermiş olup, bu süre dahilinde einkorn buğday unları en yüksek, Esperia buğday unları ise en düşük Ca içeriğine sahip örnekler olmuştur. Çimlenmenin 7.

gününde, einkorn buğday ununun Ca miktarındaki artış sırasıyla emmer ve Esperia buğdaylarının tam unlarındaki artıştan daha yüksek olmuş ve aralarındaki fark açılmıştır.



Şekil 4.19. Çimlenmiş buğdaylardan elde edilen tam unların Ca miktarı üzerinde etkili "*buğday çeşidi x çimlenme süresi*" interaksiyonu

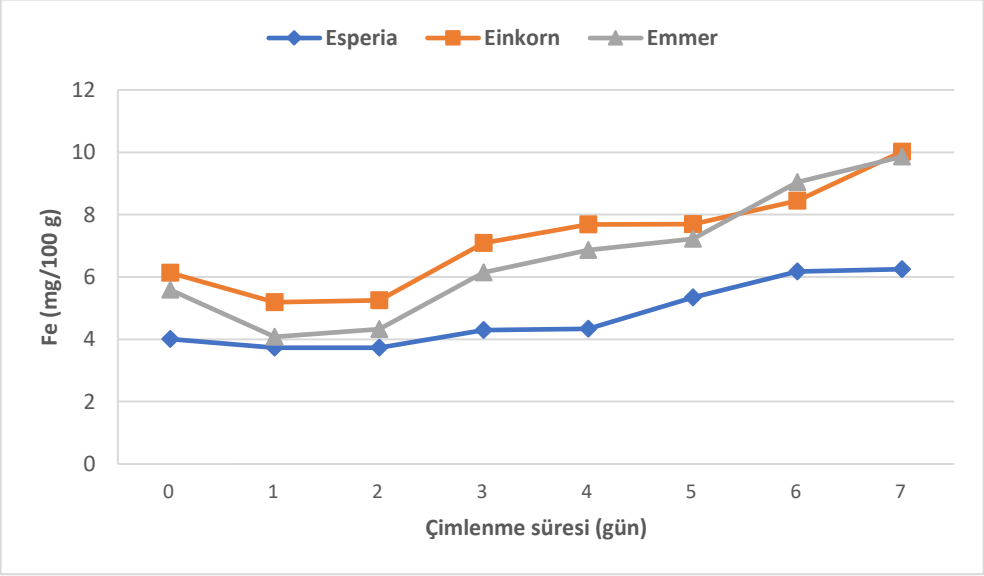
Farklı sürelerde çimlendirilmiş buğdayların tam unlarına ait Fe miktarı 3.73 mg/100 g ile 10.02 mg/100 g arasında değişmekte olup, ortalama 6.19 mg/100 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.16). Varyans analizi sonuçlarına göre örneklerin Fe miktarı üzerinde buğday çeşidi ve çimlenme süresi faktörleri ile "*buğday çeşidi x çimlenme süresi*" interaksiyonunun $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.18 buğday çeşidi açısından incelendiğinde; en yüksek Fe içeriği einkorn buğdayından elde edilen tam un örneklerinde bulunmuş (7.19 mg/100 g), bunu sırasıyla emmer ve Esperia buğdaylarından elde edilmiş tam un örneklerinin Fe miktarı (6.64 mg/100g ve 4.73 mg/100g) takip etmiştir (Çizelge 4.18). Literatürde emmer buğdayının Fe içeriğinin einkorn buğdayından yüksek olduğunu bildiren çalışmalar bulunmakla birlikte (Zhao ve ark., 2009: Biel ve ark., 2021), buğday çeşitlerine ait mineral içerikleri genotipin etkisi dışında, çevresel koşullara (özellikle iklim koşulları) ve uygulanan tarım tekniklerine bağlı olarak da farklılık gösterebileceği bildirilmiştir (Hussain ve ark., 2010).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, artan çimlenme süresine bağlı olarak buğday unlarının ortalama Fe miktarında çimlenmenin 1. ve 2. günlerinde azalma görülmüş ve çimlenmenin başlangıcında 5.24 mg/100 g olan Fe miktarı çimlenmenin 7. gününde en yüksek değerleri olan 8.71 mg/100 g'a yükselmiştir (Çizelge 4.18). Zieliński ve ark., (2006) kolza tohumlarını çimlendirdikleri çalışmada; çimlenmenin 1. gününde

azalan Fe içeriğinin, artan çimlenme süresi ile birlikte artış gösterdiğini ve çimlenmenin son gününde (7. gün) Fe miktarında %18'lik bir artış olduğunu rapor etmişlerdir. Lintschinger ve ark. (1997) çimlenmenin, karbonhidratları CO_2 ve H_2O'ya katabolize ederek kuru ağırlık miktarını azalttığını, bununda toplam mineral miktarını arttırdığını ifade etmişlerdir.

Çimlenme sürecinde, çimlenmiş buğdaylardan elde edilen tam unların Fe miktarı üzerinde etkili *"buğdayı çeşidi x çimlenme süreci"* interaksiyonunun verildiği Şekil 4.20 incelendiğinde; çimlenmenin başlangıcında azalan Fe miktarı, çimlenme süresinin artmasına bağlı olarak artış göstermiştir. Buğday çeşitleri arasında Esperia buğdaylarından elde edilen tam un örneklerinin tüm çimlenme süresi boyunca en düşük Fe içeriğine sahip tam un çeşidi olurken, emmer ve einkorn buğdaylarından elde edilen tam unların çimlenme sürecinde Fe içeriklerindeki değişimler benzerlik göstermiş olup, çimlenmenin 5. gününden itibaren aralarındaki fark azalmış ve çimlenmenin 6. günüde emmer buğdayından elde edilen tam unların Fe miktarı einkorn buğday unlarından yüksek bulunmuştur.



Şekil 4.20. Çimlenmiş buğdaylardan elde edilen tam unların Fe miktarı üzerinde etkili "*buğday çeşidi x çimlenme süresi*" interaksiyonu

Çimlenmiş Esperia, einkorn ve emmer buğdaylarına ait tam un örneklerinin Mg miktarı 127.05-169.60 mg/100 g arasında değişmiş olup, ortalama 142.97 mg/100 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.16). Varyans analizi sonuçlara göre tam un örneklerinin Mg miktarı üzerinde buğday çeşidi ve çimlenme süresi faktörlerinin $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.17).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; Esperia buğdayından elde edilmiş tam un örneklerinde bulunan ortalama Mg miktarı (138.87mg/100 g), einkorn ve emmer buğdaylarından elde edilmiş tam un örneklerinde bulunan ortalama Mg miktarlarından (145.73 mg/100 g ve 144.29 mg/100 g) düşük bulunmuştur (Çizelge 4.18). Biel ve ark. (2021) einkorn, emmer ve ekmeklik buğday örneklerinin Mg içeriğini sırasıyla 1.74 g/kg, 1.34 g/kg ve 1.04 g/kg olarak bildirmiştir. Hidalgo ve Brandolini (2014) einkornda ekmeklik buğdaydan daha fazla Mg bulunduğunu bildirdikleri çalışmalarında; einkorn ve ekmeklik buğday örneklerinin Mg içeriğini sırasıyla 1.51 g/kg ve 1.13 g/kg olarak bildirmişlerdir.

Sonuçlar çimlenme süresi açısından değerlendirildiğinde; çimlenmenin başlangıcında 132.70 mg/100 g olan Mg miktarının, çimlenmenin 7. gününde 157.71 mg/100 g ‘a yükseldiği belirlenmiştir. Çimlenmenin başlangıcından 3. güne kadar Mg içeriğinde önemli bir değişiklik gerçekleşmemiş olup, çimlenmenin 4. gününden itibaren buğday unlarının Mg miktarı artış göstermiştir (Çizelge 4.18). Zieliński ve ark. (2006) kolza tohumlarının çimlendirilmesi sırasında 4. güne kadar Mg içeriğinde değişiklik olmadığını ve bu süreden sonra kademeli bir atış olduğunu rapor ettiği çalışmada, 7 günlük bir çimlenmeden sonra %30’luk bir artış bildirmişlerdir.

Farklı sürelerde çimlendirilmiş buğdayların tam unlarına ait K miktarı 306.07-392.10 mg/100 g arasında değişmekte olup, ortalama 354.56 mg/100g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.16). Varyans analizi sonuçlarına göre örneklerin K miktarı üzerinde çimlenme süresi faktörlerinin $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.17).

Elde edilen sonuçlar buğday çeşidi açısından karşılaştırıldığında; Esperia, einkorn ve emmer buğdaylarından elde edilen tam un örneklerinin ortalama K miktarı sırasıyla 347.78 mg/100 g, 356.53 mg/100 g ve 356.36 mg/100 g olarak belirlenmiş olup, buğday çeşitlerinin ortalama K miktarları arasında önemli bir fark bulunmamıştır (Çizelge 4.18). Piergiovanni ve ark (1997) ve Grela (1996) emmer ve einkorn buğdaylarında modern ekmeklik buğdaydan daha yüksek K miktarı belirlediklerini bildirirken, Ruibal-Mendieta ve ark. (2005) ise modern ve ilkel buğday çeşitleri arasında K içeriği açısından önemli bir fark bulunmadığını rapor etmiştir.

Çizelge 4.18 çimlenme süresi açısından değerlendirildiğinde, çimlenmenin başlangıcında ortalama 380.99 mg/100 g olarak belirlenen K miktarı ile çimlenmenin son gününde ortalama 383.63 mg/100 g olarak ölçülen K miktarı istatistiksel olarak aynı grupta yer almış olup, çimlenmenin 2-5 günleri arasında ölçülen K miktarından yüksek

bulunmuştur (Çizelge 4.18). Buğdayda en bol bulunan mineral olan K'un, oksalat gibi bileşenlerle ile zayıf çözünür kompleksler oluşturmuş olarak, buğdayın aleuron tabakasında yoğunlaştığı bilinmektedir (Israr ve ark., 2013). Çimlendirilmiş buğdayın ıslatma, çimlenme ve hidrotermal olarak işlenmesinin bir sonucu olarak, çoğu K ıslatma ve çimlenme ortamına geçme eğiliminde olup, çimlenme ile birlikte K iyonlarının muhtemelen ligandlarından ayrıştığı ve oldukça hareketli hale gelmesi (Marschner, 2012) ile çimlenme ortamına göçünde artış olabileceği tahmin edilmektedir. Bu durum K miktarında bir artış olmamasının nedeni olabilir.

Çimlenmiş buğdaylara ait tam unların P miktarı 395.78-690.25 mg/100 g arasında değişmekte olup, ortalama 551.27 mg/100 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.16) Varyans analizi sonuçlarına göre, tam un örneklerinin P miktarı üzerinde; buğday çeşidi ve çimlenme süresi faktörlerinin $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.17).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları buğday çeşidi açısından değerlendirildiğinde; emmer buğdaylarından elde edilen tam un örneklerinin ortalama P miktarı (612.61 mg/100 g), sırasıyla einkorn ve Esperia buğday örneklerinden elde edilen tam unların ortalama P miktarından daha yüksek olduğu (592.67 mg/100 g ve 448.51 mg/100 g) belirlenmiştir (Çizelge 4.18). Literatürde P miktarının ekmeklik buğday tanesinde, ilkel buğdaylardan önemli ölçüde daha yüksek olduğu bildirilirken, çalışmamızda, en düşük P konsantrasyonları, einkorn ve emmer buğdaylarından sırasıyla %24 ve %27 daha düşük olan ekmeklik buğday çeşidi Esperia buğday unlarında belirlenmiştir.

Çizelge 4.18 çimlenme süresi açısından değerlendirildiğinde, çimlenme süresince buğday unlarının P miktarı azalış göstermiştir. Çimlenme süresince en yüksek P miktarı (631.63 mg/100 g) çimlenmenin başlangıcında belirlenmiş, en düşük P miktarı ise çimlenmenin 7. günde elde edilen tam unlarda (486.64 mg/100 g) bulunmuştur (Çizelge 4.18). Fosfor, esas olarak fitat olarak depolandığı aleuronda bulunmaktadır. Araştırmacılar ıslatma ve çimlenme sırasında enzimatik etki ile salınan ortofosfatların sızması ile P kaybına neden olduğunu bildirmektedir (De Brier ve ark., 2016).

Buğday tanesindeki P yaklaşık %85'i, genellikle Fe, Zn, Ca, Mn, Mg ve Cu gibi iki değerlikli katyonlar ve Fe gibi üç değerlikli iyonlar tarafından şelatlanan fitik asit olarak depolanır. Elde edilen fitatlar, alörondaki protein açısından zengin globoid yapılara gömülü granüller olarak bulunur (Schlemmer ve ark., 2009). Fitat, bağırsak fitaz enzimlerinin eksikliğinden dolayı insanlar tarafından zayıf bir şekilde sindirilir veya

emilir (Sandberg ve Andersson, 1988). Sonuç olarak, temel biyo-erişilebilirlik sadece %5-10'dur (Bouis ve ark., 2011). Çimlenme ile birlikte α-amilaz, ksilanaz ve fitaz gibi hidrolitik enzimler alöron hücrelerinde aktive edilir (Miransari ve Smith, 2014). Çimlenme sırasında fitaz aktivitesindeki artış fosfatın, minerallerin ve miyo-inositolün bitki büyümesi ve gelişmesi için (Platel ve ark., 2010) ve gıda sistemlerinde kullanıldığında insan alımı için kullanılabilir olmasını sağlamaktadır. Bu nedenle, buğday tanesine uygulanan ıslatma, kontrollü çimlendirme ve hidrotermal işleme gibi teknolojiler, insan mide-bağırsak sisteminde mineral elementlere daha fazla erişilebilirlik sağlar.

Farklı sürelerde çimlendirilmiş buğday çeşitlerine ait tam un örneklerinin Zn miktarı 3.78 mg/100 g ile 7.99 mg/100 g arasında değişmiştir (Çizelge 4.16). Varyans analizi sonuçlarına göre, çimlenmemiş buğdaylara ait tam unların Zn miktarı üzerinde buğday çeşidi ve çimlenme süresi faktörlerinin $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.18' de verilen sonuçlar, buğday çeşidi açısından değerlendirildiğinde; en yüksek Zn miktarı einkorn buğdayından elde edilen tam un örneklerinde ortalama 7.07mg/100 g olarak belirlenmiş olup, en düşük Zn miktarı ise Esperia buğdayından elde edilen tam un örneklerinde 4.74 mg/100 g olarak bulunmuştur. Emmer buğdayından elde edilen un örneklerinin Zn miktarı ise 5.76 mg/100 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.18). Suchowilska ve ark. (2012) ilkel buğdayların genellikle modern muadillerinden daha iyi bir mikro element kaynağı olarak kabul edildiğini ifade ettikleri çalışmalarında; einkorn, emmer ve ekmeklik buğday çeşitlerinde Zn miktarını sırasıyla 53g/kg, 54 g/kg ve 35 g/kg olarak belirlemişlerdir. Genc ve MacDonald (2008) emmer tanesinin modern durum buğdayı ve ekmeklik buğdaydan daha yüksek Zn konsantrasyonlarına sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları çimlenme süresi açısından değerlendirildiğinde; çimlenmenin başlangıcında ortalama 5.40 mg/100 g olarak belirlenen Zn değeri ile çimlenmenin son gününde ortalama 6.82 mg/100 g olarak belirlenen Zn değeri istatistiksel olarak aynı grupta yer almış olup, çimlenmenin tüm günlerinde ölçülen Zn değerlerine sayısal olarak yakın bulunmuştur (Çizelge 4.18). Fe ve Zn, esas olarak, P ile birlikte buğdayın aleuron tabakasında konsantre olarak bulunmaktadır (De Brier ve ark., 2016). Bununla birlikte Zn, embriyo dokularının protein depolama vakuollerinde kükürt içeren peptitlere bağlanırken, endospermdeki nikotianamin ile de ilişkilendirilebilir.

Çimlenme, tohumlarda birçok biyokimyasal değişikliğe neden olur, mikro ve makro elementlerin biyoyararlığı artar (Świeca, 2016). Ayrıca, çimlenmenin bir sonucu olarak artan fitaz enzim aktivitesine bağlı fitik asidin hidrolizi ile mineral içeriğinde de artış gözlenir. Mineral içeriğindeki artışın, çimlenme işlemi sırasında aktive olan ve sonuç olarak çimlenen tohumlardan minerallerin salınmasına yol açan, fitatı inositole ve ortofosfat anyonlarına hidrolize eden fitaz enziminden kaynaklandığına inanılmaktadır (Sharma ve ark., 2017). Ayrıca, çimlenme sırasında mikroorganizmaların biyosentez ve aktivitelerine bağlanabilir (Gabriel ve Akharaiyi, 2007).

Pająk ve ark. (2019) chia, keten ve çemen otu gibi tohumların çimlendirilmesi ile birlikte özellikle K içeriğinde önemli bir düşüş olduğunu ancak Mg miktarının değişmediğini bildirmişlerdir. Benzer sonuçlar Mubarak (2005), Oloyo, (2004) ve Zieliński ve ark. (2005) tarafından sırasıyla baklagil ve turpgil tohumları için rapor edilmiştir.

Ijarotimi ve Keshinro (2012) işlem görmemiş Afrika baklasının P, K, Ca, Mg, Fe ve Zn miktarını sırasıyla 108.50 mg/100 g, 2.23 mg/100 g, 1.22 mg/100 g, 4.86 mg/100 g, 2.20 mg/100 g ve 2.55 mg/100 g olarak belirledikleri çalışmada, baklanın 21 gün çimlendirilmesi ile aynı değerleri sırasıyla 90.85 mg/100 g, 3.76 mg/100 g, 1.73 mg/100 g, 4.16 mg/100 g, 6.20 mg/100 g ve 3.03 mg/100 g olarak bulmuşlardır. Araştırmacılar çimlenme işlemi ile birlikte Afrika baklasının mineral içeriğinin artığını ifade etmişlerdir. Bates ve ark. (1977) ve Walker ve Kochhar (1982) ise çimlendirilmiş baklagillerde/tahıllarda Fe dışındaki mineral değerlerinin çimlenme ile artığını ve çimlenen tohumlarda Fe değerlerinin azaldığını, ancak tohumun çimlenmesi sırasında fitaz aktivitesinin artması nedeniyle kullanılabilirliğinin arttığını rapor etmişlerdir.

Afify ve ark. (2016) buğday örneklerinin 72 saat çimlendirilmesi ile Mg ve Zn miktarlarının artığını, K içeriğinin ise azaldığını rapor etmişlerdir.

Steve (2012) buğday tanesinde en fazla bulunan minerali K, en az bulunan minerali ise Zn olarak bildirdiği çalışmasında; buğday örneklerinin 3 gün çimlendiirlmesi ile birlikte Ca, K, Fe ve P miktarının artığını bildirmişlerdir. Bu artışın çimlenme sırasında mikroorganizmaların biyo-sentez ve aktivitelerine bağlamışlardır (Zamora ve Fields, 1979; Bau ve ark., 1997; Dhaliwal ve Aggarwal, 1999; Gabriel ve Akharaiyi, 2007).

Tahıldaki makro elementlerin ve mikro elementlerin içeriği öncelikle genetik faktörler tarafından belirlenir. Genotipin etkisi dışında, tahıl kalite özellikleri aynı zamanda çevresel koşullara (özellikle iklim koşulları) ve uygulanan tarım tekniklerine de bağlıdır. Elde edilen sonuçlara göre einkorn buğdayının genel olarak minel içeriğinin

Esperia ve emmer buğdaylarından daha yüksek olduğu görülmektedir. Benzer sonuçlar literatürde de belirtilmekte olup bu durum einkorn tanesinin küçük boyutuna atfedilmiştir. Tanenin boyutunun küçülmesi (kepek + ruşeym)/endosperm oranını arttırmakta (Hidalgo ve Brandolini, 2008) ve genetik olmayan bir konsantrasyon etkisine yol açarak einkorn buğdayına mineral miktarı açısından üstünlük kazandırmaktadır. Ayrıca, einkorn ve emmer taneleri, modern buğdaydan çok daha fazla ham kül ve toplam protein içermekte olup, bu, ilkel buğdayların mineral biriktirme kapasitesinin daha yüksek olduğunu gösterir (Hidalgo ve ark., 2009; Rachon ve ark., 2015).

Tahıl tanelerinin mineral madde kompozisyonları incelendiğinde; buğdayda K, P ve Mg miktarı ortalama 453, 380 ve 157 mg/100 g olarak belirlenmiştir. Ancak tanedeki mineral madde içeriği toprak çeşidine, yetişme şartlarına, sulamaya, tohuma ve gübrelemeye bağlı olarak değişim göstermektedir (Ercan, 1986).

Biel ve ark (2021) einkorn ve emmer buğdaylarının Mg ve K mineral içeriğinin ekmeklik buğdaydan yüksek olduğunu bildirdikleri çalışmada; einkorn ve emmer buğday örneklerinin Mg miktarı sırasıyla 1.34 g/kg, 1.74 g/kg ve 1.04 g/kg, K içerikleri ise sırasıyla 6.45 g/kg, 5.84 g/kg ve 4.74 g/kg olarak belirlemişlerdir.

Zhao ve ark. (2009) çalışmalarında; einkorn, emmer ve ekmeklik buğdayların Fe içeriğini sırasıyla 45.9 mg/kg, 34.1 mg/kg ve 38.2 mg/kg olarak, Zn miktarlarını ise sırasıyla 22.4 mg/kg, 22.8 mg/kg ve 21.4 mg/kg olarak bildirdikleri çalışmalarında buğdayların Fe ve Zn içeriklerinin geniş ölçüde benzer olduğunu ifade etmişlerdir.

Akhtar ve ark. (2010) tam buğday unundaki Fe ve Zn miktarlarını sırasıyla 54..21 mg/kg ve 29.72 mg/kg olarak bildirmişlerdir. Anjum ve ark. (2002), tam buğday ununda 52.50 ppm Fe ve 30 ppm Zn bulunduğunu belirtmişlerdir. Rachoń ve ark. (2014) buğday türlerinden ekmeklik buğdayın P, K, Ca, Mg Fe ve Zn içeriğini sırasıyla %0.41, %0.42, %0.05, %0.13, 44.6 mg/kg ve 49.38 mg/kg olarak bildirdiği çalışmada einkorn buğdayı için aynı değerleri sırasıyla %0.50, %0.49 %0.06, %0.15, 53.65 mg/kg ve 65.78 mg/kg olarak rapor etmiştir. Erba ve ark. (2011) einkorn örneklerinde Zn, Fe, Mg ve P 7.18 mg/100 g, 5.23 mg/100 g, 151.2 mg/100 g ve 541.1 mg/100 g olarak bulmuşlardır. Ozkan ve ark. (2007) 54 einkorn buğdayında Zn içeriğinin tanede 0.21-2.16 µg arasında Fe içeriğinin ise tanede 0.54-3.09 µg arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Kibar (2019) %9.5 nem içeriğine sahip einkorn tanesinin Ca, Fe, Mg, K, P ve Zn içeriğini sırasıyla 37.87,16.73, 152.23, 721,37, 250.67 ve 5.67 mg/100 gr olarak rapor etmiştir.

Balint ve ark. (2001) emmer buğdayının bileşiminde 42.8 mg/kg Zn, 32.3 mg/kg Fe, 443 mg/kg Ca ve 1100 mg/kg Mg bulunduğunu bildirmiştir. Tekin ve ark. (2018) 49

emmer buğdayına ait Fe ve Zn içeriğinin sırasıyla 6.94-154.00 mg/kg ve 6.93-35.89 mg/kg arasında değiştiğini tespit etmişlerdir.

4.3. Hammadde Olarak Kullanılan Tam ve Rafine Buğday Unlarına Ait Analiz Sonuçları

Ekmek ve erişte olmak üzere iki farklı üründe işlem görmemiş ve optimum sürede çimlendirilmiş Esperia, einkorn ve emmer buğdaylarından elde edilen tam unlar ve rafine buğday unu ortak bileşen olarak kullanılmıştır. Bunların yanında erişte üretiminde çimlendikten sonra nemli-ısıl işlem uygulanmış (ÇSNIU) Esperia, einkorn ve emmer tam unları kullanılmıştır. Kullanılan bu hammaddelerin renk değerlerine ait sonuçlar Çizelge 4.19' da, kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.20 ve 4.21' de ve mineral madde analiz sonuçları ise Çizelge 4.22' de verilmiştir.

4.3.1. Renk değerleri

Erişte ve ekmek üretiminde kullanılan tam unlara ait renk değerleri (L^*, a^*, b^*, Hue ve SI) Çizelge 4.19'da verilmiştir. Tam unların L^* değerleri 77.47 ile 86.85 arasında değişim göstermiştir. İstatistiğe dahil edilmeyen rafine buğday ununun L^* değeri ise 92.63 olarak belirlenmiştir. Tahmin edildiği gibi rafine unun L^* değeri tam unlardan yüksek bulunmuştur. Bu durum, öğütme işlemi sırasında renk pigmentlerinin yoğun olarak bulunduğu kepek tabakasının uzaklaştırılmasından kaynaklanmaktadır. Emmer buğdayı tam unları tüm işlem türlerinde aynı işlemin uygulandığı gruptaki Esperia ve einkorn tam buğday unlarından daha düşük L^* değeri göstermiş, en düşük L^* değeri ÇSNIU emmer buğdayı tam unlarında ölçülmüştür. Tam buğday unları arasında en yüksek L^* değeri ise çimlenmiş Esperia ve einkorn buğdaylarından elde edilen tam unlarda belirlenmiştir. Nemli-ısıl işlemin uygulanmasıyla L^* renk değeri ısıl işlem görmemiş örneklere göre azalmış olup, bu azalma sadece emmer buğdayı tam unlarında istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bu renk koyulaşması, nemli-ısıl işlemin gerçekleştiği yüksek sıcaklıklarda çimlenmiş tam buğday ununda bulunan ve miktarı çimlenme ile oransal olarak artan protein ve şeker arasındaki Maillard reaksiyonundan kaynaklı olabilir (Pathare ve ark., 2013). Shobana, (2009) nemli-ısıl işlem uygulanmış darının, işlem uygulanmamış darıdan daha koyu renkli olduğunu ifade etmiştir.

Tam un örneklerinin *a** değerleri 0.46 ile 3.42 arasında değişmiştir. Çimlenmiş Esperia, einkorn ve emmer buğday unlarının *a** değerleri, işlem görmemiş ve çimlenmiş Esperia, einkorn ve emmer unlarının *a** değerlerinden daha düşük bulunmuştur. En düşük *a** değeri çimlenmiş einkorn buğdaylarına ait tam un örneğinde belirlenirken, en yüksek *a** değeri ise işlem görmemiş ve ÇSNIU emmer buğdayı tam unlarında ölçülmüştür. Rafine buğday unu ise tam buğday unlarından sayısal daha düşük *a** değeri göstermiştir (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.19. Erişte ve ekmek üretiminde kullanılan unlara ait renk değerleri[1]

	Hammadde	*L**	*a**	*b**	Hue	SI
İşlem görmemiş	Esperia unu	84.69±0.3b	2.28±0.29b	13.62±0.04e	80.52±0.94de	13.81±0.38d
	Einkorn unu	84.54±0.28b	0.86±0.13e	15.27±0.29d	86.74±0.71b	15.29±0.99c
	Emmer unu	79.51±0.42c	3.09±0.30a	17.29±0.15b	79.87±0.67de	17.56±0.55b
Çimlenmiş	Esperia unu	86.83±0.52a	1.23±0.16d	12.90±0.15f	84.55±0.60c	12.96±0.16d
	Einkorn unu	86.85±0.44a	0.46±0.15f	15.19±0.12d	88.28±0.51a	15.20±0.37c
	Emmer unu	83.88±0.41b	1.67±0.01c	15.70±0.04c	83.91±0.18c	15.79±0.40c
ÇSNIU[2]	Esperia unu	83.56±0.33b	2.39±0.01b	15.17±0.04d	81.04±0.16d	15.36±0.31c
	Einkorn unu	84.39±0.40b	1.59±0.04cd	17.46±0.17b	84.81±0.07c	17.53±0.18b
	Emmer unu	77.47±0.45d	3.42±0.02a	18.82±0.22a	79.72±0.18e	19.13±0.21a
	Rafine buğday unu	92.63±0.13	-0.28±0.01	9.90±0.08	91.64±0.06	9.90±0.08

[1]Sonuçlar iki tekerrür ortalamasıdır. [2]Çimlendikten sonra nemli-ısıl işlem uygulanmış.

Erişte ve ekmek üretiminde kullanılan tam buğday unlarının *b** değeri 12.90 ile18.82 arasında değişmiş olup, tam unlar arasında en yüksek *b** değerini ÇSNIU emmer buğdayı tam unu (18.82) vermiş ve bunu ÇSNIU einkorn buğdayı tam unu (17.46) ve işlem görmemiş emmer buğdayı tam unu (17.29) takip etmiştir. ÇSNIU Esperia, einkorn ve emmer buğday unlarının *b** değeri; çimlenmiş ve işlem görmemiş buğday unlarından daha yüksek bulunmuştur. Rafine buğday unu ise sayısal olarak en düşük *b** değerine (9.90) sahip hammadde olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.19 hammaddelerin Hue ve SI değeri açısından incelendiğinde; örneklerin Hue değeri 79.72 ile 88.28 arasında, SI değerleri ise 12.96 ile 19.13 arasında değişim göstermiştir. Rafine buğday ununun Hue ve SI değerleri ise sırasıyla 91.64 ve 9.90 olarak belirlenmiş olup, hammaddeler arasında sayısal olarak en yüksek Hue ve en düşük SI değerleri elde edilen örnek olmuştur.

Cankurtaran ve ark. (2020) emmer tam buğday ununun *L**, *a** ve *b** değerlerini sırasıyla 77.80, 2.45 ve16.61 olarak rapor etmişlerdir. Başka bir çalışmada ise emmer tam buğday unun *L**, *a** ve *b** değerlerinin sırasıyla 86.36 - 89.09, 1.22 - 1.75 ve 11.06 -13.75 aralığında bulunmuştur (Zengin, 2015). Einkorn tam buğday ununun *L*, a** ve *b**

değerleri; Hendek Ertop (2019) tarafından sırasıyla 50.16,8.14 ve 18.85, Abdel-Aal ve ark. (1997) tarafından sırasıyla 89.1, 0.1 ve 13.7 olarak bildirilmiştir.

Tok (2017) çimlenmiş buğday ununun *L** *a** ve *b** değerlerini sırasıyla 80.54, 1.61 ve 14.61 olarak belirlemiştir. Liu ve ark. (2017) çimlenmiş buğday ununun *L** değerini 85.39, *a** değerini -0.25 ve *b** değerini 9.67 olarak rapor etmişlerdir. Johnston ve ark. (2019) 24 saat çimlendirilmiş buğday ununun *L**, *a** ve *b** değerlerini sırasıyla 67.7, 11.5 ve 28.1 olarak bildirmişlerdir.

Bilgiçli (2009), rafine buğday unun *L*, a** ve *b** değerlerini sırasıyla 94.26, -0.8 ve 9.20 olarak bildirmiştir. Aktaş ve ark. (2015) buğday ununun aynı değerlerini sırasıyla 99.42, -0.55 ve 8.16 olarak bulmuşlardır. Demir ve ark. (2015) rafine buğday ununun *L**, *a** ve *b** değerlerini sırasıyla 91.71, -0.62 ve 8.29, tam buğday ununun *L**, *a** ve *b** değerlerini ise sırasıyla 87.75, 0.97 ve 11.13 olarak rapor etmişlerdir. Liu ve ark. (2017) tam buğday ununun *L**, *a** ve *b** değerlerinin sırasıyla 83.63, -0.18 ve 11.99 olduğunu bildirmişlerdir.

4.3.2. Kimyasal analiz sonuçları

Tam ve rafine buğday unlarına ait kül, protein, yağ ve TBL sonuçları Çizelge 4.20'de verilmiştir. Tam un örneklerinin kül miktarı %1.63 ile %2.07 arasında değişiklik göstermiştir. İşlem türü fark etmeksizin emmer tam buğday unlarının kül içeriği, einkorn ve Esperia tam buğday unlarının kül içeriğinden daha yüksek bulunmuştur. Hammaddeler arasında beklenildiği gibi en düşük kül içeriği sayısal olarak rafine buğday ununda belirlenmiştir (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.20. Erişte ve ekmek üretiminde kullanılan unlara ait nem, kül, protein, yağ ve TBL analiz sonuçları[1]

	Hammadde	Kül (%)	Protein (%)	Yağ (%)	TBL[2] (%)
İşlem görmemiş	Esperia unu	1.63±0.05c	11.99±0.17c	1.73±0.04d	12.78±0.22a
	Einkorn unu	1.84±0.00b	12.82±0.31b	1.98±0.01b	8.90±0.30b
	Emmer unu	2.04±0.01a	12.91±0.06ab	2.12±0.01a	8.35±0.61b
Çimlenmiş	Esperia unu	1.69±0.01c	11.86±0.31c	1.66±0.01e	12.99±0.06a
	Einkorn unu	1.87±0.01b	13.13±0.12ab	1.93±0.01bc	8.95±0.08b
	Emmer unu	2.07±0.01a	13.48±0.25a	1.97±0.01b	8.58±0.18b
ÇSNIU[3]	Esperia unu	1.65±0.01c	11.90±0.06c	1.64±0.03e	12.84±0.09a
	Einkorn unu	1.87±0.01b	13.23±0.06ab	1.89±0.01c	8.63±0.02b
	Emmer unu	2.05±0.01a	13.44±0.44a	1.95±0.04b	8.36±0.11b
	Rafine buğday unu	0.54±0.01	11.16±0.13	0.89±0.01	3.29±0.13

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. Esperia, einkorn ve emmer buğday unları tam un şeklinde üretilmiştir. [2]Toplam besinsel lif. [3]Çimlendikten sonra nemli-ısıl işlem uygulanmış.

Lipid, kül ve lif gibi bileşenler buğday kepeğinde konsantre olmuş olup, rafine un elde etmek için öğütme işlemi ile uzaklaştırılmaktadır (Buri ve ark., 2004). Bu durumundan dolayı rafine buğday unun kül içeriği azalmaktadır (Schollenberger ve ark., 2002). Çimlenmiş buğdaylara ait tam un örneklerinin kül miktarı sayısal olarak işlem görmemiş buğday unlarından daha yüksek olup, bu durumu Dilber ve ark. (2003) çimlenmeyle birlikte kuru madde kaybına bağlı oransal yükseliş ile açıklamışlardır. Hung ve ark., (2012) buğdayda %1.8 olan kül miktarının 48 saat çimlenme ile 1.08 kat artarak %1.94'e yükseldiğini rapor etmişlerdir.

Tam un örneklerinin protein miktarı %11.86 ile %13.48 arasında değişmiş olup; işlem türü fark etmeksizin Esperia buğdayından elde edilen tam unlar en düşük protein içeriğine sahip örnekler olarak belirlenmiştir. Rafine buğday ununun protein miktarı ise %11.16 olarak bulunmuştur. Çimlenme ile einkorn ve emmer buğday unlarının protein miktarı sayısal olarak artış göstermiştir (Çizelge 4.20). Bu değişikliği Steve (2011) proteaz aktivitesindeki artışla ilişkilendirmiş ve enzimatik hidroliz sonucunda serbest amino asit salınımının daha fazla protein sentezine neden olması ile açıklamıştır. Benzer bir artış Sibian ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışmada da rapor edilmiş ve bu artışın sebebi, solunum ve çimlenme nedeniyle tanenin kuru madde miktarındaki azalmadan kaynaklı tanenin protein içeriğinin toplam kuru madde içerisindeki oranının artması olarak bildirilmiştir.

Hammaddeler yağ miktarı açısından değerlendirildiğinde; tam un örnekleri arasında en yüksek yağ miktarı işlem görmemiş emmer buğdayından elde edilen tam un örneklerinde belirleniş olup, tüm işlem türlerinde Esperia buğday unlarının einkorn ve emmer buğdayı tam unlarından daha düşük yağ içeriğine sahip olduğu bulunmuştur. Hammaddeler arasında sayısal olarak en düşük yağ içeriği rafine buğday ununda %0.89 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.20). Çimlenme işlemi yağ içeriğinde azalmaya sebep olmuştur. Moongngarm ve Saetung (2010) lipitlerin çimlenme sırasında hidrolize edilerek; tohumda meydana gelen biyokimyasal ve fizikokimyasal modifikasyonlar için gerekli enerjiyi sağlamak amacıyla kullanılabileceğini bildirmiştir. Enujiugha ve ark. (2003) yağ baklası için çimlenmenin başlangıcında %41.5 olan yağ miktarının, çimlenmenin 16. gününde %25.5'e düştüğünü rapor etmişlerdir. Araştırmacılar çimlenme ile birlikte yağ içeriğinde gözlenen düşüşün, çimlenme sürecinde yağ bileşenlerinin enerji kaynağı olarak kullanılmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Erişte ve ekmek üretiminde kullanılan tam un örneklerinin TBL miktarı %8.35 ile %12.99 arasında değişmiş olup, işlem görmemiş, çimlenmiş ve ÇSNIU Esperia buğday

unu örnekleri, işlem türü fark etmeksizin einkorn ve emmer buğday unlarından daha yüksek TBL içeriği ile hammaddeler arasında dikkat çekici bulunmuştur. Modern ekmeklik bir buğday çeşidi olan Esperia buğdayı tam ununun TBL miktarı ilkel buğdaylardan yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.20). Çalışmada, fonksiyonel bileşenlerden olan TBL miktarı çimlenmeden sonra oldukça düşük oranda artış gösterirken, literatürde çimlenme ile birlikte TBL miktarında baklagiller için Gujral ve ark. (2011) tarafından, buğday, pirinç ve tritikale için Sibian ve ark. (2017) tarafından önemli oranda artışı bildirilmektedir. Sayısal olarak en düşük TBL miktarı (%3.29) rafine buğday ununda belirlenmiştir. Öğütme prosesinde, lifçe zengin kepek ve aleuron tabakasının uzaklaştırılması, rafine buğday ununun TBL içeriğinin azalmasına neden olmaktadır.

Hammaddelere ait fitik asit, TSP, TFM miktarı, DPPH, FRAP ve CUPRAC antioksidan aktivite değerleri Çizelge 4.21'de verilmiştir. Ekmek ve erişte üretiminde kullanılan tam un örneklerinin fitik asit miktarı 838.38 mg/100g ile 1863.06 mg/100g arasında değişmiş olup, en yüksek fitik asit içeriği işlem görmemiş emmer buğdayı tam unlarında belirlenmiştir (Çizelge 4.21). İşlem görmemiş buğday unları ile karşılaştırıldığında, çimlenme işlemi ile fitik asit içeriği azalmıştır. Fitik asit içeriğindeki azalma, fitik asidi inorganik fosfat ve inositole hidrolize eden fitaz enziminin, çimlenme işlemi ile aktivitesinin artmasından kaynaklanmaktadır (Eskin ve Wiebe, 1983). Tahılların ve baklagil tohumlarının fitik asit içeriğinde çimlenme ile azalma meydana geldiği literatürde de sıklıkla rapor edilmiştir (Ayet ve ark., 1997; Khattak ve ark., 2007; Megat Rusydi ve Azrina, 2012; Pakfetrat ve ark., 2019). Genel olarak en düşük fitik asit içeriği ÇSNIU buğday unlarında belirlenmiş olup, nemli-ısıl işleme bağlı olarak fitik asit içeriğinde daha fazla bir azalma olmuştur. Bu durum, minerallerin ve proteinlerin artan biyoyararlanımı açısından besinsel avantajlar sağlayabilmektedir (Thilagavathi ve ark., 2015). Hammaddeler arasında en düşük fitik asit miktarı sayısal olarak rafine buğday ununda (273.98 mg/100g) belirlenmiş olup, bu durum öğütme sırasında, fitik asitin yoğunlaştığı dış tabakaların taneden uzaklaştırılmasından kaynaklanmaktadır (Mahgoub ve Elhag, 1998).

TSP, buğday ıslah çalışmalarında durum buğdayının taranmasında, irmik ve makarna ürünlerinin kalitesinin belirlenmesinde, ayrıca farklı buğday çeşitlerinde ana karotenoid olan lutein içeriğinin bir göstergesi olarak kullanılmaktadır (Serpen ve ark., 2008). Tam unlara ait TSP miktarı 3.39 μg/g (LE) ile 20.79 μg/g (LE) arasında değişiklik göstermiştir. (Çizelge 4.21). Tam unlar arasında en yüksek TSP miktarı einkorn buğday

Çizelge 4.21. Erişte ve ekmek üretiminde kullanılan unlara ait fitik asit, TSP, TFM ve antioksidan aktivite analiz sonuçları[1]

	Hammadde	Fitik asit (mg/100g)	TSP[2] µg/g (LE)	TFM[3] (mg GAE/kg)	DPPH[4] (mg TE/kg)	FRAP[5] (µmol TE/g)	CUPRAC[6] (µmol TE/g)
İşlem görmemiş	Esperia unu	1326.06±23.24cd	3.39±0.28ı	480.85±21.16f	396.32±17.25c	2.38±0.46d	5.06±0.08e
	Einkorn unu	1594.56±100.74b	13.61±0.02b	521.61±2.71ef	647.60±74.57b	2.49±0.30d	5.30±0.08e
	Emmer unu	1863.06±129.90a	4.75±0.04g	551.74±14.72e	801.02±51.84b	2.64±0.01d	6.20±0.08e
Çimlenmiş	Esperia unu	1024.68±38.75e	7.76±0.08e	785.77±20.10c	978.10±91.39a	4.64±0.00c	20.27±0.0d
	Einkorn unu	1194.55±46.50d	20.79±0.10a	830.08±37.70c	1031.40±66.00a	5.09±0.00bc	25.1±0.009bc
	Emmer unu	1484.97±85.24bc	9.87±0.11d	1164.20±34.25a	1123.71±77.27a	6.80±0.59a	29.53±5.07a
ÇSNIU[7]	Esperia unu	838.38±15.49f	4.08±0.00h	708.85±9.41d	714.79±83.21b	4.13±0.00c	18.05±0.00d
	Einkorn unu	977.19±36.16ef	11.32±0.00c	786.42±3.10c	991.08±62.76a	4.78±1.15c	21.47±1.68dc
	Emmer unu	1249.34±92.99d	7.41±0.02f	1043.77±43.69b	1078.36±73.86a	6.13±0.22ab	26.95±0.00ab
	Rafine buğday unu	273.98±5.48	1.92±0.01	389.97±0.58	242.03±14.20	0.43±0.00	3.16±0.36

[1]Sonuçlar iki tekerrür ortalamasıdır. Esperia, einkorn ve emmer buğday unları tam un şeklinde üretilmiştir. [2]Toplam sarı pigment. [3]Toplam fenolik madde.[4] 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl radikalinin inhibisyonu [5]Ferrik iyonlarını indirgeme kuvveti. [6]Bakır iyonlarını indirgeme kuvveti. [7]Çimlendikten sonra nemli-ısıl işlem uygulanmış.

unlarında bulunmuş, çimlenme ile buğday örneklerinin TSP içeriği önemli ($p<0.05$) seviyede artış göstermiştir.

Literatürde de çimlenmenin tahıl ve baklagillerin, luteinin de içinde bulunduğu karotenoid miktarının artmasında etkili olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur (Ghazali ve Cheng, 1991; Wolf, 1993; Khattak ve ark., 2008; Alkaltham ve ark., 2020). ÇSNIU unların TSP miktarı çimlenmiş buğday unlarından düşük, işlem görmemiş buğday unlarından bulunmuştur. Rafine buğday ununun TSP miktarı (1.92 µg/g (LE)) ise tüm örnekler arasında sayısal olarak en düşük değer olarak belirlenmiştir.

Erişte ve ekmek üretiminde kullanılan tam buğday unlarının TFM miktarı 480.85 mg GAE/kg ile 1164.20 mg GAE/kg arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.21). İşlem görmemiş buğdaylardan elde edilen tam unlar ile karşılaştırıldığında, çimlenme işleminin buğday örneklerinin TFM miktarının önemli oranda artmasında etkili olduğu görülmektedir. Tam un örnekleri arasında en yüksek TFM miktarı, çimlenmiş emmer buğday ununda elde edilirken (1164.20 mg GAE/kg), en düşük değerler işlem görmemiş Esperia, einkorn ve emmer buğday unlarında (480.85, 521.61 ve 551.74 mg GAE/kg) belirlenmiştir. Fenolik bileşikler, bitkilerde hücre duvarının yapısal bileşenleri ile ester ve eter bağları oluşturur ve antioksidan, antimikrobiyal ve antikanserojen özellikler gösterirler (Kruma ve ark. 2016). Şenlik ve Alkan (2021) çimlenme sırasında, fenilalanin amonyak liyaz enziminin oldukça aktif olduğunu ve fenolik bileşiklerin biyosentezini artırdığını bildirmişlerdir. Buna ek olarak, tohumun çimlenmesi sırasında bağlı fenolik bileşiklerin serbest kalmasına katkıda bulunan farklı proteolitik, amilolitik ve hücre duvarı indirgeyici enzimler üretilmektedir (Maillard ve ark., 1996; Tian ve ark., 2004; Domínguez-Arispuro ve ark., 2018). Ayrıca, çevresel değişime karşı koruyucu ve büyüme sırasında yapı kazandırıcı işlevi görecek olan yeni sentezlenmiş fenolik bileşiklerde artan TFM içeriğine katkı sağlamış olabilir (Cevallos-Casals ve Cisneros-Zevallos, 2010). Çimlendirme sırasında tohumların TFM içeriğinde meydana gelen değişimler sadece tohumun türüne değil, işlenme koşullarına, ışık, sıcaklık ve çimlendirme süresine bağlıdır (Lopez-Martinez ve ark., 2017). Rafine buğday ununun TFM miktarı (389.97 mg GAE/kg) istatistiksel olarak tam unlar ile karşılaştırılmamış olmakla birlikte, sayısal olarak en düşük TFM elde edilen hammadde olmuştur. Buğdaylardaki fenolik madde miktarının çeşit ve yetiştirme koşullarına bağlı olarak farklılık gösterdiği bilinmektedir. Buğdayın iç kısmından kabuk kısmına doğru gidildikçe TFM miktarının arttığı literatürde de yer almaktadır. Bu da buğdayda bulunan fenolik

bileşiklerin daha çok kepek kısmında toplandığını göstermektedir. Buğdayda bulunan fenolik bileşiklerin daha çok buğdayın kepek kısmında yoğunlaşmasından dolayı rafine unlarda fenolik madde tam buğday unundan daha düşüktür.

Çalışmada kullanılan unların antioksidan aktiviteleri DPPH, FRAP ve CUPRAC yöntemleri ile belirlenmiş olup, DPPH analiz metoduna göre tam unların antioksidan aktivite değerleri 396.32 ile 1123.71 mg TE/kg aralığında değişmiştir (Çizelge 4.21). Çimlenme ile DPPH değeri tüm buğday çeşitleri için artmıştır. Çimlenme işlemi ile artan antioksidan aktivite, çimlenme işlemi sırasında suda çözünen vitaminlerin (C vitamini) ve/veya polifenoller gibi antioksidan özelliklere sahip diğer bileşiklerin sentezinden kaynaklanabilmektedir (Frías ve ark., 2005, López-Amorós ve ark., 2006). Hammaddeler arasında sayısal olarak en düşük DPPH değeri (242.03 mg TE/kg) rafine buğday ununda belirlenmiştir.

Sonuçlar FRAP antioksidan aktivite değeri açısından değerlendirildiğinde; işlem görmemiş Esperia, einkorn ve emmer unlarının FRAP değerleri birbirine yakın, çimlenmiş ve ÇSNIU buğday unlarının FRAP değerinden düşük bulunmuştur. Çimlenme DPPH değerinde olduğu gibi hammaddelerin FRAP değerini de artırmıştır (Çizelge 4.21).

CUPRAC antioksidan aktivite analiz sonuçları incelendiğinde ise; elde edilen sonuçlar FRAP değerlerine benzer olup, işlem görmemiş Esperia, einkorn ve emmer buğdaylarına ait tam unların CUPRAC değeri birbirine yakın olup istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Örnekler arasında işlem görmemiş buğday unlarının CUPRAC değeri çimlenmiş ve ÇSNIU unlardan daha düşük bulunmuştur. Çimlenme işlemi ile birlikte buğday unlarının CUPRAC değeri artış göstermiştir (Çizelge 4.21).

Çimlendirilmiş buğday unlarının antioksidan aktivitesi ile TFM içeriği arasında ilişki gözlemlenmiş olup, fenolik bileşikler çimlenmiş buğdayların antioksidan aktivitesine katkı sağlamıştır. Çimlenme işleminden sonra antioksidan aktivite ve TFM içeriğinde artış Fernandez-Orozco ve ark. (2008) tarafından maş fasulyesi ve soya fasulyesinde, Fernandez-Orozco ve ark. (2009) tarafından nohutta, Gharachorloo ve ark. (2012) tarafından mercimekte ve Carciochi ve ark. (2014) tarafından kinoada bildirilmiştir.

Yılmaz (2012), einkorn buğday ununun nem, kül, protein, yağ, TSP, TFM miktarı DPPH ve FRAP değerlerini sırasıyla %11.81, %2.22, %15.61, %2.47, 13.99 g/g (LE), 1694.79 µg/g (GAE), %28.26 ve 7.09 µmol TE/g olarak belirlemişlerdir. Emeksizoğlu (2016) einkorn buğday ununun nem, kül, protein, yağ, TSP, TFM miktarı DPPH ve FRAP

değerlerini sırasıyla %12.13, %2.48, %14.83, %2.19, 8.16 g/g (LE), 2103,94 µg/g (GAE), %32.10 ve 4.93 µmol/g (TE) olarak bildirmiştir. Lùje ve ark. (2003) einkorn, emmer ve ekmeklik buğday unun protein, kül ve TBL içeriğini sırasıyla %13.8, %13.5 ve %8.5, %2.4, %2.3 ve %1.9 ve %8.7, %7.9 ve %12.3 olarak belirlemişlerdir. Serpen ve ark. (2008) emmer, einkorn ve ekmeklik buğday unları için TFM, TSP ve antioksidan aktivite değerlerini sırasıyla 6.33, 3.17 ve 2.35 µmol/g, 3.76, 7.33 ve 1.43 µg/g ve 21.57, 18.31 ve 12.49 µmol TE/g olarak rapor etmişlerdir. Kulathunga ve ark. (2021) emmer, einkorn ve ekmeklik buğday unlarına ait kül içeriğini sırasıyla, %2.2, %2.2 ve %2.2 olarak, protein içeriğini %14.5, %14.6 ve %17.3 olarak, yağ içeriğini %2.1, %2.3 ve %1.6 olarak ve TBL içeriğini %19.1, %15.1 ve %19.2 olarak bildirmişlerdir.

Literatürde çimlenmiş buğday unlarına ait kimyasal bileşimi üzerine yapılan çalışmalar bulunmakla birlikte, çimlenmiş buğday ununa ait elde edilen veriler, çimlendirilen buğdayın çeşidine, çimlenme süresine, çimlenme koşullarına ve çimlendikten sonra öğütme prosesine göre değişiklik göstermektedir. Çalışmada elde edilen sonuçlar literatürle birçok açıdan uyum içindedir. Steve (2011) işlem görmemiş ve 4 gün çimlendirilmiş buğday ununa ait kül, protein, yağ ve lif içeriğini sırasıyla 0.97 ve 0.97 g/100 g, 10.77 ve 13.50 g/100 g, 1.93 ve 1.53 g/100 g ve 1.70 ve 1.93 g/100 g olarak bildirmişdir. Van Hung ve ark. (2011) kül, protein ve toplam diyet lif içeriğinin sırasıyla %1.8, %15.4 ve %17.7 olarak belirledikleri buğday örneklerinin 48 saat çimlendirilmesinin ardından kül, protein ve toplam diyet lif içeriği sırasıyla %1.9, %15.7 ve %19.0'a yükseldiğini belirlemişlerdir. Alvarez-Jubete ve ark. (2010) buğday örneklerinin 110 saat çimlendirilmesinin ardından TFM, DPPH ve FRAP değerlerinin sırasıyla 2.07, 1.67 ve 1.91 kat artarak 110 mg GAE/100 g, 73.3 mg TE/100 g ve 210 mg TE/100 g'a yükseldiğini bildirmişlerdir.

Erişte ve ekmek üretiminde kullanılan tam un örneklerine ait mineral madde analiz sonuçları Çizelge 4.22'de verilmiştir. Hammaddelerin Ca, Fe, Mg, K, P ve Zn miktarları sırasıyla 30.19-33.24 mg/100 g, 4.01-7.12 mg/100 g, 131.00-145.50 mg/100 g, 341.00-389.09 mg/100 g, 430.84-690.25 mg/100 g, ve 4.37-7.42 mg/100 g arasında değişim göstermiştir. Rafine buğday ununun Ca, Fe, Mg, K, P ve Zn miktarları ise sırasıyla19.34, 2.13, 57.75, 179.92, 206.25 ve 1.27 mg/100 g olarak belirlenmiştir.

Erişte ve ekmek üretiminde kullanılan tam buğday unlarından einkorn ve emmer buğday unlarının Fe, P ve Zn içeriği modern ekmeklik buğday çeşidi olan Esperia buğdayından elde edilen tam un örneklerinden daha yüksek bulunmuştur. Bununla

birlikte Esperia, einkorn ve emmer tam un örneklerinin Ca, Mg ve K miktarları arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır. İşlem görmemiş buğday unları Ca, Fe, Mg ve Zn mineralleri açısından çimlenmiş buğdaylardan elde edilen tam un örnekleri ile karşılaştırıldığında; çimlenme ile birlikte tam unların bu değerlerinin artığı belirlenmiş olup bu artış sadece Ca içeriğinde istatistiksel olarak önemli bir fark oluşturmamıştır. Tam un örneklerinde K ve P miktarı çimlenmeyle birlikte azalmıştır. Herbir buğday çeşidi için geçerli olmak üzere; ÇSNIU unların Ca, Fe, Mg, K, P ve Zn içerikleri, aynı buğdayların çimlenmiş formlarından elde edilen tam un örnekleri ile aynı grupta yer almıştır.

Rafine buğday unu, tam buğday unları ile istatistiksel olarak karşılaştırılmamış olup, işlem türü ve buğday çeşidi fark etmeksizin tam unların tamamından daha düşük Ca, Fe, Mg, K, P ve Zn (19.34 mg/100 g, 2.3 mg/100 g, 57.75 mg/100 g,179.92 mg/100 g,206.25 mg/100 g ve 1.27 mg/100 g) içeriğine sahip hammadde olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.22). İklim, toprak, mahsul yönetimi ve genotip, buğday tanesindeki mikro ve makro element seviyelerinde önemli roller oynamaktadır. Ek olarak, çoğu mineral element kepek fraksiyonunda daha bol miktarda bulunur. Öğütme esnasında dış katmanların uzaklaştırılması rafine buğday ununun tam un örneklerinden daha düşük mineral içeriğine sahip olmasının ana nedeni olabilir.

Çizelge 4.22. Erişte ve ekmek üretiminde kullanılan hammaddelerin mineral madde (mg/100g) analizi sonuçları[1]

	Hammadde	Ca	Fe	Mg	K	P	Zn
İşlem görmemiş	Esperia unu	30.19a	4.01e	131.00c	370.67a	526.23c	4.37c
	Einkorn unu	32.54a	6.13b	134.69bc	382.20a	678.41a	6.07b
	Emmer unu	31.25a	5.30c	132.40c	389.09a	690.25a	5.77b
Çimlenmiş	Esperia unu	30.69a	4.30d	139.84abc	341.00b	430.84d	4.59c
	Einkorn unu	33.24a	7.09a	145.29a	346.32b	589.45b	7.37a
	Emmer unu	31.87a	6.14b	143.55ab	349.65b	618.00b	5.80b
ÇSNIU[2]	Esperia unu	30.21a	4.33d	142.89abc	341.24b	431.25d	4.63c
	Einkorn unu	33.02a	7.12a	145.50a	348.39b	588.49b	7.42a
	Emmer unu	31.65a	6.11b	142.89ab	351.07b	618.79b	5.75b
	Rafine buğday unu	19.34	2.13	57.75	179.92	206.25	1.27

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. [1]Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$). [2]Çimlendikten sonra nemli-ısıl işlem uygulanmış.

Kibar ve Kılıç (2020) einkorn buğdaylarının P, Mg, K, Ca, Fe ve Zn içeriğini sırasıyla 447.77 mg/100 g, 47.70 mg/100 g, 246.73 mg/100 g,12.69 mg/100 g, 8.98 mg/100 g ve 1.75 mg/100 g olarak belirlemiştir. Turhan ve Kurnaz (2021) Kastamonu bölgesinden temin ettikleri einkorn buğdaylarına ait tam un örneklerinde 655.8 mg/kg

Mg, 1302.5 mg/kg Ca, 3712.3 mg/kg K, 167.10 mg/kg Fe ve 34.38 mg/kg Zn bulunduğunu belirtmişlerdir. Ünal (2009) einkorn buğdayının P, K, Ca, Mg, Fe ve Zn mineral içeriğini sırasıyla %0.33, %0.41, %0.04, %0.10, 31.6 ppm ve 38.34 pmm, emmer buğdaı için aynı değerleri %0.25, %0.36, %0.03, %0.10, 25.36 ppm ve 26.29 ppm olarak bildirmiştir. Zengin (2015) emmer buğdayında 1630 mg/kg K, 380 mg/kg Mg, 46 mg/kg Fe ve 34 mg/kg Zn belirlediklerini bildirmiştir. Gabrovská ve ark. (2002) ise emmer buğdayının Ca, K, Mg, Fe ve Zn miktarını sırasıyla 260 mg/kg, 3730 mg/kg ,1300 mg/kg, 36 mg/kg ve 40 mg/kg olarak rapor etmişlerdir.

4.4. Erişte Analiz Sonuçları

İşlem görmemiş, çimlenmiş ve ÇSNIU Esperia, einkorn ve emmer tam buğday unları %0, 15, 30, 45 ve 60 oranlarında ayrı ayrı erişte üretiminde rafine buğday unu ile yer değiştirilerek kullanılmış, elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

4.4.1. Erişte örneklerine ait renk değerleri

Ürün rengi tüketicinin dikkate aldığı en önemli kalite parametrelerinden biridir (Giuberti ve ark., 2015). Dünya genelinde yaygın şekilde tüketilen alkali erişteler karakteristik sarı renkli olurken, tuz ile üretilen erişteler beyaz renge sahiptirler (Miskelly ve Moss, 1985). Ülkemizde üretilen eriştelerin renkleri ise açık kremden koyu sarıya kadar değişmektedir. Sarılığın derecesi; buğday çeşidi, unda bulunan sarı pigment miktarı ve formülasyonda yumurta kullanılıp kullanılmamasından etkilenmektedir (Eyidemir, 2006).

Farklı oranlarda işlem görmemiş, çimlenmiş ve ÇSNIU Esperia, einkorn ve emmer buğday unları kullanılarak üretilen erişte örneklerine ait renk değerleri Çizelge 4.23’ te, bu değerlere ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.24’ te ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.25’ de verilmiştir.

4.4.1.1. *L** değeri

Erişte örneklerine ait *L** değeri 82.59 ile 90.31 arasında değişmiştir (Çizelge 4.23). Varyans analizi sonuçlarına göre erişte örneklerinin *L** değeri üzerinde buğday

Çizelge 4.23. Erişte örneklerine ait renk değerleri[1]

Buğday çeşidi	İşlem türü	TBUİO[2] (%)	*L**	*a**	*b**	Hue	SI
Esperia	İşlem görmemiş	0	90.27±0.04	-0.10±0.03	14.41±0.38	90.40±0.09	14.41±0.28
		15	89.99±0.20	0.26±0.03	14.99±0.11	88.93±0.01	14.99±0.16
		30	88.67±0.28	0.80±0.04	15.12±0.00	86.97±0.01	15.14±0.10
		45	87.63±0.23	0.97±0.02	15.21±0.07	86.18±0.09	15.24±0.12
		60	86.36±0.67	1.39±0.01	15.32±0.09	84.76±0.40	15.38±0.28
	Çimlenmiş	0	90.27±0.06	-0.10±0.06	14.41±0.38	90.40±0.26	14.41±0.38
		15	89.33±0.07	0.69±0.10	15.16±0.06	87.96±0.35	15.17±0.07
		30	88.43±0.00	0.84±0.00	15.52±0.00	86.90±0.00	15.85±0.00
		45	86.83±0.21	1.14±0.04	15.79±0.06	84.86±0.00	16.27±0.01
		60	85.59±0.23	1.82±0.06	16.20±0.01	84.50±0.20	16.27±0.01
	ÇSNIU[3]	0	90.27±0.09	-0.10±0.03	14.41±0.11	90.40±0.11	14.41±0.11
		15	89.92±0.09	0.87±0.16	17.46±0.07	87.54±0.04	17.48±0.06
		30	87.61±0.04	1.48±0.20	17.83±0.23	85.26±0.04	17.89±.23
		45	86.52±0.47	1.72±0.04	17.84±0.09	84.49±0.11	17.92±0.07
		60	84.74±0.14	2.02±0.06	18.00±0.37	83.60±0.04	18.11±0.12
Einkorn	İşlem görmemiş	0	90.31±0.09	-0.14±0.04	13.79±0.14	90.58±0.18	13.79±0.20
		15	89.89±0.31	0.12±0.01	15.34±0.29	89.89±0.16	15.34±0.29
		30	88.54±0.16	0.17±0.03	15.74±0.77	89.35±0.12	15.74±1.83
		45	87.58±0.10	0.21±0.03	15.81±0.67	89.24±0.00	15.81±0.66
		60	87.02±0.50	0.38±0.18	16.48±0.00	89.13±1.29	16.48±0.00
	Çimlenmiş	0	90.31±0.14	-0.14±0.01	13.79±0.37	90.58±0.14	13.79±0.31
		15	90.05±0.06	0.18±0.04	15.17±0.09	89.33±0.07	15.17±0.09
		30	88.94±0.13	0.46±0.05	15.72±0.04	88.65±0.22	15.72±0.04
		45	87.30±1.13	0.69±0.20	16.14±0.04	87.55±0.00	16.15±0.30
		60	84.56±0.24	1.18±0.08	16.72±0.28	85.96±0.06	16.76±0.30
	ÇSNIU	0	90.31±0.14	-0.14±0.01	13.79±0.37	90.58±0.14	13.79±0.31
		15	90.19±0.14	0.58±0.10	17.41±0.13	88.18±0.28	17.42±0.13
		30	89.51±0.15	0.82±0.03	17.65±0.18	87.11±0.39	17.67±0.19
		45	87.64±0.06	1.13±0.14	18.29±0.06	86.46±0.01	18.32±0.06
		60	85.26±0.60	1.60±0.22	18.94±0.13	85.20±0.71	19.01±0.11
Emmer	İşlem görmemiş	0	89.97±0.17	-0.07±0.06	13.94±0.23	90.29±0.12	13.94±0.41
		15	89.44±0.92	0.47±0.09	15.52±0.09	87.71±0.48	15.53±0.08
		30	87.71±0.01	0.87±0.00	15.91±0.10	86.87±0.57	15.93±0.10
		45	86.92±0.57	1.43±0.05	16.05±0.02	84.64±0.64	16.12±0.04
		60	85.79±0.50	1.84±0.03	16.66±0.13	83.70±0.95	16.76±0.13
	Çimlenmiş	0	89.97±0.17	-0.07±0.06	13.94±0.23	90.29±0.11	13.94±0.20
		15	88.74±0.07	0.81±0.03	15.24±0.44	86.96±0.02	15.26±0.33
		30	88.19±0.10	1.09±0.04	15.60±0.13	86.11±0.50	15.64±0.26
		45	86.29±0.12	1.63±0.07	15.88±0.20	84.32±0.18	15.96±0.03
		60	84.14±0.30	2.10±0.00	16.43±0.00	82.72±0.46	16.56±0.11
	ÇSNIU	0	89.97±1.37	-0.07±0.06	13.94±0.23	90.29±0.11	13.94±0.41
		15	88.19±4.50	1.12±0.04	17.63±0.00	86.75±0.75	17.66±0.00
		30	87.40±0.20	1.63±0.23	18.05±0.62	84.84±0.55	18.12±0.64
		45	85.29±0.71	1.98±0.10	18.24±0.00	83.59±0.18	18.35±0.00
		60	82.59±0.22	2.65±0.10	18.72±0.28	81.94±0.19	18.90±28
Minimum-maksimum			82.59-90.31	-0.14-2.65	13.79-18.94	81.94-90.58	13.79-19.01
Ortalama±std			88.01±2.07	0.85±0.74	16.01±1.45	87.15±2.47	16.06±2.16

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. [2]Tam buğday unu ilave oranı. [3]Çimlendikten sonra nemli-ısıl işlem uygulanmış.

Çizelge 4.24. Erişte örneklerinin renk değerlerine ait varyans analizi sonuçları[1]

VK	SD	*L**		*a**		*b**		Hue		SI	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Buğday çeşidi (A)	2	9.97	16.811**	3.66	427.208**	0.50	7.431**	46.86	396.679**	0.47	3.68*
İşlem türü (B)	2	3.90	6.59**	2.49	290.74**	33.86	506.83**	16.77	132.292**	35.14	275.65**
TBUİO[2] (C)	4	75.56	127.41**	8.04	940.04**	23.52	352.00**	91.23	719.80**	26.09	204.64**
(AxB)	4	1.13	1.91ns	0.02	1.92ns	0.27	4.11**	0.80	6.33*	0.58	4.56**
(AxC)	8	0.47	0.80ns	0.29	33.28**	0.63	9.39**	3.47	27.37**	0.48	3.78**
(BxC)	8	1.40	2.35*	0.19	22.21**	1.89	28.22**	1.40	11.08**	1.73	13.60**
(AxBxC)	16	0.31	0.53ns	0.03	3.27**	0.04	0.56ns	0.34	2.69**	0.05	0.36ns
Hata		0.59		0.01		0.03		0.04		0.175	

[1]* p<0.05 düzeyinde önemli, ** p<0.01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz.[2]Tam buğday unu ilave oranı.

Çizelge 4.25. Erişte örneklerinin renk değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	n	*L**	*a**	*b**	Hue	SI
Buğday çeşidi						
Esperia	30	88.17±1.81a	0.92±0.68b	15.87±1.25b	86.88±2.27b	15.91±1.32b
Einkorn	30	88.49±1.84a	0.47±0.51c	16.05±1.55a	88.52±1.69a	16.06±1.59ab
Emmer	30	87.37±2.33b	1.16±0.82a	16.12±1.50a	86.07±2.66c	16.16±1.56a
İşlem türü						
İşlem görmemiş	30	88.41±1.49a	0.58±0.60c	15.30±0.83b	87.91±2.23a	15.33±0.94b
Çimlenmiş	30	87.93±2.00b	0.82±0.67b	15.45±0.84b	87.14±2.35b	15.52±0.90b
ÇSNIU[2]	30	87.70±2.49b	1.15±0.81a	17.24±1.61a	86.41±2.56c	17.29±1.64a
TBİUO[3] *(%)*						
0	18	90.19±0.37a	-0.10±0.04e	14.09±0.39e	90.42±0.16a	14.02±0.39e
15	18	89.53±1.26b	0.57±0.32d	15.99±1.09d	88.14±1.01b	16.01±1.09d
30	18	88.33±0.65c	0.91±0.43c	16.35±1.11c	86.90±1.38c	16.42±1.17c
45	18	86.89±0.79d	1.21±0.52b	16.58±1.13b	85.70±1.72d	16.66±1.15b
60	18	85.12±1.27e	1.66±0.61a	17.05±1.16a	84.61±2.03e	17.13±1.19a

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05). [2]Çimlendikten sonra nemli-ısıl işlem uygulanmış. [3]Tam buğday unu ilave oranı.

çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörlerinin $p<0.01$ düzeyinde, "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonunun ise $p<0.05$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.24).

Çizelge 4.25'de verilen Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; Esperia tam unu ve einkorn tam unu ilavesi ile hazırlanan erişte örneklerinin ortalama L^* değerinin (88.17 ve 88.49) emmer tam unu ilavesiyle hazırlanan örneklerin ortalama L^* değerinden (87.37) daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum hammadde olarak kullanılan Esperia ve einkorn buğdaylarının hem işlem görmemiş hem de çimlenmiş ve ÇSNIU unlarının emmer buğdayından elde edilen unlardan daha yüksek L^* değerine sahip olmasından kaynaklanmış olabilir (Çizelge 4.19). Emeksizoğlu (2016) çalışmasında %100 einkorn tam buğday unundan ürettiği eriştelerin L^* değerini en yüksek ve en düşük 37.25 ve 35.14 olarak rapor etmiştir. Hidalgo ve ark. (2020) einkorn buğdayını geleneksel makarna üretiminde kullanarak besinsel ve teknolojik özelliklerini araştırdıkları çalışmalarında; makarnaların L^* değerinin 58.2 ile 73.6 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. En yüksek L^* değerinin durum irmiği kullanımında, en düşük L^* değerinin ise einkorn tam buğday unu kullanımında elde edildiğini ve bu durumun tam buğday ununun kepek tabakasını içermesi ile ilgili olduğunu ifade etmişlerdir.

L^* değeri, rengin açıklık-koyuluğunun göstergesi olup unun kül miktarı, protein miktarı ve ekstraksiyon oranı gibi pek çok faktörden etkilenmektedir. Makarna ve erişte gibi ürünlerin renk özellikleri ise, hammaddenin renk özelliklerinden ve üretim şartlarından etkilenmektedir.

Bu çalışmada elde edilen erişte L^* değerleri literatür değerlerinden biraz daha yüksek bulunmuştur. Bunun nedeni literatürde yapılan çalışmalarda ilkel buğday unlarının genel olarak %100 tam un şeklinde tek başına kullanılmış olmasından kaynaklanmaktadır. Bu çalışmada ilkel buğday unları %15, 30, 45 ve 60 oranlarında rafine buğday unu ile yer değiştirilerek kullanıldığı için daha yüksek L^* değerleri elde edilmiştir.

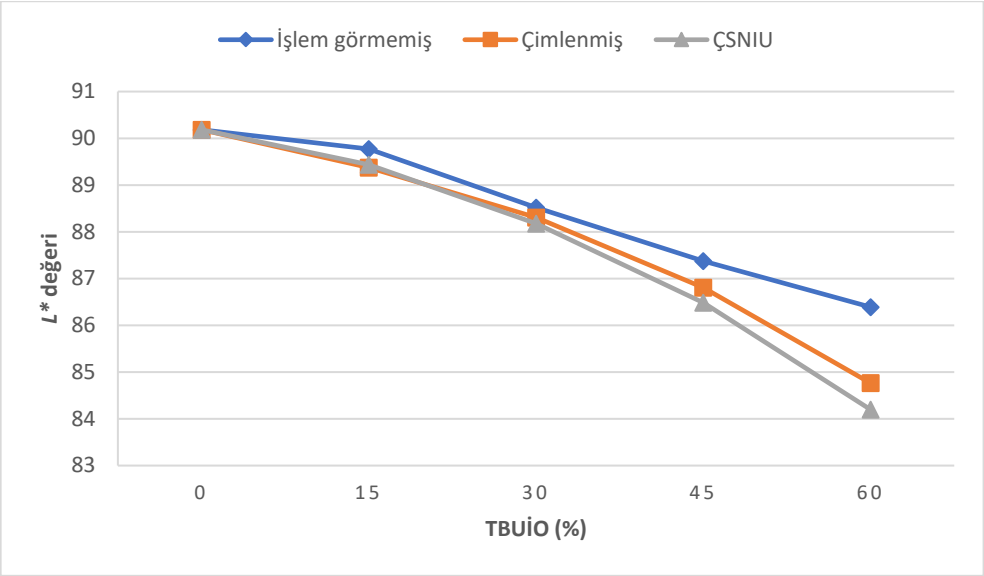
Sonuçlar işlem türü faktörü açısından değerlendirildiğinde; işlem görmemiş buğday unu ile üretilen eriştelerin L^* değerinin (88.41), çimlenmiş buğday unlarından elde edilen erişteler ile ÇSNIU buğday unlarından üretilen erişte örneklerinin L^* değerinden (87.93 ve 87.70) daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.25). Çimlenmiş ve ÇSNIU unlardan üretilen eriştelerin L^* değerleri istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Çimlenmeden kaynaklanan koyulaşma etkisi, polifenol oksidaz ve peroksidaz

gibi doğal oksidatif enzimlerin çimlenme esnasında artan aktivitelerine bağlanabilmektedir. Bu enzimlerin çimlenme sırasında artan aktiviteleri (Palmiano ve Juliano, 1973) eriştelerin koyulaşmasına neden olabilecek enzimatik reaksiyonlar ile oksidasyon ürünleri üretebilmektedir. Liu ve ark. (2018) *L** değerindeki azalmaya, çimlenme ile artan protein ve kül miktarı, artan enzim aktivitesi ve değişen zedelenmiş nişasta miktarının neden olduğunu ifade etmişlerdir.

Nemli-ısıl işlem sırasında gözlemlenen renk değişikliği indirgen şekerler ile proteinlerin amino grupları arasındaki Maillard reaksiyonuna atfedilmektedir (Lorlowhakarn ve Naivikul, 2006). Bu çalışmada da buğdayın çimlendirilmesi ile elde edilen unlara nemli-ısıl işlem uygulanması sonucu Maillard reaksiyonunun gerçekleştiği ve unun *L** değerinin azaldığı düşünülmektedir (Çizelge 4.13). Hammaddede gerçekleşen bu renk değişikliğinin son ürün olan erişteye de yansıdığı görülmektedir (Çizelde 4.19).

Erişte formülasyonunda artan tam buğday unu ilave oranının eriştelerin *L** değerini düşürdüğü belirlenmiştir (Çizelge 4.25). Tam buğday unu içermeyen kontrol örneğinin *L** değeri ortalama 90.19 iken, %60 katkı içeren erişte örneklerinin ortalama *L** değeri 85.12 olarak ölçülmüştür. Çizelge 4.19 incelendiğinde Esperia, einkorn ve emmer buğday unları tam un şeklinde elde edildikleri için *L** değerlerinin rafine buğday unundan düşük olduğu görülmektedir. Bu sebeple artan oranda tam buğday unlarının kullanımının, *L** değerinin azalmasına neden olabileceği düşünülmektedir. Vignola ve ark. (2018) rafine buğday unu ile hazırladıkları makarna örneklerinin *L** renk değerinin 57.3 ile 62.3 arasında, tam buğday unu ile hazırladıkları makarnaların aynı değerinin 47.9 ile 52.5 arasında değiştiğini bildirmişler ve makarnanın koyulaşması ve kırmızılığının artmasını tam un içerisinde bulunan kepek varlığı ile açıklamışlardır.

Erişte örneklerinde *L** değeri üzerinde etkili ($p<0.05$) *"işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu Şekil 4.21'de verilmiştir. Artan tam buğday unu ilave oranına bağlı olarak işlem türü farketmeksizin erişte örneklerinin *L** değerinin azaldığı görülmektedir. Bu azalma çimlenmiş buğday unu ve ÇSNIU un örneklerinden üretilmiş erişte örneklerinde benzerlik göstermiştir. %45 ilave oranının üzerinde işlem görmemiş undan üretilen eriştelerin *L** değeri ile çimlenmiş buğday unu ve ÇSNIU undan üretilen eriştelerin *L** değeri arasındaki fark artmıştır.



Şekil 4.21. Erişte örneklerinin *L** değeri üzerinde etkili *"işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

4.4.1.2. *a** değeri

Erişte örneklerine ait *a** değeri -0.14 ile 2.65 arasında değişmekte olup ortalama *a** değeri 0.85 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.23). Varyans analiz sonuçlarına göre erişte örneklerinin *a** değeri üzerine, buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*", "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" ve "*buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonlarının $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.24).

Sonuçlar buğday çeşidi faktörü açısından incelendiğinde; emmer unu ile hazırlanan eriştelerin *a** değeri (1.16), sırasıyla esperia unu (0.92) ve einkorn unu (0.47) ile hazırlanan erişte örneklerinden yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.25). Hammadde olarak kullanılan emmer buğday unlarının *a** değerinin, einkorn ve Esperia buğday unlarının *a** değerinden yüksek olması burada etkili olmuş olabilir (Çizelge 4.19).

Erişte üretiminde çimlenmiş ve ÇSNIU buğday unlarının kullanımı ile işlem görmemiş buğday unu kullanımına göre *a** değerinde artış meydana gelmiştir (Çizelge 4.25). Bu artışın nedeni muhtemelen çimlenme işlemi ile amilazların ve proteazların aktivitesindeki artışa bağlı (Goesaert ve ark., 2006) serbest amino asit ve şeker miktarındaki yükselme ile erişte örneklerinde Maillard reaksiyonunun gerçekleşmesidir (Hefni ve Witthöft, 2011). Çimlendikten sonra nemli ısıl işlem uygulanması sırasında proteinin amino grupları ile nişastanın indirgen şekerleri arasındaki Maillard reaksiyonu bu renk değişikliklerine daha fazla katkıda bulunmuştur (Lorlowhakarn ve Naivikul,

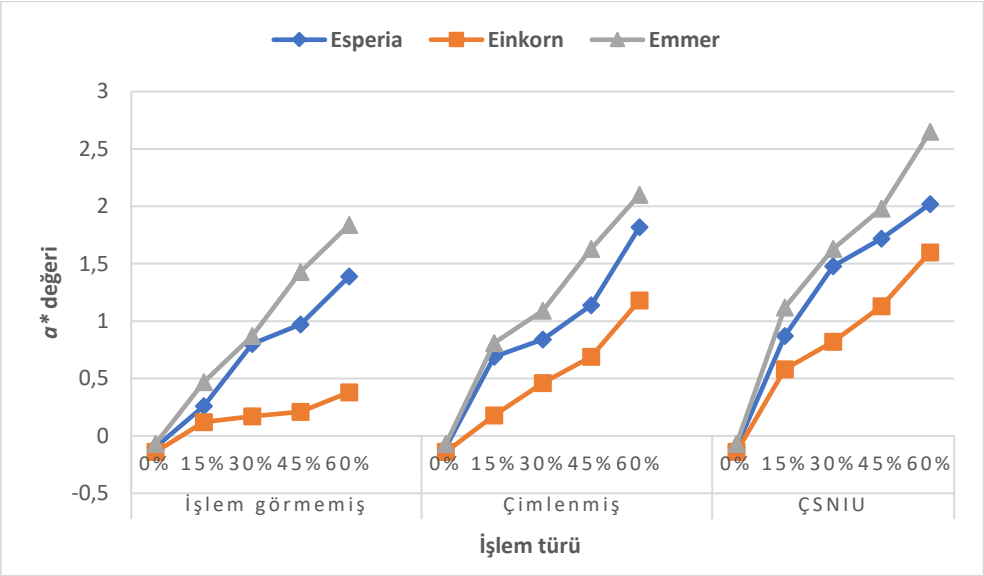
2006; Chung ve ark., 2012; Liu ve ark., 2018). Resmini ve ark. (1996) ve Schlichting ve ark. (2004) tarafından çimlenme ile enzimatik olmayan kahverengileşmenin artırmasına bağlı olarak, çimlenmiş durum irmiğinden üretilen makarnalarda kırmızılık değerinin arttığı rapor edilmiştir. Marengo ve ark. (2015) fermente edilmiş ve çimlendirilmiş (3 gün) sorgum unlarını glutensiz makarna üretiminde kullandıkları çalışmalarında; ham ve çimlenmiş sorgum unundan üretilen makarna örneklerinde *a** renk değerini sırasıyla 2.5 ve 4.6 olarak bildirmişlerdir.

Erişte formülasyonunda tam buğday unu ilave oranının artması ile erişte örneklerine ait *a** değerinin yükseldiği belirlenmiştir (Çizelge 4.25). Kontrol erişte örneklerinde *a** değeri -0.10 iken, %60 oranda tam buğday unu ilave edilen erişte örneklerinde bu değer 1.66'ya yükselmiştir. Bu durum Esperia, einkorn ve emmer tam buğday unlarının rafine buğday ununa kıyasla daha yüksek *a** değerine sahip olması ile ilişkilendirilebilir (Çizelge 4.19). Bir diğer neden, un paçalı içerisindeki tam un ilavesiyle artan kepek oranı kırmızılık değerini artırırken, yukarıda belirtildiği gibi uygun koşullar oluştuğunda gerçekleşen Maillard reaksiyonu kırmızılıkta artışa neden olmuş olabilir.

Erişte örneklerine ait *a** değeri üzerinde etkili ($p<0.01$) "*buğdayı çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu Şekil 4.22'de verilmiştir. İşlem türünden bağımsız olarak, artan ilave oranına bağlı tüm erişte örneklerinde *a** değeri artmıştır. Bu artış en yüksek ÇSNIU un kullanılarak üretilen erişte örneklerinde gerçekleşmiştir. Tüm işlem türleri için geçerli olmak üzere en düşük *a** değerleri einkorn unu kullanılarak üretilen eriştelerde belirlenmiştir. İşlem görmemiş unlar kullanılarak hazırlanan eriştelerden, einkorn unu kullanılanların *a** değeri ile Esperia ve emmer unu kullanılan eriştelerin *a** değeri arasındaki fark, ilave oranı arttıkça açılmıştır.

4.4.1.3. *b** değeri

Erişte örneklerine ait b^* değeri 13.79-18.94 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.23). Varyans analizi sonuçlarına göre erişte örneklerinin b^* değeri üzerinde buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*buğday çeşidi x işlem türü*", "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" ve "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonlarının $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.24).



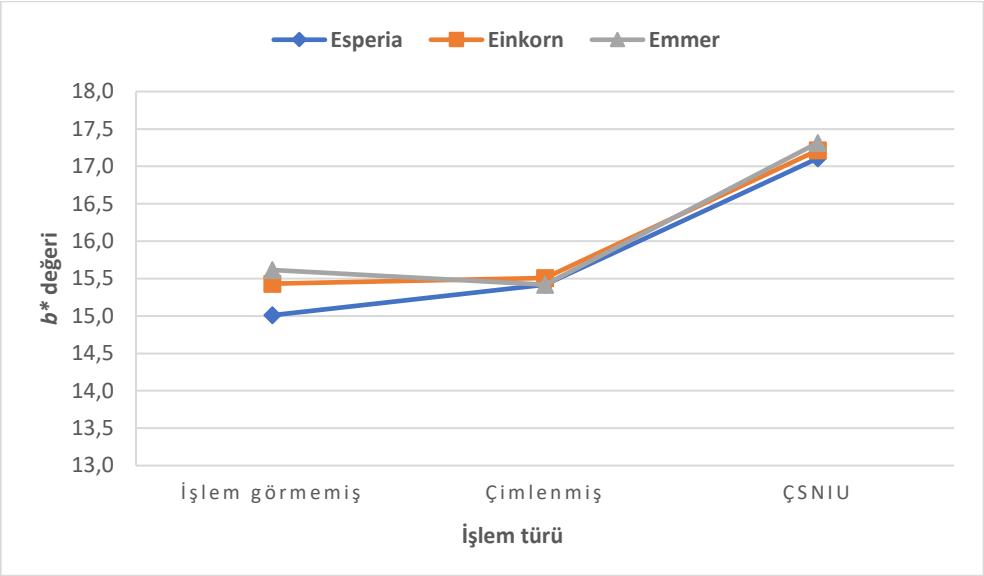
Şekil 4.22. Erişte örneklerinin *a** değeri üzerinde etkili *"buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Çizelge 4.7'deki Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları incelendiğinde; einkorn ve emmer buğday unları ile hazırlanan erişte örneklerinin *b** değeri (16.05 ve 16.12), Esperia buğday unu ilaveli erişte örneklerinin *b** değerinden (15.87) daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.25).

Sonuçlar uygulanan işlem türü açısından değerlendirildiğinde; ÇSNIU buğday unu ile hazırlanan erişte örneklerinin *b** değeri (17.24) çimlenmiş buğday unu ve işlem görmemiş buğday unu kullanılarak hazırlanan erişte örneklerinin *b** değerinden (15.45 ve 15.30) yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.25). Benzer bir sonuç Takahashi ve ark. (2005) tarafından bildirilmiş olup, ÇSNIU pirinç unlarının *L** değerinin azaldığını, *a** ve *b** değerlerinin ise arttığını rapor etmişlerdir.

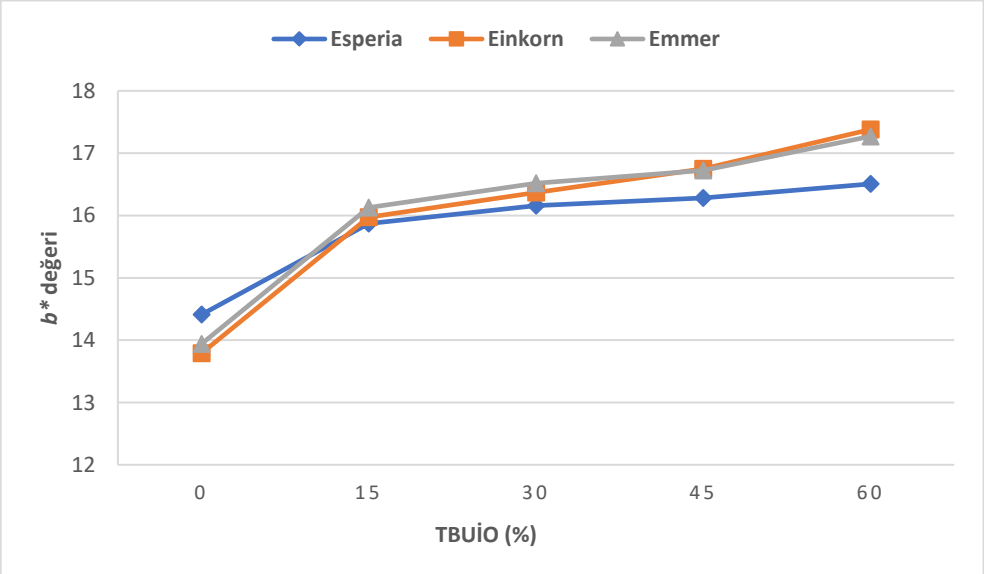
Sonuçlar tam buğday unu ilave oranı açısından incelendiğinde ise; formülasyonda artan oranda tam buğday unu kullanımı *b** değerini artırmış, en düşük ortalama *b** değeri tam buğday unu ilavesiz örneklerde (14.09), en yüksek ortalama *b** değeri ise %60 tam buğday unu içeren örneklerde (17.05) tespit edilmiştir (Çizelge 4.25).

Erişte örneklerinin *b** değeri üzerine etkili *"buğday çeşidi x işlem türü"* interaksiyonuna göre, işlem görmemiş einkorn ve emmer buğday unlarının *b** değerinin Esperia buğday unu kullanılarak hazırlanan erişte örneklerinden daha yüksek olduğu görülürken, çimlendirme işlemi ve ÇSNIU ile farklı buğday unlarından hazırlanan erişte örneklerinin *b** değerleri birbirine yakın çıkmıştır (Şekil 4.23).



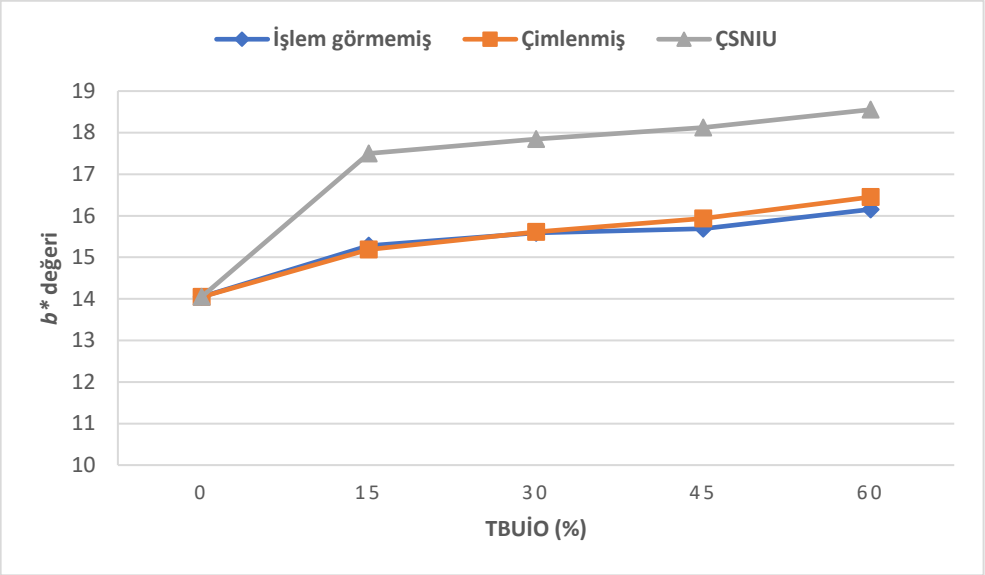
Şekil 4.23. Erişte örneklerinin *b** değeri üzerinde etkili *"buğday çeşidi x işlem türü"* interaksiyonu

Erişte örneklerinin *b** değeri üzerine etkili *"buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonuna göre, erişte formülasyonunda Esperia, einkorn ve emmer buğday unlarının oranı arttıkça *b** değeri artış göstermiştir. Bu artış einkorn ve emmer unu ilaveli erişte örneklerinde Esperia unu ilaveli örneklerden daha fazla oranda gerçekleşmiştir. Einkorn ve emmer unu katkılı eriştelerin *b** değeri %30 tam un ilave oranı üzerinde birbirine yaklaşmış ve Esperia unu ilaveli örneklerin *b** değeri ile aralarındaki fark artış göstermiştir (Şekil 4.24).



Şekil 4.24. Erişte örneklerinin *b** değeri üzerinde etkili *"buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Erişte örneklerinin *b** değeri üzerine etkili *"işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu Şekil 4.25'de verilmiştir. Tüm katkı oranlarında ÇSNIU buğday unu ile hazırlanan erişte örneklerinin *b** değerleri işlem görmemiş ve çimlenmiş un ile hazırlanan örneklerden yüksek bulunmuştur. İşlem görmemiş ve çimlenmiş un ile hazırlanan eriştelerin *b** değerleri ilave oranına bağlı genel olarak paralel bir gidiş sergilemiş, yüksek katkılama oranlarında aralarında hafif bir fark oluşmuştur.



Şekil 4.25. Erişte örneklerinin *b** değeri üzerinde etkili *"işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

4.4.1.4. Hue ve SI değerleri

Erişte örneklerine ait Hue ve SI değerleri Çizelge 4.23'de verilmiş olup, erişte örneklerinin ortalama Hue ve SI değerleri sırasıyla 87.15 ve 16.06 olarak bulunmuştur.

Varyans analizi sonuçlarına göre erişte örneklerinin Hue değeri üzerinde buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*", "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" ve "*buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonları $p<0.01$ düzeyinde, "*buğday çeşidi x işlem türü*" interaksiyonun ise $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.24).

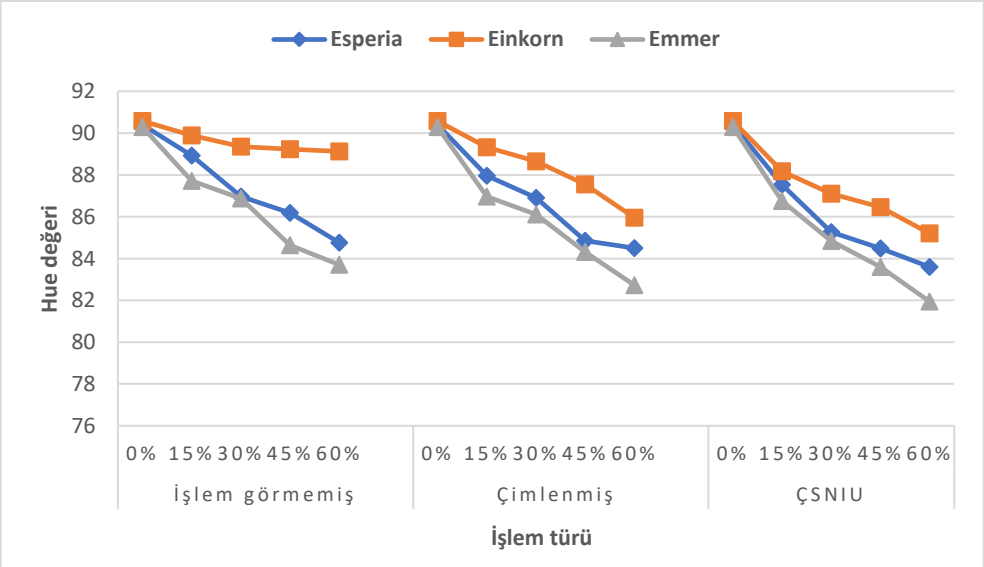
SI değeri üzerinde ise işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile *"buğday çeşidi x işlem türü"*, "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı"* ve *"işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonları $p<0.01$ düzeyinde, buğday çeşidi faktörü ise $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.24).

Çizelge 4.25'de verilen sonuçlara göre; erişte üretiminde einkorn unu kullanımı, sırasıyla Esperia ve emmer unu kullanımına göre daha yüksek Hue değerinin elde edilmesini sağlarken, emmer unu kullanılarak hazırlanan erişte örnekleri Esperia ve einkorn unu kullanılan eriştelerden daha yüksek SI değeri göstermiştir.

Örneklerin Hue değeri çimlenmiş ve ÇSNIU buğday unlarının formülasyonda yer alması ile azalırken, SI değeri ise artmış ve ÇSNIU tam un kullanımı ile işlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unlarının kullanıldığı formülasyonlardan daha yüksek SI değeri elde edilmiştir (Çizelge 4.25).

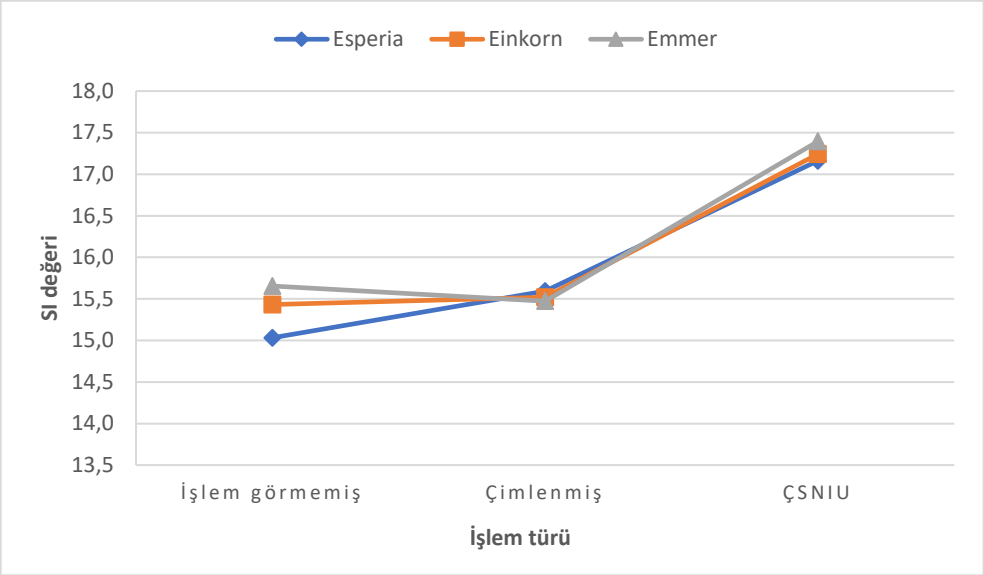
Duncan çoklu karşılaştırma sonuçları tam buğday unu ilave oranı faktörü açısından değerlendirildiğinde; erişte formulasyonunda artan oranda tam buğday unu kullanımının eriştelerin Hue değerini düşürdüğü, SI değerini ise artırdığı görülmektedir. Hue değeri 84.61- 90.42 arasında, SI değeri ise 14.02-17.13 arasında değişmiştir (Çizelge 4.25).

Erişte örneklerinin Hue değeri üzerine etkili "*buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu Şekil 4.26'de verilmiştir. Her işlem türü için geçerli olmak üzere, erişte formülasyonunda kullanılan tam buğday unu oranının artması beklenildiği gibi Hue değerini düşürmüş, özellikle Esperia ve emmer unları kullanılarak hazırlanan eriştelerde bu düşüş daha yüksek oranda gerçekleşmiştir. İşlem görmemiş einkorn unlarının kullanıldığı eriştelerin Hue değeri ise ilave oranındaki artışa bağlı hafif bir azalma eğilimi göstererek, tüm erişte örnekleri arasında yüksek Hue değerleri ile dikkat çekici bulunmuştur.



Şekil 4.26. Erişte örneklerinin Hue değeri üzerinde etkili *"buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Erişte örneklerinin SI değeri üzerine etkili "*buğday çeşidi x işlem türü*" interaksiyonuna göre, işlem görmemiş tam buğday unları ve ÇSNIU unlar ile hazırlanan erişte örnekleri arasında emmer buğday unundan hazırlanan eriştelerin SI değerinin einkorn ve Esperia buğday unu kullanılarak hazırlanan erişte örneklerinden daha yüksek olduğu görülürken, çimlendirme işlemi ile erişte örneklerinin SI değerleri birbirine yakın değerler göstermiştir (Şekil 4.27).

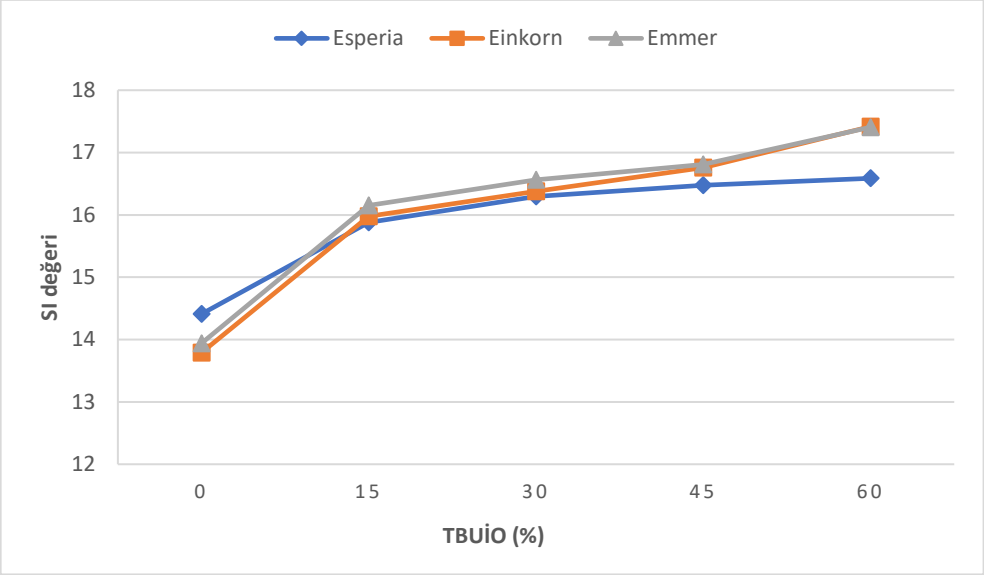


Şekil 4.27. Erişte örneklerinin SI değeri üzerinde etkili "buğday çeşidi x işlem türü" interaksiyonu

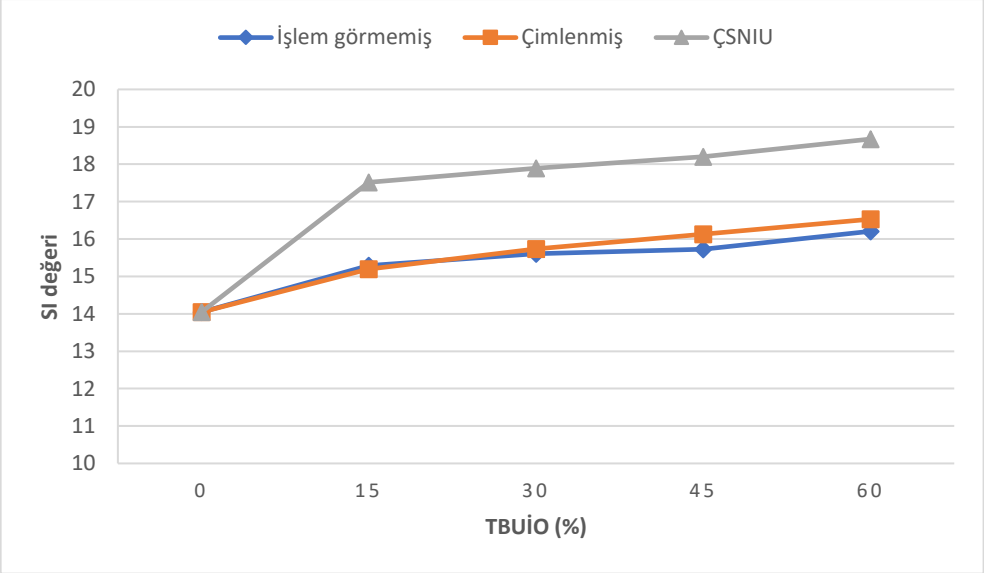
Erişte örneklerinin SI değeri üzerine etkili "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonuna göre, erişte örneklerinde Esperia, einkorn ve emmer buğday unlarının oranı arttıkça SI değeri artış göstermiştir. Bu artış einkorn ve emmer unu katkılı erişte örneklerinde Esperia unu katkılı örneklerden daha fazla oranda gerçekleşmiştir. Einkorn ve emmer buğday unu katkılı erişte örneklerinin SI değerleri arasındaki fark, artan katkı oranına bağlı azalma eğilimi gösterirken, Esperia unu katkılı örnekler ile aralarındaki fark açılmıştır (Şekil 4.28).

Erişte örneklerinin SI değeri üzerinde etkili *"işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonuna göre, erişte örneklerinde katkı oranının artması ile tüm işlem türlerinde SI değerinin artış gösterdiği görülmektedir. ÇSNIU buğday unları ile hazırlanan erişte örnekleri tüm katkı oranlarında işlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unu katkılı erişte örneklerinden daha yüksek SI değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Artan katkı oranına bağlı işlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unu katkı örneklerin SI

değerindeki değişim benzer olurken, %30 katkı oranından itibaren aralarındaki fark hafif bir artma eğilimi göstermiştir (Şekil 4.29).



Şekil 4.28. Erişte örneklerinin SI değeri üzerinde etkili *"buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu



Şekil 4.29. Erişte örneklerinin SI değeri üzerinde etkili *"işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Brandolini ve ark. (2018) çalışmalarında, einkorn, ekmeklik ve durum buğdaylarından kısa kesme makarna ve spagetti üretmişler ve elde edilen kısa kesme makarnalarda en düşük L^* değerinin einkorn, en yüksek L^* değerinin ise durum irmiğinden yapılan makarnalardan elde edildiği bildirilmiştir. Örnekler a^* ve b^* değeri açısından değerlendirildiğinde ise en yüksek a^* değeri einkorn makarnalarında ölçülmüş,

*b** değeri için durum buğdayı ve einkorn çeşitlerinin benzerlik gösterdiği bildirilmiştir. Aynı çalışmada spagetti makarnaları için en düşük *L** değeri ve en yüksek *a** değeri kısa kesme makarnalarda olduğu gibi, einkorn spagettilerinden elde edilmiştir.

Liu ve ark. (2018) maş fasulyesinin 12, 24, 36, 48, 60 ve 72 saat süreyle çimlenmesinin ardından kimyasal kompozisyon, fizikokimyasal ve fonksiyonel özelliklerindeki değişiklikleri araştırdıkları çalışmalarında, 48 saat çimlendirilmiş maş fasulyesini farklı oranlarda (%0, 10, 20 ve 30) erişte yapımında kullanmışlardır. Rafine buğday unundan üretilen erişte örneğinin *L**, *a** ve *b** değerlerini sırasıyla 74.61, -2.32 ve 13.17 olarak, %30 çimlenmiş maş fasulyesi ikame edilen erişte örneklerinde ise aynı değerleri sırasıyla 53.40, 2.06 ve 18.30 olarak bildirmişlerdir.

Cao ve ark. (2016) çalışmalarında, rafine buğday ununu farklı oranlarda (%0-80) tam buğday unu ile yer değiştirerek noodle üretiminde kullanmışlar ve elde ettikleri örneklerin kalite özelliklerini incelemişlerdir. Formülasyonda artan tam buğday unu kullanımı ile noodle örneklerinin *L** değerinin azaldığını, *a** değerlerinin arttığını ve *b** değerlerinde ise önemli bir değişiklik olmadığını rapor etmişlerdir.

Herken ve ark. (2007), farklı ön işlemler (ham, çimlenmiş, fermente edilmiş ve pişirilmiş) uygulayarak elde ettikleri börülce unlarını farklı oranlarda (%10, 15 ve 20) makarna üretiminde kullanmış ve formulasyonda çimlenmiş börülce unu oranı arttıkça L^* değerinin düştüğünü, *a** değerinin ise arttığını belirtmişlerdir. *L** değerindeki azalmayı, çimlenme sırasında karbonhidratların parçalanması sonucu oluşan şekerlerin Maillard reaksiyonuna katılması ve yeni oluşan renk pigmentleri ile ilişkilendirmişlerdir.

Liu ve ark. (2019) farklı oranlarda (%10-20) çimlenmiş buğday unu ve ÇSNIU buğday ununu erişte üretiminde kullandıkları çalışmalarında; en düşük *L** değerinin çimlenmiş buğday unundan üretilen eriştelerden ve en yüksek *a** ve *b** değerlerinin ÇSNIU undan üretilen eriştelerden elde edildiğini bildirmişlerdir.

Chung ve ark. (2012) çalışmalarında kahverengi pirinç, çimlenmiş kahverengi pirinç ve ÇSNIU kahverengi pirinç unlarını %50 oranında buğday unu ile yer değiştirerek erişte üretiminde kullanmışlardır. Çalışmada beklenildiği gibi en yüksek *L** değeri (81.8) ve en düşük *a** ve *b** değerleri (-0.5 ve 15.0) rafine buğday unundan hazırlanan erişte örneğinde de belirlenirken, en düşük *L** değeri (72.3) ve en yüksek *a** ve *b** değerleri (1.8 ve 19.0) ise ÇSNIU kahverengi pirinç unu ile hazırlanan erişte örneğinde ölçülmüştür.

4.4.2. Erişte örneklerine ait pişme testi ve sıkılık değeri sonuçları

Makarna ve makarna benzeri ürünlerde pişme kalitesi, hammadde özelliklerine ve pişme sırasında meydana gelen hidrasyon, nişasta jelatinizasyonu ve nişastalı olmayan matrislerin etkileşimine bağlıdır (De Noni ve Pagani, 2010; Giuberti ve ark., 2015). Farklı oranlarda işlem görmemiş, çimlenmiş ve ÇSNIU Esperia, einkorn ve emmer buğday unları kullanılarak üretilen erişte örneklerinin pişme analizi (optimum pişme süresi, ağırlık artışı, hacim artışı ve SGMM) ve sıkılık değeri sonuçları Çizelge 4.26' da, varyans analizi sonuçları Çizelge 4.27' de verilmiştir. Pişirme ve sıkılık değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.28'de özetlenmiştir.

4.4.2.1. Optimum pişme süresi

Erişte örneklerinin optimum pişme süresi 6 dk ile 18.5 dk arasında değişmiş ve ortalama 13.41 dk olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.26). Çizelge 4.27'de verilen varyans analizi sonuçlarına göre optimum pişme süresi üzerine buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.27).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, einkorn buğday unu kullanılarak hazırlanan eriştelerin optimum pişme süresi (12.53 dk), Esperia ve emmer buğday unu kullanılan erişte örneklerinden (13.97 dk ve 13.63 dk) düşük bulunmuştur (Çizelge 4.28). Emeksizoğlu (2016) çalışmasında %100 einkorn buğday unu kullanarak üretilen erişte örneklerinin optimum pişme süresinin 9.80 dk ile 15.51 dk arasında değiştiğini rapor etmiştir. Eriştelerin önemli kalite kriterlerinden biri olan pişme süresinin, ekonomik açıdan ve kolay hazırlanması bakımından kısa sürmesi istenmektedir (Öztürk, 2007). Hidalgo ve ark. (2020) einkorn içeren makarna örneklerinin, farklı protein türü ve içeriğinden kaynaklı farklı su emme kinetiği ve nişasta jelatinizasyonu nedeniyle yumurta ile zenginleştirilmiş ve durum irmiği ile hazırlanmış erişte örneklerinden daha kısa pişirme sürelerine sahip olduklarını bildirmişlerdir.

Çizelge 4.26. Erişte örneklerine ait pişme testi ve sıkılık değerleri[1]

Buğday çeşidi	İşlem türü	TBUİO[2] (%)	Optimum pişme süresi (dk)	Ağırlık artışı (%)	Hacim artışı (%)	SGMM[3] (%)	Sıkılık (g)
Esperia	İşlem görmemiş	0	17.00±0.00	135.83±0.90	162.95±0.64	4.42±0.02	839.93±54.73
		15	18.00±1.41	148.78±1.02	165.63±1.59	4.90±0.72	795.79±14.93
		30	18.50±0.71	151.94±0.66	176.10±1.98	4.80±0.49	756.14±46.77
		45	18.50±2.12	159.70±2.82	179.82±2.13	5.18±0.15	707.02±37.88
		60	18.00±1.41	164.36±0.93	187.50±0.00	5.58±0.35	631.09±56.35
	Çimlenmiş	0	17.00±1.41	135.83±0.90	162.95±0.64	4.42±0.03	839.93±54.73
		15	12.50±0.71	133.07±1.21	153.05±2.29	7.36±0.21	674.53±15.14
		30	12.50±0.71	131.55±0.91	145.83±1.18	9.57±0.34	588.83±42.97
		45	12.00±0.00	129.03±0.40	125.83±1.18	11.34±0.47	521.82±58.80
		60	12.00±1.41	126.24±1.16	126.14±1.46	13.18±0.19	446.19±49.43
	ÇSNIU[4]	0	17.00±1.40	135.83±1.71	162.95±1.37	4.42±0.03	839.93±54.73
		15	11.00±1.40	122.70±2.81	145.48±1.69	5.30±0.13	705.18±42.47
		30	11.00±.40	122.78±1.24	142.65±3.33	6.48±0.22	655.38±36.58
		45	8.50±2.12	120.76±2.11	140.71±2.07	8.52±0.21	628.33±41.18
		60	6.00±1.41	119.86±1.48	122.29±1.42	10.20±0.19	508.95±33.52
Einkorn	İşlem görmemiş	0	17.00±1.41	137.83±2.89	160.15±3.32	4.38±0.04	833.07±22.85
		15	17.50±0.71	149.55±1.81	165.28±1.02	4.55±0.04	765.95±31.54
		30	17.50±0.71	155.36±1.94	170.20±1.92	4.67±.08	702.04±33.26
		45	17.00±1.41	156.28±2.44	171.88±0.26	4.80±0.21	650.01±40.39
		60	17.00±1.41	158.27±0.60	182.07±4.14	5.32±0.41	572.16±32.40
	Çimlenmiş	0	17.00±0.00	137.83±2.89	160.15±1.91	4.38±0.04	833.07±22.85
		15	9.00±0.00	136.66±1.86	156.03±0.74	8.10±0.29	595.30±22.55
		30	8.50±0.71	128.19±2.50	145.63±2.03	10.21±0.18	522.82±17.53
		45	8.50±0.71	123.41±0.60	142.53±1.76	12.70±0.40	452.55±27.29
		60	8.00±1.41	122.21±4.03	126.44±1.88	14.07±0.23	380.68±26.27
	ÇSNIU	0	17.00±2.83	137.83±1.34	160.15±2.26	4.38±0.04	833.07±22.85
		15	9.00±0.00	114.37±1.40	151.03±1.38	5.06±0.29	681.97±9.50
		30	9.00±1.41	112.65±1.44	145.63±1.59	7.45±0.47	579.10±19.58
		45	8.00±0.00	109.27±1.50	136.25±0.67	9.27±0.09	500.44±20.07
		60	8.00±1.41	107.82±2.46	121.18±1.87	10.98±0.36	441.29±42.33
Emmer	İşlem görmemiş	0	17.00±1.41	136.07±0.28	162.50±0.00	4.46±0.03	821.27±19.71
		15	18.00±0.00	143.93±1.36	162.25±1.06	4.94±1.72	792.09±9.73
		30	18.50±0.71	145.00±1.23	162.20±2.21	5.13±0.03	723.64±25.48
		45	18.50±2.12	150.74±1.18	170.00±2.69	5.33±.07	699.17±14.03
		60	18.00±1.41	153.60±0.00	180.83±1.17	5.91±0.81	623.46±26.94
	Çimlenmiş	0	17.00±2.83	136.07±0.28	162.50±0.00	4.46±0.09	821.27±19.71
		15	12.00±1.41	134.98±0.29	156.25±1.77	9.21±0.17	627.49±38.52
		30	11.00±1.41	129.87±1.29	153.81±0.68	12.63±0.17	545.93±34.89
		45	11.00±0.00	128.55±0.81	139.17±1.79	15.40±0.28	480.67±35.57
		60	10.50±0.70	123.44±1.20	127.14±1.21	16.86±0.44	418.45±23.77
	ÇSNIU	0	17.00±2.83	136.07±0.28	162.50±4.01	4.46±0.09	821.27±19.71
		15	11.00±1.41	123.34±2.40	151.67±2.36	5.80±0.13	692.92±26.40
		30	9.00±2.83	120.55±2.14	140.00±4.71	9.32±0.34	624.52±32.80
		45	9.00±2.83	117.55±1.90	135.71±1.01	11.57±0.13	544.77±20.52
		60	7.001.42	111.25±1.55	125.00±2.83	12.03±0.18	455.6913.53
Minimum-maksimum			6.0-18.5	107.82-164.36	212.18-162.95	4.38-16.86	380.68-839.93
Ortalama±std			13.41±4.27	134.24±14.47	153.02±17.37	7.63±3.50	648.34±137.60

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. [2]Tam buğday unu ilave oranı. [3]Suya geçen madde miktarı. [4]Çimlendikten sonra nemli-ısıl işlem uygulanmış.

Çizelge 4.27. Erişte örneklerinin pişme testi ve sıkılık değerlerine ait varyans analizi sonuçları[1]

VK	SD	Optimum pişme süresi		Ağırlık artışı		Hacim artışı		SGMM[2]		Sıkılık	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Buğday çeşidi(A)	2	16.88	7.75**	106.68	36.81**	2.39	0.59ns	17.66	188.23**	21200.32	18.72**
İşlem türü (B)	2	441.54	202.75**	6533.28	2251.21**	7024.67	1744.19**	210.84	2246.73**	160501.87	141.76**
TBUİO[3] (C)	4	79.65	36.57**	58.01	20.02**	813.96	202.10**	105.81	1127.54**	291362.99	257.33**
(AxB)	4	4.83	2.21ns	90.56	31.25**	91.98	22.84*	3.62	38.54**	510.42	0.45ns
(AxC)	8	1.64	0.75ns	27.78	9.58**	12.05	2.99**	1.60	17.09**	1408.01	1.24ns
(BxC)	8	29.98	13.76**	530.47	183.47**	1052.66	261.37**	21.50	229.05**	10785.71	9.53**
(AxBxC)	16	0.97	0.44ns	9.48	3.27**	28.88	7.17**	0.42	4.45**	357.07	0.32ns
Hata		2.18		2.90		4.03		0.09		1132.24	

[1]* p< 0.05 düzeyinde önemli, ** p< 0.01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz. [2]Suya geçen madde miktarı. [3]Tam buğday unu ilave oranı.

Çizelge 4.28. Erişte örneklerinin pişme testi ve sıkılık değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	n	Optimum pişme süresi (dk)	Ağırlık artışı (%)	Hacim artışı (%)	SGMM[2] (%)	Sıkılık (g)
Buğday çeşidi						
Esperia	30	13.97±3.98a	135.88±13.70a	153.33±19.47a	7.04±2.76c	675.94±125.16a
Einkorn	30	12.53±4.41b	132.50±16.83b	152.97±16.46a	7.35±3.24b	622.90±146.07c
Emmer	30	13.63±4.20a	132.73±11.94b	152.77±15.63a	8.50±4.13a	646.17±133.25b
İşlem türü						
İşlem görmemiş	30	17.73±1.09a	149.82±8.48a	170.62±8.55a	4.96±0.52c	727.52±83.48a
Çimlenmiş	30	11.90±3.05b	130.46±5.16b	145.56±13.39b	10.26±3.86a	583.30±147.91c
ÇSNIU[3]	30	10.50±3.76c	120.84±9.31c	142.88±13.19c	7.68±2.67b	634.19±128.94b
TBUİO[3] (%)						
0	18	17.00±1.33a	136.58±1.44a	161.87±1.91a	4.42±0.05e	831.42±26.65a
15	18	13.11±3.59b	134.15±11.58b	156.29±6.60b	6.14±1.60d	703.47±68.50b
30	18	12.83±4.07b	133.10±13.83bc	153.56±12.36c	7.81±2.64c	633.15±80.52c
45	18	12.33±4.36bc	132.81±17.20cd	149.10±18.29d	9.35±3.53b	579.09±94.36d
60	18	11.61±4.70c	131.90±19.96d	144.29±27.85e	10.46±3.89a	497.55±89.89e

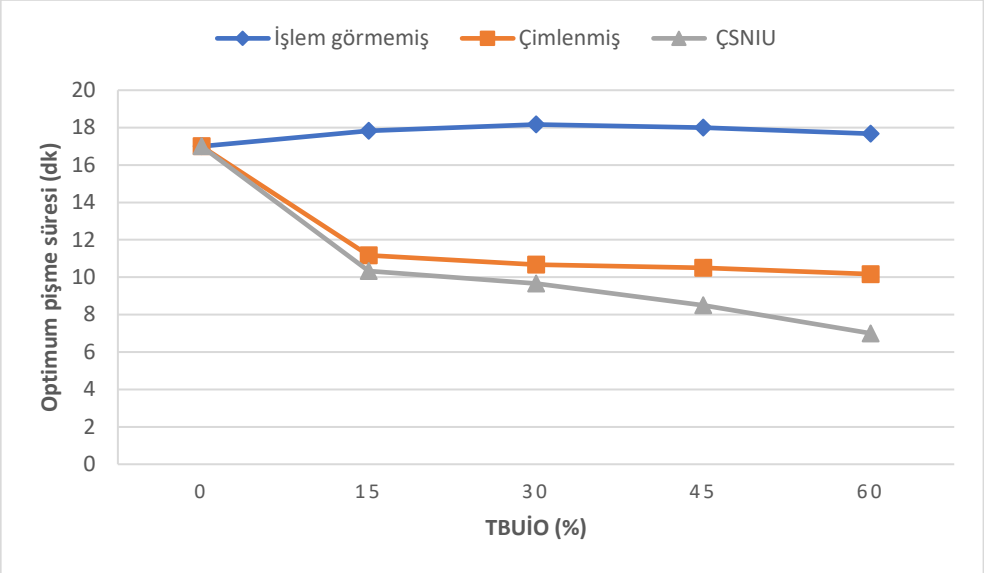
[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05). [2]Suya geçen madde miktarı. [3]Çimlendikten sonra nemli-ısıl işlem uygulanmış. [4]Tam buğday unu ilave oranı.

Sonuçlar buğdaylara uygulanan işlem türü açısından incelendiğinde; işlem görmemiş tam buğday unu ilavesi ile hazırlanan erişte örneklerinin en uzun pişme süresine sahip olduğu (17.73 dk) ardından çimlenmiş buğday unu kullanılarak hazırlanan erişte örneklerinin pişme süresinin (11.90 dk) geldiği ve en kısa pişme süresine ÇSNIU buğday unu ile hazırlanan eriştelerin (10.50 dk) sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.28). Fuad ve Prabhasankar (2010), çimlenme işlemi ile birlikte parçalanan nişasta içeriğinin, eriştelerin pişirilmesi sırasında daha hızlı jelatinize olarak pişme süresinin kısalmasını sağladığını belirtmişlerdir. Manthey ve Schorno (2002) yaptıkları çalışmada tam buğday unundan ürettikleri makarna örneklerinin pişme süresinin kontrol örneğinden daha kısa olduğunu bildirmiştir. Optimum pişme süresinin kısalmasını, tam buğday unu içerisinde bulunan kepek ve ruşeym parçacıkları tarafından gluten matrisinin fiziksel olarak bozulmasına bağlamışlar ve bu durumun bir sonucu olarak tam buğday makarnasının su emiliminin kolaylaştığını ve optimum pişme süresinin kısaldığını ifade etmişlerdir.

Formülasyonda artan oranda tam buğday unu kullanılması erişte örneklerinin optimum pişme süresinin azalmasına neden olmuştur. Tam buğday unu kullanılmadan hazırlanan erişte örneğinin optimum pişme süresi 17.00 dk iken, formülasyonda %60 oranında tam buğday unu kullanılması ile bu değer 11.61 dk' ya düşmüştür (Çizelge 4.28). Kaur ve ark. (2012) makarna üretiminde artan kepek oranına bağlı olarak gluten ağının fiziksel olarak zarar görmesi ile pişme suyunun makarna yapısına daha hızlı sızdığını ve makarnaların pişme süresinin azaldığını bildirmiştir. Tam buğday unu şeklinde üretilen Esperia, einkorn ve emmer unlarında bulunan kepek ve yüksek lif içerikli materyalin erişte hamurunun hazırlanması esnasında gluten matrisi oluşumuna zarar vererek, pişme sırasında suyun erişte yapısına daha hızlı nüfuz etmesine ve pişme süresinin kısalmasına neden olmuş olabilir.

Erişte örneklerinde optimum pişme süresi üzerinde etkili ($p<0.01$) "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu Şekil 4.30'da verilmiştir. Buna göre çimlenmiş ve ÇSNIU erişte örneklerinin optimum pişme süresi tam buğday unu ilave oranının artmasıyla azalırken en hızlı azalma %15 tam buğday unu ilave oranında gerçekleşmiştir. İşlem görmemiş buğday unu ile hazırlanan erişte örneklerinde %30 ilave oranına kadar pişme süresi artarken daha yüksek ilave oranlarında optimum pişme süresi sabit bir gidiş sergilemiştir. Arrived ve ark. (2012) pişirme süresindeki bu değişikliği,

luten içeriğinin azalmasından ve tam un ikamesi ile gluten gelişiminin engellenmesinden kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir.



Şekil 4.30. Erişte örneklerinin optimum pişme süresi üzerinde etkili *"işem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Kaur ve ark (2012) çalışmalarında farklı tahılların (buğday, pirinç, arpa ve yulaf) kepeklerini makarna üretiminde kullanmışlar ve artan kepek oranına bağlı olarak makarnaların pişme süresinin azaldığını bildirmişlerdir.

Ritika ve ark. (2016) çimlendirilmiş ve fermente edilmiş börülce unlarının erişte yapımına uygunluğunu araştırdıkları çalışmada, rafine buğday unundan üretilen kontrol erişte örneğinin 6.16 dk ile en yüksek pişme süresine sahip örnek olduğunu, farklı oranlarda çimlenmiş ve fermente börülce unu içeren karışımlardan hazırlanan eriştelerin ise optimum pişme sürelerinin kontrol numunelerine göre daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. %20 çimlenmiş börülce ununda 5.6 dk olarak belirledikleri optimum pişme süresini, %20 oranında börülce unu içeren örneklerde ortalama 6 dk olarak rapor etmişlerdir. Manthey ve ark. (2004) ve Izydorczyk ve ark. (2005) fermente ve çimlenmiş börülce unu gibi buğday unu dışındaki bileşenlerin, gluten ağında kesintiye neden olarak daha hızlı nem penetrasyonuna ve dolayısıyla daha kısa optimum pişirme süresine neden olduklarını belirtmiştir.

4.4.2.2. Ağırlık artışı

Erişte örneklerinin ağırlık artışı değerleri %107.82 ile %164.36 arasında değişmiş olup ortalama %134.24 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.26). Varyans analizi sonuçlarına göre erişte örneklerinin ağırlık artışı üzerinde buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*buğday çeşidi x işlem türü*", "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*", "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" ve "*buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonlarının $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.27).

Çizelge 4.28'de verilen Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, Esperia unu kullanılarak hazırlanan erişte örneklerinin ağırlık artışı (%135.88), formülasyonda einkorn ve emmer buğday unları kullanılan örneklerin ağırlık artışı değerinden (%132.50 ve %132.73) yüksek bulunmuştur. Bu durum, kuvvetli buğday unlarının zayıf unlara kıyasla daha fazla su absorbe etme ve tutma özelliğine sahip olması ile ilgili olabilir (Mis, 2005). Su emilimi, unun protein içeriğinden, öğütme sırasında zarar gören nişasta miktarından ve nişasta olmayan karbonhidratların varlığından etkilenmektedir (Finney ve ark., 1987).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları hammaddelere uygulanan işlem türü açısından değerlendirildiğinde; en yüksek ağırlık artışı işlem görmemiş tam buğday unu ilavesi ile hazırlanan erişte örneklerinde (%149.82), en düşük değer ÇSNIU tam buğday unu ilaveli erişte örneklerinde (%120.84) belirlenmiştir (Çizelge 4.28). Aravind ve ark. (2012) erişte üretiminde işlem görmemiş buğday unu (tam buğday unu) kullanımı ile elde edilen daha yüksek ağırlık artışı değerinin, tam buğday ununun yüksek su bağlama kapasitesinin bir sonucu olabileceğini ifade etmiştir. Çimlenmiş buğday unu kullanımı ile üretilen erişte örneklerinin protein ve parçalanmış nişasta içeriği artmakta ve böylece pişme sırasında yapının su tutma özelliği zayıflamakta ve sonuç olarak hamurun su absorbsiyonu azalabilmektedir.

Lu ve Lin (2011) noodle örneklerinin su absorbsiyonunun çimlenmiş maş fasulyesi unu ekledikten sonra artan protein içeriği ile önemli negatif korelasyon gösterdiğini ifade etmiştir. Grant ve ark. (1993) makarna formülasyonunda çimlenmiş buğday ununun kullanılması ile ağırlık artışının düştüğünü belirtmişlerdir. Benzer sonuçlar Liu ve ark. (2018) tarafından da rapor edilmiş olup, kontrol grubu eriştelerde

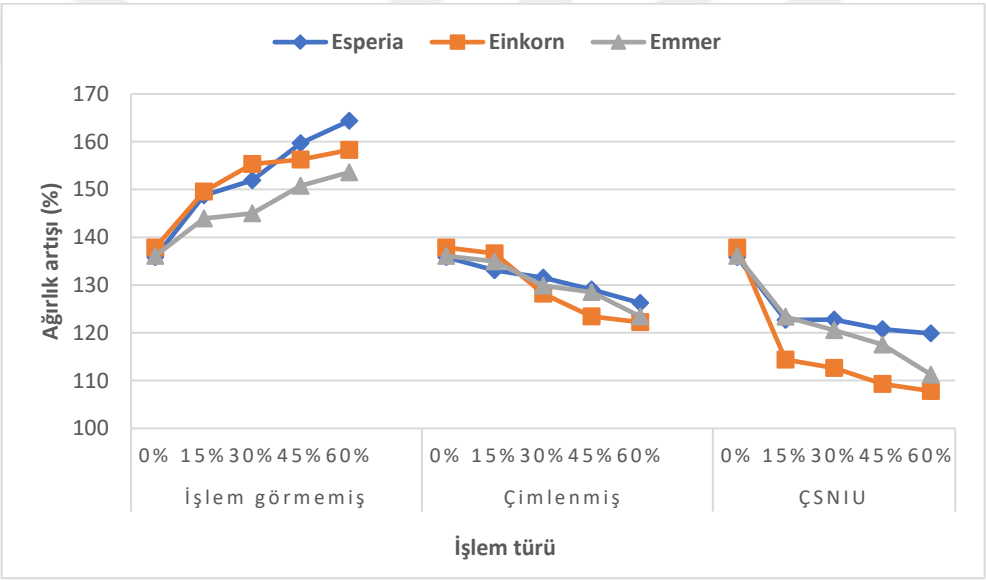
%77.85 olan ağırlık artışının %30 çimlenmiş maş fasulye unu ilave oranında %67.38'e düştüğünü belirlenmiştir.

Liu ve ark. (2019) %10 ve %20 oranında ÇSNIU buğday unları kullanarak hazırladıkları erişte örneklerinin, rafine buğday unu ve çimlenmiş buğday unundan ürettikleri eriştelere göre daha düşük su absorpsiyonu sergilediklerini bildirmişlerdir. Chung ve ark. (2012) %50 oranında ÇSNIU kahverengi pirinç unundan üretilen erişte örneklerinin buğday unundan üretilen kontrol eriştesinden ve çimlenmiş kahverengi pirinç eriştelerinden daha az su absorbe ettiklerini rapor etmişlerdir. Benzer bulgular Hormdok ve Noomhorm (2007) tarafından gerçekleştirilen çalışmada da rapor edilmiştir. Araştırmacılar %50 oranında ÇSNIU pirinç unu ikamesinin, pirinç unu eriştelerinin pişirme kaybını ve su absorpsiyonunu azalttığını bildirmişlerdir. Bu durum ÇSNIU 'nın amiloz-amiloz, amiloz-lipitler ve amiloz-amilopektin arasında ek etkileşimlere neden olduğu ve nişasta moleküllerinin yeniden düzenlenmesini hızlandırması ile ilgili olduğu bildirilmiştir (Hoover ve Vasanthan, 1994).

Sonuçlar tam buğday unu ilave oranı faktörü açısından incelendiğinde; erişte formülasyonunda artan ilave oranına bağlı olarak ağırlık artış değerlerinin azaldığı ve en düşük değerin %60 tam buğday unu kullanımıyla elde edildiği belirlenmiştir (Çizelge 4.28). Vignola ve ark. (2018) rafine buğday ununun, kaliteli makarnaya imkan sağlayan iyi gelişmiş bir protein-nişasta matrisini teşvik eden, tekdüze bir partikül dağılımı sunarak yüksek su absorpsiyonu gösterdiğini belirtirken, Sozer ve ark. (2007) ise tam buğday unu ilavesiyle artan kepek ve ruşeym franksiyonlarının; gluten ağının oluşumunu olumsuz etkileyerek daha az su emilimine neden olduklarını bildirmişlerdir. Ayrıca, erişte formülasyonunda artan ilkel buğday oranı ile zayıf buğdayların formülasyondaki miktarının artması; zayıf gluten ağı ve nişasta yapılarının farklılığı gibi faktörler nedeniyle suyun eriştelerin yapısına nüfuz etmesini ve yapıda tutulmalarını kısıtlayarak eriştelerin ağırlık artışını olumsuz etkilemiş olabilir. Bu çalışmada Şekil 4.31'de verilen interaksiyondan da anlaşılacağı üzere, işlem görmemiş tam buğday unu ilavesi ağırlık artışını yükseltirken, çimlenmiş buğdaylara ait tam unların ve ÇSNIU tam unların ilavesi erişte örneklerinin ağırlık artış değerini düşürmüştür. Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına ise artan tam buğday unu ilave oranına bağlı ağırlık artışı değeri düşüyor olarak yansımıştır (Çizelge 4.28).

Erişte örneklerinin ağırlık artışı değeri üzerine etkili "*buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu incelendiğinde, formülasyonda işlem

görmemiş Esperia, einkorn ve emmer buğday unu oranı arttıkça ağırlık artışının arttığı görülmektedir. Bu artış %30 ilave oranına kadar en fazla einkorn unu katkılı örneklerde gözlemlenirken daha yüksek katkı oranlarında en yüksek artışlar Esperia unu kullanılarak hazırlanan erişte örneklerinden elde edilmiştir. Çimlenmiş buğday unu ve ÇSNIU unların kullanımı, işlem görmemiş buğday unlarının kullanımının aksine erişte örneklerinin ağırlık artışını azaltmış ve bu azalma ÇSNIU unlar ile hazırlanan erişte örneklerinde daha yüksek oranda gerçekleşmiştir. ÇSNIU unlardan elde edilen erişte örneklerinde çimlenmiş buğday unu ile hazırlanan erişte örneklerinde olduğu gibi en yüksek ağırlık artışı değeri Esperia unu, en düşük değer ise einkorn unu kullanılan örneklerden elde edilmiştir (Şekil 4.31).



Şekil 4.31. Erişte örneklerinin ağırlık artışı üzerinde etkili *"buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Kaur ve ark. (2012) durum irmiğinden hazırlanan makarna örneklerinin su absorpsiyonunun, formülasyona buğday, yulaf, arpa ve pirinç kepeği ilave edilmesi ile artış gösterdiğini ve bu artışın %5 kepek katkı oranının üzerinde fark edilir düzeyde gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Çalışmada kontrol örneğinin su absorbsiyonu %117.7 olarak belirlenirken %25 buğday kepeği katkılı makarna örneğinde aynı değer %131.0 olarak belirlenmiştir. Sosulski ve Wu (1988), tarafında gerçekleştirilen çalışmada; lif içeriğinin artan oranlarda erişte formülasyonunda kullanılması ile benzer sonuçlar bulunmuş ve %20 oranında lif kullanımı ile kontrol örneğine göre %8 daha fazla su absorbe ettiğini rapor etmişlerdir.

α-amilaz aktivitesinin Asya tipi erişte örneklerinin kalite özellikleri üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada; ticari beyaz una arpa maltı ilave edilerek elde edilen erişte örneklerinin pişirilmesi sırasında meydana gelen ağırlık artışları karşılaştırılmıştır. Ticari beyaz undan üretilen kontrol örneğinin ağırlık artışı %58.7 iken, malt içeren örneklerde aynı değer %54.8 olarak rapor edilmiştir (Cato ve ark., 2006).

Doxastakis ve ark. (2007) farklı oranlarda lupen unu kullanarak üretilen spagetti örneklerinin artan katkı oranı ile birlikte su absorbsiyonlarının düştüğünü bildirmişlerdir. Benzer bir sonuç, spagettiye farklı baklagil unları ve protein konsantreleri ekleyen Bahnassey ve Khan (1986) tarafından bulunmuştur. Yapılan başka bir çalışmada, buğday ruşeymi ile zenginleştirilmiş makarna örneklerinin ağırlık artışının, ikame yüzdesi arttıkça azaldığını bildirilmiştir (Pınarlı ve ark., 2004).

Brandolini ve ark. (2018) einkorn buğdayını spagetti ve kısa kesme makarna üretiminde kullanmışlardır. Einkorn buğdayı kullanılarak hazırlanan kısa kesme makarnaların 16 dk pişirilmesi ile ağırlık artışının %156 arttığını bildirmişlerdir.

Emeksizoğlu (2016) çalışmasında Kastamonu ilinin 30 ilçesinden topladığı einkorn buğdaylarından erişte yaptığı çalışmada, erişte örneklerinin ağırlık artışını en düşük %145.45 ve en yüksek %267.81 olarak tespit etmiştir.

4.4.2.3. Hacim artışı

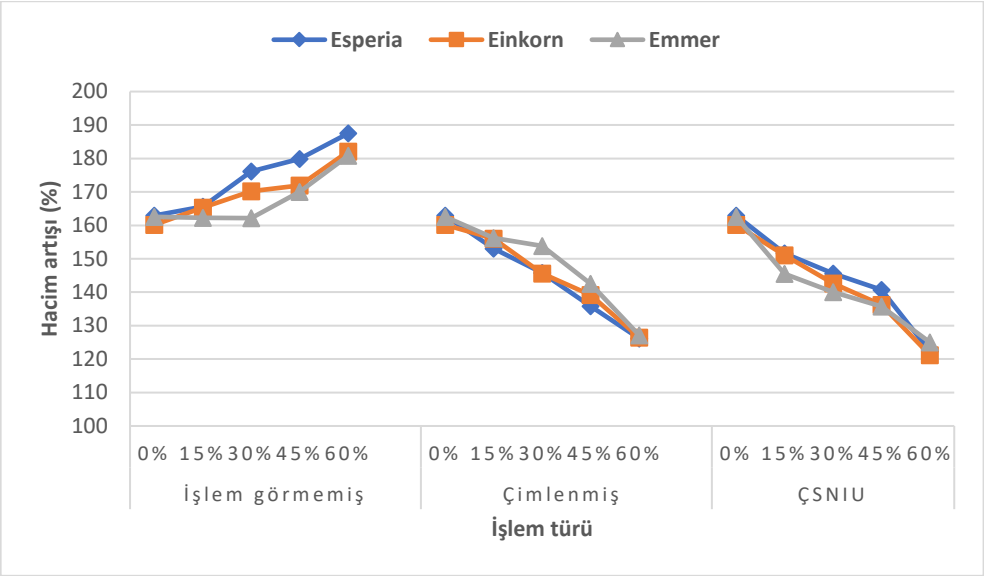
Erişte örneklerinin hacim artışı değerleri %162.95 ile %212.18 arasında değişmiştir (Çizelge 4.26). Varyans analizi sonuçlarına göre erişte örneklerinin hacim artışı üzerinde işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" ve "*buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonlarının $p<0.01$ düzeyinde, "*buğday çeşidi x işlem türü*" interaksiyonunun ise $p<0.05$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.27).

Çizelge 4.28'de verilen Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları incelendiğinde; Esperia unu kullanılarak hazırlanan erişte örneklerinin hacim artışı değerinin einkorn ve emmer unu kullanılan erişte örneklerinin hacim artış değerinden sayısal olarak daha yüksek olduğu ancak aralarındaki farkın istatistiki olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. Esperia, einkorn ve emmer buğday unu ilaveli erişte örneklerinin hacim artış değerleri sırasıyla %153.33, %152.97 ve %152.77 olarak bulunmuştur.

Erişteleri̇n hacim artış değerlerine ait sonuçlar hammaddelere uygulanan işlem türü açısından değerlendirildiğinde; en yüksek hacim artış değeri işlem görmemiş buğday unu ilaveli erişte örneklerinde (%170.62) belirlenirken, en düşük hacim artışı değeri ÇSNIU un ilaveli erişte örneklerinde (%142.88) belirlenmiştir. Çimlenmiş buğday unu ilaveli örneklerde ise hacim artışı değeri ortalama %145.56 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.28). Çimlenmiş buğday unlarının erişte formülasyonuna dahil edilmesiyle birlikte su absorbsiyonunun azalması; erişte örneklerinin ağırlık artış değerini ve dolayısıyla hacim artış değerini azaltmıştır. Liu ve ark. (2018) çimlenme ile birlikte artan protein ve parçalanmış nişasta miktarının su tutma kapasitesini düşürdüğünü ve erişte örneklerinin daha düşük hacim artışı değerlerine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Nemli-ısıl işlem uygulaması nişasta moleküllerinin jelleşmeye karşı direncini artırtırmaktadır. Sonuç olarak ÇSNIU buğday unlarından yapılan erişteler, pişirme işlemi sırasında daha düşük su absorbe edebilmekte ve bunun sonucu olarak su absorbsiyonunu dolayısıyla hacim artış değeri olumsuz etkilenmektedir (Liu ve ark., 2019). Liu ve ark. (2017), çimlenmeyle su absorbsiyon kapasitesinin azalmasının, hacim artışında azalmaya sebep olduğunu belirtmişlerdir.

Erişteleri̇n hacim artışı değerlerine ait sonuçlar kullanılan tam buğday unu ilave oranı açısından değerlendirildiğinde; erişte örneklerinin hacim artışı değerlerinin tam buğday unu ilave oranı arttıkça azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.28). Rafine buğday ununda üretilen eriştėlerde hacim artış değeri %161.87 iken, %60 oranında tam un içeren erişte örneklerinde hacim artışı %144.29 olarak belirlenmiştir.

Üretilen erişte örneklerinin hacim artışı değeri üzerine etkili "*buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu incelendiğinde; işlem görmemiş buğday unu kullanım oranının artması ile erişte örneklerinin hacim artış değerinin arttığı ancak çimlenmiş ve ÇSNIU buğday unlarının kullanımı ile azaldığı ve bu azalışın ÇSNIU buğday unlarının kullanıldığı erişte örneklerinde daha yüksek oranda gerçekleştiği görülmektedir. Bu durum ağırlık artışı değerinde de benzer şekilde gerçekleşmiştir. İşlem görmemiş buğday unları grubunda; Esperia buğday unu kullanılarak hazırlanan erişte örneklerinin einkorn ve emmer buğday unu kullanılarak hazırlanan örneklerinden daha yüksek oranda hacim artışı gösterdiği belirlenirken, çimlenmiş buğday unları arasında Esperia buğday unu ile hazırlanan erişte örneklerinin ise einkorna yakın ve daha düşük hacim artış değeri gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 4.32).



Şekil 4.32. Erişte örneklerinin hacim artışı üzerinde etkili *"buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Demir (2019) çimlendirilmiş kinoa ununun glutenli ve glutensiz makarna üretiminde kullanım imkanlarını araştırdığı çalışmasında; çimlenme ile birlikte kinoa ununun su absorbsiyon kapasitesinin azaldığını ve bunun sonucunda da çimlenmiş kinoa unu kullanılarak hazırlanan makarna örneklerinde hacim artışı değerinin düşük olduğunu bildirmiştir. Çalışmada çimlenmiş kinoa unu kullanılan glutenli makarnada hacim artışı değeri ortalama %210.46 olarak, çimlenmemiş kinoa unu kullanılan glutenli makaranada aynı değer ortalama %218.09 olarak bildirilmiştir.

Ha ve Park (2011) çalışmalarında çimlenmiş ve çimlenmemiş arpa ununu erişte üretiminde kullanmışlar ve bu örneklerde hacim artışı değerini sırasıyla %141.66 ve %126.92 olarak bulmuşlardır.

Vignola ve ark. (2018) rafine ve tam buğday unundan üretilen ekstürüde makarna örneklerinin pişme kalitelerini karşılaştırdıkları çalışmalarında; makarna örneklerinin hacim artış değerlerinin tam buğday unu kullanımı ile azaldığını bildirmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada makarnaya kepek ve ruşeym dahil edildiğinde hacim artışının azaldığı ifade edilmiştir (Kaur ve ark., 2012).

Seol ve Sim (2017) çimlenmiş siyah kinoa ununun eriştelerin kalite özellikleri üzerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında, farklı oranlarda (%0-20) çimlenmiş kinoa unu kullanımının erişte örneklerinin hacim artışını azalttığını belirtmişlerdir. Çalışmada, katkı içermeyen rafine beyaz undan üretilen erişte örneğinin hacim artışı %179.72 olarak bildirilirken, en yüksek katkı oranına sahip örneklerde hacim artışı %160.90 olarak bulunmuştur.

Bilgiçli (2009) farklı oranlarda (%0-40) karabuğday ununu erişte üretiminde kullandığı çalışmasında, artan katkı oranı ile birlikte erişte örneklerinin hacim artış ve ağırlık artış değerlerinin azaldığını rapor etmiştir.

4.4.2.4. Suya geçen madde miktarı

Erişte örneklerinin SGMM değerleri %4.38-16.86 arasında değişmiştir (Çizelge 4.26). Varyans analizi sonuçlarına göre eriştelerin SGMM değeri üzerinde buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*buğday çeşidi x işlem türü*", "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*", "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" ve "*buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonlarının istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) olduğu görülmektedir (Çizelge 4.27).

Çizelge 4.28'de verilen Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek SGMM emmer unu ilavesi ile hazırlanan örneklerden (%8.50) elde edilirken, en düşük SGMM formülasyonunda Esperia unu kullanılan erişte örneklerinden (%7.04) elde edilmiştir. Einkorn unu ile hazırlanan erişte örneklerinde ise SGMM %7.35 olarak belirlenmiştir. Brandolini ve ark. (2018), bu durumun, einkorn buğday ununun nişasta içeriğinin çoğunu tutan, iyi yapılanmış ve kompakt bir protein ağının oluşumuna imkan veren yüksek protein içeriğinden kaynaklı olabileceğini ifade etmişlerdir. Ayrıca pişme sürelerinin daha kısa olması pişme kaybını azaltmış olabilir. Emeksizoğlu (2016) %100 einkorn buğday unundan üretilen eriştelerin SGMM'nı %6.51 ile %14.48 arasında değiştiğini belirlemiştir. Hidalgo ve ark. (2020) çalışmalarında einkorn makarnalarının SGMM'nın ekmeklik ve durum buğdaylarından düşük olduğunu belirleyerek bu durumun einkornun protein içeriğinin yüksek olmasına bağlamışlardır.

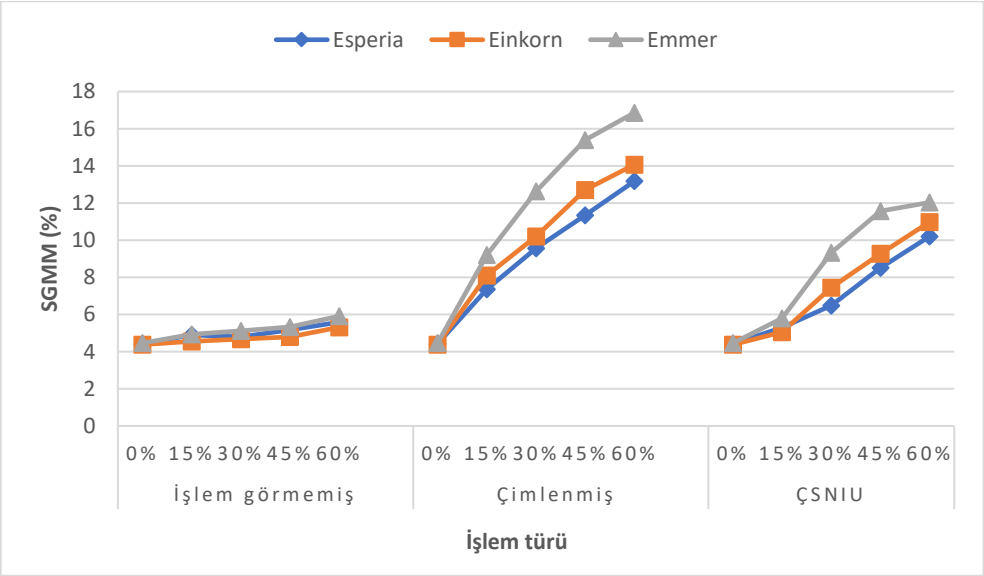
Makarna ve makarna benzeri örneklerinin pişirilmesi sırasında, amilozlar, çözünür sakkaritler ve çözünür proteinler suda çözünür, bu nedenle pişirme suyu bulanıklaşır (Lin ve ark., 2010). Pişirme kaybı, makarna ürünlerinde tüketici kabulünü etkileyen en önemli parametrelerden biridir (Sissons ve ark., 2005; Fu, 2005). Bu nedenle, sıklıkla makarnanın genel pişirme performansının bir göstergesi olarak kullanılır (Vignola ve ark., 2018).

Çizelge 4.28 işlem türü açısından değerlendirildiğinde; en yüksek SGMM çimlenmiş buğday unu kullanılarak hazırlanan erişte örneklerinde %10.26 olarak belirlenmiş olup, çimlenmiş buğday unu ile hazırlanan erişte örneklerini sırasıyla ÇSNIU

un kullanılarak hazırlanan erişte örnekleri (%7.68) ve işlem görmemiş buğday unu kullanılarak hazırlanan erişte örnekleri (%4.96) takip etmiştir. Çimlenme sonrası uygulanan nemli-ısıl işlemin SGMM' nın azalmasında ve eriştelerin teknolojik kalitesinin yükselmesinde etkili olmuştur. Chung ve ark. (2012) çimlenme ile birlikte nişasta ve proteinlerin daha küçük ve daha çözünür bileşenlere enzimatik olarak parçalandığını ifade etmişlerdir. Bu durumun pişirme sırasında su moleküllerinin erişte matrisine kolay nüfuz etmesine ve bozulmuş fraksiyonların pişme suyuna kolayca sızmasına yol açtığını bildirmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada, makarna ve benzeri ürünlere geleneksel olmayan bileşenlerin eklenmesinin, nişasta-gluten ağını olumsuz yönde etkileyerek, pişirme sırasında jelatinize olmuş nişastanın makarnadan daha fazla oranda sızmasına izin verdiği bildirilmiştir (Aravind ve ark., 2012)

Eriştelerin SGMM kullanılan tam buğday unu ilave oranı yönünden değerlendirildiğinde; ilave oranı artıkça SGMM' nın da arttığı gözlemlenmiştir. Tam buğday unu ilave edilmeden üretilen eriştelerde SGMM %4.42 iken, tam un oranı en yüksek olan (%60) eriştelerde bu değer %10.46' ya kadar çıkmaktadır (Çizelge 4.28). Bu durum kepek ve aleuron partikülleri nedeniyle glutenin seyrelmesine ve gluten matrisindeki bozulmaya bağlı olabilir. Ayrıca kepek ve aleuron katmanlarında suda çözünür bileşenlerin varlığı veya daha yüksek lif içeriği de bu sonuç üzerinde etkili olmuş olabilir (Vignole ve ark., 2018).

Erişte örneklerinin SGMM üzerinde etkili "*buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonuna göre erişte örneklerinde tam buğday unu ilave oranının artmasına bağlı olarak işlem türlerinin tamamında SGMM artış göstermiş bu artış işlem görmemiş buğday unları ile formüle edilen erişte örneklerinde düşük oranda gerçekleşirken, çimlenmiş buğday unu ile hazırlanan erişte örneklerinde en yüksek oranda gerçekleşmiştir. Emmer unu ilaveli eriştelerin SGMM, tüm işlem türlerinde Esperia ve einkorn buğday unlarından elde edilen eriştelerin SGMM' ndan daha yüksek olduğu görülürken, en düşük SGMM; işlem görmemiş buğday unları ile hazırlanan formülasyonlar arasında einkorn unu katkılı örneklerde, çimlenmiş ve ÇSNIU örnekler arasında ise Esperia unu ilaveli örneklerde gözlemlenmiştir (Şekil 4.33).



Şekil 4.33. Erişte örneklerinin SGMM üzerinde etkili *"buğday çeşidi x işelm türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Liu ve ark. (2019) çalışmalarında ham, çimlenmiş ve ÇSNIU buğday unundan elde edilen noodların SGMM'nı karşılaştırdıklarında; en düşük pişme kaybını ham buğdaydan üretilen erişte örneklerinde (%10.1), en yüksek pişme kaybını çimlenmiş buğday unundan elde edilen erişte örneklerinde (%12.6) belirlemiştir. Erişte formülasyonunda ÇSNIU unun kullanılması eriştenin pişme özelliklerini önemli ölçüde etkilemiş ve çimlendirilmiş buğday ununun ikame edilmesine kıyasla daha düşük pişirme kaybına (%11.7) neden olmuştur.

Chung ve ark. (2012) buğday ununun ısıl işlem görmüş çimlenmiş pirinç unu (50 g/100 g) ile ikame edilmesinin pişirme kaybında azalmaya neden olduğunu belirten benzer sonuçlar bulmuşlardır. Isıl işlemin nişasta moleküllerini (amiloz-amiloz, amiloz-lipid, amiloz-amilopektin) etkileyerek, nişasta moleküllerinin yapısal olarak yeniden düzenlenmesini teşvik ettiği bildirilmiştir (Hoover ve Vasanthan, 1994).

Yapılan bir çalışmada 48 saat çimlendirilmiş maş fasulye ununun erişte formülasyonunda kullanılmasıyla SGMM' nın artığı rapor edilmiştir. SGMM' daki artış, eriştelerin pişirilmesi sırasında amilozların, çözünür sakkaritlerin ve çözünür proteinlerin suda çözünmesine ve pişme suyuna geçmesine atfedilmiş ve bunun sonucunda pişirme kaybının arttığı ifade edilmiştir (Liu ve ark., 2018).

4.4.2.5. Sıkılık

Erişte örneklerine ait sıkılık değerleri Çizelge 4.26'de özetlendiği gibi 380.68 g ile 839.93 g arasında değişmekte olup ortalama 648.34 g olarak belirlenmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre eriştelerin sıkılık değeri üzerinde buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonunun $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.27).

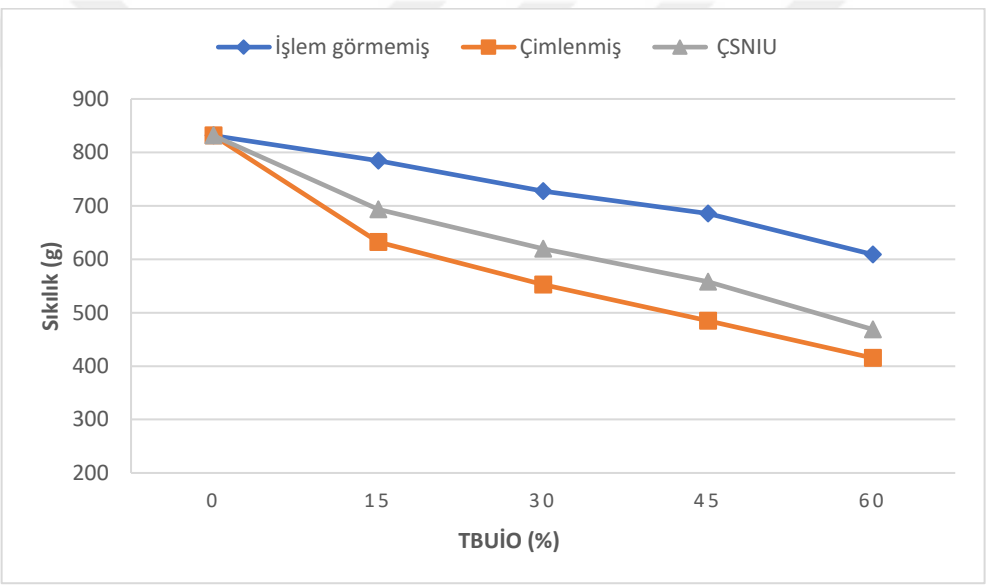
Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; en yüksek sıkılık değeri Esperia unu (675.94 g) ile hazırlanan erişte örneklerinden elde edilirken, en düşük sıkılık değeri formülasyonunda einkorn unu kullanılan örneklerden (622.90 g) elde edilmiştir (Çizelge 4.28). Emmer unu katkılı erişte örneklerinde ise sıkılık değeri einkorn unu katkılılardan daha yüksek, Esperia unu katkılı örneklerden daha düşük olup 646.17 g olarak ölçülmüştür. Literatürde glutenin makarnalardaki sertlikten sorumlu olduğu bildirilmektedir (Chompreeda ve ark., 1987). Zayıf gluten içeriğine sahip ilkel buğdayların sıkılık değerinin daha düşük olması bu buğdayların gluten miktarı ve yapıları ile ilgili olabilir.

Erişte örneklerinin sıkılık değeri hammaddelere uygulanan işlem türü açısından değerlendirildiğinde; en yüksek sıkılık değeri formülasyonunda işlem görmemiş buğday unu kullanılan erişte örneklerinde ortalama 727.52 g olarak belirlenmiştir. İşlem görmemiş un ile hazırlanan eriştelerin sıkılık değerini, ÇSNIU un ile hazırlanan erişte örneklerinin sıkılık değeri (634.19 g) takip etmiştir. En düşük sıkılık değeri ise çimlenmiş buğday unu ilaveli erişte örneklerinde (583.30 g) ölçülmüştür (Çizelge 4.28). Chung ve ark. (2012) erişte formülasyonuna dahil edilen buğday unlarının tam un formunda olması nedeniyle kepek partiküllerinin güçlü gluten matrislerinin oluşumunu engelleyerek sıkılık değerinde azalmaya neden olduğunu, ayrıca çimlenme ile birlikte nişasta ve proteinin sırasıyla daha küçük şekerlere ve çözünür peptidlere enzimatik olarak bozunması (Palmiano ve Juliano, 1972) ile erişte örneklerinde zayıf polimer ağların oluşumuna katkıda bulunarak sıkılık değerini olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir.

Erişte örneklerinin sıkılık değeri kullanılan tam buğday unu ilave oranı açısından değerlendirildiğinde; ilave oranının artması ile sıkılık değeri arasında ters bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir. Tam buğday unu ilave edilmeden üretilen erişte örneklerinin ortalama sıkılık değeri 831.42 g olarak belirlenirken, en yüksek tam buğday unu ilave oranına sahip erişte örneklerinde ortalama sıkılık değeri 497.55 g olarak ölçülmüştür

(Çizelge 4.28). Manthey ve Schorno (2002), durum irmiği yerine spagetti üretiminde tam buğday unu kullandıkları çalışmalarında makarnaların sıkılık değerinin tam buğday unu kullanımı ile azaldığını bildirmiştir.

Erişte örneklerinin sıkılık değeri üzerine etkili "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu Şekil 4.34'de verilmiştir. Her bir işlem türünde ilave edilen ilave oranındaki artış, örneklerin sıkılık değerinin azalmasına neden olmuştur. Çimlenmiş buğday unları ile hazırlanan erişte örnekleri en düşük sıkılığı gösterirken, işlem görmemiş buğday unları ile hazırlanan erişte örnekleri ise en yüksek sıkılık değerini vermiştir. ÇSNIU un ilave edilmiş erişte örnekleri ise çimlenmiş buğday unu ilaveli eriştelerden daha sıkı bir tekstürel özellik sergilemiştir.



Şekil 4.34. Erişte örneklerinin sıkılık değeri üzerinde etkili *"işelm türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Hidalgo ve ark. (2020) çalışmalarında rafine einkorn buğday unu ile ürettikleri makarna örneklerinin sıkılık değerinin (305.6 N), durum irmiğinden üretilen makarna örneklerinin sıkılık değeri (336.2 N) ile benzer olduğunu, einkorn tam buğday unundan ve çimlendirilmiş einkorn buğday unundan üretilen makarnaların sıkılık değerinden (291.0 N ve 207.5 N) ise daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Liu ve ark. (2018) çalışmalarında ham ve farklı oranlarda (%10-20) çimlenmiş ve ÇSNIU buğday unlarının noodle örneklerinin tekstrür değerleri üzerine etkisini inceledikleri çalışmada; çimlenmiş buğday ununun noodle örneklerinin sertlik değerini önemli ölçüde azalttığını bu azalmanın, buğday tanelerinin filizlenmesi sırasında α-

amilaz ve proteaz aktivitesindeki artıştan kaynaklanan hamur zayıflaması ve yapışkanlığa bağlı olabileceğini bildirmişlerdir (Lorenz ve ark., 1980).

Pişirme gibi ısıl işlemlerin uygulanması, nişasta jelatinizasyonu ve retrogradasyon olaylarını indükleyerek, pişirme streslerine dayanabilen bir nişasta ağı oluşumunu sağlar (Wang ve ark., 2014). Uygulanan işlem türlerinin farklı olması etkilerininde birbirinden farklı olmasına neden olmuştur. Eriştenin sıkılık değeri üzerinde amiloz içeriğinin (Dexter ve Matsuo, 1979; Morrison ve Azudin, 1987; Toyokawa ve ark., 1989; Wang ve ark., 2014), nişasta partikül boyutunun ve gluten içeriğinin önemli etkileri bulunmaktadır (Wang ve ark., 2014). Çimlenme ile birlikte zarar gören protein yapısı (Seol ve Sim, 2017) gluten ağının zarar görmesine neden olarak yapının sıkılığını azaltmıştır. Çimlenme sonrası uygulanan ısıl işlem erişte örneklerinde zarar gören tekstürel yapının kısmen düzeltilmesini sağlamıştır.

4.4.3. Erişte örneklerine ait kimyasal analiz sonuçları

Erişte örneklerine ait bazı kimyasal analiz sonuçları (nem, kül, protein, yağ ve TBL) Çizelge 4.29' da ve bazı antibesinsel ve biyoaktif bileşenlere ait analiz sonuçları (fitik asit, TSP, TFM, DPPH, FRAP ve CUPRAC) Çizelge 4.32'de verilmiştir. Bu değerlere ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.30 ve 4.33'de, Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.31 ve 4.34'de özetlenmiştir.

4.4.3.1. Nem

Farklı buğday çeşitleri kullanılarak üretilen erişte örneklerinin nem miktarı %8.37 ile %10.53 arasında değişmiş ve ortalama nem miktarı %9.34 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.29). Varyans analizi sonuçlarına göre; erişte örneklerinin nem miktarı üzerinde işlem türü faktörü ve "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonunun $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.30).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; buğday çeşidinin erişte örneklerinin nem miktarı üzerinde önemli bir fark oluşturmadığı ve tüm buğday çeşitlerinden üretilen eriştelerin nem miktarının aynı grupta yer aldığı görülmüştür (Çizelge 4.31).

Çizelge 4.29. Erişte örneklerine ait nem, kül, protein, yağ ve TBL analiz sonuçları[1]

Buğday çeşidi	İşlem türü	TBUİO[2] (%)	Nem (%)	Kül (%)	Protein (%)	Yağ (%)	TBL[3] (%)
Esperia	İşlem görmemiş	0	9.38±0.03	1.23±0.01	13.11±0.10	3.53±0.28	3.45±0.07
		15	9.53±0.26	1.29±0.05	13.55±0.10	3.64±0.42	4.57±0.18
		30	9.30±0.41	1.46±0.01	13.65±0.04	3.81±0.07	6.03±0.13
		45	9.20±0.30	1.63±0.02	13.74±0.11	3.90±0.09	7.61±0.11
		60	8.58±1.41	1.79±0.03	13.91±0.11	4.09±0.10	8.71±0.33
	Çimlenmiş	0	9.38±0.03	1.23±0.07	13.11±0.10	3.53±0.28	3.45±0.07
		15	9.00±0.29	1.37±0.06	13.96±0.28	3.59±0.25	4.74±0.14
		30	8.71±0.05	1.54±0.04	14.26±0.85	3.72±0.30	6.20±0.07
		45	8.53±0.40	1.72±0.14	14.52±0.64	3.83±0.00	8.09±0.14
		60	8.37±0.06	2.00±0.16	14.79±0.17	3.94±0.58	9.05±0.25
	ÇSNIU[4]	0	9.38±0.28	1.23±0.07	13.11±0.10	3.53±0.28	3.45±0.07
		15	10.10±0.11	1.44±0.07	14.00±0.23	3.57±0.20	4.59±0.11
		30	10.25±0.18	1.60±0.03	14.35±0.12	3.69±0.17	6.21±0.18
		45	10.31±0.20	1.90±0.16	14.79±0.12	3.79±0.15	7.85±0.44
		60	10.33±0.14	2.04±0.13	14.97±0.15	3.90±0.04	8.78±0.31
Einkorn	İşlem görmemiş	0	9.37±0.05	1.21±0.01	13.14±0.54	3.57±0.06	3.49±0.05
		15	8.96±0.00	1.37±0.18	13.96±0.16	3.65±0.00	4.03±0.19
		30	8.62±0.11	1.54±0.07	14.26±0.21	3.86±0.44	4.87±0.45
		45	8.60±0.46	1.72±0.20	14.52±0.27	4.07±0.16	5.45±0.19
		60	8.56±0.38	2.00±0.28	14.79±0.77	4.21±0.10	6.58±0.15
	Çimlenmiş	0	9.37±0.05	1.21±0.01	13.14±0.54	3.57±0.06	3.49±0.05
		15	8.76±0.62	1.41±0.19	14.00±0.16	3.56±0.00	4.19±0.11
		30	8.73±0.86	1.57±0.23	14.39±0.18	3.77±0.35	4.98±0.19
		45	8.69±0.62	1.79±0.26	14.66±0.18	3.89±0.09	5.81±0.18
		60	8.44±0.00	2.05±0.38	14.96±0.17	4.02±0.41	6.72±0.24
	ÇSNIU	0	9.37±0.05	1.21±0.01	13.14±0.54	3.57±0.06	3.49±0.05
		15	10.17±0.00	1.39±0.18	13.95±0.15	3.58±0.06	4.11±0.03
		30	10.19±0.35	1.58±0.07	14.41±0.21	3.72±0.08	4.90±0.13
		45	10.32±0.25	1.78±0.03	14.65±.13	3.86±0.13	5.79±0.34
		60	10.38±0.52	2.03±0.04	14.98±0.17	3.98±0.21	6.68±0.30
Emmer	İşlem görmemiş	0	9.36±0.28	1.19±0.01	13.10±0.57	3.58±0.26	3.42±0.05
		15	9.24±0.28	1.44±0.17	14.00±0.13	3.72±0.24	3.94±0.03
		30	8.80±0.33	1.60±0.14	14.35±0.20	3.95±0.54	4.53±0.13
		45	8.70±0.49	1.90±0.28	14.79±0.21	4.13±0.17	5.18±0.34
		60	8.69±0.54	2.04±0.35	14.97±0.92	4.28±0.04	6.25±0.30
	Çimlenmiş	0	9.36±0.28	1.19±0.01	13.10±0.57	3.58±0.26	3.42±0.05
		15	9.38±0.00	1.49±0.17	14.04±0.14	3.61±0.18	4.10±0.21
		30	9.30±0.42	1.67±0.18	14.44±0.99	3.82±0.26	4.82±0.16
		45	9.26±0.14	1.95±0.33	14.88±0.14	3.99±0.37	5.36±0.16
		60	8.83±0.11	2.19±0.31	15.10±0.16	4.07±0.48	6.46±0.11
	ÇSNIU	0	9.36±0.28	1.19±0.01	13.10±0.57	3.58±0.14	3.42±0.05
		15	10.09±0.23	1.46±0.05	14.00±0.18	3.60±0.09	3.92±0.033
		30	10.09±0.12	1.65±0.01	14.41±0.92	3.79±0.00	4.61±0.01
		45	10.39±0.37	1.96±0.01	14.85±0.14	3.97±0.09	5.26±0.04
		60	10.53±0.04	2.20±0.09	15.05±0.25	3.96±0.21	6.35±0.34
Minimum-maksimum			8.37-10.53	1.19-2.20	13.10-15.10	3.53-4.28	3.42-9.05
Ortalama±std			9.34±0.64	1.61±0.30	14.15±0.65	3.79±0.20	5.30±1.58

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. [2]Tam buğday unu ilave oranı. [3]Toplam besinsel lif. [4]Çimlendikten sonra nemli-ısıl işlem uygulanmış.

Çizelge 4.30. Erişte örneklerinin nem, kül, protein, yağ ve TBL değerlerine ait varyans analizi sonuçları[1]

VK	SD	Nem		Kül		Protein		Yağ		TBL[2]	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Buğday çeşidi (A)	2	0.28	1.12ns	0.22	10.69**	3.71	134.78**	0.08	1.48ns	18.19	458.36**
İşlem türü (B)	2	12.54	50.41**	0.02	0.89ns	0.05	1.85*	0.14	2.40*	0.26	6.43**
TBUİO[3] (C)	4	0.18	0.73ns	1.73	83.13**	6.27	227.77**	0.78	13.83**	42.43	1068.92**
(AxB)	4	0.35	1.40ns	0.00	0.04ns	0.00	0.08ns	0.01	0.04ns	0.01	0.20ns
(AxC)	8	0.04	0.18ns	0.03	1.63ns	0.35	12.84**	0.01	0.12ns	2.25	56.58**
(BxC)	8	0.99	3.99**	0.00	0.08ns	0.01	0.19ns	0.01	0.24ns	0.03	0.64ns
(AxBxC)	16	0.05	0.18ns	0.00	0.03ns	0.01	0.37ns	0.00	0.01ns	0.01	0.17ns
Hata		0.13		0.02		0.02		0.03		0.04	

[1]* p<0.05 düzeyinde önemli, ** p<0.01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz. [2]Toplam besinsel lif. [3]Tam buğday unu ilave oranı.

Çizelge 4.31. Erişte örneklerinin nem, kül, protein, yağ ve TBL değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

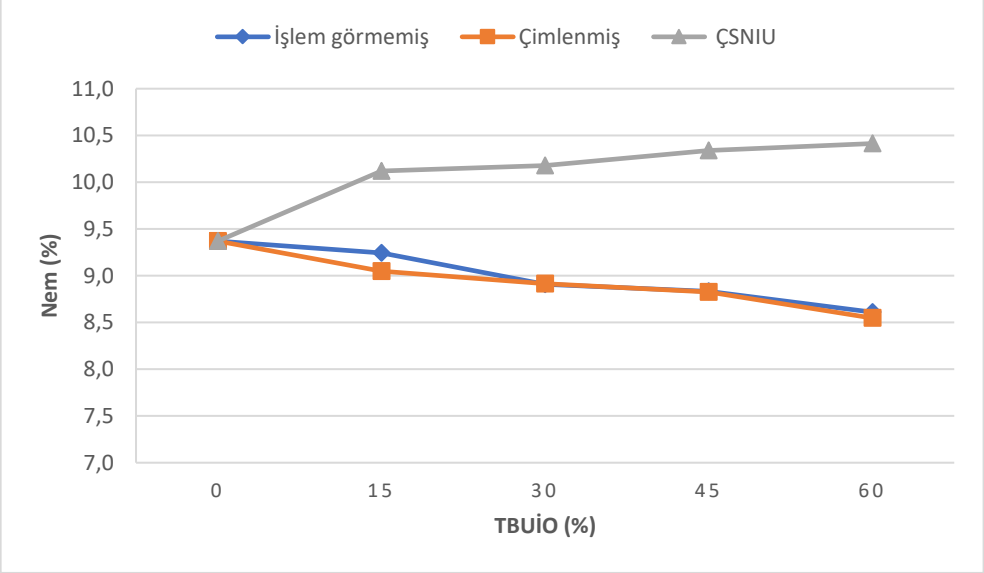
Faktör	n	Nem (%)	Kül (%)	Protein (%)	Yağ (%)	TBL[2] (%)
Buğday çeşidi						
Esperia	30	9.36±0.74a	1.50±0.21c	13.63±0.29b	3.74±0.17a	6.19±2.00a
Einkorn	30	9.24±0.78a	1.59±0.29b	14.12±0.61a	3.79±0.20a	4.97±1.14b
Emmer	30	9.43±0.65a	1.67±0.34a	14.21±0.69a	3.84±0.22a	4.74±1.03c
İşlem türü						
İşlem görmemiş	30	8.99±0.46b	1.56±0.27a	13.99±0.60b	3.87±0.24a	5.21±1.53b
Çimlenmiş	30	8.94±0.44b	1.61±0.30a	14.07±0.64a	3.77±0.18ab	5.39±1.63a
ÇSNIU[3]	30	10.24±0.60a	1.60±0.31a	14.05±0.66a	3.74±0.16ab	5.29±1.59ab
TBUİO[4] (%)						
0	18	9.37±0.55a	1.21±0.04e	13.12±0.06e	3.56±0.13c	3.45±0.05e
15	18	9.47±0.55a	1.40±0.11d	13.86±0.24d	3.61±0.12c	4.24±0.32d
30	18	9.33±0.69a	1.56±0.11c	14.15±0.36c	3.79±0.23b	5.24±0.68c
45	18	9.33±0.80a	1.79±0.18b	14.42±0.48b	3.94±0.18ab	6.26±1.15b
60	18	9.19±0.95a	1.99±0.21a	14.64±0.52a	4.04±0.26a	7.29±1.13a

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05). [2]Toplam besinsel lif. [3]Çimlendikten sonra nemli-ısıl işlem uygulanmış. [4]Tam buğday unu ilave oranı.

Erişte lerin nem miktarı buğdaya uygulanan işlem türü açısından değerlendirildiğinde; işlem görmemiş buğday unu ile hazırlanmış örneklerin ortalama nem miktarı (%8.99), çimlenmiş buğday unu kullanılarak hazırlanan erişte örneklerinin ortalama nem miktarına benzer (%8.94) bulunurken, ÇSNIU buğday unu kullanılarak hazırlanan erişte örneklerinin ortalama nem miktarından (%10.24) düşük bulunmuştur (Çizelge 4.31).

Çizelge 4.31'de verilen sonuçlar incelendiğinde; kullanılan tam buğday unu ilave oranına bağlı olarak örneklerin nem içeriklerinde genel olarak sayısal bir azalış olduğu görülmekte olup, bu azalış istatistiksel olarak örnekler arasında önemli bir fark oluşturmamıştır. Tam buğday unu kullanılmayan erişte örneğinin nem miktarı %9.37 olarak belirlenirken, en yüksek tam buğday ilave oranına (%60) sahip örneklerin nem içeriği %9.19 olarak belirlenmiştir.

Erişte örneklerinin nem miktarı üzerine etkili *"işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu Şekil 4.35'de verilmiştir. Erişte formülasyonunda artan oranda ÇSNIU buğday unu kullanımı örneklerin nem içeriğini artırırken, işlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unu kullanımı erişte örneklerinin nem içeriğini azaltmıştır. %60 tam buğday unu kullanımında, ÇSNIU ile işlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unları kullanılarak hazırlanan eriştelerin nem miktarı arasındaki fark artmıştır.



Şekil 4.35. Erişte örneklerinin nem miktarı üzerinde etkili "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu

Brandolini ve ark. (2018) kısa kesme einkorn makarnalarının nem miktarının %9.7 ile %10.9 arasında değiştiğini ve ekmeklik buğday unundan üretilen kısa kesme

makarna örneklerinin nem içeriğinden (%10.1 ile %10.8) daha düşük olduklarını bildirmiştir. Hidalgo ve ark. (2020) çalışmalarında rafine einkorn buğday unundan (partikül boyutu <200 μm) üretilen geleneksek makarnanın nem içeriğini %13.7, tam einkorn unundan (partikül boyutu <200 μm) üretilen makarnanın nem içeriğini %13.2 ve durum irmiğinden üretilen makarnanın nem içeriğini %13.0 olarak rapor etmişlerdir.

Kalnina ve ark. (2015) tam buğday unu, çavdar ve kavuzsuz arpa ununun makarnaların bazı kalite özellikleri üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında; artan oranda tam buğday unu kullanılarak hazırlanan örneklerin nem içeriğinin kontrol örneğine göre azaldığını bildirmişlerdir. %10 tam buğday unu ile hazırlanan örneklerin nem içeriği ortalama %13.78 olarak, %50 oranında tam buğday unu ile hazırlanan örneklerin nem içeriği ortalama %12.27 olarak rapor edilmiştir.

Aydın (2009) yulaf ilavesinin eriştenin kalite kriterlerine etkisini araştırdığı çalışmasında, artan oranda yulaf unu kullanımı ile kontrol örneğinde %8.04 olan nem içeriğinin, %40 yulaf kullanım oranında %6.60'a düştüğünü bildirmiştir.

4.4.3.2. Kül

Erişte örneklerinin kül miktarı %1.19-2.20 arasında değişmekte olup, ortalama %1.61 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.29). Varyans analizi sonucuna göre, erişte örneklerinin kül miktarı üzerinde buğday çeşidi ve tam buğday unu ilave oranı faktörlerinin $p<0.01$ düzeyinde önemli etkiye sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.30).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; emmer buğday unu ilaveli erişte örneklerinin kül miktarı (%1.67), sırasıyla einkorn (%1.59) ve Esperia (%1.50) buğday unu ilaveli örneklerin kül miktarından daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.31). Bu durum, emmer buğday ununun hem einkorn hem de Esperia buğday ununa kıyasla daha yüksek kül içeriğine sahip olmasından kaynaklanmış olabilir (Çizelge 4.20). Belcar ve ark. (2020) ilkel buğdayların ve unlarının teknolojik özelliklerini inceledikleri çalışmalarında, rafine buğday ununun kül içeriğini %0.81, rafine einkorn buğday ununun %1.09 ve rafine emmer buğday unun kül içeriğini ise %1.14 olarak rapor etmiştir. Brandolini ve ark. (2008) einkorn tam buğday ununun kül içeriğini %2.35, durum buğday ununun kül içeriğini %1.96 ve ekmeklik buğday ununun kül içeriğini %1.95 olarak bildirmişlerdir. Hidalgo ve ark. (2020) geleneksel tam einkorn buğday unundan üretilen

makarna örneğinde kül içeriğini %2.06 olarak bildirirken aynı çalışmada rafine einkorn buğday unundan üretilen örneklerde kül içeriği %0.69 olarak bildirilmiştir.

Sonuçlar işlem türü faktörü açısından değerlendirildiğinde; çimlenmiş buğday unları ile üretilen erişte örneklerinin kül miktarı işlem görmemiş ve ÇSNIU unlar ile hazırlanan erişte örneklerinin kül içeriğinden sayısal olarak daha yüksek bulunmuş, ancak aralarında istatistiki olarak önemli bir fark olmadığı görülmüştür (Çizelge 4.31). Hung ve ark. (2012) 48 saat çimlendirmenin ardından buğdayın kül miktarının 18.0 g/kg'dan 19.4 g/kg'a yükseldiğini bildirmişlerdir. Thao ve Niwat (2018) çimlendirilmiş kahverengi pirinç ununu farklı oranlarda işlem görmemiş pirinç unu ile yer değiştirerek taze erişte üretiminde kullandıkları çalışmalarında, örneklerin kül içeriğinin arttığını rapor etmiştir. Kontrol erişte örneğinde %0.34 olan kül içeriği, %50 oranında çimlendirilmiş pirinç unu içeren erişte örneğinde %0.80 olarak bildirilmiştir.

Tam buğday unu ilave oranının örneklerin kül miktarı üzerine etkisi incelendiğinde; artan tam buğday unu ilave oranına bağlı olarak eriştelerin kül miktarının arttığı görülmüştür (Çizelge 4.31). Katkı olarak kullanılan buğday unlarının tam un formunda kullanılması ve kül içeriklerinin kontrol erişte üretiminde kullanılan rafine beyaz undan yüksek olması, erişte örneklerinin kül içeriğinin artmasında etkili faktör olabilir. Nocente ve ark. (2021) makarna üretiminde %5-10 oranlarında einkorn buğday unu kullanımının makarna örneklerinin kül içeriğini artırdığını rapor etmişlerdir. Durum irmiğinden üretilen makarna örneğinde %0.86 olarak belirlenen kül içeriği, %10 einkorn unu içeren örnekte %1.10 olarak rapor edilmiştir.

4.4.3.3. Protein

Erişte örneklerinin protein miktarı %13.10 ile %15.10 arasında değişmiş olup, ortalama %14.15 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.29). Varyans analizi sonucuna göre erişte örneklerinin protein miktarları üzerinde buğday çeşidi ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile *"buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonunun $p<0.01$ düzeyinde, işlem türü faktörü ise $p<0.05$ düzeyinde önemli etkiye sahip olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.30).

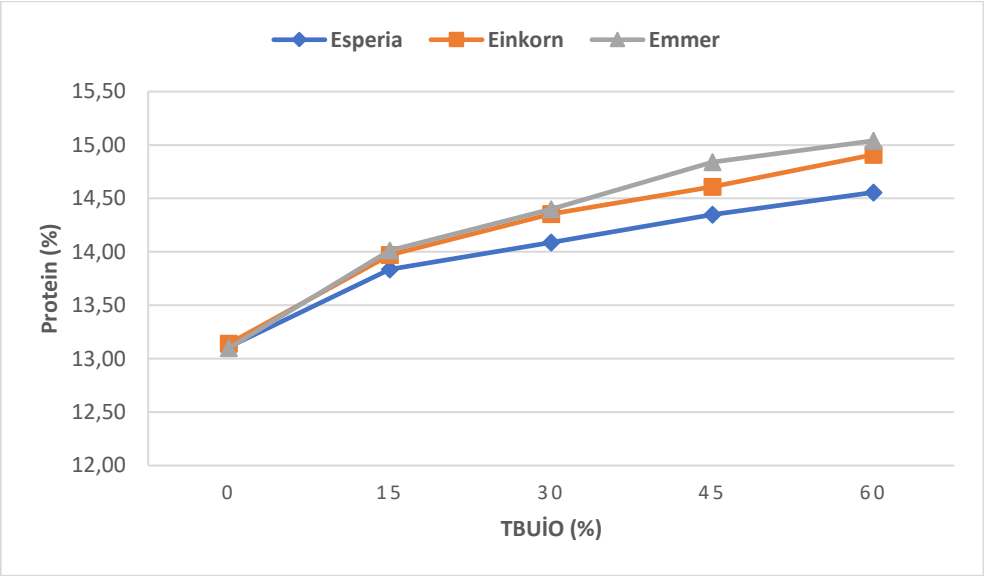
Erişte örneklerinin protein miktarı üzerinde buğday çeşidinin etkisi incelendiğinde; emmer ve einkorn buğday unu ilaveli erişte örneklerinin protein içeriği (%14.21 ve %14.12), Esperia buğday unu ilaveli erişte örneklerinin protein içeriğinden

(%13.63) yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.31). İlkel buğdaylar ile modern buğdaydan üretilen eriştelerin protein miktarları arasındaki istatistiksel olarak önemli bulunan bu fark Brandolini ve ark. (2008) tarafından da rapor edildiği üzere, einkorn ve emmer buğday unlarının modern ekmeklik buğday unundan daha yüksek protein içermesi ile ilişkilendirilebilir.

Sonuçlar işlem türü açısından değerlendirildiğinde; çimlendirilmiş buğdaylardan elde edilen tam unlardan ve ÇSNIU tam unlardan üretilen erişte örneklerinin protein miktarı (%14.07 ve %14.05), işlem görmemiş buğday unlarından üretilen erişte örneklerinin protein içeriğinden (%13.99) yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.31). Demir ve Bilgiçli (2020) çalışmalarında 2 gün süreyle 20 ºC' de %80-90 rutubette çimlendirdikleri kinoadan elde ettikleri unları farklı oranlarda makarna üretiminde kullanmışlardır. %30 oranında çimlenmiş kinoa unu kullanılarak hazırlanan makarnaların protein içeriği, kontrol örneğinin protein içeriğinden 1.33 kat daha yüksek bulmuşlardır. Çimlenme ile artan protein içeriği; tohumların filizlenmesi sırasında gerçekleşen amino asit sentezine atfedilebileceği gibi (Marero ve ark., 1989; Uwaegbute ve ark., 2000), çimlenme sırasında nişasta hidrolizine bağlı proteinlerin oransal olarak artışına da bağlanabilmektedir (Demir ve Bilgiçli, 2021).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları tam buğday unu ilave oranı açısından incelendiğinde; işlem görmemiş, çimlenmiş ya da ÇSNIU tam buğday unu kullanım oranı arttıkça erişte örneklerindeki protein miktarı da yükselmiştir. En düşük protein miktarı tam buğday unu içermeyen kontrol örneğinde %13.12 olarak belirlenirken, en yüksek protein içeriği %14.64 olarak %60 tam buğday unu ilaveli eriştelerden elde edilmiştir (Çizelge 4.31). Bu artışın nedeni Esperia, einkorn ve emmer tam buğday unlarının protein miktarlarının rafine buğday ununun protein miktarından yüksek olmasına bağlanabilir (Çizelge 4.20).

Erişte örneklerinin protein miktarı üzerinde etkili "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonunun verildiği Şekil 4.36 incelendiğinde; artan oranlarda Esperia, einkorn ve emmer buğday unlarının kullanımına bağlı olarak eriştelerin protein miktarının artığı, bu artışın en fazla emmer unu ilaveli örneklerde olduğu, en az artışın ise Esperia unu ilaveli örneklerde gerçekleştiği görülmektedir. Artan ilave oranına bağlı olarak farklı buğday çeşitlerinden üretilen erişte örneklerine ait protein miktarları arasındaki fark artmıştır.



Şekil 4.36. Erişte örneklerinin protein miktarı üzerinde etkili *"buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

4.4.3.4. Yağ

Erişte örneklerinin yağ miktarı %3.53 ile %4.28 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.29). Yapılan varyans analizi sonucunda örneklerin yağ miktarı üzerinde tam buğday unu ilave oranı faktörünün $p<0.01$ düzeyinde, işlem türü faktörünün ise $p<0.05$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.30).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; Esperia, einkorn ve emmer buğday unlarını içeren eriştelerin ortalama yağ miktarı sırasıyla %3.74, %3.79 ve %3.84 olarak belirlenmiş olup, aralarındaki sayısal farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.31).

Sonuçlar uygulanan işlem türü bakımından değerlendirildiğinde; işlem görmemiş buğday unlarından üretilen erişte örneklerinin yağ miktarı (%3.87), çimlenmiş buğdaylardan elde edilen tam unlarından ve ÇSNIU buğday unlarından hazırlanan erişte örneklerinin yağ miktarından (%3.77 ve %3.74) sayısal olarak daha yüksek bulunmuş olup, istatistiksel olarak aynı grupta yer almışlardır (Çizelge 4.31). Çimlenme sırasında artan lipolitik enzim aktivitesi; yağı, yağ asitlerine ve gliserole hidrolize ederek bu azalmaya neden olmuş olabilir.

Elde edilen sonuçlar tam buğday unu ilave oranı açısından incelendiğinde; erişte örneklerinde yağ miktarı artan tam buğday unu ilave oranına bağlı olarak artış eğilimi göstermiştir. En yüksek yağ içeriği %40-60 oranında tam buğday unu içeren erişte örneklerinden elde edilmiştir (Çizelge 4.31). Rafine buğday ununan üretilmiş olan

kontrol örneği buğday tanesinin neredeyse yağ depolarının tamamını oluşturan ruşeym ve kepek katmanlarını içermemesi nedeniyle yağ içeriği en düşük örnek olmuştur.

4.4.3.5. Toplam besinsel lif

Erişte örneklerinin toplam besinsel lif (TBL) miktarı %3.42 ile %9.05 arasında değişmekte olup, ortalama %5.30 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.29). Varyans analizi sonuçlarına göre; erişte örneklerinin TBL miktarı üzerinde buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonun $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.30).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları buğday çeşidi açısından değerlendirildiğinde; en yüksek TBL miktarı Esperia buğday unu kullanılan örneklerde ortalama %6.19 olarak belirlenmiş, bu örnekleri ortalama %4.97 ile einkorn unu içeren örnekler takip etmiş, en düşük TBL miktarı ise emmer unu kullanılarak hazırlanan örneklerde ortalama %4.74 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.31). Kulathunga ve ark. (2021) tarafından ilkel buğday ve modern buğdayların çeşitli özelliklerinin araştırıldığı çalışmada; einkorn, emmer ve ekmeklik buğday için TBL içeriği sırasıyla %15.1, %19.1 ve %19.2 olarak rapor edilmiştir. Løje ve ark. (2003) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise einkorn buğdayı için TBL içeriği %8.7, emmer için %7.9 ve modern ekmeklik buğday için %12.3 olarak bildirilmişlerdir. Modern buğdayların, ilkel buğdaylardan daha yüksek TBL içeriğine sahip olması; erişte örneklerinde de daha yüksek TBL miktarının elde edilmesine neden olmuş olabilir.

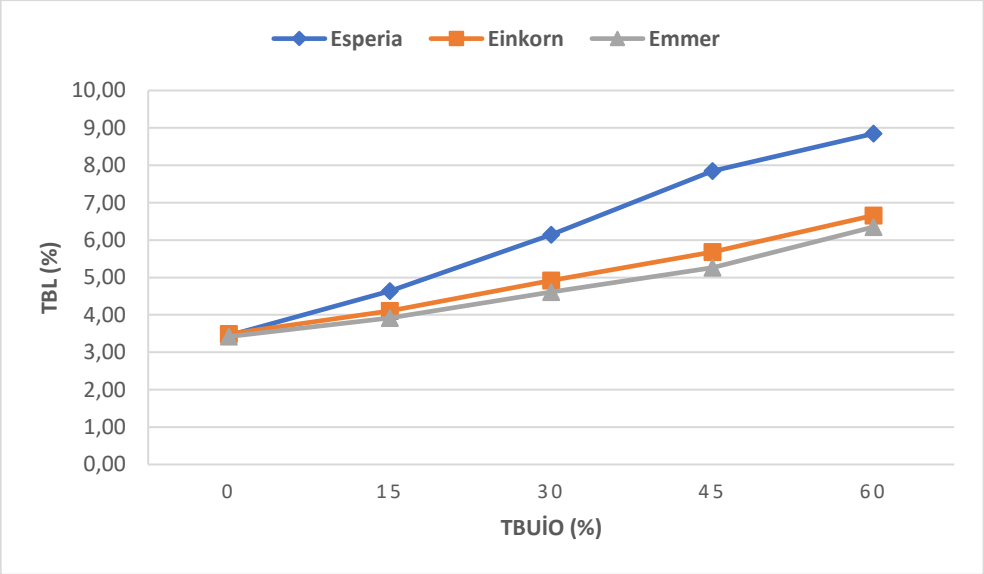
Sonuçlar işlem türü açısından değerlendirildiğinde; çimlenmiş buğday unu kullanılan örneklerin TBL içeriği, işlem görmemiş undan üretilen erişte örneklerine göre artırmıştır. Çimlenmiş buğday unu kullanılarak hazırlanan eriştelerin TBL miktarı %5.39, işlem görmemiş buğdaylar ile hazırlanan erişte örneklerinin %5.21 ve ÇSNIU buğday unlarından elde edilen eriştelerin ise aynı değeri %5.29 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.31).

Koehler ve ark. (2007) farklı sıcaklıklarda (15, 20, 25 ve 30 ºC) 168 saat çimlendirilen buğdayların TBL içeriğinin çimlenmenin ilk 48 saattinde azaldığını ve ardından artan çimlenme süresine bağlı olarak yükseldiğini rapor etmiştir. Çalışmada; çimlenmenin başlangıcında çözünür diyet lif miktarı değişmezken, artan çimlenme süresi ile artış göstermiş, çözünmez lif içeriği ise azalış göstermiştir. Bununla birlikte, çözünmez

diyet lif içeriğindeki azalmanın, çözünür diyet lif miktarındaki artıştan daha düşük olduğunu, sonuç olarak da toplam diyet lifi miktarında genel bir artışın meydana geldiğini ve 25 ºC'de 96 saatlik çimlendirme işleminin ardından buğday örneklerinin TBL içeriğinin %25 oranında arttığını bildirmişlerdir.

Çizelge 4.31'de verilen Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları tam buğday unu ilave oranı açısından değerlendirildiğinde; erişte formülasyonunda artan tam buğday unu ilave oranı örneklerin TBL içeriğinde artışa neden olmuş, tam buğday unu içermeyen erişte örneğinin ortalama TBL içeriği %3.45 olarak belirlenirken, %60 oranında tam buğday unu içeren örneklerin ortalama TBL içeriği %7.29'a çıkmıştır. Bu durum tam buğday unu ilavesine bağlı beklenen bir artıştır.

Erişte örneklerinde TBL miktarı üzerine etkili ($p<0.01$) olan "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu Şekil 4.37'de verilmiş olup, formülasyonda kullanılan tam un ilave oranının artmasına ile erişte örneklerinin TBL miktarı artmıştır. Artış oranı Esperia buğday unu ilaveli örneklerde daha yüksek olup, einkorn ve emmer buğday unu ilaveli olanlarda daha düşük bir eğimde artış gerçekleşmiştir. Artan ilave oranı ile birlikte Esperia buğday unu kullanılan örnekler ile einkorn ve emmer unu ilaveli örnekler arasındaki TBL miktarı farkı açılmıştır.



Şekil 4.37. Erişte örneklerinin TBL miktarı üzerinde etkili *"buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Torres ve ark. (2007), 20 ºC 4 gün süreyle çimlendirilmiş güvercin bezelyesini farklı oranlarda (%5, 8 ve 10) makarna yapımında kullanmışlardır. Makarnaya %10 oranında çimlenmiş bezelye unu ilave edildiğinde, örneklerin protein, kül ve TBL

içeriklerinin sırasıyla %14.8, %0.56 ve %4.73' den, %17.3, %0.96 ve %5.56'ya yükseldiğini belirlemişlerdir.

Demir ve Bilgiçli (2020) çimlendirilmiş kinoa ununun makarna üretiminde kullanılması ile örneklerin protein ve kül içeriklerinin arttığını, yağ içeriğinin ise azaldığını ifade etmişlerdir.

Sofi ve ark. (2020) noodle üretimde farklı oranlarda (%5-20) çimlenmiş nohut unu kullanımı ile, kontrol noodle örneğine göre kül, protein ve TBL miktarında artış rapor etmişlerdir.

4.4.3.6. Fitik asit

Erişte örneklerinin fitik asit miktarına ait sonuçlar Çizelge 4.32'de verilmiştir. Erişte örneklerinin fitik asit miktarı 221.78 mg/100g ile 1346.15 mg/100g arasında değişim göstermekte olup, ortalama 634.16 mg/100g olarak belirlenmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre örneklerin fitik asit miktarı üzerinde buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" ve "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonlarının $p<0.01$ düzeyinde "*buğday çeşidi x işlem türü*" interaksiyonun ise $p<0.05$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.33).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; emmer buğday unu ilaveli erişte örneklerinin fitik asit miktarı (716.34 mg/100g), einkorn ve Esperia buğday unlarının ilavesiyle hazırlanan erişte örneklerinin fitik asit miktarlarından (605.59 mg/100g ve 580.53 mg/100g) yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.34). Hammaddelerin fitik asit miktarının son ürün olan eriştelere yansıdığı düşünülmektedir. Çetiner ve Çetiner (2020) Ankara ve Sivas illerinde yetiştirilen Esperia tam buğday unun fitik asit miktarını sırasıyla %0.65, ve %0.93 olarak bildirirken, aynı çalışmada einkorn tam unu için fitik asit miktarı %1.12 rapor etmişlerdir.

Hendek Ertop (2019) yaptığı çalışmada einkorn buğdayı, unu ve bulgurunun fitik asit içeriklerini sırasıyla 2132.81 mg/100g, 2043.78 mg/100g ve 1715.63 mg/100g olarak bulmuştur. Cankurtaran ve Bilgiçli (2021) einkorn bulguru ve emmer buğday unu kullanarak ürettikleri kuskus çalışmasında einkorn bulguru için fitik asit içeriğini 1119.66 mg/100 g, emmer buğday unu için ise aynı değeri 1360.76 mg/100 g olarak bildirmişlerdir.

Çizelge 4.34'de verilen sonuçlar hammaddelere uygulanan işlem türü açısından incelendiğinde; en yüksek fitik asit içeriği işlem görmemiş buğday unu kullanılarak hazırlanan erişte örneklerinde ortalama 729.74 mg/100g olarak belirlenirken, en düşük fitik asit içeriği ÇSNIU unlar kullanılarak hazırlanan erişte örneklerinde 560.22 mg/100g olarak bulunmuştur. Çimlenmiş buğday unu kullanılarak hazırlanan erişte örneklerinde ise ortalama fitik asit içeriği 612.51 mg/100g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.34).

Çizelge 4.32. Erişte örneklerine ait fitik asit, TSP, TFM ve antioksidan aktivite sonuçları[1]

Buğday çeşidi	İşlem türü	TBUİO[2] (%)	Fitik asit (mg/100g)	TSP[3] µg/g (LE)	TFM[4] (mg GAE/kg)	DPPH[5] (mg TE/kg)	FRAP[6] (µmol TE/g)	CUPRAC[7] (µmol TE/g)
Esperia	İşlem görmemiş	0	223.45±16.82	6.11±0.04	395.38±9.05	203.50±11.24	0.51±0.01	1.76±0.08
		15	573.99±8.79	6.13±0.03	413.54±1.45	283.80±64.59	0.75±0.01	1.92±0.07
		30	721.94±17.43	6.29±0.16	441.90±8.70	375.04±34.16	1.05±0.02	2.01±0.05
		45	821.94±7.75	6.47±0.04	494.04±6.54	400.24±19.88	1.39±0.16	2.61±0.03
		60	937.01±23.25	6.60±0.00	517.54±2.30	446.56±8.64	1.75±0.21	2.86±014
	Çimlenmiş	0	223.45±16.82	6.11±0.04	395.38±9.05	203.50±11.24	0.51±0.01	1.76±0.08
		15	432.89±28.31	6.78±0.04	499.18±7.28	398.66±17.06	1.09±0.01	7.03±0.13
		30	634.26±25.18	6.80±0.09	583.72±5.80	463.03±28.43	1.78±0.07	7.95±0.05
		45	728.78±30.99	6.87±0.35	618.81±4.49	542.67±45.09	2.23±0.10	9.76±0.07
		60	815.09±17.44	7.14±0.03	686.35±7.37	621.38±73.63	2.88±0.14	12.77±0.17
	ÇSNIU[8]	0	223.45±16.82	6.11±0.04	395.38±9.05	203.50±11.24	0.51±0.01	1.76±0.08
		15	416.45±85.24	5.92±0.26	488.38±14.55	321.58±5.91	0.94±0.01	5.41±0.10
		30	518.73±49.08	6.13±0.01	529.65±13.02	428.20±10.55	1.36±0.05	6.85±0.11
		45	661.20±80.07	6.35±0.06	539.88±14.45	475.76±4.54	1.82±0.29	8.24±0.09
		60	775.37±50.38	6.50±0.07	624.79±35.28	526.88±35.65	2.14±0.08	11.69±0.78
Einkorn	İşlem görmemiş	0	224.40±6.25	6.13±0.06	392.76±4.55	201.07±7.21	0.53±0.04	1.78±0.18
		15	565.76±11.63	7.32±0.00	433.93±21.84	312.64±11.46	0.87±0.07	2.12±0.08
		30	712.35±13.57	7.74±0.01	466.45±24.9	368.83±59.75	1.15±0.21	2.66±0.12
		45	942.49±7.75	9.19±0.74	502.19±28.71	444.73±9.70	1.46±0.04	2.94±0.11
		60	1002.76±46.49	10.40±0.03	526.68±20.60	501.77±22.63	1.89±0.41	3.14±0.16
	Çimlenmiş	0	224.40±6.25	6.13±0.06	392.76±4.55	201.07±7.21	0.53±0.04	1.78±0.18
		15	471.24±139.49	7.50±0.01	516.80±21.84	390.50±13.73	1.37±0.04	6.53±0.12
		30	668.51±54.25	8.74±0.19	594.87±24.92	525.56±17.27	1.87±0.03	10.61±0.08
		45	721.48±18.08	10.33±0.09	642.83±28.7	609.04±25.56	2.40±0.03	13.17±0.30
		60	893.17±38.75	11.00±0.08	703.48±20.60	715.04±46.56	3.28±0.06	15.52±0.90
	ÇSNIU	0	224.40±6.25	6.13±0.06	392.76±4.55	201.07±7.21	0.53±0.04	1.78±0.18
		15	454.81±15.49	6.60±0.04	510.14±27.86	348.72±25.91	1.10±0.16	5.22±0.41
		30	586.31±46.49	7.69±0.09	574.42±19.00	440.77±11.48	1.64±0.07	7.08±0.04
		45	608.23±23.25	8.66±0.08	579.89±7.74	582.64±44.22	2.16±0.36	9.15±0.16
		60	783.58±38.75	9.74±0.00	649.74±32.37	656.44±68.71	2.63±0.21	12.92±0.25
Emmer	İşlem görmemiş	0	221.78±14.45	6.17±0.07	393.20±6.56	201.79±8.00	0.58±0.13	1.72±0.06
		15	704.13±42.62	6.56±0.07	461.31±21.80	400.02±18.99	0.940.02	2.480.06
		30	843.86±23.24	6.70±0.02	504.40±29.13	497.79±18.57	1.26±0.01	2.96±0.04
		45	1104.14±73.62	7.05±0.01	518.26±7.28	530.04±31.57	1.57±0.04	3.54±0.06
		60	1346.15±149.82	7.88±0.20	576.85±14.51	545.79±46.85	1.93±0.05	3.84±0.11
	Çimlenmiş	0	221.78±14.45	6.17±0.07	393.20±6.56	201.79±8.00	0.58±0.13	1.72±0.06
		15	613.71±15.50	6.76±0.026	529.45±26.01	446.46±28.57	1.46±0.15	8.98±0.20
		30	703.21±36.16	7.18±0.21	657.71±11.68	557.04±12.91	2.23±0.11	11.24±0.51
		45	885.87±82.65	8.05±0.04	852.69±31.09	621.86±31.38	2.97±0.01	15.03±0.98
		60	949.79±33.58	9.01±0.09	957.65±10.68	768.49±34.43	3.63±0.18	18.91±0.95
	ÇSNIU	0	221.78±14.45	6.17±0.07	393.20±6.56	201.79±8.00	0.58±0.013	1.72±0.06
		15	573.53±28.41	6.33±0.04	515.60±19.59	393.44±11.30	1.23±0.11	7.97±0.04
		30	646.59±31.00	6.48±0.06	651.90±16.78	502.83±13.65	2.11±0.00	9.49±0.30
		45	768.97±87.82	6.84±0.01	707.89±34.51	549.88±17.07	2.79±0.01	12.27±0.06
		60	939.84±42.76	7.39±0.17	874.16±22.91	629.62±12.77	3.12±0.00	15.01±0.51
Minimum-maksimum			221.78-1346.15	6.11-11.00	392.76-957.65	201.07-768.49	0.51-3.63	1.72-18.91
Ortalama±std			634.16±270.13	7.21±1.29	544.25±132.02	432.06±152.98	1.58±0.84	6.61±4.77

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. [2]Tam buğday unu ilave oranı. [3]Toplam sarı pigment. [4]Toplam fenolik madde. [5]2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl radikalinin inhibisyonu. [6]Ferrik iyonlarını indirgeme kuvveti. [7]Bakır iyonlarını indirgeme kuvveti. [8]Çimlendikten sonra nemli-ısıl işlem uygulanmış.

Çizelge 4.33. Erişte örneklerinin fitik asit, TSP, TFM ve antioksidan aktivite değerlerine ait varyans analizi sonuçları[1]

VK	SD	Fitik asit		TSP[2]		TFM[3]		DPPH[4]		FRAP[5]		CUPRAC[6]	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Buğday çeşidi(A)	2	1566685.50	66.42**	25.35	1013.83**	70040.82	306.00**	44451.08	51.94**	1.33	77.82**	36.03	351.76**
İşlem türü (B)	2	226086.95	95.84**	4.62	184.61**	138505.29	605.11**	80373.15	93.92**	4.27	250.40**	393.40	3841.03**
TBUİO[7] (C)	4	135722.79	575.57**	14.43	577.12**	217982.29	952.34**	432333.10	505.18**	11.68	685.04**	207.22	2023.25**
(AxB)	4	6211.52	2.63*	0.13	4.98**	6576.83	28.73**	2290.24	2.68*	0.14	8.03**	5.29	51.63**
(AxC)	8	14134.29	5.99**	3.36	134.26**	11730.59	51.25**	4685.56	5.48**	0.10	5.73**	3.52	34.39**
(BxC)	8	20904.62	8.86**	0.38	14.98**	15051.76	65.76**	8555.61	10.00**	0.46	27.19**	36.76	358.92**
(AxBxC)	16	4116.79	1.75ns	0.08	3.16**	2435.10	10.64**	758.96	0.89ns	0.02	1.25ns	0.89	8.73**
Hata		2358.92		0.03		228.89		855.80		0.02		0.10	

[1]* p< 0.05 düzeyinde önemli, ** p< 0.01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz. [2]Toplam sarı pigment. [3]Toplam fenolik madde.[4] 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl radikalinin inhibisyonu [5]Ferrik iyonlarını indirgeme kuvveti. [6]Bakır iyonlarını indirgeme kuvveti. [7]Tam buğday unu ilave oranı.

Çizelge 4.34. Erişte örneklerinin fitik asit, TSP, TFM ve antioksidan aktivite değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	n	Fitik asit (mg/100g)	TSP[2] µg/g (LE)	TFM[3] (mg GAE/ kg)	DPPH[4] (mg TE/kg)	FRAP[5] (µmol TE/g)	CUPRAC[6] (µmol TE/g)
Buğday çeşidi							
Esperia	30	580.53±227.51b	6.42±0.35c	508.26±88.78c	392.95±126.91c	1.38±0.69c	5.63±3.74c
Einkorn	30	605.59±246.14b	8.22±1.60a	525.31±96.30b	433.33±161.82b	1.56±0.80b	6.43±4.60b
Emmer	30	716.34±315.70a	6.98±0.79b	599.16±175.53a	469.91±161.97a	1.80±0.96a	7.79±5.55a
İşlem türü							
İşlem görmemiş	30	729.74±320.77a	7.12±1.22b	469.23±55.24c	380.91±116.64c	1.17±0.48c	2.56±0.65c
Çimlenmiş	30	612.51±240.96b	7.64±1.46a	601.66±156.46a	484.41±175.46a	1.92±0.97a	9.52±5.05a
ÇSNIU	30	560.22±215.46c	6.87±1.05c	561.85±125.95b	430.87±147.45b	1.64±0.82b	7.77±4.02b
TBUİO[7] (%)							
0	18	223.21±9.47e	6.14±0.05e	393.78±5.06e	202.12±5.73e	0.54±0.06e	1.75±0.09e
15	18	534.06±99.52d	6.66±0.49d	485.37±40.21d	366.20±52.2d	1.08±0.23d	5.29±2.47d
30	18	670.64±90.22c	7.08±0.80c	556.12±72.89c	462.12±64.33c	1.60±0.41c	6.76±3.30c
45	18	804.79±150.13b	7.76±1.32b	606.27±110.27b	528.54±73.60b	2.09±0.55b	8.52±4.36b
60	18	938.08±168.43a	8.41±1.59a	679.69±141.99a	601.33±103.53a	2.58±0.66a	10.74±5.64a

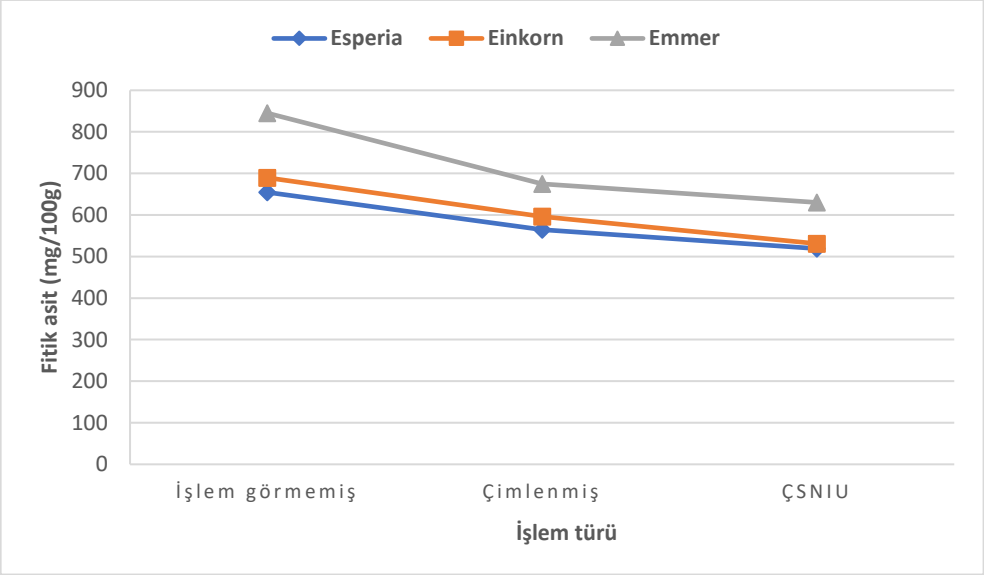
[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05). [2]Toplam sarı pigment. [3]Toplam fenolik madde.[4] 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl radikalinin inhibisyonu. [5]Ferrik iyonlarını indirgeme kuvveti. [6]Bakır iyonlarını indirgeme kuvveti. [7]Çimlendikten sonra nemli-ısıl işlem uygulanmış. [7]Tam buğday unu ilave oranı.

Bitki dokularında fosforun başlıca depolanma şekli fitik asit veya fitattır. Bitki tohumu olgunlaşırken fitik asit veya fitat oluşur ve uykuda olan tohumlarda toplam fosfatın %60-90'ını oluşturur (Masud ve ark., 2007). Çimlenme ile artan fitaz aktivitesi tanenin fitik asit içeriğinin azalmasında önemli bir rol oynar (Thompson ve Serraino, 1985). Ayrıca çimlenme işleminin ardından nemli- ısıl işlem esnasında ısıl işlemin etkisi ile fitik asitin parçalanması (Masud ve ark. 2007), ÇSNIU unlarından üretilen eriştelerin düşük fitik asit içeriğine sahip olmasının nedenlerinden olabilir. Kim ve ark. (2002) 55-75 ºC'de 10 dk uygulanan hidrotermal ısıl işlemin buğday kepeğinde %30'luk fitik asit kaybına neden olduğunu bildirmişlerdir. Megat Rusydi ve Azrina (2012) 48 saat süre ile çimlendirdikleri soya fasulyesi ve fıstık örneklerinin fitik asit içeriğinin sırasıyla %21.74 ve %38.11 oranında azaldığını, Embaby ve ark. (2002) börülce örneklerini 48 saat çimlendirilmesi ardından fitik asit içeriğinin %22.9 oranında azaldığını rapor etmişlerdir.

Çizelge 4.34 tam buğday unu ilave oranı açısından incelendiğinde, artan tam buğday unu ilave oranına bağlı olarak erişte örneklerinin fitik asit içeriğinin arttığı belirlenmiştir. Tam buğday unu içermeyen erişte örneğinin fitik asit içeriği 223.21 mg/100 g olarak belirlenirken, %60 tam buğday unu ilaveli örneklerin fitik asit içeriği 938.08 mg/100 g olarak bulunmuştur. Fitik asit içeriğindeki bu artış buğday tanesindeki fitik asitin yoğunlaştığı aleuron ve perikarp gibi kepek fraksiyonlarını içinde barındıran tam buğday unlarının (Kasim ve Edwards, 1998; Gupta ve ark., 2015) rafine beyaz undan daha yüksek fitik asit içermeleri ve ilkel buğdayların modern buğdaylardan daha yüksek fitik asite sahip olmaları ile ilişkilendirilebilir (Çizelge 4.21). Cankurtaran ve Bilgiçli (2019) dolgulu yaş makarna üretiminde farklı oranlarda (0-20) ruşeym ve kepek kullanımı ile makarna örneklerinin fitik asit içeriğinin 125.35 mg/100 g dan, 626.15 mg/100 g'a kadar yükseldiğini bildirmişlerdir.

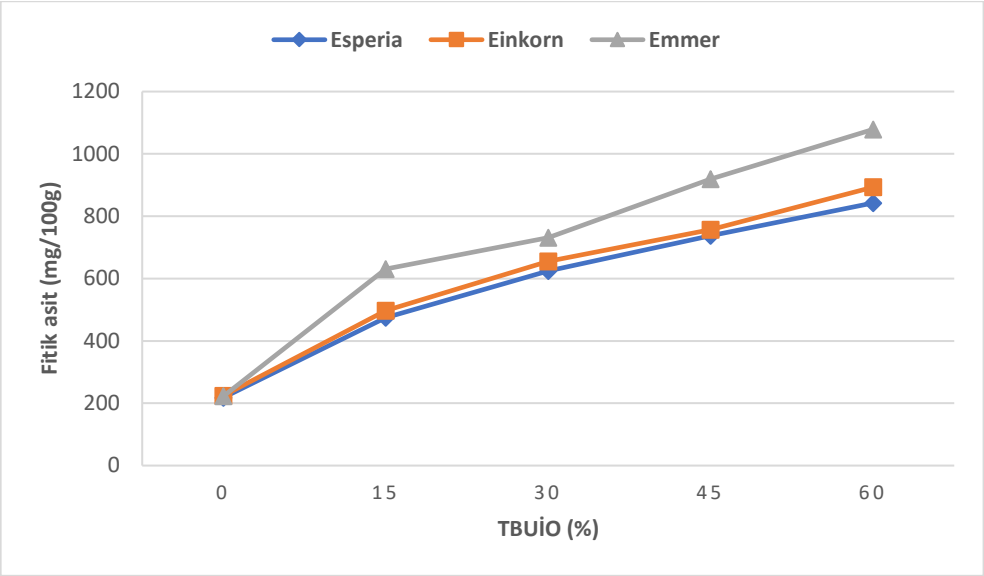
Stabilize buğday ruşeymi ile zenginleştirilmiş erişte örneklerinin kimyasal, besleyici ve pişirme özelliklerinin incelendiği bir çalışmada; erişte formülasyonunda artan oranda ruşeym kullanılmasının örneklerin fitik asit içeriğini artırdığı, kontrol örneğinde 360.5 mg/100 g olan fitik asit miktarının, %20 stabilize ruşeym içeren erişte örneğinde 689.7 mg/100 g' a yükseldiği bildirilmiştir (Demir ve ark., 2021). Yapılan bir başka çalışmada, çimlenmiş maş fasulyesi unu %0, 5, 10, 15 ve 20 oranlarında erişte üretiminde kullanılmıştır. Araştırmacılar formülasyonda artan oranda çimlenmiş maş fasulyesi kullanımına bağlı olarak erişte örneklerinin fitik asit içeriğinin arttığını bildirmişlerdir (Yaver ve Bilgiçli, 2020).

Erişte örneklerinin fitik asit miktarı üzerine etkili ($p<0.05$) olan "*buğday çeşidi x işlem türü*" interaksiyonuna göre, tüm işlem türlerinde emmer buğday unu kullanarak hazırlanan erişte örneklerinin fitik asit miktarı Esperia ve einkorn buğday unu kullanılarak hazırlanan erişte örneklerinin fitik asit miktarından daha yüksek olduğu görülürken, çimlendirme işlemi ile farklı buğday unlarından hazırlanan erişte örneklerinin fitik asit miktarları birbirine yaklaşmıştır. Tüm buğday çeşitleri için en düşük fitik asit değerleri ÇSNIU unlar kullanılarak hazırlanan eriştelerde belirlenmiştir (Şekil 4.38).



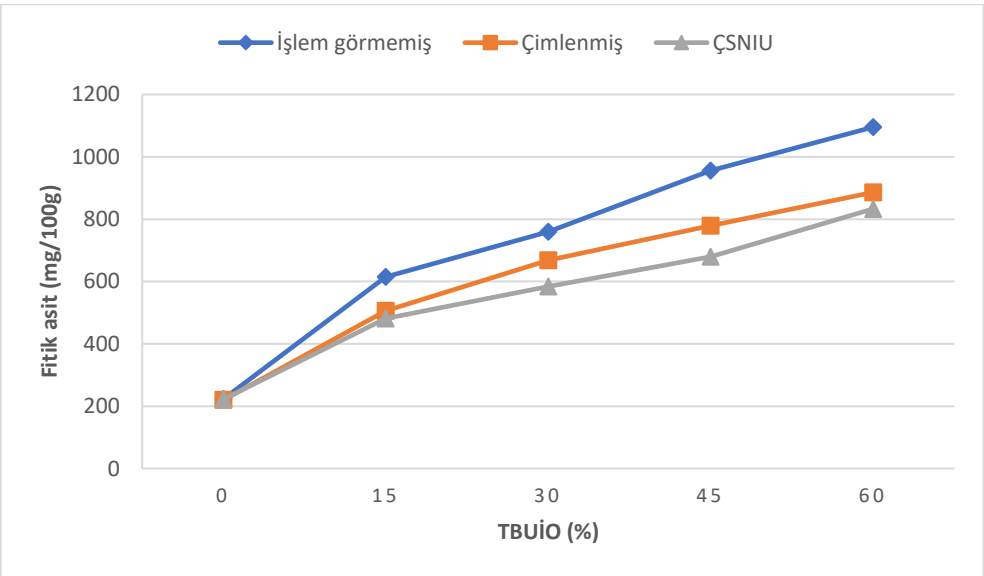
Şekil 4.38. Erişte örneklerinin fitik asit miktarı üzerinde etkili *"buğday çeşidi x işlem türü"* interaksiyonu

Erişte örneklerinin fitik asit içeriği üzerine etkili ($p<0.01$) "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu Şekil 4.39'de verilmiştir. İnteraksiyon incelendiğinde artan oranlarda Esperia/einkorn/emmer buğday unu ilavesinin erişte örneklerinin fitik asit içeriğini artırdığı, artış oranın emmer buğday unu kullanılarak hazırlanan erişte örneklerinde daha yüksek olduğu görülmektedir. Esperia ve einkorn unu katkılı erişte örneklerinde fitik asit içeriğindeki değişim birbirine benzer olup, tam un ilave oranının %30' un üzerinde kullanılması ile emmer unu ilaveli erişte örnekleri ile einkorn ve Esperia unu ilaveli örneklerin fitik asit içerikleri arasındaki fark artmıştır.



Şekil 4.39. Erişte örneklerinin fitik asit miktarı üzerinde etkili *"buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Şekil 4.40'de verilen "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonuna göre erişte örneklerinin fitik asit miktarının tüm işlem türlerinde, artan tam buğday unu ilave oranına bağlı olarak arttığı, bu artışın işlem görmemiş buğday unu kullanılan erişte örneklerinde daha yüksek oranda gerçekleştiği görülmektedir. %60 ilave oranında çimlenmiş ve ÇSNIU unlar ile hazırlanan erişte örneklerinin fitik asit içerikleri arasındaki fark azalırken, işlem görmemiş buğday unu ile hazırlanan erişte örnekleri ile arasındaki fark artmıştır.



Şekil 4.40. Erişte örneklerinin fitik asit miktarı üzerinde etkili *"işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Demir ve Bilgiçli (2020) ham ve çimleniş kinoa ununu farklı oranda (%0-30) makarna yapımında kullandıkları çalışmalarında; ham ve çimlenmiş kinoa unu ile hazırlanan makarna örneklerinde ortalama fitik asit içeriğini sırasıyla 291.64 mg/100 g ve 189.60 mg/100 g olarak bildirmişlerdir.

Herken (2005) işlem görmemiş ve çimlenmiş börülce unlarını farklı oranlarda (%10, 15, 20 ve 25) spagetti üretiminde kullandığı çalışmasında, katkı oranının artması ile spagetti örneklerinin fitik asit içeriğinin arttığını, bu artışın çimlenmiş börülce unu kullanılan örneklerde daha düşük oranda gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Çalışmada işlem görmemiş börülce ununun fitik asit miktarı 677 mg/100 g olarak belirlenirken, çimlenme işleminden sonra 553.7 mg/100g 'a düştüğü rapor edilmiştir.

4.4.3.7. Toplam sarı pigment

Lutein, buğdayda bulunan ana karotenoitdir. Bu polar dihidroksile karotenoid, einkorn ve durum buğdayı gibi yüksek luteinli buğday türlerinde toplam karotenoidlerin yaklaşık %77-83'ünü oluşturur. Ekmeklik buğday unları daha düşük lutein içeriğine sahip olup yıllar içerisinde daha beyaz endosperm elde etmek için geliştirilmiştir (Abdel-Aal ve Rabalski, 2008). Toplam sarı pigment (TSP), farklı buğday çeşitlerindeki lutein içeriğinin bir göstergesi olarak kullanılmaktadır (Hentschel ve ark., 2002).

Erişte örneklerine ait TSP miktarı 6.11-11.00 µg/g (LE) arasında değişmiş olup, ortalama 7.21 µg/g (LE) olarak bulunmuştur (Çizelge 4.32). Varyans analizi sonuçlarına göre erişte örneklerinin TSP miktarı üzerinde, buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*buğday çeşidi x işlem türü*", "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*", "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" ve "*buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonlarının $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.33).

Duncan çoklu karşılaştırma sonuçları incelendiğinde; einkorn buğday unu kullanılarak hazırlanan erişte örneklerinin ortalama TSP miktarı (8.22 µg/g (LE)), sırasıyla emmer buğday unu ile hazırlanan örneklerin (6.98 µg/g (LE)) ve Esperia buğday unu ila hazırlanan örneklerin TSP miktarından (6.42 µg/g (LE)) daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.34). Erişte örneklerinde hammaddelerin TSP içeriğinden daha yüksek TSP varlığı, erişte formülasyonunda kullanılan yumurtadan gelen karotenoidlerden kaynaklanıyor olabilir. Hidalgo ve ark. (2020) einkorn unundan üretilen makarna

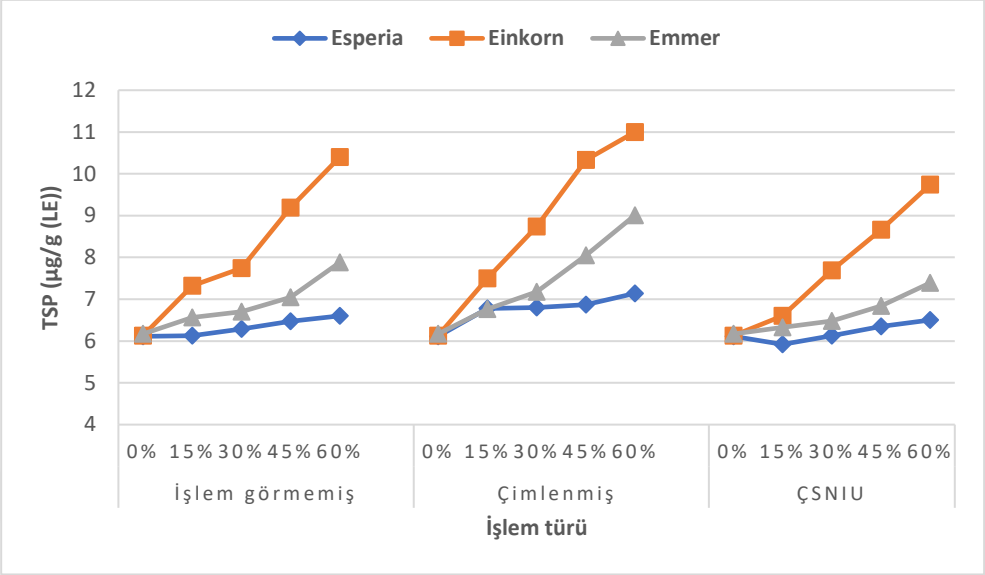
formülasyonuna yumurta ilavesinin örneklerin TSP içeriğinde önemli bir artışa neden olduğunu bildirmişlerdir. Einkorn makarnasında TSP içeriği 4.79 mg/kg iken, tam yumurta kullanılmış einkorn makarnasında aynı değer 11.5 mg/kg olarak belirlenmiştir.

Sonuçlar işlem türü açısından incelendiğinde; en yüksek TSP miktarı çimlenmiş buğday unu kullanılarak hazırlanan erişte örneklerinde 7.64 µg/g (LE) olarak belirlenmiş, çimlenmiş buğday unlarını işlem görmemiş buğday unu ile hazırlanan örneklerin TSP miktarı (7.12 µg/g (LE)) takip etmiş ve en düşük TSP miktarı ÇSNIU buğday unlarından hazırlanan örneklerde 6.87 µg/g (LE)) olarak bulunmuştur (Çizelge 4.34). Howitt ve Pogson (2006), çimlenme sırasında karotenodlerin tohumlardaki serbest radikal kaynaklı membran bozulmasını önleme işlevi gören antioksidan sisteme katkıda bulunmak ve çimlenme işleminin başarılı olmasına yardımcı olmak üzere en az 2 kat arttığını bildirmişlerdir. Lee ve ark. (2013) çimlenme işleminin tanede pigment metobolitlerini artırdığını ifade ettikleri çalışmalarında, soya fasulyesinin çimlendirilmesi ile diğer karotenoidler de olduğu gibi lutein miktarında da artış meydana geldiğini rapor etmişlerdir. Çimlenmiş buğday unlarında bulunan TSP miktarının buğday ununa göre daha fazla olması (Çizelge 4.21), çimlenmiş buğday unu ilave edilerek üretilen erişte örneklerinin TSP içeriğinin de artmasına yol açmış olabilir (Çizelge 4.34).

Çoklu karşılaştırma testi sonuçları tam buğday unu ilave oranı bakımından incelendiğinde; tam buğday unu ilave oranının artmasına bağlı olarak örneklerin TSP miktarı artmıştır. Tam buğday unu içermeyen erişte örneklerinin TSP miktarı ortalama 6.14 µg/g (LE) olarak belirlenirken, en yüksek ilave oranına sahip örneklerin TSP miktarı ortalama 8.41 µg/g (LE) olarak bulunmuştur (Çizelge 4.34). Keçeli ve ark. (2021) einkorn ve ekmeklik buğday ununun TSP içeriklerini sırasıyla 11.55 ve 2.22 µg/g olarak bildirdiği çalışmasında, ekmek formülasyonunda einkorn buğday unu oranı arttıkça örneklerin TSP içeriğinin arttığını rapor etmiştir.

Erişte örneklerinde TSP miktarı üzerine etkili ($p<0.01$) olan "*buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu Şekil 4.41'de verilmiştir. Tüm işlem türleri için geçerli olmak üzere, erişte formülasyonunda artan oranda tam buğday unu kullanımı örneklerin TSP içeriğinde artışa neden olmuştur. Artış oranı einkorn ilaveli örneklerde Esperia ve emmer buğday unu ilaveli örneklerden daha yüksek oranda gerçekleşmiştir. Esperia ve emmer buğday unlarının TSP miktarı genel olarak düşük ilave oranlarında birbirini yakın değerler gösterirken, ilave oranının artması ile örnekler arasındaki fark artış göstermiştir. Esperia tam buğday unu ilaveli örnekler tüm işlem

türlerinde en düşük TSP içeriğine sahip erişte örnekleri olurken, ÇSNIU un ile hazırlanan erişte örnekleri tüm işlem türleri arasında en düşük TSP içeriğine sahip örnekler olmuştur.



Şekil 4.41. Erişte örneklerinin TSP miktarı üzerinde etkili *"buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Brandolini ve ark. (2020) einkorn buğday ununu kısa kesme makarna ve spagetti üretiminde kullandıkları çalışmalarında; einkorn buğdayının yüksek lutein içeriğinin makarna üretim prosesi sırasında %44 oranında azaldığını, daha düşük oranlarda lutein içeren ekmeklik ve durum buğdaylarından üretilen makarnalarda prosesten kaynaklı lutein kaybının daha düşük oranda gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Einkorn buğdayından elde edilen makarnalarda ortalama 7.0 mg/kg olan lutein içeriği ekmeklik buğdaydan yapılan makarnalarda 0.3 mg/kg olarak bildirilmiştir.

Abdel-Aal ve Rabalski (2008) araştırmalarında einkorn buğdayının lutein içeriğini 8.1 ile 7.4 µg/g arasında bildirirken, emmer için 3.7 µg/g, ekmeklik buğday için 1.3 ile 2.5 µg/g arasında rapor etmişlerdir. Gıda formülasyonlarında einkorn gibi lutein açısından zengin buğdayları kullanılması günlük lutein ihtiyacı olan yaklaşık 5-6 mg/gün alımına büyük katkı sağlamaktadır.

Fares ve ark. (2008) emmer buğdayının 11 farkı genotipini makarna üretiminde kullandıkları çalışmalarında, buğdayın irmiğe öğütülmesi sırasında lutein içeriğinin 1.76 µg/g dan 1.64 µg/g 'a azaldığını, elde dilen makarnalarda ise ortalama lutein içeriğinin 0.37 µg/g olduğunu bildirmişlerdir. Öğütme ile lutein içeriğindeki azalmanın sebebinin luteinin buğday tanesinde tek düze bir şekilde dağılmamasına bağlamışlardır.

4.4.3.8. Toplam fenolik madde

Erişte örneklerinin içerdiği toplam fenolik madde (TFM) miktarı 392.76 mg GAE/kg ile 957.65 mg GAE/kg arasında değişmiş olup, ortalama 544.25 mg GAE/kg olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.32). Örneklerin TFM miktarlarına ait varyans analiz tablosu incelendiğinde; buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*buğday çeşidi x işlem türü*", "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*", "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" ve "*buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonlarının $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.33).

Çizelge 4.34 incelendiğinde, en yüksek TFM miktarı emmer unu ilaveli erişte örneklerinde (599.16 mg GAE/kg) elde edilirken, en düşük TFM miktarı ise Esperia unu ilaveli erişte örneklerinde (508.26 mg GAE/kg) belirlenmiştir. Einkorn buğday unu ilaveli erişte örneklerinde TFM miktarı ise ortalama 525.31 mg GAE/kg olarak bulunmuştur. Elde edilen bu sonuçlar emmer buğdayının TFM miktarının einkorn ve Esperia buğdaylarından daha yüksek olması ile ilgili olabilir (Çizelge 4. 21). Cankurtaran ve Bilgiçli (2021) emmer buğday unu ile hazırlanan kuskus örneğinin TFM miktarını 8555.26 mg GAE/kg olarak bildirdikleri çalışmalarında, rafine buğday unu kullanılarak üretilen kuskus örneklerinin ortalama TFM miktarını 5873.27 mg GAE/kg olarak rapor etmişlerdir.

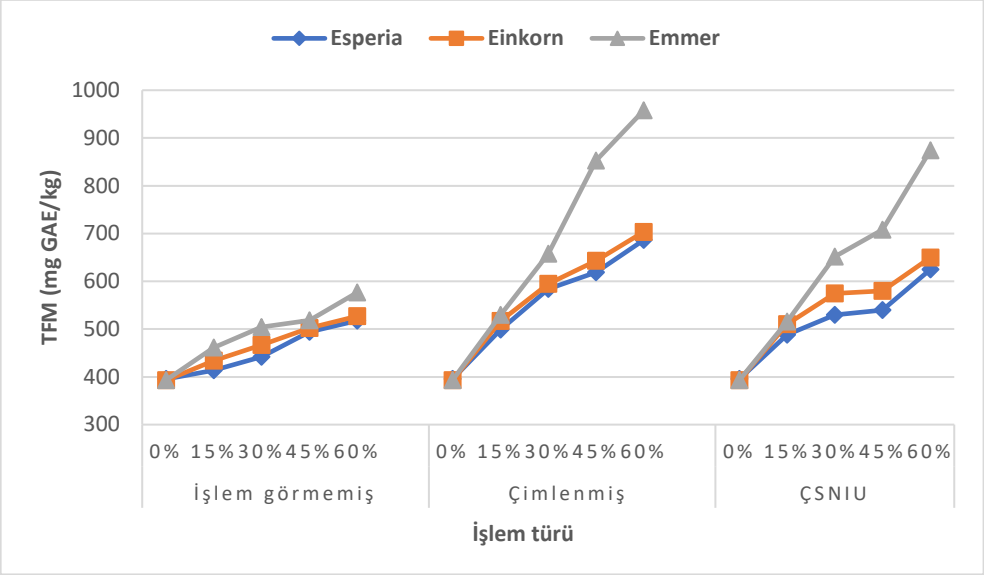
Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları işlem türü açısından incelendiğinde; en yüksek TFM miktarı çimlenmiş buğday unu ile hazırlanan erişte örneklerinde ortalama 601.66 mg GAE/kg olarak belirlenirken, bunu sırasıyla 561.85 mg GAE/kg ile ÇSNIU buğday unu ile hazırlanan örnekler ve 469.23 mg GAE/kg ile işlem görmemiş buğday unu ile hazırlanmış örnekler takip etmiştir (Çizelge 4.34). Miller ve ark. (2000) tahıl tanelerinin, hücre duvarında polisakkaritlere bağlı hem çözünür hem de çözünmez formda fenolik asitler ve glikozitler içerdiğini ve fenolik bileşiklerin çoğunun çözünmez formda olduğunu bildirmiştir. Tian ve ark. (2004), çimlenme ile fenolik bileşiklerin miktarındaki artışı; çimlenme sırasında aktif hale gelen ve tahılın hücre duvarı yapısını parçalayan enzimler ile açıklamıştır. Fenolik bileşikler, ester ve eter bağları ile tahıl hücre duvarlarındaki nişasta olmayan polisakkaritlere bağlı formda bulunmakta ve bu bağlı fenolik bileşikler, hücre duvarını parçalayan enzimlerin (esas olarak esterazlar) çimlenme sırasında aktivitelerinin artması ile serbest kalarak TFM miktarının artışına katkıda bulunmaktadır (Maisont ve Narkrugsa, 2010; Sharma ve ark., 2015). Dhillon ve ark.

(2020) çimlendirilmiş buğday ununun fizikokimyasal, kimyasal ve mikrobiyal özellikleri ve ekmek üretiminde kullanımı üzerine yaptıkları araştırmada, tam buğday ununun ve çimlenmiş buğday ununun TFM miktarını sırasıyla 1002.5 g GAE/g ve 2214.2 GAE/g olarak bildirmişlerdir. Demir ve Bilgiçli (2020) ham ve çimlenmiş kinoa unlarını farklı oranda makarna formülasyonuna dahil ettikleri çalışmalarında; ham kinoa unu ve çimlenmiş kinoa unu ile üretilen erişte örneklerinin ortalama TFM miktarını sırasıyla 0.75 mg GAE/g ve 0.95 mg GAE/g olarak belirlemişlerdir.

Sonuçları tam buğday unu ilave oranı bakımından incelendiğinde, tam buğday unu ilave oranının artmasına bağlı olarak örneklerin TFM miktarının da arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.34). Buğday çeşitlerinin özellikle de çimlenmiş formlarının TFM miktarının rafine buğday unundan yüksek olması bu durumun nedeni olarak gösterilebilir. Tam buğday unu kullanılmadan hazırlanan erişte örneklerinde TFM miktarı ortalama 393.78 mg GAE/kg iken, %60 oranında tam buğday unu kullanılarak hazırlanan erişte örneklerinde bu değer ortalama 679.69 mg GAE/kg'a yükselmiştir. Buğday tanesinde fenolik bileşiklerin yaklaşık %98'i tam buğday unlarını iyi bir fenolik kaynağı yapan aleuron, kepek ve ruşeym tabakalarında bulunur (Zhou ve ark., 2004). Bu nedenle rafine buğday unu ile hazırlanan erişte örneğinin TFM miktarı düşük kalmıştır. Yu ve Nanguet (2013) rafine ve tam buğday unu ile bu unlardan üretilen ekmeklerin antioksidan özelliklerini karşılaştırdıkları çalışmada, rafine buğday unu ve tam buğday unlarının TFM miktarını sırasıyla 1.31 mg GAE/g ve 2.20 mg GAE/g olarak bildirirken, rafine buğday unu ekmeği ve tam buğday unu ekmeği için TFM miktarını sırasıyla 0.87 mg FAE/g ve 1.58 mg FAE/g olarak rapor etmişlerdir.

Erişte örneklerinde TFM miktarı üzerine etkili ($p<0.01$) olan *"buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu Şekil 4.42'de verilmiştir. Her üç buğday çeşidi için geçerli olmak üzere, erişte örneklerinin TFM miktarı artan oranda kullanılan tam buğday unu ilavesiyle artış göstermiş, bu artış emmer buğday unu kullanılarak hazırlanan erişte örneklerinde daha yüksek oranda, Esperia buğday unu ile hazırlanan örneklerde daha düşük oranda gerçekleşmiştir. İşlem görmemiş buğday unları ile hazırlanan erişte örneklerinin TFM miktarı birbirlerine yakın değerler vermiş ve %45 ilave oranında aralarındaki fark daha da azalmıştır. %60 ilave oranında ise emmer buğday unu kullanılarak hazırlanan örnekler ile Esperia ve einkorn buğday unu ilaveli örnekler arasındaki fark artmıştır. Çimlenmiş ve ÇSNIU unların kullanıldığı formülasyonlarda Esperia ve einkorn tam buğday unu ilaveli örneklerin TFM miktarındaki değişim benzer

olup, artan tam un ilave oranı ile birlikte emmer buğday unu ilaveli örneklerle aralarındaki fark artış göstermiştir.



Şekil 4.42. Erişte örneklerinin TFM miktarı üzerinde etkili *"buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Hirawan ve ark. (2010) beyaz undan, durum irmiğinden ve tam durum buğday ununda üretilen spagetti örneklerinin antioksidan aktivite ve TFM miktarlarını karşılaştırdıkları çalışmalarında, tam durum buğday ununda üretilen spagetti örneklerinin TFM miktarının beyaz un ve irmikten üretilen spagetti örneklerinden daha yüksek olduğunu rapor etmişlerdir. Tam un spagettisinin TFM miktarını 1389 µg/g olarak ve durum buğdayı irmiğinden üretilen makarna için aynı değeri 865 µg/g olarak bildirmişlerdir. Tam durum buğdayından üretilen spagettide bulunan TFM içeriğinin, durum irmiğinden üretilen spagetti örneğinin TFM miktarından yaklaşık %62 daha fazla olduğu belirlenmiştir. Durum buğdayının öğütülmesi sırasında en az %8'lik bir TFM kayıp olduğu varsayılmakta olup (Borrelli ve ark., 1999), buğdayın dış katmanları, özelliklede dış katmanın %10'luk kısmının TFM bakımından zengin olduğu bilinmektedir (Beta ve ark., 2005).

Sofi ve ark. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, pirinç eriştesi formülasyonunda artan çimlenmiş nohut unu miktarı ile birlikte TFM miktarının 117.73 mg GAE/100 g'dan 203.43 mg GAE/100 g'a yükseldiği ve %30 oranında çimlenmiş nohut unu içeren örneklerde en yüksek TFM miktarının belirlendiği bildirilmiştir.

Thao ve Niwat (2018) çimlendirilmiş pirinç unu katkılı erişte örneklerinin kalite özelliklerini inceledikleri çalışmalarında; kontrol erişte örneğinin ve %50 çimlenmiş

pirinç unu katkılı erişte örneğinin TFM miktarlarını sırasıyla 0.37 mg GAE/g ve 2.14 mg GAE/g olarak belirlemişlerdir.

4.4.3.9. Antioksidan aktivite

Erişte örneklerinin antioksidan aktivitelerini belirlemek için DPPH, FRAP ve CUPRAC olmak üzere 3 farklı antioksidan analiz metodu kullanılmıştır.

4.4.3.9.1. DPPH

Erişte örneklerine ait DPPH değeri 201.07 mg TE/kg ile 768.49 mg TE/kg arasında değişmekte olup, ortalama 432.06 mg TE/kg olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.32). Varyans analiz sonuçlarına göre; erişte örneklerinin DPPH miktarı üzerinde buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" ve "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonlarının $p<0.01$ düzeyinde ve "*buğday çeşidi x işlem türü*" interaksiyonunun ise $p<0.05$ düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.33).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları incelendiğinde; emmer buğday unu ilaveli erişte örneklerinin DPPH değerini (469.91 mg TE/kg) sırasıyla einkorn buğday unu kullanılan örneklerin DPPH değerinden (433.33 mg TE/kg) ve Esperia buğday unu kullanılan örneklerin DPPH değerinden (392.95 mg TE/kg) daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.34). Bu durum emmer buğday ununun, einkorn ve Esperia buğday unlarından daha yüksek antioksidan aktivite değerine sahip olmasından kaynaklanmış olabilir (Çizelge 4.21). Fares ve ark. (2008) 18 farklı emmer buğday hatlarından hazırlanan makarna örneklerinin antioksidan aktivitesinin 0.16 mmol TE/kg ile 0.37 mmol TE/kg arasında değiştiğini ve ortalama 0.25 mmol TE/kg olduğunu rapor etmişlerdir.

Sonuçlar uygulanan işlem türü açısından incelendiğinde; en yüksek DPPH değeri çimlenmiş buğday unu ilaveli erişte örneklerinde 484.41 mg TE/kg olarak belirlenmiş olup, bu örnekleri sırasıyla ÇSNIU un ilaveli erişte örnekleri (470.41 mg TE/kg) ve işlem görmemiş buğday unu ilaveli erişte örnekleri (380.91 mg TE/kg) takip etmiştir (Çizelge 4.34). Çimlenme ile C vitamini ve tokoferoller gibi antioksidan bileşikler artmakta olup, bu da çimlenmiş buğday ununun antioksidan aktivitesinde bir artışa neden olmaktadır. Ayrıca antioksidan aktivitedeki artış, çimlenme sırasında hücre duvarlarının

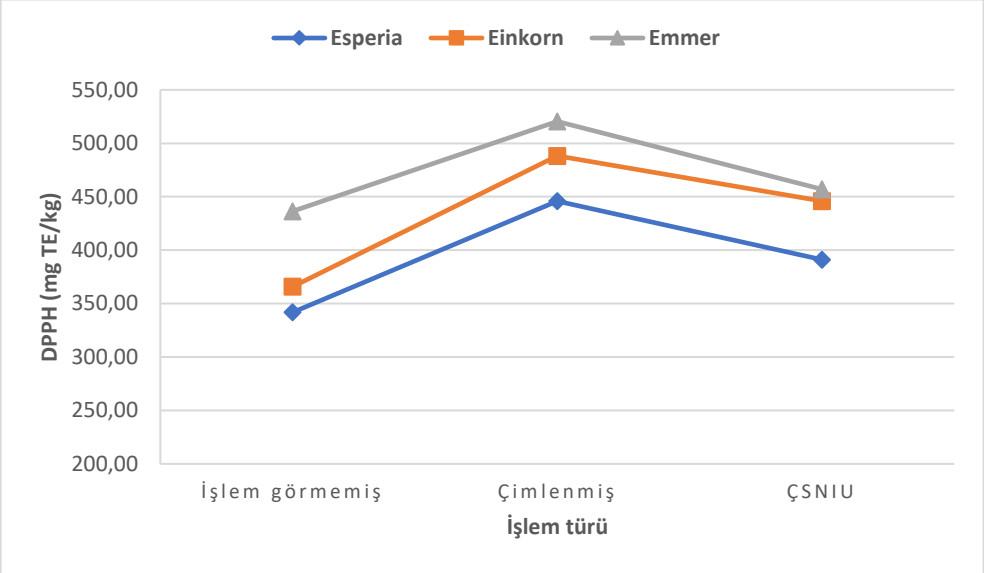
parçalanmasından kaynaklı bağlı fenolik bileşiklerin salınması gibi çeşitli faktörlere de atfedilebilmektedir (Yang ve ark., 2001). Yapılan bir çalışmada çimlenme ile birlikte tam buğday ununun %12.35 olan antioksidan aktivitesinin %169 artarak %33.28'e yükseldiği bildirilmiştir (Dhillon ve ark., 2020). Zilic ve ark. (2014) tam buğdayın başlangıçta 19.11 mmol TE/kg olan antioksidan aktivitesinin çimlenme ile birlikte 22.70 mmol TE/kg'a yükseldiğini belirlemişlerdir.

Çizelge 4.34 tam buğday unu ilave oranı açısından değerlendirildiğinde; erişte formülasyonunda tam buğday unlarının ilave oranının artmasına bağlı olarak erişte örneklerinin DPPH değerinin arttığı belirlenmiştir. Tam buğday unu içermeyen örneklerin ortalama DPPH değeri 202.12 mg TE/kg olarak belirlenirken, en yüksek ilave oranına sahip örneklerin DPPH değeri 601.33 mg TE/kg olarak bulunmuştur. Rafine buğday unu üretilirken lipid, lif, mineral ve antioksidanca zengin buğdayın dış tabakaları ve ruşeym öğütme sisteminden uzaklaştırılmaktadır (Fulcher ve Rooney Duke, 2002; Hidalgo ve Brandolini, 2008). Bu nedenle, rafine buğday ununda hazırlanan ürünler, doğal olarak tam buğday unu içeren ürünlerden başta antioksidan maddeler olmak üzere birçok besinsel bileşen açısından daha fakirdir (Atwell, 2002; Manthey ve Schorno, 2002; Hidalgo ve ark., 2020). Tam buğday ununun antioksidan aktivite değerinin, rafine buğday ununda daha yüksek olması (Çizelge 4.21), tam buğday unu ilaveli eriştelerin ortalama antioksidan aktivite değerlerinin diğer örneklerden daha yüksek olmasına neden olmuş olabilir (Çizelge 4.34).

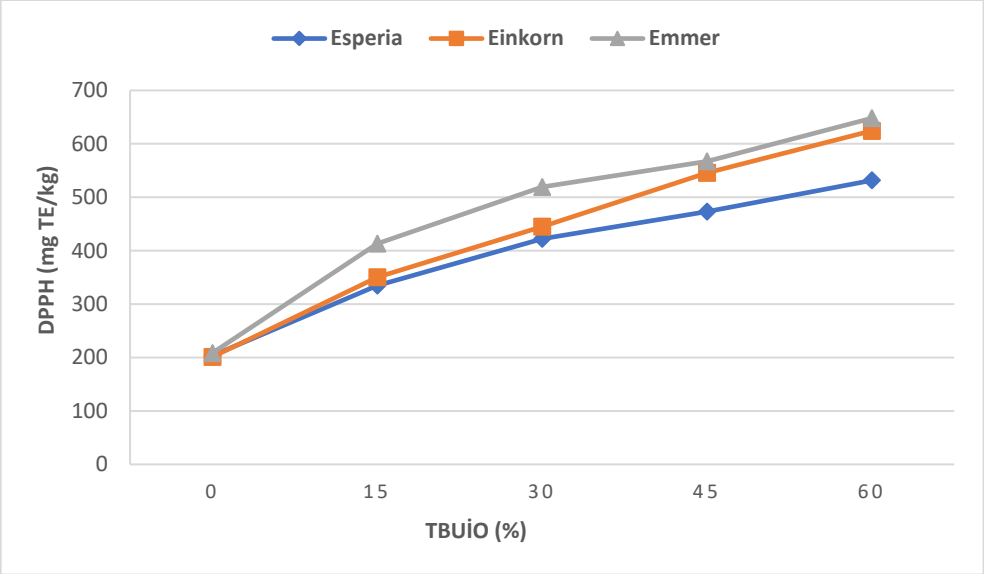
Erişte örneklerinin DPPH değeri üzerinde etkili ($p<0.05$) olan "*buğday çeşidi x işlem türü*" interaksiyonu Şekil 4.43'de verilmiş olup, tüm işlem çeşitlerinde emmer buğday unu ilaveli erişte örneklerinin DPPH değeri, einkorn ve Esperia buğday unu ilaveli örneklerden yüksek bulunmuştur. İşlem görmemiş Esperia ve einkorn buğday unu ilaveli erişte örneklerinin DPPH değeri birbirine daha yakın olup, çimlenme ile aralarındaki fark açılmış, ÇSNIU unları ile hazırlanan erişte örneklerinde ise aralarındaki fark daha da artmıştır. İşlem görmemiş emmer ve einkorn buğday unlarından üretilen erişte örneklerinin DPPH değerleri arasındaki fark yüksekken, bu buğdayların ÇSNIU unlarından üretilen eriştelerin DPPH değerleri arasındaki fark kapanmıştır.

Erişte örneklerinin DPPH değeri üzerinde etkili *"buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu Şekil 4.44'de gösterilmiştir. Erişte formülasyonunda artan oranda Esperia, einkorn ve emmer buğday unlarının kullanılması örneklerin DPPH değerini artırmış, en yüksek artış oranı emmer buğday unu ilaveli örneklerde

belirlenmiştir. %30 ilave oranına kadar benzer bir artış gösteren Esperia ve einkorn buğday unu ilaveli eriştelerin DPPH değerleri arasındaki fark, yüksek ilave oranlarında artış göstermiştir. Emmer ve einkorn buğday unlarından üretilen erişte örneklerinin DPPH değerleri arasındaki fark %30 tam buğday unu kullanım oranına kadar fazla iken, daha yüksek kullanım oranlarında DPPH değerleri birbirine yaklaşmıştır.



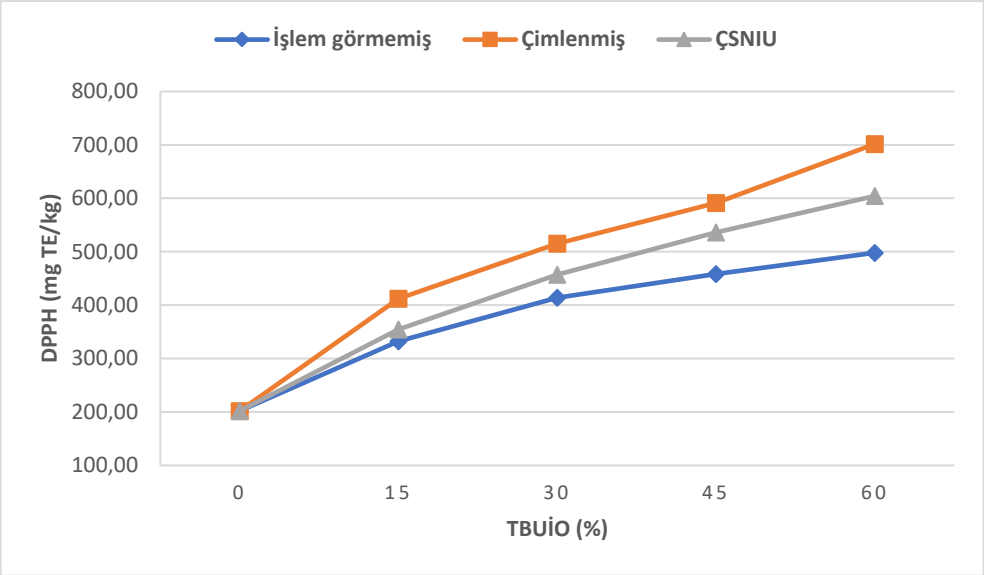
Şekil 4.43. Erişte örneklerinin DPPH değeri üzerinde etkili *"buğday çeşidi x işlem türü"* interaksiyonu



Şekil 4.44. Erişte örneklerinin DPPH miktarı üzerinde etkili *"buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Erişte örneklerinin DPPH değeri üzerinde etkili "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu Şekil 4.45'de verilmiştir. Artan tam buğday unu ilave oranı ile

erişte örneklerinin DPPH değeri artmış, bu artış en fazla çimlenmiş buğday unu ilaveli örneklerde gerçekleşmiştir. Tam buğday unlarının artan oranda kullanılması ile birlikte örneklerin DPPH değerleri arasındaki fark açılmıştır.



Şekil 4.45. Erişte örneklerinin DPPH miktarı üzerinde etkili *"işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

4.4.3.9.2. FRAP

Erişte örneklerinin FRAP metoduna göre antioksidan aktivite değeri 0.51-3.63 µmol TE/g arasında bulunurken, örneklerin ortalama FRAP değeri 1.58 µmol TE/g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.32). Örneklerin FRAP antioksidan aktivite değerlerine ait varyans analizi sonuçları incelendiğinde; buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*buğday çeşidi x işlem türü*", "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" ve "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonlarının $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.33).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, en yüksek FRAP antioksidan aktivite değeri emmer unu kullanılarak hazırlanan örneklerde (1.80 µmol TE/g) belirlenirken, en düşük FRAP antioksidan aktivite değeri Esperia unu kullanılan örneklerde (1.38 µmol TE/g) belirlenmiştir (Çizelge 4.34). Yılmaz (2019) bulgur üretiminde kullandığı emmer buğdayının FRAP değerini 5.94 ± 0.11 µmol Fe^{+2} equiv./g olarak bildirirken, Yılmaz ve Koca (2017) einkorn ve durum buğdayının FRAP değerini sırasıyla 7.09 ± 0.18 µmol Fe^{+2} equiv./g ve 6.70 ± 0.38 µmol Fe^{+2} equiv./g olarak bildirmişlerdir. Serpen ve ark. (2008) emmer buğdayını, doğal

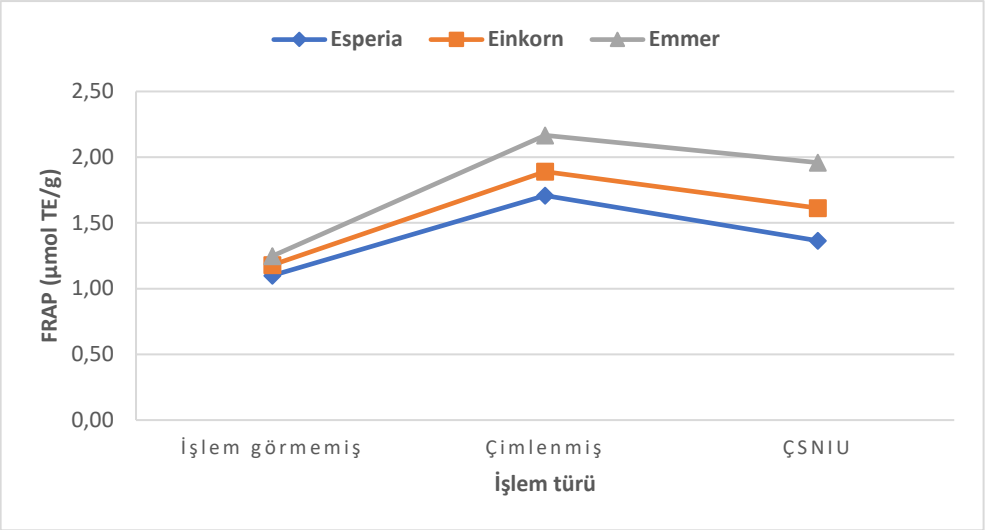
antioksidanların potansiyel bir diyet kaynağı olarak kabul edilebileceğini bildirdikleri çalışmalarında; emmer buğdayının antioksidan içeriğinin (21.57 ± 1.38 µmol TE/g einkorn (18.31 µmol TE/g) ve ekmeklik buğdaydan (12.49 µmol TE/g) daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Sonuçlar buğdaylara uygulanan işlem türü bakımından incelendiğinde; çimlenmiş buğday unları kullanılarak üretilen örneklerin FRAP antioksidan aktivite değerinin (1.92 µmol TE/g); sırasıyla ÇSNIU buğday unları ve işlem görmemiş buğday unları kullanılarak hazırlanan örneklerin FRAP antioksidan aktivite değerinden (1.64 µmol TE/g ve 1.17 µmol TE/g) daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.34). Li ve ark. (2018) 36 saat çimlendirilmiş kahverengi pirinç örneklerinde DPPH antioksidan aktivite değerinin %2.98'den %11.56'ya yükseldiğini, aynı örneklerin FRAP antioksidan aktivite değerlerinin ise %13.81'den %41.68'e yükseldiği bildirilmişlerdir.

Elde edilen sonuçlar tam buğday unu ilave oranı açısından değerlendirildiğinde; tam buğday unu ilave oranının artmasına bağlı olarak örneklerin FRAP antioksidan aktivite miktarının arttığı belirlenmiştir. Tam buğday unu ilave edilmeden üretilen örneklerin FRAP antioksidan aktivite miktarı 0.54 µmol TE/g, %60 tam buğday unu içeren eriştelerin ortalama FRAP antioksidan aktivite miktarı 2.58 µmol TE/g olarak bulunmuştur. Tam buğday unu içermeyen örnekle karşılaştırıldığında, %60 tam buğday unu ilavesi ile erişte örneklerinin FRAP antioksidan aktivite miktarında 4.78 kat artış elde edilmiştir (Çizelge 4.34). Tam buğday unlarının antioksidan içeriğinin rafine buğday ununa göre yüksek olması (Çizelge 4.21), erişte örneklerinin FRAP antioksidan aktivite miktarı üzerinde etkili olmuş olabilir. Lv ve ark. (2012) tahılın dış katmanlarının, özellikle kepek fraksiyonunun, tam unun nihai antioksidan kapasitesine önemli katkılar sağlayan, fenolik asit içerdiği ve karotenoidler açısından zengin olduğunu ifade etmişlerdir.

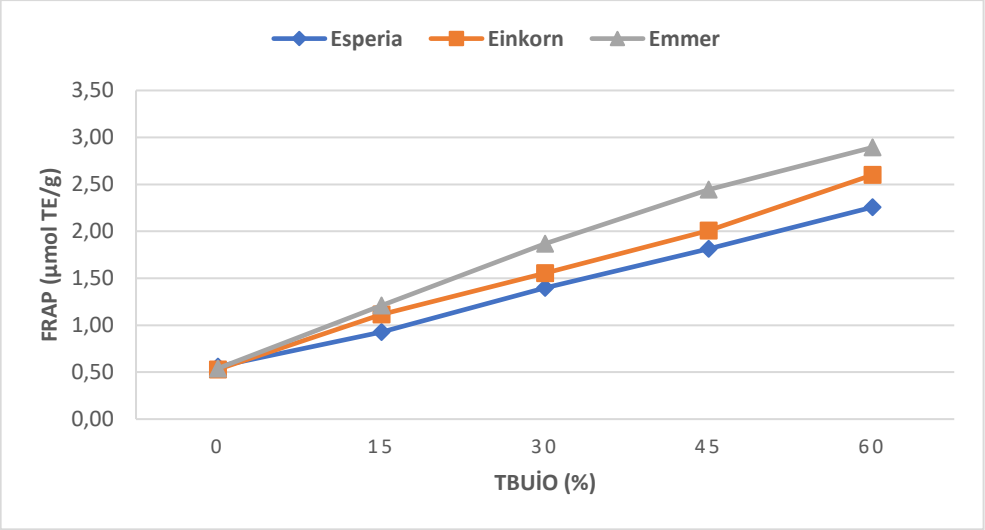
Erişte örneklerinde FRAP değeri üzerinde etkili ($p<0.01$) "*buğday çeşidi x işlem türü*" interaksiyonu Şekil 4.46'da verilmiştir. Buna göre, çimlenmiş Esperia, einkorn ve emmer buğday unları ile hazırlanan erişte örneklerinin FRAP değeri ÇSNIU ve işlem görmemiş buğday unlarından daha yüksek bulunurken, buğday çeşitleri arasında en yüksek FRAP değerine emmer buğdayının sahip olduğu görülmektedir. En düşük FRAP değeri işlem görmemiş buğday unları ile hazırlanan erişte örneklerinden elde edilmiş olup, Şekil 4.46 buğday çeşidi açısından değerlendirildiğinde; yine en düşük FRAP değeri işlem görmemiş Esperia buğdayı ile hazırlanan erişte örneklerinde belirlenmiştir. İşlem

görmemiş buğday unlarından üretilen erişte örneklerine ait ortalama FRAP değerleri birbirine yakın olup, farklı buğday çeşitlerinin ÇSNIU unlarının kullanıldığı erişte örneklerinin FRAP değerleri arasındaki fark artmıştır.



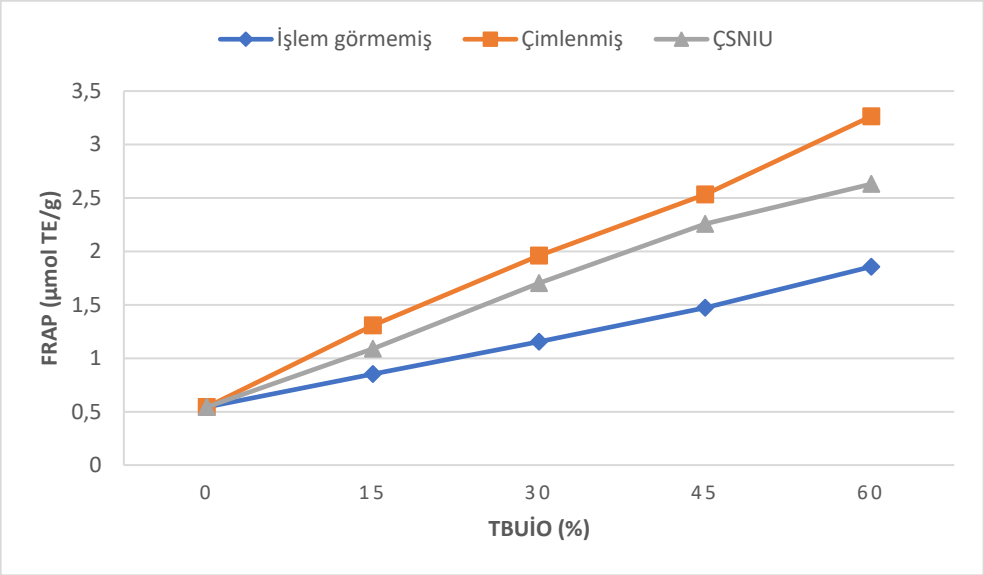
Şekil 4.46. Erişte örneklerinin FRAP miktarı üzerinde etkili *"buğday çeşidi x işlem türü"* interaksiyonu

Şekil 4.47' de verilen *"buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonuna göre Esperia, einkorn ve emmer buğdayları ile hazırlanan erişte formülasyonlarında artan ilave oranına bağlı olarak erişte örneklerinin FRAP değeri artmış, bu artış oranı en yüksek emmer buğday unu ilaveli erişte örneklerinde en düşük artış oranı ise Esperia buğday unu kullanılarak hazırlanan erişte örneklerinde görülmüştür.



Şekil 4.47. Erişte örneklerinin FRAP miktarı üzerinde etkili *"buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Erişte örneklerinde FRAP değeri üzerinde etkili ($p<0.01$) *"işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu Şekil 4.48'de verilmiştir. Erişte örneklerinde işlem türü fark etmeksizin ilave oranının artması ile erişte örneklerinin FRAP değeri artış göstermiştir. Çimlenmiş buğday unları kullanılarak hazırlanan erişte örneklerinin FRAP değerleri, kullanılan tüm ilave oranlarında ÇSNIU unlar ve işlem görmemiş buğday unlarının kullanıldığı erişte örneklerinden daha yüksek bulunmuştur.



Şekil 4.48. Erişte örneklerinin FRAP miktarı üzerinde etkili *"işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

4.4.3.9.3. CUPRAC

Erişte örneklerinin CUPRAC antioksidan aktivite miktarı 1.72 µmol TE/g ile 18.91 µmol TE/g arasında bulunmuştur (Çizelge 4.32). Varyans analizi sonuçlarına göre erişte örneklerinin CUPRAC antioksidan aktivite miktarı üzerinde buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile *"buğday çeşidi x işlem türü"*, *"buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı"*, *"işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* ve "*buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonlarının $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.33).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları incelendiğinde; en yüksek CUPRAC antioksidan aktivite miktarı DPPH ve FRAP antioksidan aktivite değerlerinde olduğu gibi emmer buğday unu ilaveli erişte örneklerinde (7.79 µmol TE/g), en düşük CUPRAC antioksidan aktivite miktarı ise Esperia buğday unu ilaveli erişte örneklerinde (5.63 µmol

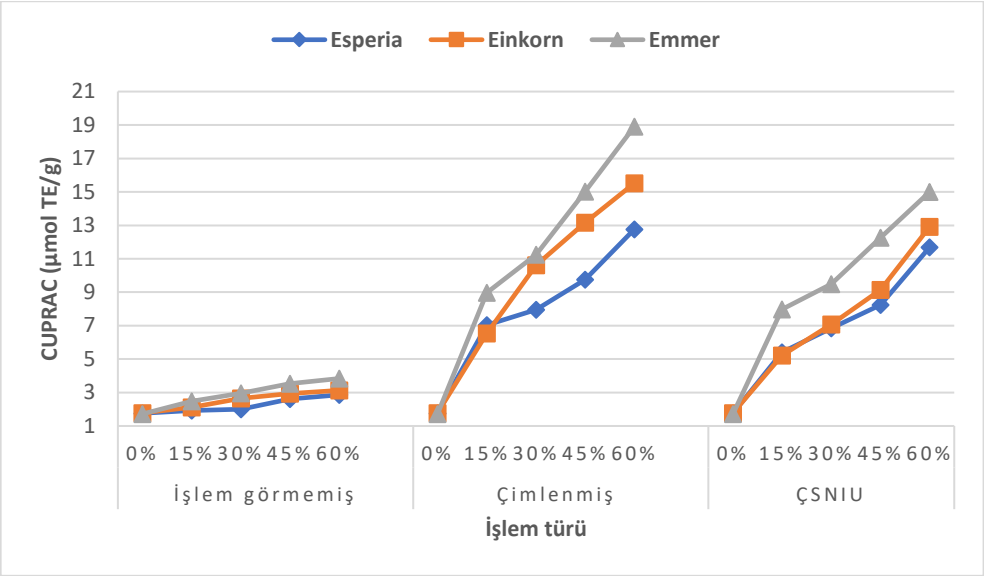
TE/g) belirlenmiştir. Einkorn buğday unu ilaveli örneklerde aynı değer ortalama 6.43 µmol TE/g olarak bulunmuştur (Çizelge 4.34).

Sonuçlar işlem türü açısından değerlendirildiğinde; en yüksek CUPRAC antioksidan aktivite miktarı çimlenmiş buğday unu ile hazırlanan erişte örneklerinde (9.52 µmol TE/g) belirlenirken, çimlenmiş buğday unlarını ÇSNIU buğday unları ile hazırlanan erişte örnekleri takip etmiş (7.77 µmol TE/g) ve en düşük CUPRAC antioksidan aktivite miktarı işlem görmemiş buğday unları ile hazırlanan erişte örneklerinde (2.56 µmol TE/g) bulunmuştur (Çizelge 4.34). Guzmán-Ortiz ve ark. (2017) çimlenme işlemi sırasında, fenolik bileşiklerin ve antioksidan aktivitenin artmasını, enzimatik sentezler ve tohumda meydana gelen modifikasyonlara bağlamıştır.

Formülasyonda artan oranda tam buğday unu ilave oranının artması erişte örneklerinin CUPRAC antioksidan aktivite değerini artırmıştır. Tam buğday unu ilavesiz erişte örneğinin CUPRAC değeri 1.75 µmol TE/g iken, formülasyonda %60 oranında tam buğday unu kullanıldığında bu değer 10.74 µmol TE/g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.34).

Erişte örneklerinde CUPRAC değeri üzerinde etkili "*buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu Şekil 4.49'de verilmiştir. Buna göre, Esperia, einkorn ve emmer buğday unu katkılı erişte örneklerinin CUPRAC değeri, katkı oranının artmasıyla tüm işlem türlerinde artış göstermiştir. Bu artış en yüksek çimlenmiş buğday unu kullanılarak üretilen erişte örneklerinde gerçekleşmiştir. Tüm işlem türleri için geçerli olmak üzere en yüksek CUPRAC değerleri emmer unu kullanılarak üretilen eriştelerde belirlenmiş, Esperia ve einkorn buğday unları ile hazırlanan örneklerin CUPRAC değerlerinin ise düşük ilave oranlarda birbirine yakın olduğu, artan ilave oranı ile aralarındaki farkın açıldığı görülmektedir.

Buğday örneklerinin antioksidan aktivitesi, başta genetik farklılıklar olmak üzere, öğütme, antioksidanların tohum fraksiyonlarındaki dağılımı (kepek, ruşeym ve endosperm) buğdayın yetiştirildiği bölgenin farklılığı gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. Kültürü yapılan diploid (siyez), tetraploid (durum buğdayı) ve hekzaploid (ekmek buğdayı) tür ve çeşitleri, içerdikleri hidrofilik (fenolikler ve selenyum) ve lipofilik (karotenoidler ve tokoferoller) antioksidanlar nedeniyle antioksidan aktiviteye sahiptir (Lachman ve ark., 2012). Buğdayın antioksidan aktivitesi, başta tokoller ve karotenoidler olmak üzere lipofilik antioksidanların içeriğinden daha fazla etkilenmelidir (Hejtmánková ve ark., 2010).



Şekil 4.49. Erişte örneklerinin CUPRAC değeri üzerinde etkili *"buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Izambaeva ve ark. (2016) einkorn tam buğday ununun üretilen ekmek örneklerinin çeşitli kimyasal ve teknolojik özelliklerini inceledikleri çalışmada; einkorn buğday ununun antioksidan aktivitesini ABTS yöntemi ile 463.51 mmol TE/100g, FRAP metodu ile 110.22 mmol TE/100g ve CUPRAC metodu ile 201.12 mmol TE/100g olarak bildirirken, çalışmada einkorn ekmek örneklerinin aynı değerlerini sırasıyla 388.80 mmol T.E/100g, 126.55 mmol T.E/100g ve 109.43 mmol T.E/100g olarak rapor etmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada einkorn buğdayının antioksidan aktivitesi DDPH metodu ile 3.64 µM TE/g, ABTS metodu ile 64.02 µM TE/g, FRAP metodu ile 2.15 µM TE/g ve CUPRAC metodu ile 10.38 µM TE/g olarak bildirilmiştir (Vrancheva ve ark., 2020).

Herken ve ark., (2007) ham börülce ve 30 ºC'de 24 saat çimlendirilmiş börülce unlarını %20 oranında kısa kesme makarna üretiminde kullanmışlardır. Çalışmada ham börülce unu kullanılarak üretilen erişte örneklerinin ortalama toplam antioksidan aktivitelerinin 26.89 µmol TE/g olduğunu, çimlenmiş börülce unu kullanımı ile aynı değerin 28.63 µmol TE/g'a yükseldiğini bildirmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada, tam buğday ununun makarna üretiminde kullanımı ile makarna örneklerinin antioksidan aktivite değerinin rafine buğday unu ile hazırlanan örneklere göre oldukça yükseldiği ifade edilmiştir (Wójtowicz ve ark., 2020).

Sofi ve ark. (2020) çimlendirilmiş nohut unu (%0-30) ile zenginleştirilmiş prejelatinize pirinç eriştesinin in vitro nişasta sindirilebilirliği, pişirme kalitesi, reolojisi ve duyusal özelliklerini araştırdıkları çalışmalarında; artan çimlenmiş nohut unu ile birlikte erişte örneklerinin antioksidan aktivesinin arttığını, herhangi bir katkı

kullanılmadan üretilen kontrol örneğinde toplam antioksidan madde miktarı 22.83 mg/100 g iken, %30 oranında katkı içeren örneklerde toplam antioksidan aktivitenin ortalama 34.58 mg/100 g olduğunu rapor etmişlerdir. Yapılan bir başka çalışmada noodle fomülasyonunda %50 çimlendirilmiş pirinç unu kullanılması ile kontrol örneğinde 2.34 µmol Fe(II)/g ve 1.57 µmol TE/g olan FRAP ve DPPH değerleri, sırasıyla 19.75 µmol Fe(II)/g ve 7.58 µmol TE/g'a yükselmiştir (Thao ve Niwat, 2018).

Coello ve ark. (2021) çimlendirilmiş moringa tohumlarını farklı oranlarda (%0-30) fettucine makarnası üretiminde kullandıkları çalışmada, makarna formülasyonunda artan oranda çimlenmiş moringa unu kullanımı ile örneklerin antioksidan aktivitelerinin (ORAC) artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Kontrol örneğinde ORAC yöntemi ile 490.24 mg TE/100 g olarak belirlenen antioksidan aktivite değeri, %30 katkı oranında çimlenmiş moringa unu kullanımı ile 2.14 kat artmıştır.

Hidalgo ve ark. (2019b) çimlenmiş arpa ve buğday unlarını farklı oranlarda (%5, 10, 15 ve 20) bisküvi üretiminde kullandıkları çalışmalarında, rafine buğday ununda üretilen kontrol örneğinin FRAP, ABTS ve DPPH antioksidan aktivite analiz yöntemleri ile antioksidan aktivitelerini sırasıyla 0.7, 1.2 ve 0.0 mmol TE/kg olarak, %20 oranında çimlenmiş tam buğday unu ile hazırlanan bisküvi örneklerinin aynı değerlerini sırasıyla 3.6, 2.8 ve 0.9 mmol TE/kg olarak bildirmişlerdir.

Vignola ve ark. (2018) rafine ve tam buğday unlarının makarnanın kalite özellikleri üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında, örneklerin TFM miktarı 4.32 ile 7.39 mg GA/g arasında, ABTS ve FRAP antioksidan aktive değerleri sırasıyla 1.75 ila 4.61 ve 0.57 µmol TE/g ila 2.52 µmol TE/g arasında değişmiş olup, beklenildiği gibi en yüksek TFM miktarı ve antioksidan aktivite değerleri tam buğday unu ile hazırlanan makarna örneklerinde elde edilmiştir.

4.4.3.10. Mineral madde analiz sonuçları

Farklı oranlarda, işlem görmemiş, çimlenmiş ve ÇSNIU Esperia, einkorn ve emmer buğday unları kullanılarak üretilen erişte örneklerinin mineral madde (Ca, Fe, Mg K, P ve Zn) miktarı sonuçları Çizelge 4.35'de, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.36'da, Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.37'de verilmiştir.

Erişte örneklerinin Ca miktarı 32.12-38.99 mg/100 g arasında değişmiştir (Çizelge 4.35). Varyans analizi sonuçlarına göre; erişte örneklerinin Ca miktarı üzerinde tam buğday unu ilave oranı faktörünün $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.36).

Çizelge 4.35. Erişte örneklerine ait mineral madde miktarı (mg/100 g) sonuçları[1]

Buğday çeşidi	İşlem türü	TBUİO[2] (%)	Ca	Fe	Mg	K	P	Zn
Esperia	İşlem görmemiş	0	32.92±1.15	2.28±0.23	48.51±1.79	184.06±4.95	206.54±9.09	1.37±0.06
		15	33.88±1.08	3.10±0.18	56.47±1.92	221.31±13.94	333.25±11.78	1.65±0.10
		30	34.01±1.24	3.87±0.31	68.23±1.85	248.75±5.41	395.00±6.92	2.13±0.11
		45	34.45±1.73	4.09±0.29	77.45±1.54	276.80±10.26	423.14±9.05	2.81±0.21
		60	36.94±1.31	4.11±0.26	89.79±2.23	304.63±6.95	468.54±11.27	3.32±0.18
	Çimlenmiş	0	32.92±1.15	2.28±0.23	48.51±1.79	184.06±4.95	206.54±9.09	1.37±0.06
		15	34.45±1.47	3.74±0.13	61.87±1.75	198.18±12.38	320.21±10.18	1.97±0.17
		30	35.02±2.01	4.29±0.14	74.52±1.88	217.75±11.72	364.54±7.67	2.65±0.16
		45	36.61±0.57	4.27±0.19	83.70±2.23	244.99±6.90	375.45±6.59	2.99±0.18
		60	37.56±2.07	4.69±0.17	96.54±2.18	254.09±7.81	405.28±10.14	4.05±0.14
	ÇSNIU[3]	0	32.92±1.15	2.28±0.23	48.51±1.79	184.06±4.95	206.54±9.09	1.37±0.06
		15	34.01±1.23	3.90±0.27	61.86±2.01	198.17±14.01	322.25±12.35	1.83±0.40
		30	35.11±1.49	4.30±0.21	71.49±1.98	222.60±9.21	363.24±8.13	2.65±0.16
		45	36.36±1.32	4.44±0.30	84.33±2.21	248.62±12.94	379.54±12.78	3.16±0.13
		60	37.49±1.41	4.50±0.86	95.42±2.03	252.36±11.47	407.25±12.00	4.19±0.41
Einkorn	İşlem görmemiş	0	33.54±1.03	2.31±0.31	49.07±1.61	180.56±14.30	235.41±11.70	1.22±0.10
		15	34.59±1.41	4.35±0.14	57.41±1.56	209.90±13.66	372.41±13.15	2.47±0.10
		30	35.33±1.64	4.82±0.10	74.58±1.81	237.40±13.78	425.86±9.41	3.62±0.03
		45	36.12±1.22	5.21±0.15	87.61±2.73	285.42±12.77	505.25±12.74	4.25±0.10
		60	37.12±1.02	5.74±0.14	97.56±2.12	337.69±11.17	512.54±15.95	5.00±0.17
	Çimlenmiş	0	33.54±1.03	2.31±0.31	49.07±1.61	180.56±14.30	235.41±11.70	1.22±0.10
		15	34.84±1.41	4.59±0.20	60.25±2.32	194.06±10.61	361.25±16.56	2.80±0.11
		30	35.78±1.08	4.93±0.16	77.41±1.81	218.63±14.05	399.45±14.48	4.04±0.23
		45	36.36±1.70	5.68±0.26	90.54±1.77	254.94±13.61	417.00±9.55	4.72±0.67
		60	37.89±1.21	6.03±0.17	110.87±2.36	274.81±8.12	451.14±11.70	5.47±0.10
	ÇSNIU	0	33.54±1.03	2.31±0.31	49.07±1.61	180.56±14.30	235.41±11.70	1.22±0.10
		15	34.90±1.39	4.50±0.26	60.74±1.75	195.56±12.84	357.21±4.30	2.83±0.11
		30	35.64±1.73	5.23±0.40	76.89±2.31	209.45±12.86	399.00±9.23	3.84±0.38
		45	36.64±1.19	5.74±0.21	92.52±1.80	259.81±12.16	412.14±12.57	4.54±0.40
		60	38.04±0.99	6.05±0.19	112.65±2.56	281.09±11.83	447.87±11.78	5.70±0.20
Emmer	İşlem görmemiş	0	32.12±1.40	2.26±0.18	44.29±2.40	203.32±7.28	241.91±9.98	1.34±0.10
		15	34.45±1.29	3.79±0.27	61.24±2.23	219.21±10.34	503.12±8.97	1.94±0.17
		30	34.72±1.76	4.38±0.24	75.16±2.22	232.19±7.48	574.87±10.45	2.34±0.47
		45	36.34±1.44	4.78±0.23	87.12±2.35	270.20±6.20	630.00±7.24	3.33±0.13
		60	37.81±1.92	5.02±0.14	96.16±2.19	304.10±9.14	670.27±12.67	3.81±0.46
	Çimlenmiş	0	32.12±1.40	2.26±0.18	44.29±2.40	203.32±7.28	241.91±9.98	1.34±0.10
		15	34.72±1.81	4.19±0.13	63.85±1.47	210.32±10.97	480.98±12.11	2.08±0.11
		30	36.44±1.36	4.62±0.14	76.02±1.75	224.41±8.49	516.94±11.22	2.83±0.16
		45	38.43±1.43	5.05±0.18	93.14±2.04	238.04±7.74	570.25±13.77	3.65±0.35
		60	38.99±1.62	5.50±0.17	110.02±1.63	260.22±6.18	574.26±12.71	4.09±0.13
	ÇSNIU	0	32.12±1.40	2.26±0.18	44.29±2.40	203.32±7.28	241.91±9.98	1.34±0.10
		15	34.84±1.63	4.17±0.33	61.85±1.60	209.56±9.77	455.23±11.91	2.12±0.24
		30	35.62±1.20	4.68±0.18	78.74±2.26	224.99±9.12	520.26±8.46	2.74±0.57
		45	38.49±1.29	4.97±0.20	90.72±2.63	225.14±10.93	561.26±7.62	3.35±0.62
		60	38.72±1.34	5.42±0.24	110.25±2.07	263.59±9.83	603.54±11.19	4.32±0.16
Minimum-maksimum			32.12-38.99	2.26-6.05	48.51-112.65	181.56-337.69	206.54-670.27	1.22-5.70
Ortalama±std			35.43±2.06	4.21±1.15	74.46±19.37	231.91±38.50	407.36±128.08	2.91±1.24

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. [2]Tam buğday unu ilave oranı. [3]Çimlendikten sonra nemli-ısıl işlem uygulanmış.

Çizelge 4.36. Erişte örneklerinin mineral madde miktarlarına ait varyans analizi sonuçları[1]

VK	SD	Ca		Fe		Mg		K		P		Zn	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Buğday çeşidi(A)	2	4.80	2.40ns	6.23	95.49**	249.38	60.03**	110.37	0.99ns	174487.16	1453.66**	8.88	132.61**
İşlem türü (B)	2	5.16	2.57ns	0.90	13.80**	231.59	51.42**	5661.44	50.78**	15029.62	125.21**	0.95	14.26**
TBUİO[2] (C)	4	66.29	33.07**	24.32	372.93**	8393.02	2020.36**	24776.10	222.25**	213598.71	1779.50**	26.83	400.89**
(AxB)	4	0.35	0.17ns	0.02	0.32ns	1.45	0.35ns	55.01	0.50ns	255.13	2.13ns	0.02	0.27ns
(AxC)	8	1.18	1.09ns	0.48	7.43**	76.76	17.48**	768.24	6.89ns	7638.57	63.64**	0.87	13.04**
(BxC)	8	0.70	0.35ns	0.07	1.06ns	36.11	8.69**	735.29	6.60**	1937.83	16.14**	0.12	1.79ns
(AxBxC)	16	0.17	0.09ns	0.02	0.33ns	649	1.56ns	53.53	0.48ns	241.53	2.01*	0.02	0.26ns
Hata		0.15		0.03		0.22		1.11		1.16		0.03	

[1]* p< 0.05 düzeyinde önemli, ** p< 0.01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz. [2] Tam buğday unu ilave oranı.

.

Çizelge 4.37. Erişte örneklerinin mineral madde miktarlarına (mg/100 g) ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	n	Ca	Fe	Mg	K	P	Zn
Buğday çeşidi							
Esperia	30	34.98±1.59a	3.74±0.82c	71.15±16.12b	229.36±35.02a	345.15±78.74c	2.50±0.90c
Einkorn	30	35.59±1.42a	4.65±1.28a	76.42±21.05a	223.79±45.56a	384.49±86.22b	3.53±1.46a
Emmer	30	35.73±2.36a	4.22±1.08b	75.81±21.54a	232.56±28.56a	492.45±136.25a	2.71±0.98b
İşlem türü							
İşlem görmemiş	30	34.96±1.57a	4.01±1.06b	71.38±17.31b	247.44±45.44a	433.21±135.40a	2.71±1.11b
Çimlenmiş	30	35.71±1.95a	4.30±1.16a	76.04±20.73a	223.63±28.33b	394.71±109.95b	3.02±1.25a
ÇSNIU[2]	30	35.63±1.94a	4.32±1.21a	75.96±20.98a	223.66±29.71b	394.18±111.38b	3.01±1.28a
TBUİO[3] (%)							
0	18	32.86±1.10d	2.28±0.18e	47.29±2.62e	189.31±12.48e	227.95±17.51e	1.31±0.09e
15	18	34.52±1.09c	4.04±0.48d	60.62±2.63d	205.92±13.43d	389.55±69.31d	2.19±0.43d
30	18	35.30±1.30c	4.57±0.43c	74.78±3.44c	225.91±13.86c	441.37±74.54c	2.98±0.70c
45	18	36.64±1.54b	4.91±0.59b	87.46±5.13b	255.66±20.06b	473.43±92.51b	3.64±0.73b
60	18	37.84±2.26a	5.23±0.71a	102.14±8.55a	281.06±28.53a	504.52±90.45a	4.44±0.79a

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05). [2]Çimlendikten sonra nemli-ısıl işlem uygulanmış. [3]Tam buğday unu ilave oranı.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; Esperia buğday unu kullanılarak üretilen erişte örneklerinin ortalama Ca miktarı 34.98 mg/100 g, einkorn buğday unu kullanılarak üretilen örneklerin ortalama Ca miktarı 35.59 mg/100 g ve emmer buğday unu kullanılarak üretilen örneklerin ise ortalama Ca miktarı 35.73 mg/100 g olarak belirlenmiş olup aralarındaki fark önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.37).

Erişte örneklerinin Ca miktarı uygulanan işlem türü açısından değerlendirildiğinde; çimlenmiş buğdaylardan elde edilen tam unların ve ÇSNIU unların kullanımı ile erişte örneklerinin Ca içeriği işlem görmemiş buğday unları ile üretilen eriştelere göre artmış, ancak bu artış erişte örneklerinin Ca miktarında istatistiksel olarak bir fark oluşturmamıştır (Çizelge 4.37).

Çizelge 4.37 tam buğday unu ilave oranı açısından karşılaştırıldığında; erişte formülasyonuna ilave edilen tam buğday unu oranının artması ile birlikte eriştelerin Ca miktarının da yükseldiği tespit edilmiştir. Ortalama Ca miktarı; tam buğday unu ilavesiz erişte örneklerinde 32.86 mg/100 g olarak, %60 tam buğday unu ilaveli erişte örneklerinde ise 37.84 mg/100 g olarak bulunmuştur (Çizelge 4.37). Farklı buğday çeşitlerine ait tam un örneklerinin, rafine buğday ununa göre oldukça yüksek olan Ca miktarının (Çizelge 4.22), tam buğday unu ilaveli erişte örneklerinin Ca miktarını artırdığı tahmin edilmektedir (Çizelge 4.37).

Esperia, einkorn ve emmer buğdaylarından elde edilen tam unların farklı oranlarda ilavesi ile üretilen erişte örneklerinin Fe miktarı 2.26-6.05 mg/100 g arasında değişmiş olup, ortalama 4.21 mg/100 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.35). Varyans analizi sonuçlarına göre, buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonunun erişte örneklerinin Fe miktarı üzerinde $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.36).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları buğday çeşidi açsından incelendiğinde; einkorn buğdayından elde edilen tam un ile hazırlanan eriştelerin Fe miktarı (4.65 mg/100 g), sırasıyla emmer tam unu (4.22 mg/100 g) ve Esperia tam unu (3.74 mg/100 g) ile hazırlanan erişte örneklerinin Fe miktarından yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.37). Bu durum, hammaddeler arasında einkorn buğdayının Fe içeriğinin, emmer ve Esperia buğday unlarının Fe içeriğinden yüksek olması ile ilgili olabilir (Çizelge 4.22).

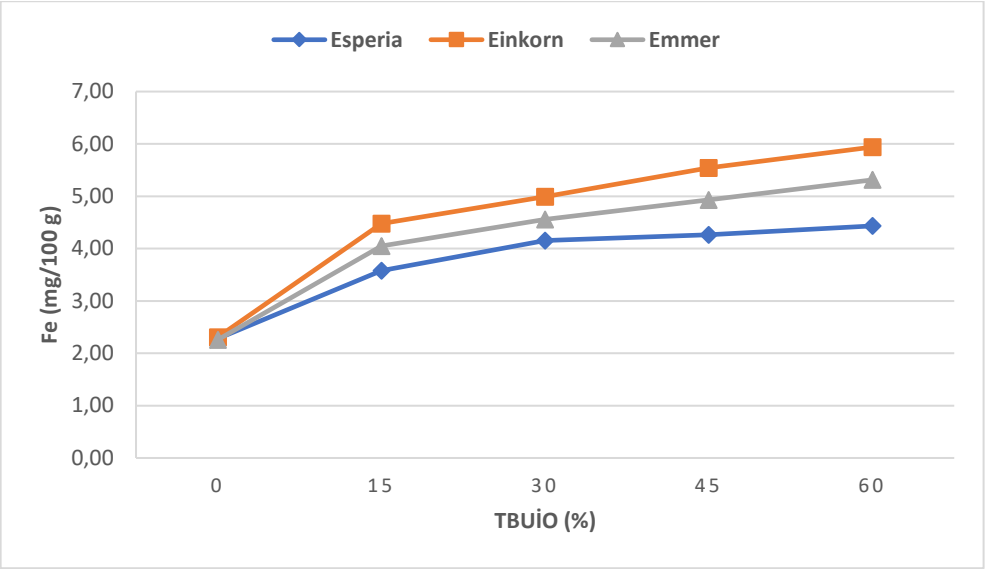
Erişte üretiminde çimlenmiş ve ÇSNIU buğday unlarının kullanımı ile işlem görmemiş buğday unu kullanımına göre, Fe içeriğinde artış meydana gelmiştir (Çizelge

4.37). Çimlendirilmiş taneler ile ham taneler mineral içerikleri açısından kıyaslandığında, çimlendirilmiş bitki ve tohumların daha yüksek mineral değerine sahip olduğu yapılan pek çok çalışmada belirtilmiştir (Yetim ve ark., 2009; Tarzi ve ark., 2012; Lopez-Martinez ve ark., 2017; Kılınçer ve Demir, 2019; Şenlik ve Alkan, 2021). Bu durum çimlenme esnasında, fitaz enzim aktivitesindeki artış ile ilişkilendirilmiştir. Fitaz, mineral ve proteinlerin kompleks oluşturduğu yapıları hidrolize ederek, minerallerin serbest kalmasını sağlamaktadır (Donkor ve ark., 2012). Bununla birlikte bazı araştırmacılar tahıl ve baklagil tanelerinde çimlenmeyle beraber artan alfa amilaz enzim aktivitesi ile karbonhidratların basit şekerlere indirgendiğini ve bu basit şekerlerin solunumda harcanması ile kimyasal kompozisyondaki oransal değişimi; minerallerin miktarındaki değişimi etkileyen bir diğer faktör olarak göstermektedir (Kılınçer ve Demir, 2019).

Tam buğday unu ilave oranı açısından karşılaştırma yapıldığında; erişte örneklerine ilave edilen tam un miktarındaki artış ile birlikte erişte örneklerinin Fe miktarı artış göstermiştir. Tam buğday unu içermeyen erişte ile karşılaştırıldığında, %60 oranında tam buğday unu ilavesinin eriştelerin Fe içeriğini 2.9 kat artırdığı belirlenmiştir (Çizelge 4.37). Bu durum üzerinde, Esperia, einkorn ve emmer buğdaylarına ait tam un örneklerinin Fe içeriğinin, rafine buğday ununun Fe içeriğinden daha fazla olması etkili olmuş olabilir (Çizelge 4.22).

Erişte örneklerinin Fe miktarı üzerinde etkili "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu Şekil 4.50'de verilmiştir. Artan tam un ilave oranına bağlı olarak buğday çeşidi fark etmeksizin erişte örneklerinin Fe içeriğinin arttığı görülmektedir. Bu artış tüm buğday çeşitlerinin %15 ilaveli örneklerinde daha yüksek oranda gerçekleşmiş olup, artan tam buğday unu ilave oranı ile sabit bir artış olmuştur. Buğday çeşitleri arasında en yüksek Fe içeriği tüm ilave oranlarında einkorn ilaveli erişte örneklerinde gerçekleşmiştir.

Erişte örneklerinin Mg miktarı 48.51-112.65 mg/100 g arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.35). Varyans analizi sonuçlarına göre erişte örneklerinin Mg miktarı üzerinde; buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" ve "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonları $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.36).



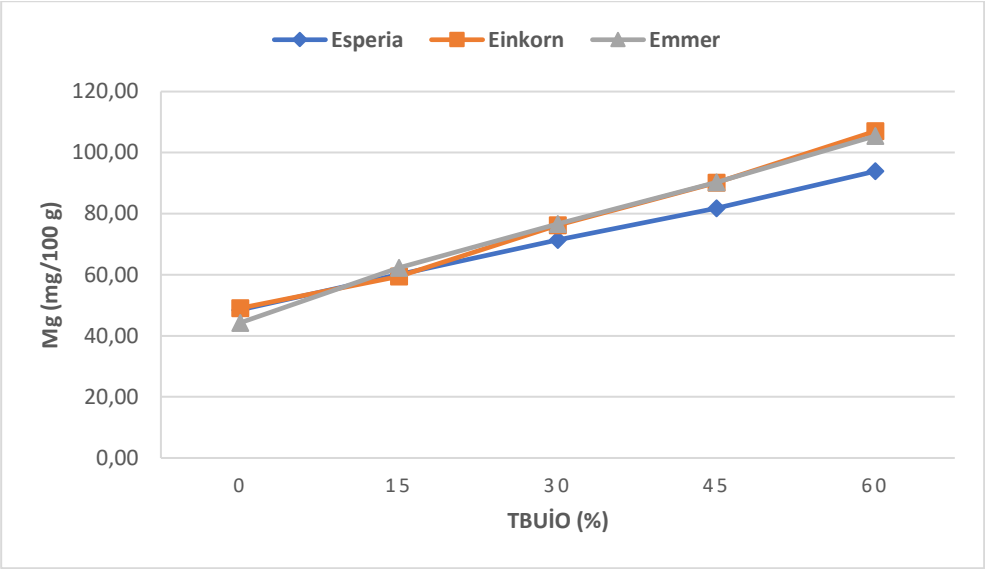
Şekil 4.50. Erişte örneklerinin Fe miktarı üzerinde etkili *"buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları buğday çeşidi açısından değerlendirildiğinde; einkorn ve emmer buğday unları ile hazırlanan erişte örneklerinin Mg miktarı (76.42 mg/100 g ve 75.81 mg/100 g), Esperia tam buğday unu ilaveli erişte örneklerinin Mg miktarından (71.15 mg/100 g) daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.37).

Çizelge 4.37 işlem türü açısından incelendiğinde; üretiminde çimlenmiş buğdaylardan elde edilen tam unların ve ÇSNIU tam unların kullanıldığı erişte örneklerinin ortalama Mg miktarının (76.04 mg/100 g ve 75.96 mg/100 g), işlem görmemiş buğdaylardan elde edilen tam unlar kullanılarak üretilen eriştelerin ortalama Mg miktarından (71.38 mg/100 g) daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

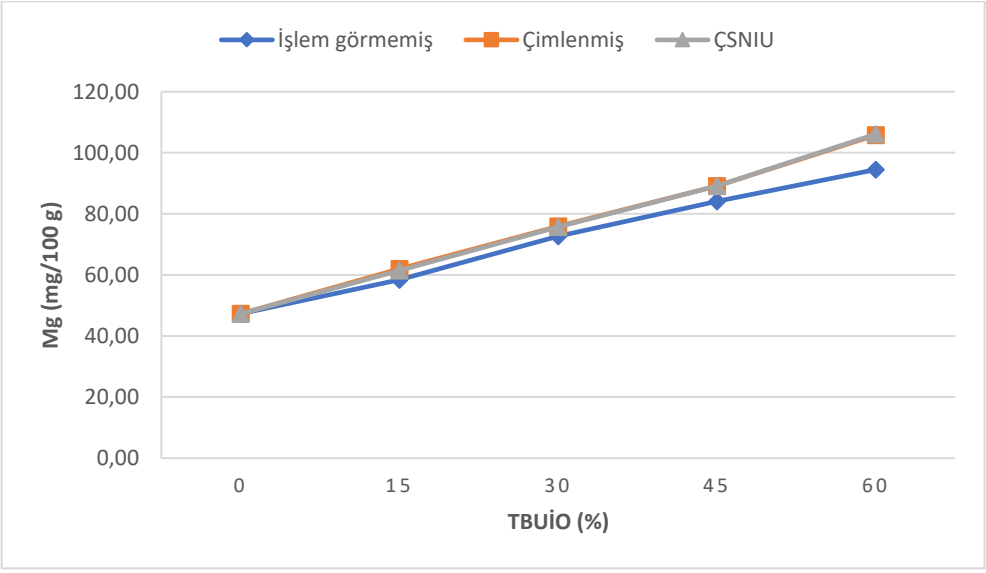
Tam buğday unu ilave oranı açısından yapılan karşılaştırmaya göre; örneklerin ortalama Mg miktarının 47.29-102.14 mg/ 100 g arasında değiştiği, %60 oranında tam buğday unu ilaveli erişte örneklerinin en yüksek Mg miktarını verdiği bulunmuştur (Çizelge 4.37). İşlem görmemiş, çimlenmiş ve ÇSNIU Esperia, einkorn ve emmer buğdaylarına ait tam unların Mg içeriklerinin rafine buğday ununun Mg içeriğinden daha yüksek olması, erişte örneklerinin Mg içeriğine yansımış olabilir (Çizelge 4.22).

Erişte örneklerinde Mg miktarı üzerinde etkili "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu Şekil 4.51'de verilmiştir. Artan tam un oranına bağlı olarak buğday çeşidi farketmeksizin erişte örneklerinin Mg miktarının arttığı görülmektedir. Bu artış einkorn ve emmer buğday unu ilaveli erişte örneklerinde benzerlik göstermiş olup, %15 tam buğday unu ilave oranı üzerindeki oranlarda Esperia unu ilaveli eriştelerin Mg miktarı ile aralarındaki fark artış göstermiştir.



Şekil 4.51. Erişte örneklerinin Mg miktarı üzerinde etkili *"buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Erişte örneklerinin Mg miktarı üzerine etkili "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu Şekil 4.52'de gösterilmektedir. Tüm işlem türlerinde tam un ilave oranının artması ile erişte örneklerinin Mg içeriği artış göstermiş olup, bu artış çimlenmiş buğday unu ve ÇSNIU un ile hazırlanan erişte örneklerinde benzer ve işlem görmemiş buğday unu ile hazırlanan erişte örneklerinden daha yüksek oranda gerçekleşmiştir. Artan tam un ilave oranına bağlı olarak işlem görmemiş tam un ilaveli erişte örnekleri ile çimlenmiş buğday unu ve ÇSNIU un ile hazırlanan örneklerin Mg miktarları arasındaki fark açılmıştır.



Şekil 4.52. Erişte örneklerinin Mg miktarı üzerinde etkili *"buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

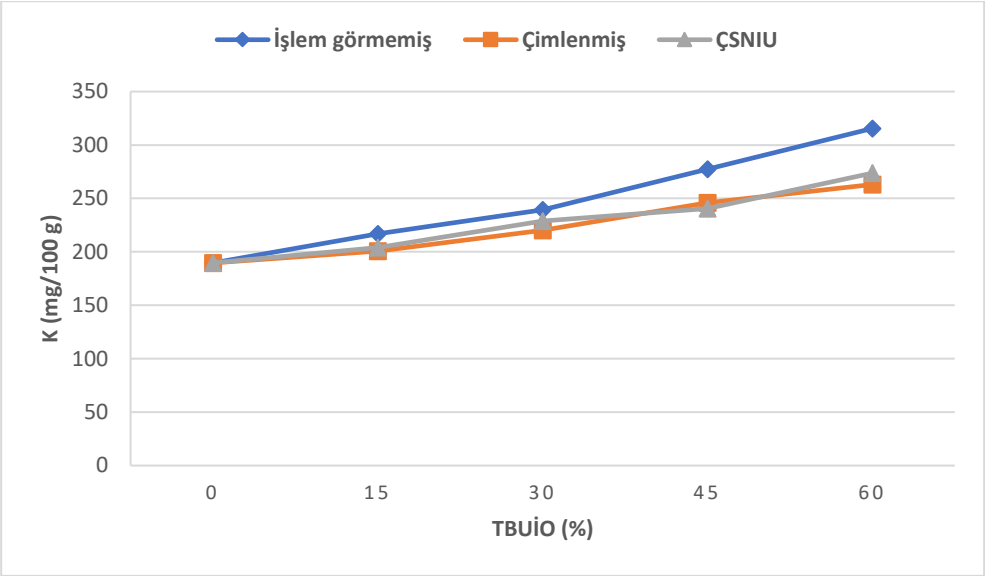
Esperia, einkorn ve emmer tam unları ilave edilerek üretilen erişte örneklerinin ortalama K miktarı 231.91 mg/100 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.35). Varyans analizi sonuçlarına göre; erişte örneklerinin K miktarı üzerinde işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.36).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; buğday çeşidinin erişte örneklerinin K miktarı üzerinde anlamlı bir fark oluşturmadığı, Esperia, einkorn ve emmer unları kullanılarak üretilen erişte örneklerinin ortalama K miktarının sırasıyla 229.36 mg/100 g, 223.79 mg/100 g ve 232.56 mg/100 g olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.37).

Sonuçlar hammaddelere uygulanan işlem türü açısından incelendiğinde; çimlenmiş buğdaylardan elde edilen tam un ile hazırlanan erişte örneklerinin ortalama K miktarı (223.63 mg/100 g), ÇSNIU unu kullanılarak hazırlanan örneklerin ortalama K miktarına benzer (223.66 mg/100 g), işlem görmemiş buğday unu ile hazırlanan erişte örneklerinin ortalama K miktarından (247.44 mg/100 g) düşük bulunmuştur (Çizelge 4.37).

Elde edilen sonuçlar tam buğday unu ilave oranı açısından karşılaştırıldığında, erişte örneklerine ilave edilen tam un miktarının artması, erişte örneklerinin K miktarını artırmıştır. En yüksek K miktarı %60 tam buğday unu ilaveli erişte örneklerinde (281.06 mg/100 g), en düşük K içeriği tam buğday unu ilavesiz erişte örneklerinde (189.31 mg/100 g) bulunmuştur (Çizelge 4.37).

Erişte örneklerinin K miktarı üzerine etkili "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu Şekil 4.53'de verilmiştir. Her bir işlem türünde ilave edilen tam buğday unu oranındaki artış, örneklerin K miktarının artmasını sağlamıştır. İşlem görmemiş buğday unları ile hazırlanan erişte örneklerinde, çimlenmiş ve ÇSNIU unlar ile hazırlanan erişte örneklerinden daha yüksek K içeriği belirlenmiş olup, çimlenmiş ve ÇSNIU unlar birbirine benzer K içeriği göstermiştir. %30 tam buğday unu ilave oranı üzerindeki katkı oranlarında, çimlenmiş buğday unu ve ÇSNIU unlar ile işlem görmemiş buğdaylardan elde edilen tam un ilavesi ile üretilen erişte örneklerinin K içerikleri arasındaki fark artış göstermiştir.



Şekil 4.53. Erişte örneklerinin K miktarı üzerinde etkili *"buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Erişte örneklerinin P miktarı 206.54-670.27 mg/100 g arasında değişmiş ve ortalama 407.36 mg /100 g olarak bulunmuştur (Çizelge 4.35). Çizelge 4.36'de verilen varyans analizi sonuçlarına göre erişte örneklerinin P miktarı üzerinde buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" ve "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonları $p<0.01$ düzeyinde, "*buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday ilave oranı*" inteaksiyonu ise $p<0.05$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.36).

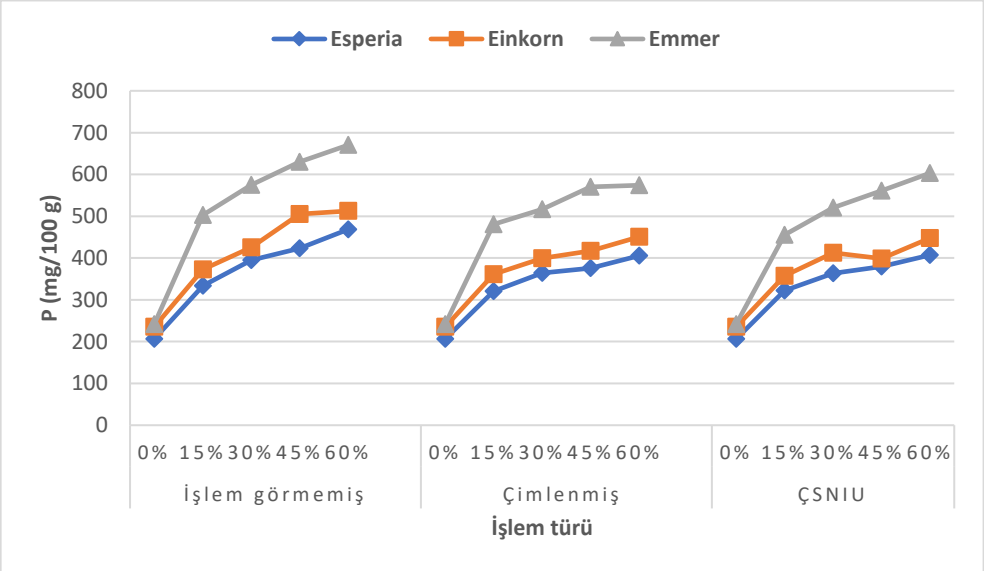
Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları buğday çeşidi açısından karşılaştırıldığında, en yüksek P içeriği emmer buğday unu ilaveli erişte örneklerinde belirlenmiş olup (492.45 mg/100 g), bunu sırasıyla einkorn ve Esperia buğday unları ile hazırlanan erişte örneklerinin P içeriği (384.49 mg/100 g ve 345.15 mg/100 g) takip etmiştir (Çizelge 4.37).

Çizelge 4.37 buğdaylara uygulanan işlem türü açısından değerlendirildiğinde, işlem görmemiş buğday unları ile üretilen erişte örneklerinin P içeriği (433.21 mg/100 g), çimlenmiş buğday unları ve ÇSNIU unlar ile hazırlanan erişte örneklerini P içeriğinden (394.71 mg/100 g ve 394.18 mg/100 g) yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.37).

Tam buğday unu ilave oranının örneklerin P miktarı üzerine etkisi incelendiğinde; artan tam buğday unu ilave oranına bağlı olarak erişte örneklerinin P miktarının arttığı görülmüştür (Çizelge 4.37). Rafine buğday unu ile yer değiştirme esasına göre kullanılan tam buğday unlarının, P içeriğinin yüksek olması erişte örneklerinin P içeriğinin artmasında etkili faktör olabilir (Çizelge 4.22). Ercan (1986) mineral maddelerin un, ince

ve kaba kepekteki dağılımını belirlediği çalışmasında; buğday tanesinde mineral maddelerin merkezden endospermin dış kısmına doğru gidildikçe arttığını, bu nedenle mineral maddelerin büyük bir kısmının değirmende yan ürünlerle birlikte ayrıldığını belirtmiştir.

Erişte örneklerinin P miktarı üzerine etkili "*buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday ilave oranı*" interaksiyonuna göre, erişte örneklerinde tam buğday unu ilave oranının artmasına bağlı olarak işlem türlerinin tamamında P miktarı artış göstermiş, bu artış işlem görmemiş buğdaylardan elde dilen tam unlar ile hazırlanan örneklerde daha yüksek oranda gerçekleşirken, çimlenmiş buğdaylara ait tam unlar ve ÇSNIU unlar ile hazırlanan örneklerde daha düşük oranda ve birbirine benzer şekilde gerçekleşmiştir. Esperia unu katkılı erişte örneklerinin P miktarının, tüm işlem türlerinde Emmer ve einkorn tam buğday unu ilaveli eriştelerin P miktarından daha düşük olduğu görülürken, en yüksek P içeriği işlem görmemiş buğday unu ile hazırlanan erişte örnekleri arasında emmer tam buğday unu ilaveli örneklerde belirlenmiştir (Şekil 4.54).



Şekil 4.54. Erişte örneklerinin P miktarı üzerinde etkili *"buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Erişte örneklerinin Zn miktarı Çizelge 4.35'de özetlendiği gibi 1.22-5.70 mg/100 g arasında değişmekte olup ortalama 2.91 mg/100 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.35). Varyans analizi sonuçlarına göre eriştelerin Zn miktarı üzerinde buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday ilave oranı faktörleri ile "*buğday çeşidi x tam buğday ilave oranı*" interaksiyonunun $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.36).

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, en yüksek Zn miktarı einkorn buğday unu ile hazırlanan erişte örneklerinden elde edilirken (3.53 mg/100 g), en düşük Zn miktarı formülasyonunda Esperia tam buğday unu kullanılan örneklerden (2.50 mg/100 g) elde edilmiştir. Emmer buğday unu ilaveli erişte örneklerinin ortalama Zn içeriği ise 2.71 mg/100 g olarak bulunmuştur (Çizelge 4.37). Literatürde modern buğdayların mineral bakımından ilkel buğdaylardan daha fakir olduğu bildirilmekte ve bu durumun muhtemelen artan verim nedeniyle mineral içeriğinin seyrelmesinden kaynaklandığı ifade edilmektedir (Fan ve ark., 2008).

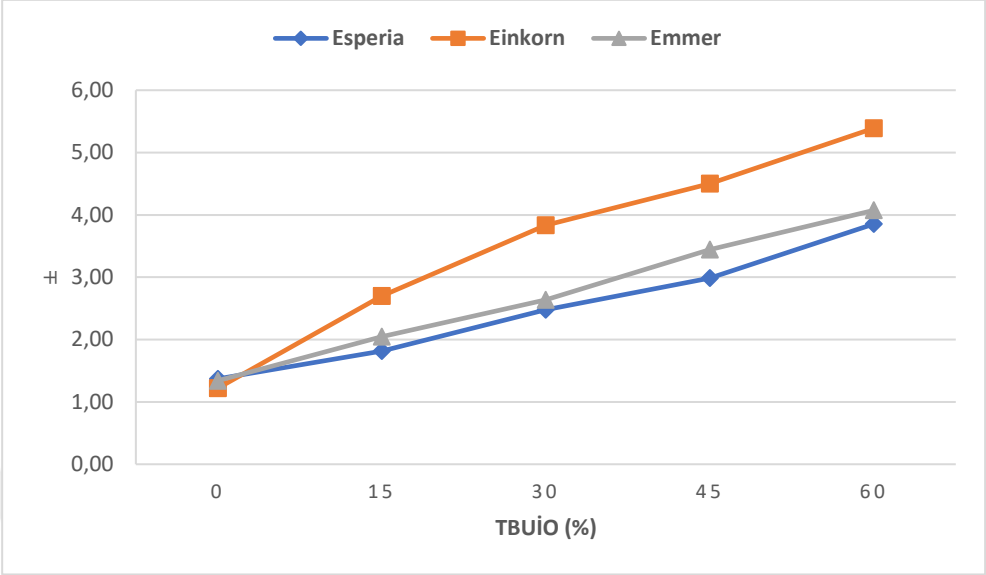
Erişte örneklerinin Zn içeriği hammaddelere uygulanan işlem türü açısından değerlendirildiğinde; çimlenmiş buğday unu ve ÇSNIU unlar ile hazırlanan erişte örneklerinin Zn miktarı (3.02 mg/100 g ve 3.01 mg/100 g), işlem görmemiş buğday unları ile hazırlanan örneklerin Zn içeriğinden (2.71 mg/100 g) daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.37).

Erişte örneklerinin Zn miktarı kullanılan tam buğday unu ilave oranı açısından karşılaştırıldığında; tam buğday unu ilave edilerek üretilen erişte örneklerinin Zn miktarının, tam buğday unu içermeyen örneklerin Zn miktarından daha yüksek olduğu, en yüksek Zn miktarının ise %60 tam buğday unu ilavesiyle elde edildiği gözlemlenmiştir (Çizelge 4.37)

Erişte örneklerinin Zn içeriği üzerinde etkili "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu Şekil 4.55'de verilmiştir. Artan oranlarda Esperia, einkorn ve emmer buğday unlarının kullanımına bağlı olarak erişte örneklerinin Zn miktarının arttığı, bu artışın en fazla einkorn buğday unu ilaveli örneklerde olduğu, en az artışın ise Esperia unu ilaveli örneklerde gerçekleştiği görülmektedir. Esperia ve emmer buğday unu ilaveli erişte örneklerindeki artan tam buğday unu ilave oranına bağlı Zn içeriğindeki artış birbirine benzer olup, bu iki buğday çeşidi ile üretilen erişte örneklerinin Zn miktarı ile einkorn unu ilaveli örneklerin Zn miktarı arasındaki fark artan ilave oranı ile artış göstermiştir.

Levent (2019) farklı oranlarda (%0-100) einkorn tam buğday ununu erişte formülasyonunda kullanmış ve erişte örneklerinin Ca, Fe, Cu ve Mg içeriğinin %100 einkorn buğday unu kullanımı ile kontrol örneğine kıyasla 1.41, 3.27, 1.45 ve 2.66 kat arttığını bildirmişlerdir. Erba ve ark. (2011), einkorn ve ekmeklik buğdayların tam unlarının mineral içeriklerini incelemiş ve einkorn çeşitlerinin Zn (7.18 mg/100 g), Fe (5.23 mg/100 g), Mn (4.65 mg/100 g), Cu (0.90 mg/100 g), Mg (151.2 mg/100 g) ve P

(541.1 mg/100 g) konsantrasyonlarının ekmeklik buğdaydan daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.



Şekil 4.55. Erişte örneklerinin Zn miktarı üzerinde etkili *"buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Hendek Ertop (2019), einkorn ve durum bulgurlarının mineral içeriklerini karşılaştırdığı çalışmasında; einkorn bulgurunun minör ve majör elementlerin miktarı bakımından durum bulgurundan üstün olduğunu bildirmiştir. Çalışmada einkorn bulgurunun Ca, K, Fe, Zn, P ve Mg içeriğini 484.40 ppm, 3741.60 ppm, 25.23 ppm, 34.73 ppm, 2796.47 ppm ve 938.10 ppm olarak bildirmiştir.

Vignola ve ark. (2018) farklı mineral içeriğine sahip iki farklı buğday genotipten elde edilen beyaz ve tam unlarla yapılan makarnanın in vitro mineral sindirilebilirliğini araştırdıkları çalışmalarında, tam unlar ile hazırlanan makarna örneklerinin mineral miktarının, rafine buğday unlarından hazırlanan örneklerden daha zengin olduğunu bildirmişlerdir. Brier ve ark. (2015) bu durumun kepek ve embriyonun, mineraller açısından endospermden daha zengin olmasından kaynaklandığını ifade etmişlerdir.

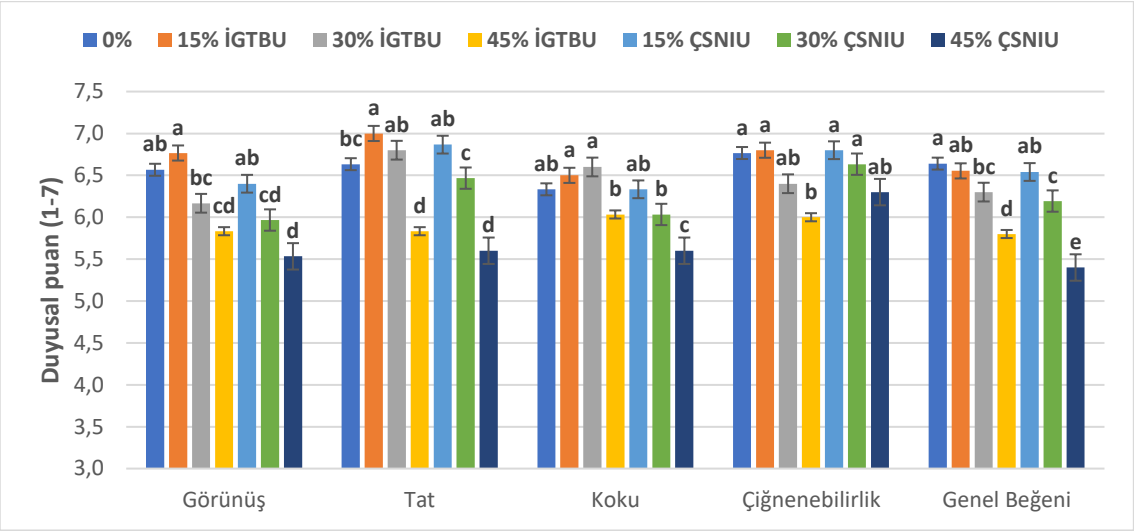
Tahıllar ve özellikle rafine unları, bazı mikro ve makro minerallerin konsantrasyonu ve biyoyararlanımı açısından zayıftır. Bu nedenle, insanların günlük gereksinimlerini karşılayamayabilirler ve dünyada tahıl bazlı diyetin uygulandığı çeşitli bölgeler mikro besin eksikliklerinden muzdariptir. Ancak tam un makro ve mikro elementler açısından zengin kepek, aleuron ve ruşeym tabakalarını içerir (Hendek Ertop, 2019). Bu anlamda rafine buğday ununda çok daha üstün mineral içeriğine sahiptir.

İnsan beslenmesinde Zn ve Fe genellikle ortak gıda kaynaklarında bulunmaları (Gibson ve ark., 2000) ve emilimlerinin benzer bileşikler tarafından engellenmesi (Nair ve ark., 2013) nedeniyle birlikte değerlendirilirler. Ayrıca aşırı demir tüketimi çinko emiliminde bozukluklara yol açar. Araştırmalar, diyetteki 1:1 Fe:Zn oranının, çinko emiliminde hafif bir inhibisyonuna neden olduğunu, 2:1 veya 3:1 oranlarının ise emilimi önemli ölçüde azalttığını göstermektedir (Kordas ve Stoltzfus, 2004). Çalışmamızda, erişte örneklerinin Fe:Zn oranı 1.16-1.95 arasında değişmekte olup, tüm erişte formülasyonlarında çinkodan daha yüksek bir demir içeriği belirlenmiştir.

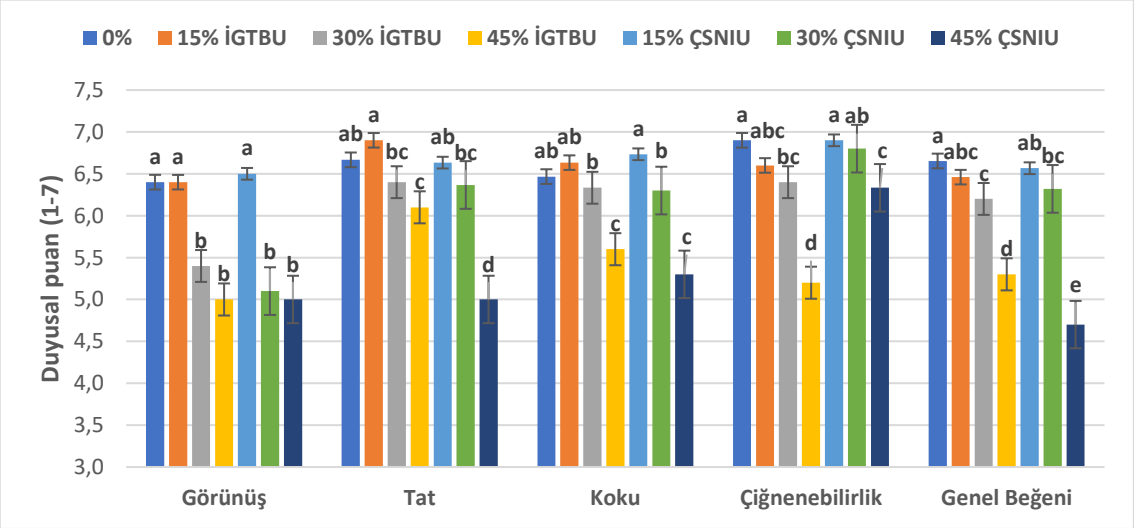
4.4.4. Erişte örneklerine ait duyusal analiz sonuçları

Duyusal analiz, tüketicilerin öznel tahminlerini dikkate alabilen ve erişte kalitesinin genel performansının değerlendirilmesine olanak tanıyan yeri doldurulamaz bir yöntemdir (Li ve ark., 2012). Erişte örneklerinde duyusal analiz, kontrol örneği ile birlikte %15, %30 ve %45 oranında işlem görmemiş ve aynı oranlarda ÇSNIU Esperia, einkorn ve emmer tam un ilaveli erişte örneklerinde yapılmıştır. Esperia, einkorn ve emmer unu ilaveli erişte örneklerine ait duyusal analiz (görünüş, tat, koku, çiğnenebilirlik ve genel beğeni) sonuçları Şekil 4.56, 4.57 ve 4.58'de gösterilmiştir.

Görünüş; Esperia buğday unu ilaveli erişte örnekleri incelendiğinde; %15 işlem görmemiş ve ÇSNIU Esperia buğday unu ilaveli erişte örnekleri görünüş açısından, tam un ilavesiz örnekler ile aynı grupta yer almış, artan ilave oranı ile birlikte Esperia buğday unu ilaveli erişte örneklerinin görünüş puanı azalmıştır. Esperia buğday unu ilaveli örnekler arasında en düşük görünüş skoru %45 ÇSNIU tam un ilaveli örneklerden elde edilmiştir (Şekil 4.56). Şekil 4.57'de einkorn buğday unu ilaveli erişte örnekleri için verilen duyusal analiz sonuçlarına göre; %15 einkorn tam unu ilaveli erişte örnekleri kontrol örneği ile birlikte, işlem türü fark etmeksizin istatistiksel olarak aynı grupta yer alan %30 ve %45 tam un ilaveli erişte örneklerinden daha yüksek puan almıştır. Sonuçlar emmer buğday unu ilaveli erişte örnekleri açısından değerlendirildiğinde; %15, 30 ve 45 oranında ÇSNIU emmer buğday unu ilaveli erişte örneklerinin görünüş özellikleri panelistler tarafından kontrol örneği ile eşdeğer bulunmuş olup, diğer buğday çeşitleri ile karşılaştırıldığında çimlendikten sonra uygulanan nemli-ısıl işlem emmer buğday unu ilaveli erişte örneklerinin görünüş özelliklerini geliştirmiştir.



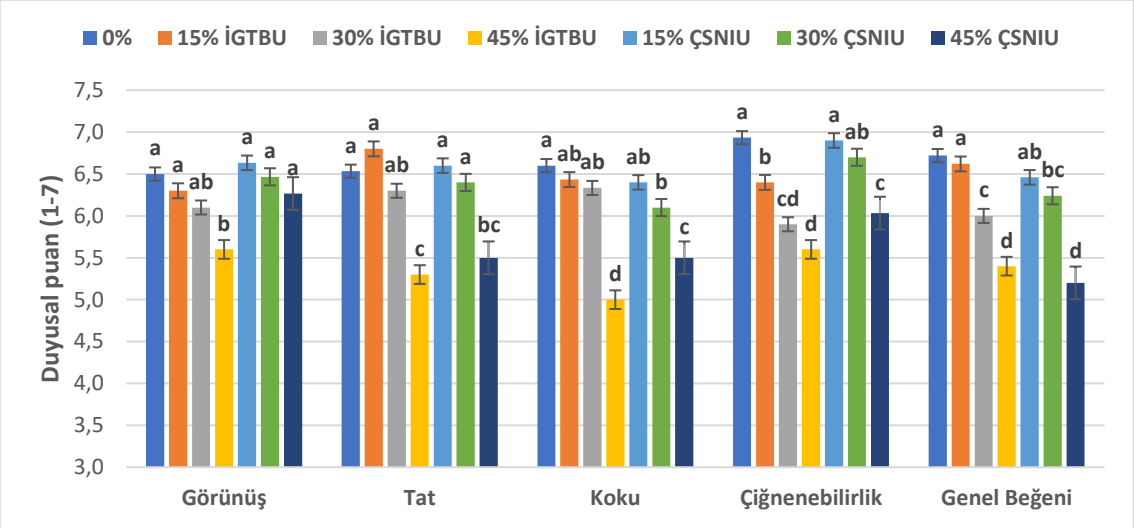
Şekil 4.56. Farklı oranlarda işlem görmemiş Esperia tam buğday unu (İGTBU) ve çimlendikten sonra nemli-ısıl işlem uygulanmış (ÇSNIU) Esperia tam buğday unu ilaveli erişte örneklerine ait duyusal analiz sonuçları



Şekil 4.57. Farklı oranlarda işlem görmemiş einkorn tam buğday unu (İGTBU) ve çimlendikten sonra nemli-ısıl işlem uygulanmış (ÇSNIU) einkorn tam buğday unu ilaveli erişte örneklerine ait duyusal analiz sonuçları

Tat; %15 işlem görmemiş ve ÇSNIU Esperia buğday unu ilavesi erişte örneklerinin tat özelliklerini geliştirmiş ve bu örneklerin tat skorlarının tam un ilavesiz erişte örneklerinden daha yüksek olmasını sağlamıştır. Ancak artan Esperia tam buğday unu ilave oranı ile birlikte erişte örneklerinin tat skorları azalmıştır (Şekil 4.56). Bu azalma ÇSNIU einkorn tam un ilaveli örneklerde daha yüksek oranda olmuş olup, einkorn ilaveli örnekler arasında en düşük tat skoru %45 oranında ÇSNIU un ilaveli örneklerde belirlenmiştir (Şekil 4.57). İşlem türü fark etmeksizin %15 ve %30 oranında emmer buğday unu ilaveli erişte örneklerinin tat puanları, kontrol örneği ile aynı grupta yer almış

olup, en yüksek Emmer buğday unu ilaveli (%45) örneklerin tat puanlarında azalma olmuştur (Şekil 4.58).



Şekil 4.58. Farklı oranlarda işlem görmemiş emmer tam buğday unu (İGTBU) ve çimlendikten sonra nemli-ısıl işlem uygulanmış (ÇSNIU) emmer tam buğday unu ilaveli erişte örneklerine ait duyusal analiz sonuçları

Koku; Esperia buğday unu ilaveli erişte örnekleri arasında %45 ÇSNIU tam un ilaveli erişte örnekleri, tam buğday unu ilavesiz kontrol örneğinden daha düşük koku puanı alan örnek olurken, işlem türü fark etmeksizin %45 ÇSNIU tam un ilaveli erişte örnekleri hariç tüm örnekler kontrol örneğine benzer koku puanları almıştır (Şekil 4.56). Sonuçlar einkorn ilaveli erişte örnekleri açısından değerlendirildiğinde; %15 ve %30 işlem görmemiş ve ÇSNIU tam un ilave oranlarında erişte örneklerinin koku skorları istatistiksel olarak kontrol örneği ile aynı grupta yer almıştır. Her iki işlem türünde de %45 einkorn tam buğday unu ilavesi erişte örneklerinin koku skorunu azalmıştır (Şekil 4.57). İşlem görmemiş emmer buğday unu ilaveli erişte örneklerinden %15 ve %30, ÇSNIU emmer buğday unu ilaveli örneklerden %15 tam un ilaveli erişte örneklerinin koku skorları kontrol örneğine benzer olup, artan ilave oranı ile emmer buğday unu ilaveli örneklerin koku skoru azalmıştır. İşlem türü farketmeksizin emmer buğday unu ilaveli örnekler arasında %45 işlem görmemiş buğday unu ilaveli erişte örneği en düşük koku skorunu veren örnek olmuştur (Şekil 4.58).

Çiğnenebilirlik; Esperia buğday unu ilaveli erişte örneklerinin çiğnenebilirlik puanlarına bakıldığında; %45 işlem görmemiş Esperia tam buğday unu ilaveli erişte örnekleri hariç işlem görmemiş ve ÇSNIU Esperia buğday unu ilaveli erişte örneklerinin çiğnenebilirlik skoru istatistiksel olarak kontrol örneği ile aynı grupta yer almıştır. %45

işlem görmemiş Esperia buğday unu ilaveli örnekler panelistler tarafından daha düşük çiğnenebilirlik puanları ile değerlendirilmiştir (Şekil 4.56). Çimlenmiş buğday unlarına uygulanan termal işlem tekstürel özelliği geliştirmiş olabilir. Yüksek oranlarda einkorn tam buğday unu ilavesi erişte örneklerinin çiğnenebilirlik puanlarını azaltmış, bu azalmanın işlem görmemiş einkorn buğday unu ilaveli erişte örneklerinde daha yüksek oranda olduğu görülmektedir (Şekil 4.57). %15 ve %30 ÇSNIU emmer buğday unu ilaveli erişte örneklerinin çiğnenebilirlik özellikleri kontrol örneğine benzer bulunmuş, artan tam buğday unu ilave oranı örneklerin çiğnenebilirlik puanını düşürmüştür. Panelistler tarafından en düşük çiğnenebilirlik skoru %45 işlem görmemiş buğday unu ilaveli erişte örneklerine verilmiştir. Sonuçlar işlem türüne göre karşılaştırıldığında buğday çeşidi farketmeksizin ÇSNIU tam unlarla hazırlanan erişte örneklerinin çiğnenebilirlik özellikleri gelişmiş ve işlem görmemiş tam unlarla hazırlanan örneklerden daha yüksek çiğnenebilirlik skoru vermişlerdir (Şekil 4.58). Çimlenmiş buğday unlarına uygulanan termal işlem, bu unların kullanıldığı erişte örneklerinin tekstürel özelliğini geliştirmiş olabilir. Kullanıldıkları ürünlerin yapısal özelliklerine olumsuz etkileri daha yüksek olan ilkel buğday unlarına nemli-ısıl işlemin olumlu etkisi dikkat çekici bulunmuştur.

Genel beğeni; %15 işlem görmemiş ve ÇSNIU Esperia, einkorn ve emmer buğday unu ilaveli erişte örneklerinin genel beğeni puanları kontrol örneği ile aynı grupta yer almış olup, artan tam un ilave oranı ile birlikte örneklerin genel beğeni puanları azalmıştır (Çizelge 4.56, 4.57 ve 4.58). Bu azalmanın Esperia buğday unu ilaveli erişte örnekleri arasında ÇSNIU buğday unu ilaveli örneklerde daha yüksek oranda olduğu görülmekte olup, %45 ÇSNIU Esperia buğday unu ilaveli örnek en düşük genel beğeni skorunu alan erişte örneği olmuştur (Çizelge 4.56). Einkorn buğday unu ilaveli örnekler arasında %30 ilave orana sahip örneklerin genel beğeni puanları, %15 einkorn buğday unu ilaveli örnekler ile istatistiksel olarak birbirine yakın puanlar almış olup kontrol örneğinden daha düşük genel beğeni skorlarına sahip örnekler olmuştur. %45 oranında ÇSNIU einkorn tam un ilavesi genel beğeni puanını daha yüksek oranda azaltarak einkorn tam un ilaveli örnekler arasında en düşük genel beğeni puanını alan erişte olmuştur (Şekil 4.57). Düşük tam buğday unu ilave oranlarında en fazla azalma işlem görmemiş emmer buğday unu ilaveli erişte örneklerinde gerçekleşmiş ancak, yüksek ilave oranında işlem görmemiş ve ÇSNIU emmer buğday unu ilaveli erişte örnekleri istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır (Şekil 4.58).

Sonuçlar Esperia, einkorn ve emmer buğday çeşitleri açısından karşılaştırıldığında; genel olarak einkorn tam un ilaveli erişte örnekleri panelistler tarafından daha düşük puanlar almış olup, en beğenilen erişte örnekleri Esperia tam un ilaveli erişteler olmuştur. Tam un çeşitlerinden ÇSNIU unlar Esperia ve einkorn tam un ilaveli örneklerde eriştelerin çiğnenebilirlik özelliğini geliştirirken, emmer tam un ilaveli örneklerde ise işlem görmemiş tam un ilavesine kıyasla bütün duyusal parametreleri olumlu etkilemiştir.

Duyusal analiz değerlendirilmesine ön denemeler neticesinde düşük duyusal puanlar alan çimlenmiş buğday unu ilaveli erişte örnekleri dahil edilmemiştir. Çimlenme işlemi ile buğday ununun protein ve nişasta yapısında meydana gelen değişiklikler nedeniyle eriştenin tekstürel ve duyusal kalitesinde meydana gelen kayıplar ÇSNIU unlar kullanılarak kısmen giderilebilmiştir ve özellikle düşük tam buğday unu ilave oranlarında duyusal kalite kayıpları minimize edilmiştir.

Bobryk-Mamczarz ve ark. (2021) durum, ekmeklik, spelt ve emmer buğdaylarından ürettikleri makarna örneklerinin görünüm, renk, tat, koku ve kıvam gibi duyusal özellikler açısından farklılık gösterdiklerini bildirmişlerdir. Durum buğdayından üretilen makarna örneklerinin en yüksek duyusal değerlendirme skorunu aldığını ve ekmeklik buğdaydan üretilen makarna örneklerinin ise en düşük duyusal skoru veren makarnalar olduğunu rapor etmişlerdir.

Levent ve Aktaş (2019) %0, 10, 20 ve 30 oranında einkorn buğday ununu kek formülasyonunda kullandıkları çalışmalarında; tüm kek örneklerinin tat, tekstür ve çiğnenebilirlik puanlarının kontrol örneklerine benzer olduğunu ancak einkorn ilavesi ile keklerin lezzet ve çiğnenebilirlik puanlarının iyileştiğini belirtilmişlerdir. %30 einkorn unu içeren kek örneklerinin, kontrol ve %10 einkorn içeren kek örneklerinden daha yüksek genel kabul edilebilirlik puanları aldığı rapor edilmiştir.

4.5. İşlem Görmemiş ve Çimlendirilmiş Buğday Unları ile Hazırlanan Un Paçalı Analizleri

Çimlendirme işleminin hububat ve baklagillerin besinsel değerleri üzerinde oldukça önemli etkileri söz konusu olup meydana gelen bazı değişiklikler ürünlere çeşitli üstünlükler kazandırabilmektedir. Çimlenmiş tahıl ve baklagillerin, son yıllarda tüketici talepleri doğrultusunda üretimi ve tüketimi artmıştır. Başta buğday olmak üzere birçok

tahıl, baklagil ve pseudocereal çimlendirilerek tüketilebilmektedir (Okur ve Madenci, 2019). Yapılan bilimsel araştırmalarda çimlenmiş buğday ununun çeşitli fırıncılık ürünlerinde kullanılmasına yönelik çalışmalar yoğunluktadır.

Çalışmanın bu aşamasında işlem görmemiş ve çimlenmiş Esperia, einkorn ve emmer buğday unlarından elde edilen tam unların rafine buğday unu ile farklı oranlarda (%0, 5, 10, 15 ve 20) yer değiştirilerek ekmek üretiminde kullanılmak üzere hazırlanan un paçallarının bazı fiziksel, fizikokimyasal ve reolojik özellikleri araştırılmıştır.

4.5.1. Un paçallarının renk değerleri

Ekmek üretiminde kullanılmak üzere hazırlanan un paçallarına ait renk değerleri Çizelge 4.38'de, bu değerlere ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.39'da çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.40'da verilmiştir.

4.5.1.1. *L** değeri

Un paçalı örneklerine ait *L** değeri 89.77 ile 94.71 arasında değişmiştir (Çizelge 4.38). Varyans analizi sonuçlarına göre, un paçalı örneklerinin *L** değeri üzerinde, buğday çeşidi, işlem türü, tam buğday unu ilave oranı faktörleri ve *"buğday çeşidi x işlem türü"*, *"buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı"*, *"işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* ve *"buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonlarının $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.39)

Çoklu karşılaştırma testi sonuçları buğday çeşidi açısından karşılaştırıldığında; en yüksek *L** değeri Esperia buğday unu ilaveli un paçalı örneklerinde (93.51), en düşük *L** değeri emmer buğday unlarından hazırlanan un paçallarında belirlenmiştir (92.20). Einkorn buğday unu ile hazırlanan un paçallarının ortalama *L** değeri ise 93.06 olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.40). Bu durum işlem görmemiş ve çimlenmiş Esperia buğday unlarının ortalama *L** değerinin einkorn ve emmer buğdaylarının aynı değerinden daha yüksek olmasından kaynaklanıyor olabilir (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.40 işlem türü açısından değerlendirildiğinde; işlem görmemiş buğday unları kullanılarak hazırlanan un paçallarının ortalama *L** değeri (93.35), çimlenmiş buğday unları kullanılarak hazırlanan un paçallarının ortalama *L** değerinden (92.49) daha yüksek bulunmuştur. Elde edilen bu sonuçlar daha önce 4.2.2.1 başlığı altında

anlatılan nedenlerden kaynaklanmış olabileceği gibi, ek olarak çimlenmiş buğdayların kurutulması sırasında meydana gelen enzimatik ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları, *L** değerini daha da azaltan koyu renk oluşumuna yol açmış olabilir (Kumar ve ark., 2020).

Yagoob ve ark. (2018) çimlendirilmiş arpanın kek üretiminde kullanımını araştırdıkları çalışmalarında; 35 ºC'de 48 saat çimlendirilen arpa örneklerinde *L** değerinin azaldığını bildirmişlerdir. *L** değerinde meydana gelen bu değişikliğin çimlenme ile artan protein içeriğinden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Gallagher ve ark. (2005) protein içeriğinin parlaklık ile ters ilişkili olduğunu ifade etmişlerdir.

Çizelge 4.38. Un paçallarına ait renk değerleri[1]

Buğday çeşidi	İşlem türü	TBUİO[2] (%)	*L**	*a**	*b**	Hue	SI
Esperia	İşlem görmemiş	0	94.71±0.02	-0.69±0.00	9.94±0.04	93.97±0.02	9.96±0.04
		5	94.31±0.04	-0.48±0.01	10.24±0.09	92.52±0.09	10.25±0.09
		10	93.70±0.08	-0.27±0.04	10.28±0.10	91.73±0.05	10.28±0.18
		15	93.46±0.22	-0.13±0.03	10.31±0.10	90.89±0.08	10.31±0.19
		20	92.64±0.11	0.08±0.02	10.39±0.28	89.56±0.10	10.39±0.28
	Çimlenmiş	0	94.71±0.02	-0.69±0.00	9.94±0.04	93.97±0.02	9.96±0.04
		5	94.06±0.04	-0.38±0.05	10.38±0.01	92.10±0.26	10.39±0.02
		10	92.80±0.40	-0.20±0.18	10.41±0.48	91.07±0.19	10.42±0.48
		15	92.50±0.39	-0.11±0.08	10.78±0.19	90.58±0.20	10.78±0.17
		20	92.21±0.00	0.12±0.07	11.36±0.10	89.39±0.35	11.36±0.11
Einkorn	İşlem görmemiş	0	94.70±0.06	-0.68±0.03	9.90±0.08	93.93±0.20	9.92±0.08
		5	94.11±0.02	-0.58±0.02	10.01±0.08	93.34±0.17	10.03±0.09
		10	93.82±0.01	-0.61±0.05	10.31±0.49	93.39±0.38	10.33±0.59
		15	93.43±0.11	-0.50±0.03	10.42±0.00	92.74±0.26	10.43±0.08
		20	93.11±0.01	-0.48±0.00	10.43±0.18	92.61±0.24	10.44±0.17
	Çimlenmiş	0	94.70±0.06	-0.68±0.03	9.90±0.08	93.93±0.20	9.92±0.08
		5	92.47±0.00	-0.19±0.03	10.74±0.03	90.95±0.10	10.74±0.03
		10	91.88±0.00	-0.17±0.10	10.84±0.08	90.74±0.15	10.84±0.09
		15	91.62±0.01	-0.04±0.01	10.90±0.06	90.19±0.03	10.90±0.06
		20	90.73±0.08	0.07±0.04	11.25±0.01	89.66±0.02	11.25±0.01
Emmer	İşlem görmemiş	0	94.71±0.03	-0.69±0.01	9.94±0.04	93.97±0.04	9.96±0.04
		5	94.12±0.15	-0.48±0.04	10.19±0.06	92.67±0.18	10.20±0.06
		10	92.30±0.03	-0.08±0.02	10.59±0.20	90.45±0.09	10.59±0.00
		15	91.17±0.24	0.27±0.01	10.69±0.21	88.55±0.08	10.69±0.21
		20	89.97±0.20	0.50±0.11	11.25±0.42	87.46±0.47	11.26±0.42
	Çimlenmiş	0	94.71±0.03	-0.69±0.01	9.94±0.04	93.97±0.04	9.96±0.04
		5	93.57±0.12	-0.37±0.04	10.29±0.02	92.03±0.20	10.30±0.02
		10	91.18±0.13	0.12±0.24	10.67±0.13	89.36±0.30	10.67±0.13
		15	90.47±0.36	0.39±0.15	11.38±0.22	88.04±0.19	11.39±0.22
		20	89.77±0.07	0.72±0.07	11.41±0.10	86.39±0.03	11.43±0.11
Minimum-maksimum			89.77-94.71	-0.69-0.72	9.90-11.41	86.39-93.97	9.92-11.43
Ortalama±std			92.92±1.50	-0.23±0.38	10.50±0.47	91.34±2.10	10.51±0.46

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır.[2]Tam buğday unu ilave oranı. L^*: Parlaklık renk değeri, a^*: Kırmızı-yeşil renk değeri, b^*: Sarı-mavi renk değeri, Hue: Renk özü, SI: Doygunluk indeksi.

Çizelge 4.39. Un paçallarının renk değerlerine ait varyans analizi sonuçları[1]

VK	SD	*L**		*a**		*b**		Hue		SI	
		KT	F	KT	F	KT	F	KT	F	KT	F
Buğday çeşidi(A)	2	17.82	191.47**	1.30	57.57**	0.60	4.36*	36.26	238.37**	0.59	3.79*
İşlem türü (B)	1	11.03	237.18**	0.49	43.25**	2.01	29.19**	15.82	207.98**	1.85	23.98**
TBUİO[2] (C)	4	83.73	449.97**	5.28	117.09**	8.18	26.66**	165.73	544.69**	8.04	26.02**
(AxB)	2	3.61	38.75**	0.26	11.74**	0.30	2.16ns	9.04	59.44**	0.21	1.37ns
(AxC)	8	13.72	36.85**	1.20	13.27**	0.77	1.40ns	31.66	52.02**	0.80	1.30ns
(BxC)	4	3.18	17.08**	0.13	2.97*	0.81	2.93*	4.22	13.89**	0.80	2.59ns
(AxBxC)	8	1.60	4.29**	0.09	1.03ns	0.53	0.95ns	2.55	4.19**	0.52	0.84ns
Hata		1.40		0.34		2.07		2.28		2.32	

[1] * $p< 0.05$ düzeyinde önemli, ** $p< 0.01$ düzeyinde önemli, ns: önemsiz. [2]Tam buğday unu ilave oranı.

Çizelge 4.40. Un paçallarının renk değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	n	*L**	*a**	*b**	Hue	SI
Buğday çeşidi						
Esperia	20	93.51±0.88a	-0.28±.27b	10.40±0.39b	91.58±1.52b	10.41±0.39b
Einkorn	20	93.06±1.28b	-0.38±0.26c	10.45±0.44ab	92.14±1.53a	10.48±0.43ab
Emmer	20	92.20±1.85c	-0.03±0.48a	10.63±0.53a	90.29±2.61c	10.65±0.53a
İşlem türü						
İşlem görmemiş	30	93.35±1.31a	-0.32±0.36b	10.31±0.34b	91.81±1.98a	10.34±0.33b
Çimlenmiş	30	92.49±1.55b	-0.20±0.39a	10.67±0.51a	90.83±2.10b	10.69±0.51a
TBUİO[2] (%)						
0	12	94.71±0.01a	-0.69±0.01e	9.93±0.02d	93.96±0.02a	9.95±0.02d
5	12	93.77±0.62b	-0.41±0.12d	10.31±0.22c	92.27±0.73b	10.32±0.22c
10	12	92.61±0.95c	-0.19±0.22c	10.50±0.20bc	91.12±1.24c	10.52±0.20bc
15	12	92.11±1.12d	-0.02±0.29b	10.73±0.35ab	90.17±1.55d	10.75±0.35ab
20	12	91.40±1.31e	0.16±0.38a	11.01±0.43a	89.18±1.95e	11.02±0.43a

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($p<0.05$). [2]Tam buğday unu ilave oranı.

Chinma ve ark. (2015) farklı pirinç türlerini 30 ºC'de 48 saat çimlendirdikleri çalışmada; çimlenme sırasında meydana gelen biyokimyasal reaksiyonlardan kaynaklı olarak, pirinç unlarının *L** değerinin azaldığını rapor etmişlerdir.

Paredes-Lopez ve Mora-Escobedo (1989) çimlenmiş amarant unu elde etmek için 35 ºC'de 72 saat çimlendirdikleri amarant tanelerini 45 ºC'de kuruttuktan sonra öğüterek analiz etmişlerdir. Araştırmacılar çimlenme işlemi ile birlikte başlangıçta sırasıyla 63.0, 0.8 ve 10.3 olan *L**, *a** ve *b** değerlerini; çimlenme işleminden sonra sırasıyla 48.5, 3.7 ve 12.7 olarak bildirmişlerdir.

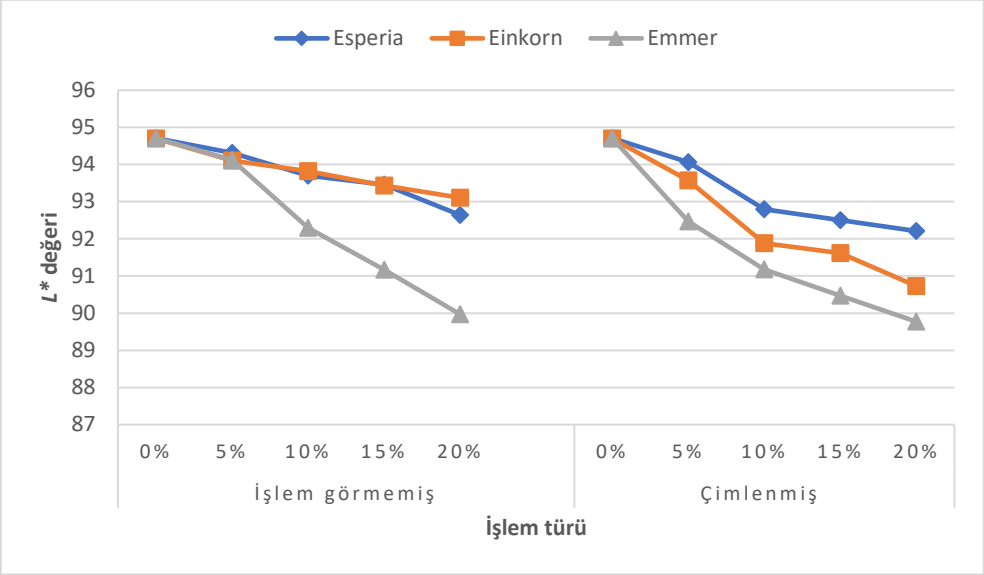
Ekmek formülasyonunda kullanılmak üzere hazırlanan un paçallarında, tam buğday unu ilave oranının artmasına bağlı örneklerin *L** değeri azalmıştır. Rafine buğday unundan hazırlanan kontrol örneğinin ortalama *L** değeri 94.71 olarak belirlenirken, en yüksek ilave oranına (%60) sahip örneklerde ortalama *L** değeri 91.40 olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.40). Un paçallarına dahil edilen işlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unlarının tam un şeklinde kullanılması *L** değerinin azalmasında etkili olmuştur.

Un paçalı örneklerinin *L** değeri üzerine etkili *"buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonuna göre; işlem türünden bağımsız olarak artan tam buğday unu ilave oranı ile tüm un paçallarında *L** değeri azalmıştır. Bu azalış en fazla çimlenmiş buğday unları ile hazırlanan örneklerde gerçekleşmiştir. Her iki işlem türü için de geçerli olmak üzere en düşük *L** değerleri emmer tam unu kullanılarak hazırlanan örneklerde belirlenmiştir. İşlem görmemiş unlar kullanılarak hazırlanan un paçalı örneklerinde Esperia ve einkorn unu ilaveli un paçalı örneklerinin *L** değerleri birbirine yakın değerler göstermiş, ancak en yüksek ilave oranında aralarındaki fark açılmıştır (Şekil 4.59).

4.5.1.2. *a** değeri

Un paçallarına ait *a** değeri -0.69 ile 0.72 arasında değişmekte olup, ortalama -0.23 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.38). Varyans analizi sonuçlarına göre un paçalı örneklerinde *a** değeri üzerine, buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*buğday çeşidi x işlem türü*" ve "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonları $p<0.01$ düzeyinde, "*işlem türü x tam buğday unu ilave*

oranı" interaksiyonunun ise p<0.05 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.39).



Şekil 4.59. Un paçalı örneklerinin *L** değeri üzerinde etkili *"buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

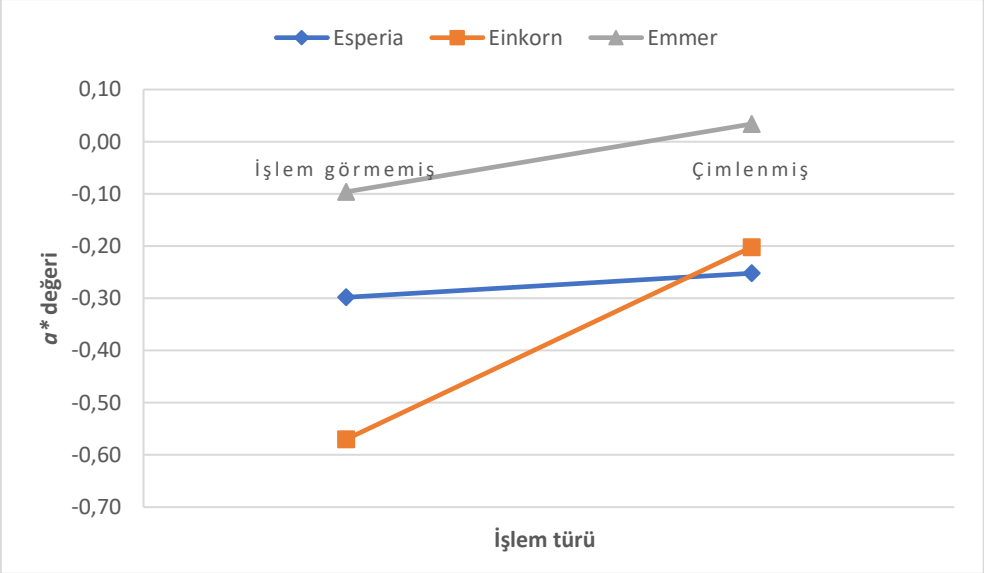
Sonuçlar buğday çeşidi açısından değerlendirildiğinde, en yüksek *a** değeri emmer buğday unları ile hazırlanan un paçallarından elde edilirken (-0.03), bunu sırasıyla Esperia ve einkorn ilaveli un paçalı örneklerinin ortalama *a** değerleri (-0.28 ve -0.38) takip etmiştir (Çizelge 4.40).

Çizelde 4.40'da verilen çoklu karşılaştırma testi sonuçları işlem türü açısından incelendiğinde; çimlenmiş buğday unu ilaveli un paçallarının ortalama *a** değerinin (-0.20), işlem görmemiş buğday unu kullanılarak hazırlanan un paçalı örneklerinin ortalama *a** değerinden (-0.32) daha yüksek olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.40).

Sonuçlar tam buğday unu ilave oranı açısından değerlendirildiğinde; ekmek üretiminde kullanılmak üzere hazırlanan un paçallarına ilave edilen tam un oranındaki artışın un paçalı örneklerinin *a** değerini artırdığı belirlenmiştir. Tam buğday unu içermeyen kontrol örneğinin ortalama *a** değeri -0.69 olarak bulunurken, %20 tam un içeren un paçalı örneğinin ortalama *a** değeri 0.16 olarak belirlenmiştir. Bu durumun işlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unlarına ait *a** değerinin rafine beyaz unun a* değerinden daha yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Çizelge 4.19).

Un paçalı örneklerinin *a** değeri üzerine etkili *"buğday çeşidi x işlem türü"* interaksiyonuna göre, işlem görmemiş buğday çeşitleri arasında en yüksek *a** değeri emmer buğday unları ile hazırlanan un paçalı örneklerinde, en düşük *a** değeri ise

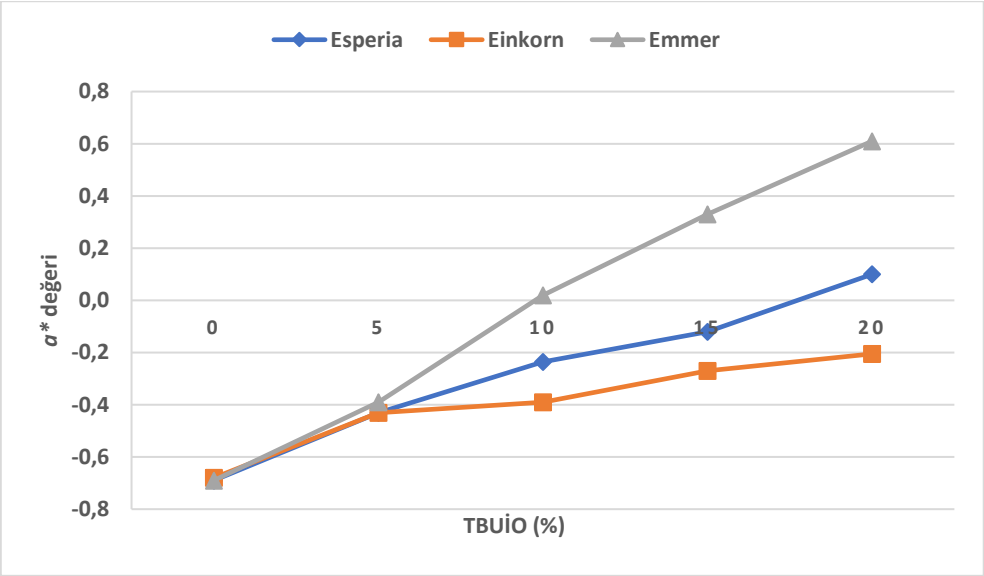
einkorn buğday unu kullanılarak hazırlanan örneklerde belirlenmiş olup, çimlenme işleminin ardından einkorn buğday unu ilaveli un paçalı örneklerinin *a** değerinin, çimlenmiş Esperia buğday unu ilaveli un paçalı örneklerinden daha yüksek olduğu bulunmuştur. Çimlenme işlemi ile birlikte emmer ve Esperia buğday unları kullanılarak hazırlanan paçalların *a** değerleri arasındaki fark açılırken, Esperia ve einkorn buğday unu ilaveli örneklerini *a** değerleri birbirine yaklaşmıştır. Sonuç olarak einkorn ve emmer buğday unları ile hazırlanan un paçalı örneklerinin *a** değerleri arasındaki fark çimlenme ile azalmıştır (Şekil 4.60).



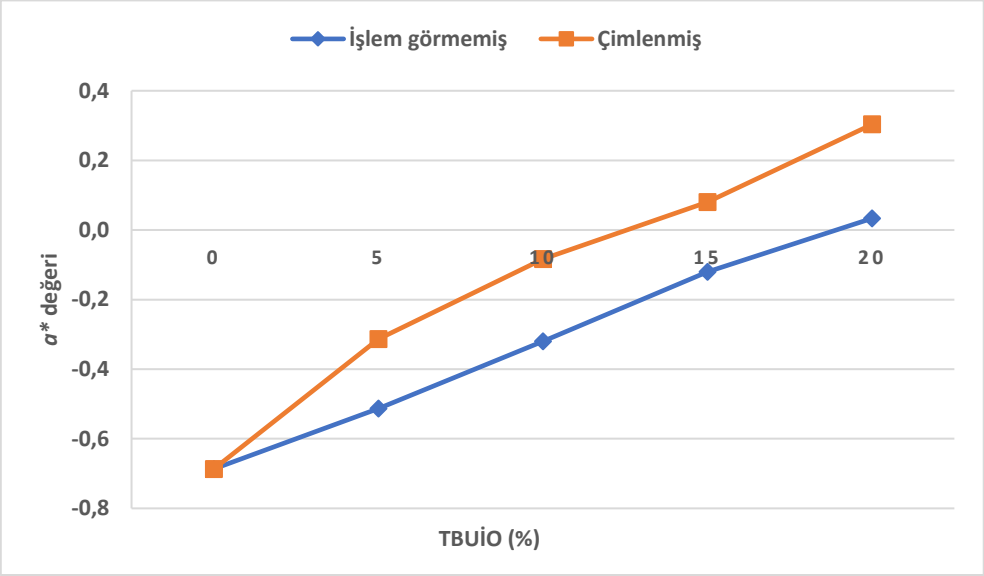
Şekil 4.60. Un paçalı örneklerinin *a** değeri üzerinde etkili "*buğday çeşidi x işlem türü*" interaksiyonu

Un paçalı örneklerinin *a** değeri üzerine etkili *"buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonuna göre, un paçallarının hazırlanmasında Esperia, einkorn ve emmer buğday unlarının ilave oranının artması ile *a** değeri artış göstermiştir. Bu artış emmer unu ilaveli örneklerde Esperia ve einkorn unu ilaveli örneklerden daha fazla oranda gerçekleşmiştir (Şekil 4.61).

Un paçalı örneklerinin *a** değeri üzerine etkili *"işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu Şekil 4.62'de verilmiştir. Tüm ilave oranlarında çimlenmiş buğday unu ile hazırlanan un paçalı örneklerinin *a** değerleri, işlem görmemiş buğday unu ile hazırlanan örneklerden yüksek bulunmuştur. İşlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unu ilaveli un paçalı örneklerinin *a** değerleri %15 ilave oranında birbirine yakınlaşma eğilimi sergilemiş, ancak %20 ilave oranında aralarındaki fark tekrar açılmıştır.



Şekil 4.61. Un paçalı örneklerinin *a** değeri üzerinde etkili "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu



Şekil 4.62. Un paçalı örneklerinin *a** değeri üzerinde etkili *"işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

4.5.1.3. *b** değeri

Un paçallarına ait *b** değerleri 9.90 ile 11.41 arasında değişmekte olup, ortalama 10.50 olarak belirlemiştir (Çizelge 4.38). Esperia, einkorn ve emmer buğday unları ile hazırlanan un paçalı örneklerine ait varyans analizi sonuçları incelendiğinde; işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri $p<0.01$ düzeyinde, buğday çeşidi faktörü ve *"işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu ise $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.39).

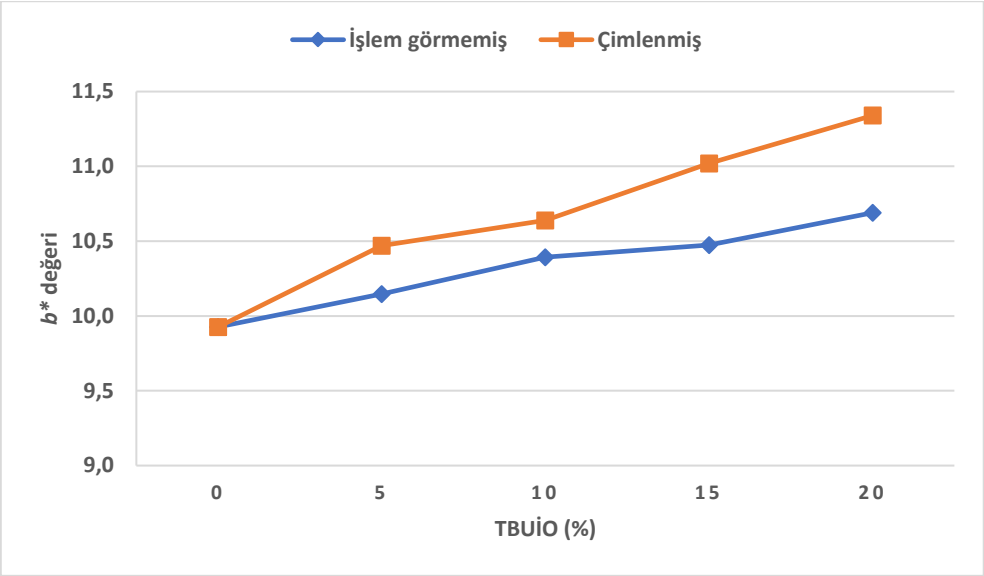
Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, emmer buğday unu ilaveli örneklerin ortalama *b** değeri (10.63), Esperia buğday unu ilaveli un paçalı örneklerinin ortalama *b** değerinden (10.40) yüksek bulunmuştur. Einkorn buğday unu ilaveli un paçalı örneklerinin ortalama *b** değeri ise istatistiksel olarak Esperia ve emmer buğday unu ilaveli örneklerin *b** değerleri ise benzer bulunmuştur (Çizelge 4.40). Bu durum un paçallarına herhangi bir işlem uygulanmamış olmasından dolayı tamamen hammaddelerin renk değerlerinin bir yansıması olarak değerlendirilmiştir.

Un paçallarının *b** değerine ait sonuçlar, hammaddelere uygulanan işlem türü açısından değerlendirildiğinde; çimlenmiş buğday unu kullanımı örneklerin *b** değerini artırmıştır. İşlem görmemiş buğday unları ile hazırlanan un paçallarının ortalama *b** değeri 10.31 iken, çimlenmiş buğday unları ile hazırlanan un paçallarına ait ortalama *b** değeri 10.67 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.40).

Sonuçlar tam buğday unu ilave oranı açısından değerlendirildiğinde; tam buğday unu ilavesinin *b** değerini artırdığı ve en yüksek değerin %20 tam buğday unu ilavesiyle elde edildiği görülmektedir (Çizelge 4.40). Tam buğday unlarının buğday tanesinde renk pigmentlerinin yoğunlaştığı kepek katmanını da içinde bulundurması nedeniyle, daha düşük *L**, daha yüksek *a** ve *b** değerlerine sahip oldukları bilinmektedir. Bu durumun bir yansıması olarak un paçalı formülasyonunda tam un kullanımı örneklerin *b** değerini artırmış olabilir.

Un paçalı örneklerinin *b** değeri üzerine etkili *"işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonuna göre, un paçallarının hazırlanmasında işlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unlarının oranı arttıkça *b** değeri artış göstermiştir. Bu artış çimlenmiş buğday unu ilaveli örneklerde, işlem görmemiş buğday unu ilaveli örneklerden daha fazla oranda gerçekleşmiştir. İşlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unlarından hazırlanan örneklerin *b** değerleri %10 tam un ilave oranında birbirine en yakın değeri göstermiş, artan tam un ilavesi ile aralarındaki fark açılmıştır (Şekil 4.63).

Un paçallarının hazırlanmasında işlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unlarının kullanılması ile örneklerin *L** değeri azalırken, *a** ve *b** değeri artış göstermiştir. İşlem görmemiş buğday unlarının kullanımı ile buğday tanesinin renk pigmentlerinin yoğunlaştığı kepek tabakası ve ruşeym kısmının un örneklerinin içine dahil olması, işlem görmemiş unların renk değerlerini etkilemektedir. Bunların bir sonucu olarak hazırlanan un paçallarının renk değerleri rafine unun renk değerlerinden farklılık göstermiştir.



Şekil 4.63. Un paçalı örneklerinin *b** değeri üzerinde etkili *"işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Tian ve ark. (2010) çimlenmiş yulaf ununun fizikokimyasal özelliklerini inceledikleri çalışmada çimlenme ile birlikte elde edilen unlarım ham yulaf ununa kıyasla daha koyu, kırmızı ve sarı renk özellikleri gösterdiğini bildirmişlerdir.

4.5.1.4. SI ve Hue değerleri

Un paçalı örneklerine ait Hue ve SI değerleri ortalama 91.34 ve 10.51 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.38).

Varyans analizi sonuçlarına göre örneklerin Hue değeri üzerinde buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile *"buğday çeşidi x işlem türü"*, *"buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı"*, *"işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* ve *"buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonlarının $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.39).

SI değeri üzerinde ise işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri $p<0.01$ düzeyinde, buğday çeşidi faktörü ise $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.39).

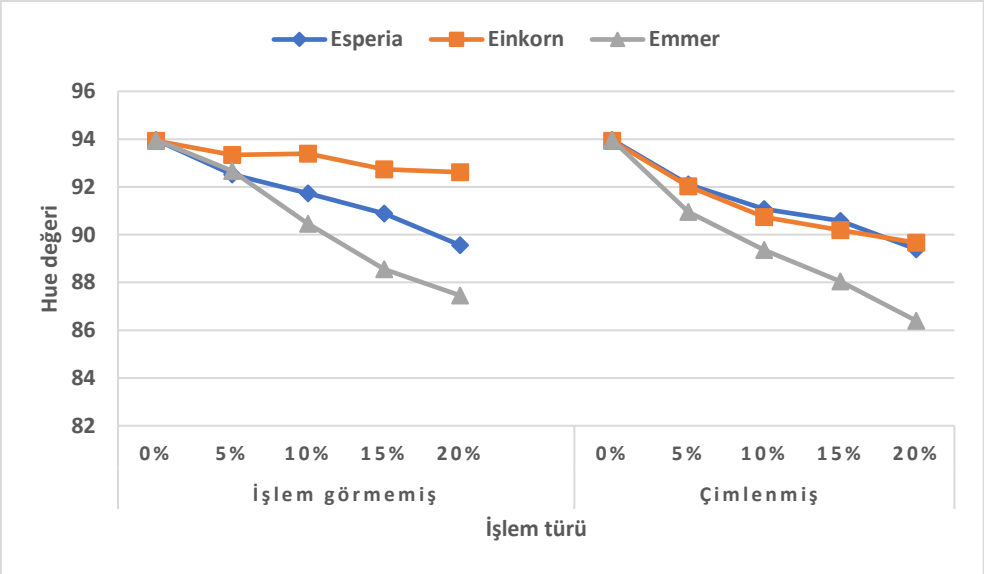
Çizelge 4.40'da verilen sonuçlara göre un paçallarının hazırlanmasında einkorn unu kullanımı, Esperia ve emmer unu kullanımına göre daha yüksek Hue değeri elde edilmesini sağlamıştır. Sonuçlar SI değeri açısından değerlendirildiğinde emmer unu kullanımı Esperia unu kullanılarak hazırlanan örneklerden daha yüksek SI değeri

verirken, einkorn unu kullanılan örneklerle aralarında istatistiksel bir fark bulunmamıştır.

Sonuçlar uygulanan işlem türü bakımından değerlendirildiğinde, çimlenmiş buğday unu kullanılarak hazırlanan un paçallarının ortalama Hue değeri, işlem görmemiş unlar ile hazırlanan örneklerden daha düşük, SI değeri ise daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.40).

Formülasyonda kullanılan tam buğday unu ilave oranına bağlı olarak un paçallarının ortalama Hue değerleri 93.96-89.18 arasında, SI değerleri ise 9.95-11.02 arasında değişim göstermiştir. Formülasyonda kullanılan tam buğday unu ilave oranının arttırılması örneklerin Hue değerlerinin azalmasına, SI değerlerinin ise artmasına neden olmuştur (Çizelge 4.40).

Un paçalı örneklerinde Hue değeri üzerinde etkili ($p<0.01$) *"buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu Şekil 4.64'te verilmiştir. Her iki işlem türü için geçerli olmak üzere, un paçallarının hazırlanmasında kullanılan tam buğday unu oranının artması Hue değerini düşürmüş, özellikle emmer unları kullanılarak hazırlanan un paçallarında bu düşüş daha yüksek oranda gerçekleşmiştir. İşlem görmemiş buğday unu ilaveli un paçalı örneklerinde tam un ilave oranının artması ile buğday çeşitlerinin Hue değerleri arasındaki fark açılmıştır. Çimlenmiş Esperia ve einkorn buğday unları ile hazırlan örneklerin Hue değeri artan ilave oranı ile birlikte benzer bir azalma eğilimi sergilemiş ve emmer buğday unu ilaveli örneklerin Hue değerleri ile arasındaki fark artmıştır.



Şekil 64. Erişte örneklerinin Hue değeri üzerinde etkili *"buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Yagoob ve ark. (2005) kek formülasyonunda kullanılmak üzere artan oranda (%0-15) ham ve çimlenmiş arpa unu ile hazırladıkları un paçalı örneklerinin *L** değerinin artan ilave oranı ile birlikte azaldığını belirlemişlerdir. Kontrol grubu un paçalında 86.53 olan *L** değerinin, %25 çimlenmiş arpa unu içeren örnekte 84.91 olduğunu bildirmişlerdir.

Liu ve ark. (2017) farklı oranlarda çimlenmiş buğday unu ikameli tam buğday unlarından hazırlanan un paçalı örneklerinde, un paçalı içerisindeki çimlenmiş buğday unu oranının artmasına bağlı olarak *L*, a** ve *b** değerlerinin azaldığını bildirmişlerdir.

4.5.2. Un paçallarının fizikokimyasal analiz sonuçları ve düşme sayıları

Ekmek üretiminde kullanılacak olan un paçallarının fizikokimyasal özelliklerine (yaş gluten, gluten indeks ve Zeleny sedimantasyon) ve düşme sayılarına ait analiz sonuçları Çizelge 4.41'de, varyans analizi sonuçları Çizelge 4.42'de verilirken, çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.43'de özetlenmiştir.

4.5.2.1. Yaş gluten

Yaş gluten miktarı un kalitesinin belirlenmesinde kullanılan önemli kalite kriterlerinden birisidir. Hamurun yoğrulması sırasında ağ gibi bir yapı oluşturan gluten proteinleri, maya tarafından oluşturulan karbondioksitin tutulmasını ve hamurun kabarmasını sağlamaktadır (Menderis ve ark., 2008).

Un paçallarına ait yaş gluten miktarı %27.8 ile % 32.9 arasında değişmiştir (Çizelge 4.41). Varyans analizi sonuçlarına göre un paçalı örneklerinin yaş gluten miktarı üzerinde işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörlerinin $p<0.01$ düzeyinde, buğday çeşidi faktörü ve "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonunun ise $p<0.05$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.42).

Çizelge 4.43'de verilen çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; Esperia buğday unu ilavesi ile hazırlanan un paçallarının ortalama yaş gluten miktarı (%31.41), emmer buğday unu ilaveli un paçallarının ortalama yaş gluten miktarından (%30.68)

daha yüksek bulunmuştur. Einkorn buğday unu ilaveli un paçallarının yaş gluten miktarı %30.85 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.43). Deshava ve ark. (2014) einkorn, emmer, durum ve ekmeklik buğday unları arasında en yüksek yaş gluten miktarını durum buğdayı unundan elde ederken, einkorn buğdayının gluten analizi sırasında tamamen eriyip kaybolduğunu ve gluten miktarını sıfır olarak belirlediklerini bildirmişlerdir. Benzer sonuçlar Daelemans ve ark. (2019) tarafından da bildirilmiştir. Araştırmacılar en yüksek gluten miktarını emmer buğdayında (%33.13) belirlerken, einkorn buğdayında gluten analiz sonucunun %0 olduğunu, ancak bu sonucun einkorn da hiç gluten olmadığı anlamına gelmediğini, glutenin toparlanamadığını işaret ettiğini bildirmişlerdir.

Çizelge 4.41. Un paçallarının bazı fizikokimyasal analiz sonuçları ve düşme sayıları[1]

Buğday çeşidi	İşlem türü	TBUİO (%)	Yaş gluten (%)	Gluten indeks (%)	Zeleny sedimentasyon (ml)	Düşme sayısı (sn)
Esperia	İşlem görmemiş	0	32.8±0.8	97.0±1.20	31.42±0.03	399.0±6.0
		5	32.5±0.4	97.0±0.21	31.20±0.08	396.0±5.0
		10	32.2±0.6	95.0±2.15	31.01±0.11	379.0±4.0
		15	31.0±0.9	93.0±2.36	30.75±0.11	364.0±4.0
		20	30.8±0.8	92.0±1.89	29.90±0.06	358.0±9.0
	Çimlenmiş	0	32.8±0.8	97.0±1.20	31.42±0.03	399.0±6.0
		5	31.8±0.3	93.0±2.20	29.85±0.20	189.0±1.0
		10	31.1±0.6	91.0±0.56	28.41±0.15	139.0±3.0
		15	30.2±0.2	89.0±2.56	27.10±0.26	111.0±5.0
		20	28.9±0.5	70.0±3.25	25.36±0.13	88.0±0.3
Einkorn	İşlem görmemiş	0	32.7±0.6	96.0±1.25	31.11±0.78	401.0±4.0
		5	32.2±0.3	88.0±2.64	30.10±0.55	392.0±3.0
		10	31.5±0.4	74.0±1.64	29.30±0.15	351.0±1.0
		15	30.6±0.3	68.0±2.75	28.09±0.44	347.0±2.0
		20	30.1±0.6	56.0±1.75	26.79±0.34	341.0±1.0
	Çimlenmiş	0	32.7±0.6	96.0±1.25	31.11±0.78	401.0±4.0
		5	31.7±0.3	87.0±2.00	28.53±0.28	181.0±1.0
		10	30.5±0.4	66.0±2.00	27.10±0.25	133.0±2.0
		15	28.6±0.7	41.0±4.20	25.96±0.51	104.0±4.0
		20	27.9±0.5	22.0±1.88	22.11±0.45	81.0±2.0
Emmer	İşlem görmemiş	0	32.9±0.5	94.0±1.75	31.29±0.25	406.0±5.0
		5	32.0±0.5	90.0±1.45	30.21±0.55	388.0±4.0
		10	31.4±0.4	85.0±1.00	29.89±0.48	357.0±5.0
		15	30.4±0.5	76.0±1.44	29.11±0.54	349.0±4.0
		20	29.8±0.5	62.0±1.75	28.76±0.64	329.0±4.0
	Çimlenmiş	0	32.9±0.5	94.0±1.75	31.29±0.25	406.0±5.0
		5	31.5±0.5	85.0±0.88	29.54±0.43	138.0±3.0
		10	30.3±0.3	71.0±1.36	28.42±0.47	104.0±2.0
		15	28.2±0.7	60.0±1.48	26.54±0.51	74.0±1.0
		20	27.4±0.9	42.0±0.74	25.13±0.36	63.0±2.0
Minimum-maksimum			27.8-32.9	22.0-97.0	22.11-31.42	63.0-406.0
Ortalama±std			30.98±1.55	79.0±19.24	28.89±2.26	272.0±130.0

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. [2]Tam buğday unu ilave oranı.

Çizelge 4.42. Un paçallarının bazı fizikokimyasal analiz sonuçları ve düşme sayılarına ait varyans analizi sonuçları[1]

VK	SD	Yaş gluten		Gluten indeks		Zeleny sedimentasyon		Düşme sayısı	
		KT	F	KT	F	KT	F	KT	F
Buğday çeşidi (A)	2	5.84	4.44*	5110.00	344.44**	26.78	41.91**	4352.53	69.90**
İşlem türü (B)	1	17.93	27.33**	1685.40	227.21**	64.21	201.32**	578594.40	18584.4**
TBUİO[2] (C)	4	107.42	40.94**	11175.73	376.65**	169.84	132.90**	286041.73	2296.91**
(AxB)	2	0.31	0.24ns	130.80	8.82**	1.46	2.28ns	1297.60	20.84**
(AxC)	8	2.98	0.57ns	2572.67	43.35**	10.71	4.19ns	2159.47	8.67**
(BxC)	4	8.86	3.38*	1234.93	41.62**	31.37	24.55**	188006.27	1188.49**
(AxBxC)	8	1.00	0.19ns	307.87	5.19**	1.51	0.59ns	1043.73	4.19**
Hata		19.68		222.53		9.58		934.00	

[1]* p<0.05 düzeyinde önemli, ** p<0.01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz. [2]Tam buğday unu ilave oranı.

Çizelge 4.43. Un paçallarının bazı fizikokimyasal analiz sonuçları ve düşme sayılarına ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

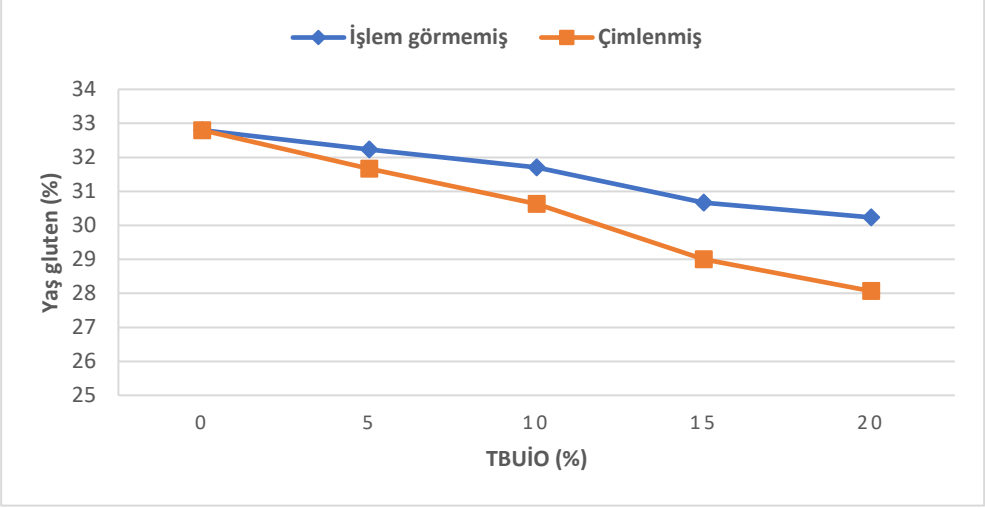
Faktör	n	Yaş gluten (%)	Gluten indeks (%)	Zeleny sedimentasyon (ml)	Düşme sayısı (sn)
Buğday çeşidi					
Esperia	20	31.41±1.19a	91.0±7.59a	29.64±1.96a	282.0±125.0a
Einkorn	20	30.85±1.56ab	69.0±16.24c	28.02±1.86c	273.0±125.0b
Emmer	20	30.68±1.75b	75.0±23.10b	29.01±2.59b	261.0±139.0c
İşlem türü					
İşlem görmemiş	30	31.53±1.00a	84.0±13.14a	29.93±1.28a	370.0±24.0a
Çimlenmiş	30	30.43±1.79b	73.0±22.62b	27.86±2.53b	174.0±119.0b
TBUİO[2] (%)					
0	12	32.80±0.08a	95.0±1.25a	31.27±0.13a	402.0±2.0a
5	12	31.95±0.33ab	91.0±4.00b	29.91±0.80b	280.0±112.0b
10	12	31.17±0.64b	80.0±10.67c	29.02±1.24c	243.0±119.0c
15	12	29.83±1.05c	71.0±17.62d	27.93±1.63d	224.0±129.0d
20	12	29.15±1.21c	57.0±21.87e	26.34±2.55e	210.0±133.0e

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05). [2]Tam buğday unu ilave oranı.

Sonuçlar işlem türü açısından değerlendirildiğinde; işlem görmemiş buğday unu ilaveli un paçallarının yaş gluten miktarı (%31.53), çimlenmiş buğday unu kullanılarak hazırlanan un paçallarının yaş gluten miktarından (%30.43) yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.43). Nelson ve ark. (2013) ve Hartmann ve ark (2006) çimlenme sırasında artan proteaz aktivitesinin gliadin peptidlerini parçalaması sonucu gluten miktarında azalma meydana geldiğini bildirmişlerdir. Bu durum gluten hassasiyeti olan kişiler ile çölyak hastalarına fayda sağlayabilir. Balamurugan ve ark. (2018) işlem görmemiş buğday unlarında %27.52 olan yaş gluten miktarının 24 saat çimlendirme işleminin ardından %20.08'e düştüğünü bildirmişlerdir.

Un paçalı formülasyonunda artan tam buğday unu ilave oranının un paçallarının yaş gluten miktarını azalttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.43). Bu azalma %10 ve üzeri ilave oranlarında istatistiksel olarak önemli bulunurken, %15 ve %20 tam un ilaveli un paçallarının yaş gluten miktarı istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Rafine buğday ununda oluşan kontrol grubu örneğinin yaş gluten miktarı %32.80 olarak belirlenirken, %20 tam un ilavesi ile un paçalı örneklerinin ortalama yaş gluten miktarı %29.15'e düşmüştür.

Un paçallarının yaş gluten miktarı üzerine etkili "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu Şekil 4.65'de verilmiştir. İşlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unu ilavesi un paçalı örneklerinin yaş gluten miktarını azaltmıştır. Bu azalma çimlenmiş buğday unu ilaveli un paçalı örneklerinde daha yüksek oranda gerçekleşmiştir. Artan tam un ilavesi ile birlikte işlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unu ilaveli örneklerin yaş gluten miktarları arasındaki fark artış göstermiştir.



Şekil 4.65. Un paçallarının yaş gluten miktarı üzerinde etkili *"işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

4.5.2.2. Gluten indeks

Gluten indeks, yaş glutenin kalitesinin belirlenmesinde kullanılmakta olup, yaş glutenin santrifüjlenmesi ile aynı gluten miktarına sahip unların gluten kalitelerindeki farklılıkların belirlenmesini sağlamaktadır. Ekmeklik unlarda istenilen gluten indeks değeri 60-90 arasında olup, 40'tan düşük değere sahip unlardan elde edilen ekmeklerin kalite özelliklerinin düşük olacağı bildirilmiştir (Ünal, 2003).

Un paçallarına ait gluten indeks değeri %22.0-97.0 arasında değişmekte olup, ortalama %79.0 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.41). Varyans analiz sonuçlarına göre un paçalı örneklerinin gluten indeksi değeri üzerine, buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*", "*buğday çeşidi x işlem türü",* "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" *ve* "*buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonlarının $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.42).

Sonuçlar buğday çeşidi faktörü açısından incelendiğinde; Esperia buğday unu ile hazırlanan un paçallarının ortalama gluten indeks değeri (%91.0), sırasıyla emmer ve einkorn buğday unu ilaveli un paçallarının gluten indeks değerinden (%69.0 ve %75.0) yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.43). Hammadde olarak kullanılan Esperia buğday unlarının gluten indeks değerinin (%96.0), einkorn ve emmer buğday unlarının gluten indeks değerinden (%35.24 ve %60.54) yüksek olması bu sonucun elde edilmesinde etkili olmuş olabilir (Çizelge 4.4). Literatürde einkorn ve emmer buğday unlarının gluten indeks değerlerinin modern ekmeklik buğday örneklerinden daha düşük olduğunu bildiren birçok çalışma bulmaktadır. Moudry ve ark. (2011) einkorn ve emmer buğday çeşitlerinin çok düşük gluten indeks değerlerine sahip olduğunu (12.7 ve 20.7 ml) ve mayalı ürünlerde kullanılmak için elverişli olmadıklarını rapor etmişlerdir.

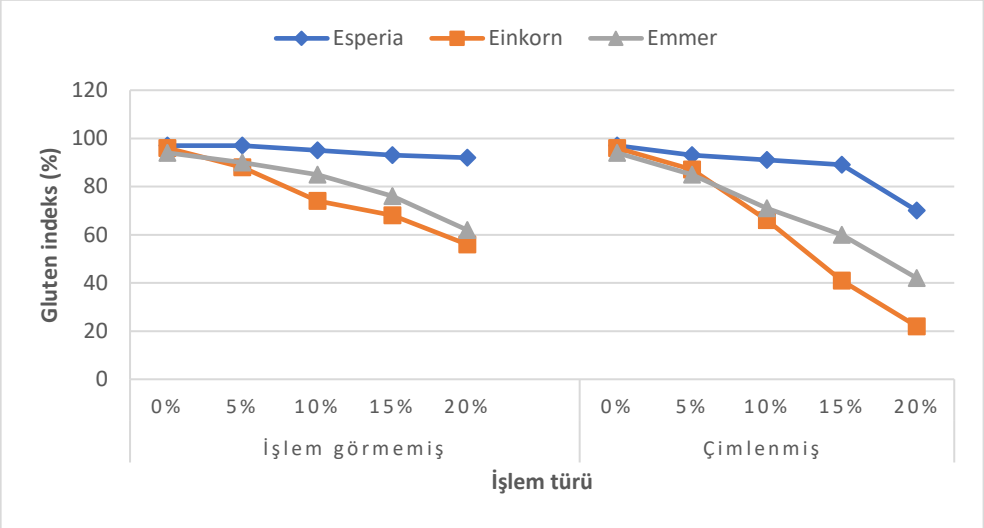
Un paçallarının hazırlanmasında çimlenmiş buğday unlarının kullanılması ile işlem görmemiş buğday unu kullanımına göre örneklerin gluten indeks değerinde azalma meydan gelmiştir (Çizelge 4.43). Çimlenme sırasında glutenin bozunması, öncelikle peptit bağlarının hidrolizi nedeniyle oluşmaktadır. Bunu, glutenin fiziksel yapısına katkıda bulunduğu bilinen iyonik, hidrojenik ve hidrofobik gibi ikincil bağların kırılması takip etmektedir. Bu hidroliz olaylarının sonucu olarak gluten yapısında değişiklikler ve gluten indeks değerinde azalma meydana gelmektedir (Delcour ve Hoseney, 2000). Yapılan başka bir çalışmada ise çimlenmeden sonra gluten ağının oluşumunda

gözlemlenen değişikliklerin, disülfid köprülerinin oluşumu için mevcut olan sülfürlerin bir araya gelmesine engel olabilen fenolik bileşiklerin oluşumundan kaynaklandığı bildirmiştir (Sullivanve ark., 1962, Rosell ve ark., 2003; Baranzelli ve ark., 2018).

Un paçallarına ilave edilen tam buğday unu oranının artması ile un paçallarının gluten indeks değerinin azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.43). Rafine buğday ununda hazırlanan kontrol grubu örneklerde gluten indeks değeri %95.0 iken, %20 tam buğday unu ilave edilen örneklerde bu değer %57.0'ye düşmüştür. Rafine buğday ununa işlem görmemiş ve çimlenmiş tam buğday unlarının ilave edilmesi un paçallarının gluten indeks değerinin azalmasına neden olmuş olabilir. Çimlenmiş buğday unu ikamesi, unların protein içeriğini hafif arttırsa da (Çizelge 4.15), daha zayıf hamur oluşumuna neden olmuştur. Çimlenme sırasında artan proteolitik enzim aktivitesi, gluteni hidrolize ederek ve yüksek moleküler ağırlıklı proteinleri kısmen daha küçük moleküler ağırlığa parçalayarak hamur mukavemetini azaltmış olabilir (Sekhon ve ark., 1992; Singh ve ark., 2001; Barbeau ve ark., 2006). Literatürde tam unların içerisindeki kepek varlığının da hamur ve gluten elastikiyetini azalttığı bildirilmiştir (Khalid ve ark., 2017). Li ve ark. (2014) kraker üretiminde kullanmak üzere hazırladıkları un paçallarında, tam buğday unu ilavesinin %0'dan, %100'e çıkması ile gluten indeks değerlerinin %60.9'dan %6.6'ya düştüğünü bildirmişlerdir. Liu ve ark. (2017) makarna üretiminde kullanmak amacıyla tam buğday ununa %0, 25, 50, 75 ve 100 oranında çimlenmiş buğday unu ilavesi ile elde edilen un paçallarına ait gluten indeks değerlerinin azaldığını bildirmişlerdir. Elde edilen un paçallarının gluten indeks değerleri sırasıyla %93.7, %90.0, %87.9, %85.9 ve %80.9 olarak belirlenmiştir.

Un paçallarının gluten indeks değeri üzerinde etkili *"buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu Şekil 4.66'da verilmiştir. Buğday çeşidi farketmeksizin işlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unu ilavesi un paçallarının gluten indeks değerini azaltmıştır. Bu azalış çimlenmiş buğday unu ilaveli un paçallarında daha yüksek oranda gerçekleşmiştir. Her iki işlem türü içinde geçerli olmak üzere en düşük gluten indeks değerleri %5 ve üzeri oranlarda einkorn buğday unu kullanılarak hazırlanan un paçallarında belirlenmiştir. Esperia buğday unu ilaveli örneklerde artan ilave oranı ile gluten indeks değerindeki azalma dikkat çekici şekilde daha düşük oranda meydana gelmiştir. İşlem görmemiş einkorn ve emmer buğday unu ilaveli un paçallarında artan ilave oranına bağlı örneklerin gluten indeks değerleri arasındaki fark azalırken,

çimlendirilmiş einkorn ve emmer buğday unu ilaveli un paçallarının aynı değerleri arasındaki fark açılmıştır.



Şekil 4.66. Un paçallarını gluten indeks değerinin üzerinde etkili *"buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

4.5.2.3. Zeleny sedimantasyon

Sedimentasyon değeri buğday ununun gluten kalitesinin tayininde kullanılmaktadır (Ünal, 1991; Elgün ve Ertugay, 1992). Gluten miktarı ve kalitesi yüksek olan unlardan hazırlanan süspansiyonlarda partiküllerin yoğunlukları azaldığından dibe daha uzun sürede çökmektedirler. Bu nedenle kaliteli buğdayların Zeleny sedimantasyon değerleri yüksek olmaktadır. Ekmek yapımında kullanılacak unlarda sedimentasyon değerlerinin 15-20 ml olması zayıf, 20-25 ml arasında olması orta, 25-30 ml arasında değişmesi unun ekmek yapımı için iyi kalitede olduğu ve 30 ml ve üzeri sedimentasyon değeri ise çok iyi kalitede olduğunu ifade etmektedir (Ünal, 2003).

Farklı buğday çeşitlerine ait tam unlar kullanılarak hazırlanan un paçallarının Zeleny sedimantasyon değerleri 22.11-31.42 ml arasında değişmektedir (Çizelge 4.41). Varyans analizi sonuçlarına göre un paçallarının Zeleny sedimantasyon değeri üzerinde buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonunun $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.42).

Çizelge 4.43'de verilen sonuçlara göre, en yüksek Zeleny sedimantasyon değeri Esperia buğday unu ilaveli un paçallarında belirlenirken (29.64 ml), en düşük Zeleny

sedimantasyon değeri einkorn buğday unu ilave un paçallarından (28.02 ml) elde edilmiştir. Emmer buğday unu ilaveli un paçallarının Zeleny sedimantasyon değeri ise 29.01 ml olarak belirlenmiştir. Hammadde olarak kullanılan einkorn ve emmer buğday unlarının sedimantasyon değerlerinin düşük olması un paçalı örneklerinin sedimantasyon değerlerine de yansımış olabilir (Çizelge 4.4). Hlisnikovský ve ark. (2019) moderm ekmeklik buğday ile ilkel buğdayları karşılaştırdığı çalışmasında Zeleny sedimantasyon değerini einkorn, emmer ve ekmeklik buğday için sırasıyla 10 ml, 14.5 ml ve 34.5 ml olarak bildirmişlerdir.

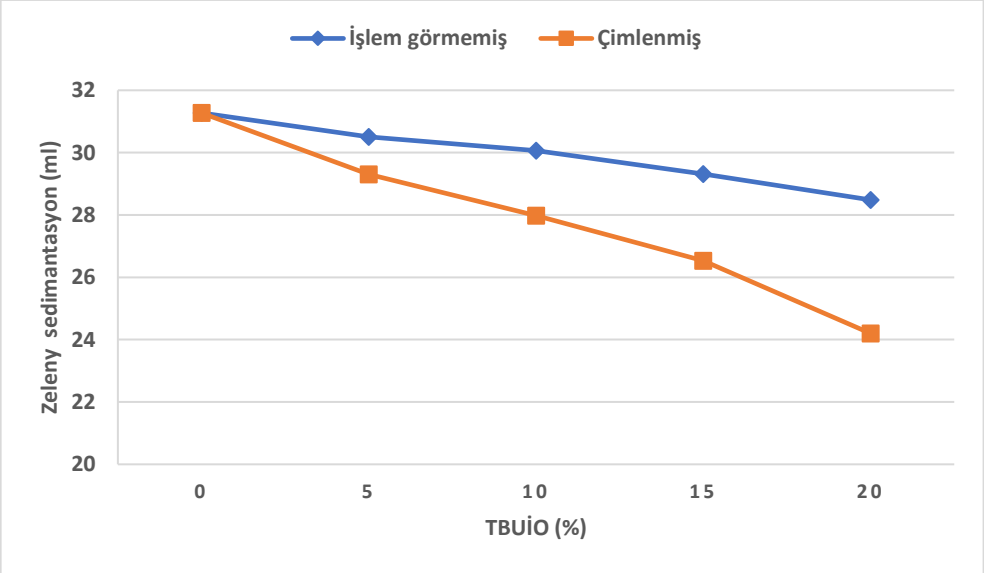
Elde edilen sonuçlar işlem türü açısından değerlendirildiğinde; işlem görmemiş buğday unu ilavesi ile hazırlanan un paçallarında ortalama 29.93 ml olarak belirlenen Zeleny sedimantasyon değeri, çimlenmiş buğday unu ilaveli örneklerde ortalama 27.86 ml olan Zeleny sedimantasyon değerinden daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.43). Rittau ve ark. (2005) çimlenme ile birlikte artan enzim aktivitesinden kaynaklı çökelti hacminin düşük olduğunu ifade etmişlerdir.

Un paçallarının hazırlanmasında kullanılan tam buğday unu ilave oranının artması ile örneklerin Zeleny sedimantasyon değerinin azaldığı belirlenmiştir. Tam buğday unu içermeyen kontrol örneğinde ortalama 31.27 ml olan Zeleny sedimantasyon değeri, %20 tam un ilavesi ile birlikte ortalama 26.34 ml'ye düşmüştür (Çizelge 4.43). Bu durum tam unların kullanılması ile gluten proteinlerinin seyrelmesinden ve/veya işlem görmemiş ve çimlenmiş tam unların parçacık boyutu dağılımındaki farktan kaynaklanmış olabilir. Patel ve Rao (1995) farklı işlemler uygulanmış siyah gram ununu farklı oranlarda un paçallarının hazırlanmasında kullanmışlardır. Un paçalı örneklerinde siyah gram unu miktarının artan oranda kullanılması ile örneklerin Zeleny sedimantasyon değerinin azaldığını bildirmişlerdir.

Un paçallarının Zeleny sedimantasyon değeri üzerinde etkili "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu Şekil 4.67'de verilmiştir. İşlem türü fark etmeksizin artan tam buğday unu ilavesi ile birlikte un paçallarının Zeleny sedimantasyon değerinin azaldığı belirlenmiştir. Bu azalma çimlenmiş buğday unu ilaveli un paçallarında daha yüksek oranda olduğu görülmektedir. İşlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unu ilaveli örneklerin Zeleny sedimantasyon değerleri arasındaki fark artan ilave oranına bağlı açılmıştır.

Dhingra ve Jood (2004) farklı oranlarda (%0-20) arpa unu kullanarak hazırladıkları un paçalı örneklerinin gluten içeriğinin %30.60'dan %23'e, Zeleny sedimantasyon değerinin ise 34.25 ml'den 30.00 ml'ye düştüğünü rapor etmişlerdir.

Hallén ve ark. (2004) çimlenmiş ve fermente olmuş börülce unları ile hazırladıkları un paçalı örneklerinin gluten içeriğinin artan oranda börülce unu kullanımı ile azaldığını, bu durumun gluten içermeyen börülce ununun rafine buğday ununun gluten içeriğini seyreltmesiyle ilgili olduğunu ifade etmişlerdir.



Şekil 4.67. Un paçallarını Zeleny sedimantasyon değeri üzerinde etkili *"işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

4.5.2.4. Düşme sayısı

İşlem görmemiş ve çimlenmiş Esperia, einkorn ve emmer buğdaylarının tam unları kullanılarak hazırlanan un paçallarına ait düşme sayısı değerleri 63.0-406.0 sn arasında değişmektedir (Çizelge 4.41). Varyans analizi sonuçlarına göre un paçallarının düşme sayısı değeri üzerinde buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*buğday çeşidi x işlem türü*", "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*", "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" ve "*buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonunun $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.42).

Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, Esperia buğday unu ilaveli un paçallarının ortalama düşme sayısı değeri (282.0 sn), sırasıyla einkorn ve emmer buğday

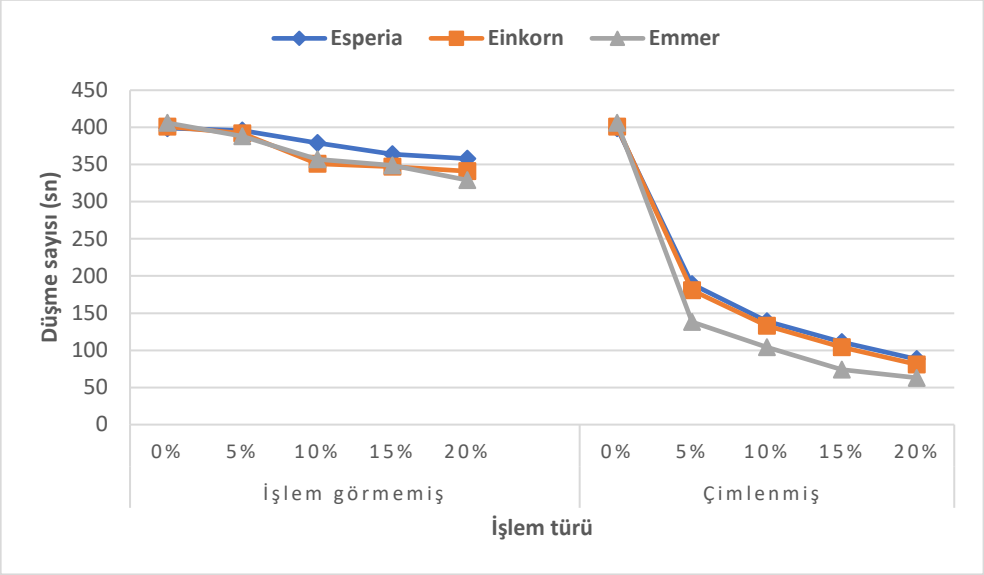
unu ilaveli un paçallarının aynı değerinden (273.0 sn ve 261.0 sn) yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.43).

Çizelge 4.43'de verilen sonuçlar işlem türü açısından incelendiğinde; un paçallarının hazırlanmasında işlem görmemiş buğday unlarının kullanımı ile çimlenmiş buğday unu kullanımına kıyasla daha yüksek düşme sayısı değeri elde edilmiştir. İşlem görmemiş buğday unu ilave edilerek hazırlanan un paçallarında düşme sayısı değeri ortalama 370.0 sn, çimlenmiş buğday unu ile hazırlanan un paçallarında ise 174.0 sn olarak belirlenmiştir. Çimlenme ile birlikte artan α-amilaz aktivitesi düşme sayısının azalmasında etkili olmuş olabilir. Hareland (2003) nişastalı endospermin enzimatik bozunması arttıkça hasat öncesi filizlenmiş buğdayda düşme sayının azaldığını bildirmiştir. Düşük düşme sayısı değeri daha fazla nişastanın enzimler tarafından parçalandığını göstermektedir. Engert ve Honermeier (2012) ilkel buğdaylarında arlarında olduğu farklı buğday çeşitlerini çimlendirdikleri çalışmalarında çimlenmiş buğday unlarında düşme sayısını 62 sn olarak bildirmişlerdir. Poudel ve ark. (2019) başlangıçta düşme sayısı 301 sn olan tam buğday ununa %10 oranında 72 saat çimlendirilmiş buğdaylardan elde edilen tam unun eklenmesi ile bu değerin 62 sn'ye düştüğünü rapor etmişlerdir.

Un paçallarının hazırlanmasında kullanılan tam buğday unu ilave oranının artması ile örneklerin düşme sayısı değerinin azaldığı belirlenmiştir. Tam buğday unu içermeyen kontrol örneğinde düşme sayısı değeri ortalama 402.0 sn iken, %20 tam buğday unu içeren un paçallarında düşme sayısı değeri ortalama 210.0 sn olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.43).

Un paçalı örneklerinin düşme sayısı değeri üzerinde etkili ($p<0.01$) "*buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu Şekil 4.68'de verilmiştir. Buna göre, işlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unu ile hazırlanan un paçalı örneklerinin düşme sayısı değeri tam buğday unu ilave oranının artmasıyla azalmıştır. Bu azalış işlem türü açısından değerlendirildiğinde en fazla çimlenmiş buğday unu ilaveli un paçalı örneklerinde belirlenmiştir. Buğday çeşidi farketmeksizin %5 çimlenmiş buğday unu ilavesinin un paçalı örneklerinin düşme sayısı değerlerini dikkat çekici bir şekilde düşürdüğü görülmektedir. İşlem görmemiş buğday çeşitlerinden einkorn ve emmer buğday unu ilaveli un paçallarının düşme sayısı değerleri, Esperia buğday unu ilaveli örneklerden daha düşük ve birbirlerine yakın değerler gösterirken, çimlenmiş buğday unu ilaveli örneklerde Esperia ve einkorn tam unu ilaveli un paçalları birbirine yakın ve

emmer buğday unu ilaveli un paçalı örneklerinden daha yüksek düşme sayısı değeri göstermiştir.



Şekil 4.68. Un paçallarını düşme sayısı değeri üzerinde etkili *"buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

4.6. Ekmek Örneklerine Ait Analiz Sonuçları

İşlem görmemiş ve çimlenmiş Esperia, einkorn ve emmer buğday unları %0, 5, 10, 15 ve 20 oranlarında ayrı ayrı ekmek üretiminde kullanılmış, elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

4.6.1. Ekmek kabuğu ve ekmek içi renk değerlerine ait sonuçlar

Renk, ekmeğin en önemli kalite kriterlerinden biridir. Ekmeğin pişirilmesi sırasında üniform ve çekici altın rengi kabuk ve kremsi beyaz ekmek içi rengi oluşumu, ekmeğin kalitesinin önemli bir göstergesidir. Ekmek örneklerinin kabuk renk değerleri Çizelge 4.44'de, bu değerlere ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.45'de ve çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.46'de verilmiştir. Ekmek örneklerinin iç renk değerleri Çizelge 4.47'da, bu değerlere ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.48'de ve çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.49'de verilmiştir.

4.6.1.1. Kabuk *L** değeri

Ekmek örneklerine ait kabuk *L** değeri 35.66 ile 57.12 arasında değişmiştir (Çizelge 4.44). Varyans analizi sonuçlarına göre ekmek örneklerinin *L** değeri üzerinde buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*buğday çeşidi x işlem türü",* "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" ve "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonlarının istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.45).

Çizelge 4.44. Ekmek örneklerine ait kabuk renk değerleri[1]

Buğday çeşidi	İşlem türü	TBUİO[2] (%)	*L**	*a**	*b**	Hue	SI
Esperia	İşlem görmemiş	0	55.29±1.02	9.99±0.38	29.92±0.63	71.02±0.89	31.31±0.24
		5	53.60±0.85	10.05±0.26	30.13±0.86	71.55±1.10	31.76±0.36
		10	52.04±1.12	10.34±0.18	30.89±1.02	71.47±0.87	32.58±0.20
		15	50.09±0.78	11.03±0.23	31.25±1.20	70.54±0.54	33.14±0.51
		20	49.18±0.95	11.44±0.15	32.06±0.92	70.34±0.76	34.04±0.20
	Çimlenmiş	0	55.29±1.02	9.99±0.38	29.92±0.63	71.02±0.89	31.31±0.24
		5	48.99±0.80	10.72±0.29	30.60±0.95	70.69±0.95	32.42±0.42
		10	45.01±1.19	11.45±0.19	31.29±1.18	69.87±1.01	33.32±0.19
		15	42.92±0.73	11.84±0.25	31.87±0.87	69.62±1.48	34.00±0.13
		20	40.74±0.82	12.20±0.17	32.33±1.08	69.31±0.90	34.56±0.35
Einkorn	İşlem görmemiş	0	56.28±1.17	11.78±0.45	33.03±0.62	70.36±1.03	35.08±0.29
		5	54.50±0.76	13.55±0.24	33.12±0.56	67.74±0.70	35.79±0.43
		10	53.21±0.68	13.76±0.22	33.90±0.90	67.90±0.78	36.59±0.38
		15	52.73±0.92	14.19±0.27	34.56±0.72	67.67±0.80	37.36±0.38
		20	51.18±0.96	14.54±0.15	35.26±0.75	67.58±0.99	38.14±0.25
	Çimlenmiş	0	56.28±1.17	11.78±0.45	33.03±0.62	70.36±1.03	35.08±0.29
		5	46.17±1.04	14.16±0.21	34.25±1.13	67.53±0.69	37.06±0.21
		10	43.66±0.85	14.35±0.17	35.47±0.77	67.97±0.68	38.26±0.28
		15	42.23±0.98	14.68±0.17	36.11±0.83	67.88±1.76	38.98±0.38
		20	39.98±0.82	14.78±0.20	36.89±1.15	68.16±1.05	39.74±0.28
Emmer	İşlem görmemiş	0	57.12±1.01	11.71±0.06	31.40±0.60	69.54±0.81	33.51±0.40
		5	53.68±0.78	12.05±0.14	32.17±0.72	69.46±0.80	34.35±0.35
		10	50.59±1.06	12.80±0.26	33.47±0.68	69.06±0.78	35.84±0.54
		15	48.30±0.82	13.00±0.19	34.74±0.98	69.47±0.81	37.10±0.41
		20	47.16±0.96	13.21±0.21	35.91±0.91	69.80±1.29	38.26±0.30
	Çimlenmiş	0	57.12±1.01	11.71±0.06	31.40±0.60	69.54±0.81	33.51±0.36
		5	46.72±0.82	13.72±0.23	32.89±1.05	67.35±0.77	35.64±0.24
		10	39.23±0.65	13.83±0.31	33.75±0.75	67.72±1.30	36.47±0.27
		15	38.71±0.71	14.10±0.19	34.80±0.80	67.93±0.73	37.55±0.15
		20	35.66±0.67	14.32±0.27	36.47±1.01	68.55±0.91	39.19±0.26
Minimum-maksimum			35.66-57.12	9.99-14.78	29.92-36.89	67.35-71.55	31.31-39.74
Ortalama±std			48.79±6.09	12.57±1.52	33.10±2.00	69.23±1.29	35.40±2.40

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. [2]Tam buğday unu ilave oranı.

Çizelge 4.45. Ekmek örneklerinin kabuk renk değerlerine ait varyans analizi sonuçları[1]

VK	SD	*L**		*a**		*b**		Hue		SI	
		KT	F	KT	F	KT	F	KT	F	KT	F
Buğday çeşidi (A)	2	56.40	16.78**	88.08	348.48**	135.98	44.81**	54.31	14.68**	206.99	474.46**
İşlem türü (B)	1	752.62	447.81**	6.90	54.51**	5.72	3.77ns	6.68	3.61ns	9.99	45.79**
TBUİO[2] (C)	4	1113.33	165.61**	37.21	73.61**	85.53	14.09**	17.58	2.38ns	118.08	135.33**
(AxB)	2	19.99	5.95**	0.90	3.55*	2.34	0.77ns	5.10	1.37ns	1.33	3.05ns
(AxC)	8	61.97	4.61**	3.44	3.40*	7.90	0.65ns	12.78	0.86ns	6.05	3.47**
(BxC)	4	210.68	31.34**	1.86	3.68*	1.44	0.24ns	2.10	0.28ns	2.51	2.88*
(AxBxC)	8	8.15	0.61ns	0.55	0.54ns	1.05	0.09ns	1.96	0.13ns	0.87	0.50ns
Hata		50.42		3.79		45.52		55.50		6.54	

[1]* p< 0.05 düzeyinde önemli, ** p< 0.01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz. [2]Tam buğday unu ilave oranı.

Çizelge 4.46. Ekmek örneklerinin kabuk renk değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	n	*L**	*a**	*b**	Hue	SI
Buğday çeşidi						
Esperia	20	49.31±4.81a	10.91±0.77c	31.03±0.84b	70.54±0.72a	32.84±3.40b
Einkorn	20	49.62±5.77a	13.76±1.05a	34.56±1.28a	68.31±1.04b	37.21±4.54a
Emmer	20	47.43±7.21b	13.04±0.92b	33.70±1.69a	68.84±0.84b	36.14±4.83a
İşlem türü						
İşlem görmemiş	30	52.33±2.81a	12.23±1.44b	32.79±1.80b	69.57±1.31a	34.81±1.93b
Çimlenmiş	30	45.25±6.41b	12.91±1.53a	33.40±2.13a	68.90±1.19a	35.81±4.51a
TBUİO[2] (%)						
0	12	56.23±0.75a	11.16±0.83d	31.45±1.27d	70.31±0.60a	33.30±1.27e
5	12	50.61±3.44b	12.38±1.56c	32.19±1.44cd	69.05±1.63a	34.50±2.26d
10	12	47.29±5.03c	12.75±1.43bc	33.12±1.58bc	68.99±1.34a	35.51±3.58c
15	12	45.83±4.90c	13.14±1.32ab	33.89±1.73ab	68.95±1.08a	36.35±4.05b
20	12	43.98±5.55d	13.42±1.25a	34.82±1.92a	68.85±0.95a	37.32±4.81a

[1] Aynı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (p<0.05).[2]Tam buğday unu ilave oranı.

Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; Esperia buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama kabuk *L** değeri (49.31), einkorn buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama kabuk *L** değerine (49.62) istatistiki açıdan benzer bulunmuş ve emmer buğday unu ilaveli örneklerin ortalama kabuk *L** değerinden (47.43) daha yüksek oldukları belirlenmiştir (Çizelge 4.46). Abdel ve ark. (1997) einkorn ve ekmeklik buğday unlarından üretilen ekmek örneklerinin kabuk *L** değerini sırasıyla 39.0 ve 35.9 olduğunu ve aralarındaki farkın istatistiksel olarak önemsiz olduğunu bildirmişlerdir

Sonuçlar işlem türü açısından değerlendirildiğinde; işlem görmemiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama kabuk *L** değeri (52.33), çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmeklerin aynı değerinden (45.25) daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.46). Fırın ürünlerinin kabuk rengi, hammaddelerin renk bileşikleri ile Maillard ve pişirme sırasında ısıl işlemle artan karamelizasyon reaksiyonları gibi çeşitli faktörlere bağlıdır (Helou ve ark. 2016).

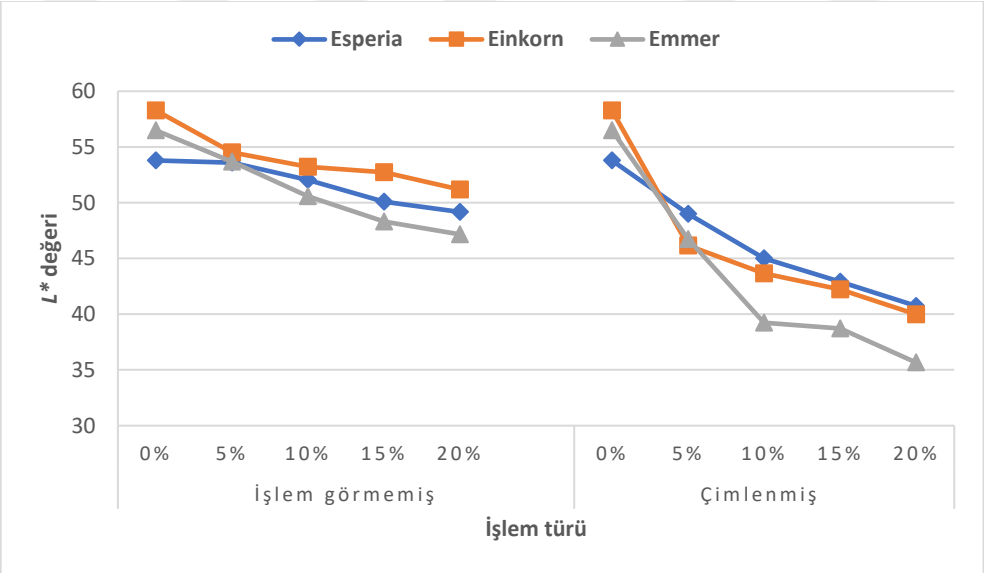
Çimlendirilmiş buğdaylardan elde edilen unlar, nişasta ve protein moleküllerini daha basit bileşenlere indirgeyen yüksek amilolitik ve proteolitik aktivite nedeniyle serbest şeker ve amino asit miktarı açısından daha zengindir (Baranzelli ve ark., 2018). Bu şekerler ve aminoasitler kahverengi pigmentlerin oluşumunu destekleyen Maillard ve karamelizasyon reaksiyonlarına katılmaktadır. Literatürde, arpa, pirinç, mısır, soya ve börülce gibi çimlenmiş tohumlardan elde edilen unlar ile yapılan unlu mamuller için benzer sonuçlar bildirilmiştir (Hallén ve ark., 2004; Sabanis ve Tzia, 2009; Yaqoob ve ark., 2018; Guardianelli ve ark., 2021).

Mounjouenpou ve ark. (2020) çimlenmiş tahıl unu ilaveli ekmek örneklerinin daha koyu renkli olmasını fenolik bileşiklerin miktarı ile açıklamıştır. Çimlenme sürecinin tanelerdeki fenolik bileşik miktarında artışa yol açtığı birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Sangronis ve ark., 2007). Fenolik bileşikler, una ve dolaylı olarak son ürüne daha koyu bir renk vermektedir (Zaddem, 2014; Atudorei ve ark., 2021).

Ekmek örneklerinin kabuk *L** değerine ait sonuçlar tam un ilave oranı açısından değerlendirildiğinde; tam buğday unu ilave oranının %0'dan %20'ye yükselmesi ile 56.23 olan kabuk *L** değerinin, 43.98'e düştüğü belirlenmiştir. %10 ve %15 oranlarında tam buğday unu ilave edilerek üretilen ekmeklerin kabuk *L** değerleri arasında önemli bir farklılık oluşmadığı bulunmuştur (Çizelge 4.46). Kabukta meydana gelen renk değişiklikleri, çimlenmiş buğday ile zenginleştirilmiş örneklerde daha yoğun olmakla birlikte Maillard ve karamelizasyon reaksiyonlarıyla ilişkilidir (Phattanakulkaewmorie ve

ark., 2011). Hammaddeler arasında tam buğday unlarının *L** değerinin rafine buğday ununun *L** değerinden daha düşük olması da katkı oranının artması ile *L** değerinin azalmasına etki eden bir diğer faktör olabilir.

Üretilen ekmek örneklerinin *L** değeri üzerinde etkili *"buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday ilave oranı"* interaksiyonu Şekil 4.69'da verilmiştir. Buna göre işlem türünden bağımsız olarak, artan tam buğday ilave oranına bağlı ekmeklerin kabuk *L** değeri azalmıştır. Bu azalış çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinde daha yüksek oranda gerçekleşmiştir. Her iki işlem türü içinde geçerli olmak üzere en düşük kabuk *L** değerleri emmer buğday unu kullanılarak hazırlanan ekmek örneklerinde belirlenmiştir. Buğday çeşidi farketmeksizin %5 oranında işlem görmemiş tam buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin kabuk *L** değeri birbirine yakın değerler gösterirken, ilave oranının artmasıyla aralarındaki fark artış göstermiştir. Çimlenmiş buğday unu kullanılarak hazırlanan ekmek örneklerinde ise einkorn katkılı ekmeklerin kabuk *L** değeri başlangıçta emmer buğday unu katkılı ekmeklerin *L** değerine daha yakınken, artan ilave oranı ile birlikte aralarındaki fark açılmış ve Esperia buğday unu katkılı örneklerin kabuk *L** değeri ile birbirine yakın değerler verdiği belirlenmiştir.



Şekil 4.69. Ekmek örneklerinin kabuk *L** değeri üzerinde etkili *"buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Marti ve ark. (2018) ekmek formülasyonunda çimlenmiş buğday unu kullanımı ile daha koyu ve daha kırmızı ekmek kabuk rengi oluştuğunu bildirmiştir. Kontrol örneğine ait *L** renk değerini 69.01 iken %100 çimlenmiş buğday unu ile üretilen ekmeklerin *L** renk değerini 54.68 olarak belirlediklerini rapor etmişlerdir.

Angioloni ve Collar (2009) tam buğday ekmek örneklerinin rafine undan üretilen ekmeklere göre daha düşük *L** değerlerine sahip olduğunu bildirmiştir.

4.6.1.2. Kabuk *a** değeri

Ekmek örneklerine ait kabuk *a** değeri 9.99 ile 14.78 arasında değişmekte olup, ortalama *a** değeri 12.57 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.44). Varyans analizi sonuçlarına göre ekmek örneklerinin kabuk *a** değeri üzerinde buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri $p<0.01$ düzeyinde, "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*", "*buğday çeşidi x işlem türü*" ve "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonlarının ise istatistiki olarak $p<0.05$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.45).

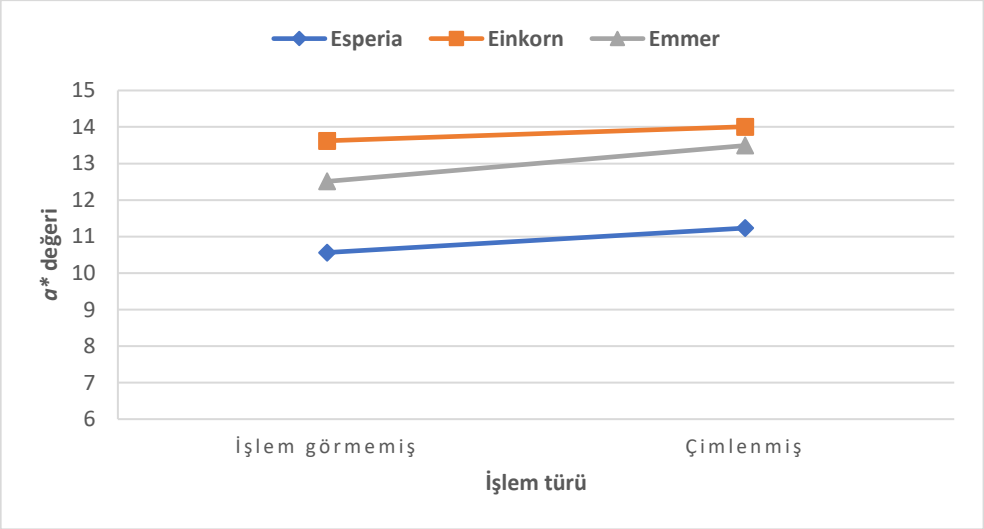
Sonuçlar buğday çeşidi faktörü açısından değerlendirildiğinde; en yüksek kabuk *a** değeri einkorn buğday unu ilaveli ekmek örneklerinde belirlenirken (13.76), en düşük kabuk *a** değeri ise Esperia buğday unu ilaveli ekmek örneklerinde ölçülmüştür (10.91). Emmer buğdayından elde edilen tam un kullanılarak üretilen ekmek örneklerinin ortalama kabuk *a** değeri ise 13.04 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.46).

Çizelge 4.46'da verilen çoklu karşılaştırma testi sonuçları işlem türü açısından değerlendirildiğinde; çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin kabuk *a** değeri (12.91), işlem görmemiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin aynı değerinden (12.23) yüksek bulunmuştur. Çimlenmiş buğday unu kullanımı ekmek kabuk rengini koyulaştırırken, kırmızılık değerinde de artışa sebep olmuştur. Bu durumda işlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinde *a** değeri için elde edilen sonuçların hammadde sonuçları ile uyumlu olmadığı düşünülebilir. Ancak kabuk renginin sadece kullanılan hammaddeden etkilenmediğini ve kabuk rengi oluşumunda pişirme sırasında meydana gelen reaksiyonların etkisinin de büyük olduğunu göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Pişirme sırasında yüksek sıcaklıkta indirgen şekerler ve aminoasitler arasında meydana gelen Maillard reaksiyonu sonucunda oluşan melanoidinler ve 150 °C'den sonra başlayan karamelizasyon reaksiyonu renk oluşumunda önemlidir (Asselman ve ark., 2007). Bu reaksiyonlar sonucunda pişmiş üründe parlaklık azalmakta, kırmızılık artmaktadır. Baranzelli ve ark. (2018) çimlenmiş buğday unu kullanılarak hazırlanan ekmeklerin rafine buğday unu kullanılarak hazırlanan kontrol ekmeğine kıyasla daha koyu olmasını; çimlenmiş buğday ununun daha yüksek

indirgenmiş şeker ve dekstrin içeriği nedeniyle serbest aminoasitlerle Maillard reaksiyonunun oluşmasını desteklemesine bağlamışlardır.

Ekmek formülasyonunda tam buğday unu oranının artması ile ekmek örneklerine ait kabuk *a** değerinin yükseldiği belirlenmiştir (Çizelge 4.46). Bu durum işlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unlarının rafine buğday ununa kıyasla daha yüksek *a** değerine sahip olması ile ilişkilendirilebilir (Çizelge 4.19). Diğer taraftan da yukarıda belirtildiği gibi uygun koşullar oluştuğunda gerçekleşen reaksiyonlar kırmızılıkta artışa neden olmuş olabilir.

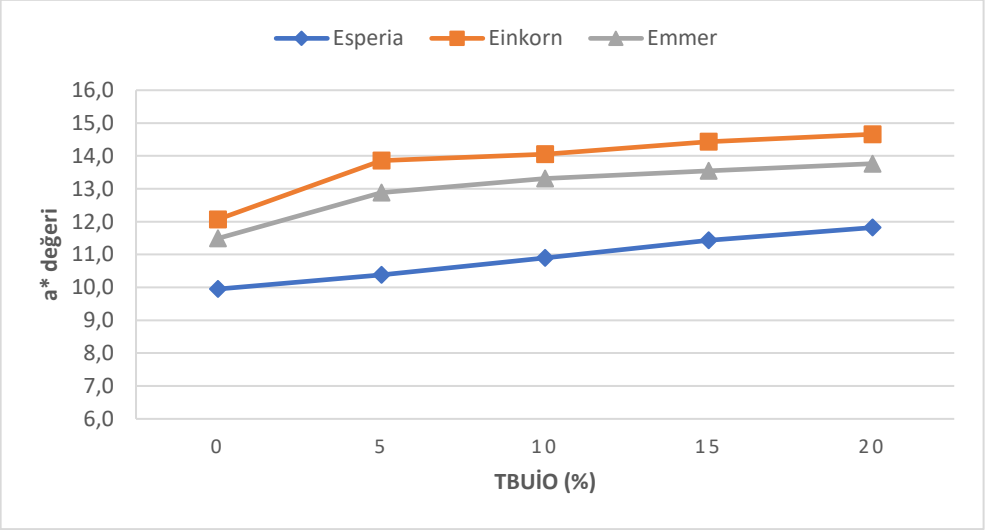
Ekmek örneklerinin kabuk *a** değeri üzerine etkli etkili ($p<0.05$) "*buğday çeşidi x işlem türü*" interaksiyonuna göre, çimlenmiş Esperia, einkorn ve emmer buğdaylarından elde edilen tam un ilavesi ile üretilen ekmek örneklerine ait kabuk *a** değerlerinin, işlem görmemiş buğdaylardan elde edilen tam un ilavesi ile üretilen ekmek örneklerinin aynı değerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. İşlem görmemiş buğday unlarından einkorn ve emmer unu katkılı ekmek örneklerinin *a** değerleri arasındaki fark çimlenme işlemi ile birlikte azalmıştır. Her iki işlem türündede en yüksek kabuk *a** değeri emmer buğday unu ilaveli örneklerde belirlenirken, en düşük kabuk *a** değeri ise Esperia unu ilaveli ekmek örneklerinde bulunmuştur (Şekil 4.70).



Şekil 4.70. Ekmek örneklerinin kabuk *a** değeri üzerinde etkili *"buğday çeşidi x işlem türü"* interaksiyonu

Ekmek örneklerinin kabuk *a** değeri üzerinde etkili ($p<0.05$) "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu Şekil 4.71'de verilmiştir. İnteraksiyon incelendiğinde, buğday çeşitlerinin artan oranlarda ekmek formülasyonuna dahil edilmesinin örneklerin kabuk *a** değerini artırdığı, artış oranının einkorn katkılı olanlarda

çok daha yüksek olduğu görülmektedir. En düşük artış oranı ise Esperia buğday unu ilaveli ekmek örneklerinde belirlenmiştir.



Şekil 4.71. Ekmek örneklerinin kabuk *a** değeri üzerinde etkili "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu

Şekil 4.72'de verilen "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonuna göre ekmeklerin kabuk *a** değerinin formülasyonda işlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unu ilave oranın artmasına bağlı olarak arttığı ve bu artışın çimlenmiş buğday unu kullanılarak hazırlanan ekmek örneklerinde daha yüksek olduğu görülmektedir. Tam buğday unu ilave oranındaki artışa bağlı olarak işlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerini kabuk *a** değerleri arasındaki fark azalmıştır.



Şekil 4.72. Ekmek örneklerinin kabuk *a** değeri üzerinde etkili "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu

4.6.1.3. Kabuk *b** değeri

Ekmek örneklerine ait kabuk *b** değeri 29.92 ile 36.89 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.44). Varyans analizi sonuçlarına göre ekmek örneklerinin kabuk *b** değeri üzerinde buğday çeşidi ve tam buğday unu ilave oranı faktörlerinin istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.45).

Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; einkorn ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin kabuk *b** değeri (34.56 ve 33.70), Esperia buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin kabuk *b** değerinden (31.03) daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.46). Einkorn ve emmer ekmeklerinin kabuk *b** değerinin daha yüksek olması, bu buğdayların sarı pigment içeriğinin Esperia buğdayına kıyasla daha yüksek olmasıyla ilgili olabilir (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.46'da verilen çoklu karşılaştırma testi sonuçları buğdaylara uygulanan işlem türünün kabuk *b** değeri üzerine etkisi açısından incelendiğinde; ekmek üretiminde çimlenmiş buğday unu kullanımı ile işlem görmemiş buğday unu kullanımına kıyasla daha yüksek kabuk *b** değeri elde edilmiştir. İşlem görmemiş tam buğday unu ilave edilerek hazırlanan ekmek örneklerinin ortalama kabuk *b** değeri 32.79, çimlenmiş buğday unu ile hazırlanan ekmeklerin ortalama kabuk *b** değeri ise 33.40 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.46).

Ekmek üretiminde kullanılan tam buğday unu ilave oranının artması ile örneklerin ortalama kabuk *b** değerinin arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.46). Tam buğday unu içermeyen kontrol örneğinin kabuk *b** değeri ortalama 31.45 iken, %20 tam buğday unu içeren ekmek örneklerinin kabuk *b** değeri ortalama 34.82 olarak ölçülmüştür. Keçeli ve ark. (2021) %10-100 einkorn rafine buğday unu ve einkorn tam buğday ununu rafine beyaz un ile paçal yaparak ekmek üretiminde kullandığı çalışmalarında ekmek örneklerinin kabuk ve iç sarılık değerinin kontrol ekmeğinden daha yüksek olduğunu bildirmiştir.

Baranzelli ve ark. (2018) 24, 48, 72 saat süre ile çimlendirdikleri buğdayların unlarını ekmek üretiminde kullanmışlar ve elde edilen ekmeklerin *L** renk değerinin azaldığını, *a** ve *b** renk değerinin ise arttığını bildirmişleridir. Bu değişiklikler, muhtemelen amilazların ve proteazların hidrolitik etkisine bağlı Maillard reaksiyonu kapsamındaki artışın neden olduğu ifade edilmiştir (Hefni ve Witthöft, 2011). Marti ve ark. (2017) formülasyonunda malt veya çimlendirilmiş buğday unu kullandığı ekmeklerin

kontrol ekmek örneğine kıyasla kabuk parlaklığında azalma, kırmızılık değerinde ise artış olduğunu bildirmişlerdir.

4.6.1.4. Kabuk SI ve Hue değeri

Ekmek örneklerine ait kabuk Hue ve SI değerleri Çizelge 4.44'de verilmiş olup, ekmek örneklerinin ortalama kabuk Hue ve SI değerleri 69.23 ve 35.40 olarak bulunmuştur. Varyans analizi sonuçlarına göre ekmek örneklerinin Hue değeri üzerinde buğday çeşidi faktörünün istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.45). SI değerleri üzerinde ise buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu $p<0.01$ düzeyinde, "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonun ise $p<0.05$ düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.45).

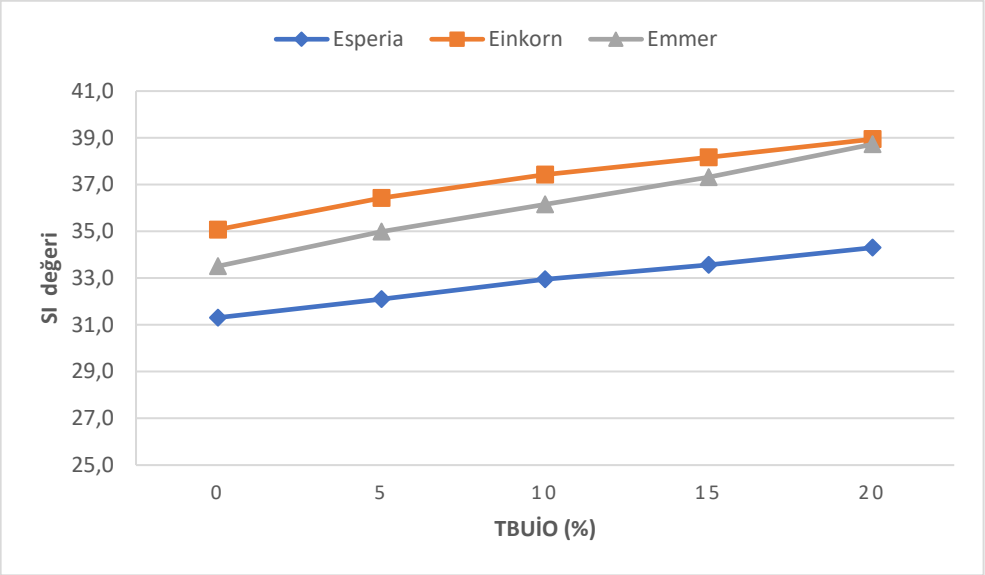
Çizelge 4.46'da verilen sonuçlara göre ekmek üretiminde Esperia buğday unu kullanımı, einkorn ve emmer buğday unlarının kullanımına göre daha yüksek Hue değerinin elde edilmesini sağlarken, einkorn ve emmer buğday unu kullanılarak hazırlanan ekmek örnekleri (37.21 ve 36.14), Esperia unu kullanımına göre daha yüksek SI değeri (32.84) göstermiştir.

Sonuçlar hammaddelere uygulanan işlem türü açısından incelendiğinde; işlem görmemiş buğday unu ilaveli ekmeklerin ortalama kabuk Hue değerinin (69.57), çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama kabuk Hue değerine (68.90) oldukça yakın olduğu ve aralarında istatistiki olarak bir fark oluşmadığı görülmüştür (Çizelge 4.46). Bununla birlikte çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin SI değeri (35.81), işlem görmemiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin aynı değerinden (34.81) daha yüksek bulunmuştur. Tüm renk değerleri işlem türü faktörü açısından değerlendirildiğinde işlem görmemiş buğday unu kullanımının daha yüksek L^* daha düşük a^*, b^* ve SI değerleri verdiği belirlenmiştir.

Formülasyonda kullanılan tam buğday unu ilave oranına bağlı olarak ortalama Hue değerleri 68.85-70.31 arasında, SI değerleri ise 33.30-37.32 arasında değişim göstermiştir. Artan katkı oranı ekmek örneklerinin kabuk Hue değerlerinin azalmasına SI değerinin ise artmasına neden olmuştur (Çizelge 4.46).

Ekmek örneklerinin SI değeri üzerine etkili "*buğday çeşidi x tam buğday ilave oranı*" interaksiyonuna göre, Esperia, einkorn ve emmer buğday unlarının oranı arttıkça

SI değeri artış göstermiş olup, bu artış einkorn unu ilaveli örneklerde daha fazla oranda gerçekleşmiştir. Einkorn ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin SI değerleri arasındaki fark, artan katkı oranına bağlı azalmış ve en yüksek ilave oranında birbirine en yakın değeri göstermişlerdir. Aynı zamanda, artan tam buğday unu ilave oranı einkorn ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örnekleri ile Esperia buğday unu ilaveli örneklerin kabuk SI değerlari arasındaki farkın açılmasına neden olmuştur (Şekil 4.73).



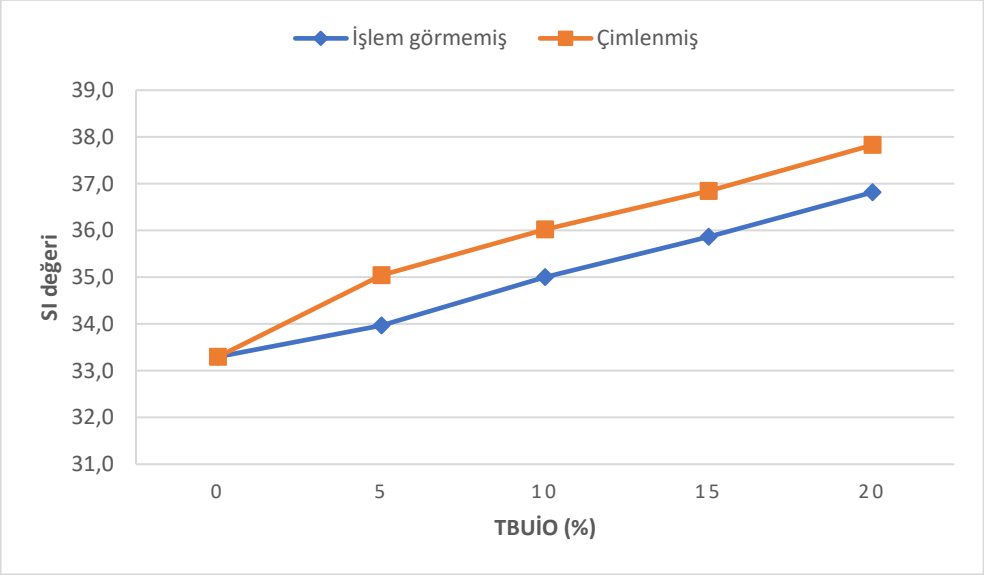
Şekil 4.73. Ekmek örneklerinin kabuk SI değeri üzerinde etkili "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu

Ekmek örneklerinde SI değeri üzerinde etkili ($p<0.01$) "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu Şekil 4.74'de verilmiştir. İnteraksiyon incelendiğinde ekmek örneklerinin kabuk SI değerlerinin hammaddelere uygulanan işlem türünden etkilendiği anlaşılmaktadır. Çimlenmiş buğday unu kullanılarak hazırlanan ekmeklerin kabuk SI değerleri, kullanılan tüm ilave oranlarında işlem görmemiş tam buğday unu ile hazırlanan ekmeklerin kabuk SI değerinden daha yüksek bulunmuştur.

4.6.1.5. Ekmek içi *L** değeri

Ekmek örneklerine ait ekmek içi *L** değeri 58.09 ile 72.93 arasında değişmiş olup, ortalama 67.57 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.47). Varyans analizi sonuçlarına göre ekmek içi *L** değeri üzerinde buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörlerinin $p<0.01$ düzeyinde, "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" ve "*işlem*

türü x tam buğday unu ilave oranı" interaksiyonlarının ise $p<0.05$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.48).



Şekil 4.74. Ekmek örneklerinin kabuk SI değeri üzerinde etkili "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu

Çizelge 4.49'da verilen çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, ekmek kabuğu L^* değerlerinde olduğu gibi Esperia ve einkorn buğday unları ile hazırlanan ekmek örneklerinin ortalama ekmek içi L^* değerleride (68.03 ve 68.29), emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin aynı değerinden (66.38) daha yüksek bulunmuştur. Ekmek içi renk değerleri fermantasyon ve pişirme sırasında meydana gelen reaksiyonlardan daha çok kullanılan hammaddelerin renk değerlerinden etkilenmektedir. Esperia ve einkorn buğday unlarının yüksel L^* değeri ekmeklerin ekmek içi L^* değerine de yansımıştır. Hidalgo ve Brandolini (2011a), einkorn, durum ve ekmeklik buğdaylarının farklı genotiplerini ekmek üretiminde kullanmışlar ve einkorn buğday unu ile yapılan ekmek örneklerinin kabuk ve ekmek içi L^* renk değerinin kontrol olarak kullandıkları ekmeklik buğday unundan üretilen ekmeklerin hem kabuk hem de iç L^* değerinden yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Sonuçlar işlem türü açısından değerlendirildiğinde; işlem görmemiş buğday unu ile hazırlanan ekmek örneklerinin L^* değeri (69.06) çimlenmiş buğday unu ile hazırlanan ekmeklerin ekmek içi L^* değerinden (66.07) yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.49). Bu durum, çimlendirilmiş buğday unu karışımlarından hazırlanan ekmeklerin, işlem görmemiş muadillerine göre biraz daha koyu kabuk rengiyle uyumludur (Setia ve ark., 2020). Çimlendirilmiş buğday unları ile formüle edilen ekmek örneklerinin daha koyu

ekmek içi rengi, 4.2.2.1. başlığı altında ifade edilen reaksiyonlarla ilgili olabileceği gibi aynı zamanda çimlenmiş buğday unlarında yüksek miktarda bulunan fenolik bileşiklerden de kaynaklanıyor olabilir (Van Hung ve ark., 2007).

Çizelge 4.47. Ekmek örneklerine ait iç renk değerleri[1]

Buğday çeşidi	İşlem türü	TBUİO[2] (%)	*L**	*a**	*b**	Hue	SI
Esperia	İşlem görmemiş	0	72.29±0.97	-1.78±0.05	15.08±0.20	96.73±0.85	15.18±0.20
		5	70.76±1.21	-1.06±0.19	15.11±0.30	94.04±1.31	15.15±0.30
		10	69.13±0.98	-0.33±0.13	15.62±0.19	91.22±0.04	15.62±0.19
		15	68.21±0.92	0.32±0.05	16.11±0.15	88.86±1.12	16.11±0.15
		20	67.03±1.13	1.09±0.18	16.37±0.27	86.19±1.37	16.41±0.27
	Çimlenmiş	0	72.29±0.97	-1.78±0.05	15.08±0.20	96.73±0.85	15.18±0.20
		5	68.51±0.94	-0.84±0.26	16.84±0.17	92.88±1.63	16.86±0.17
		10	66.03±0.49	-0.36±0.16	17.48±0.18	91.20±0.34	17.48±0.17
		15	63.92±1.05	0.22±0.04	17.90±0.16	89.29±1.64	17.90±0.16
		20	62.08±1.14	0.84±0.28	17.99±0.16	87.32±1.21	18.01±0.16
Einkorn	İşlem görmemiş	0	72.93±0.93	-1.79±0.02	14.60±0.41	97.01±0.29	14.71±0.41
		5	71.18±1.16	-1.23±0.01	15.49±0.35	94.53v0.89	15.54±0.33
		10	70.16±1.26	-0.19±0.03	17.93±0.11	90.60v0.60	17.93±0.11
		15	68.46±1.19	0.20±0.08	18.54±0.21	89.39±0.86	18.54±0.22
		20	67.43±0.88	0.26±0.08	19.26±0.30	89.22±1.66	19.26±0.35
	Çimlenmiş	0	72.93±0.93	-1.79±0.02	14.60±0.41	97.01±0.29	14.71±0.41
		5	67.83±0.83	-0.92±0.04	16.04±0.34	93.26±1.39	16.07±0.36
		10	65.86±0.73	0.05±0.11	18.70±0.20	89.86±0.50	18.70±0.20
		15	63.61±0.97	0.54±0.05	19.00±0.42	88.37±0.92	19.01±0.42
		20	62.53±1.32	1.26±0.17	19.56±0.34	86.32±1.08	19.60±0.29
Emmer	İşlem görmemiş	0	72.93±1.11	-1.79±0.05	14.73±0.73	96.95±1.50	14.84±0.73
		5	70.26±0.96	-0.84±0.03	14.91±0.33	93.24±0.03	14.93±0.33
		10	69.24±0.78	0.27±0.04	15.11±0.57	88.99±0.55	15.12±0.57
		15	64.60±1.19	0.85±0.10	16.49±0.50	87.06±1.06	16.51±0.50
		20	61.33±1.65	1.15±0.04	16.85±0.83	86.10±0.85	16.89±0.83
	Çimlenmiş	0	72.82±1.05	-1.79±0.05	14.73±0.37	96.95±1.50	14.84±0.73
		5	66.61±1.29	-0.70±0.11	16.05±0.33	92.49±0.87	16.07±0.33
		10	65.95±0.95	0.37±0.04	17.91±0.26	88.83±0.62	17.92±0.27
		15	62.04±1.17	1.09±0.20	18.23±0.21	86.59±0.05	18.26±0.22
		20	58.09±0.57	1.19±0.04	18.35±0.41	86.28±2.07	18.39±0.41
Minimum-maksimum			58.09-72.93	-1.80-1.26	14.60-19.56	85.96-97.06	14.71-19.56
Ortalama±std			67.57±3.94	-0.25±1.03	16.69±1.56	91.12±3.72	16.72±1.54

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. [2]Tam buğday unu ilave oranı. L^*: Parlaklık renk değeri, a^*: Kırmızı-yeşil renk değeri, b^*: Sarı-mavi renk değeri, Hue: Renk özü, SI: Doygunluk indeksi.

Çizelge 4.48. Ekmek örneklerinin iç renk değerlerine ait varyans analizi sonuçları[1]

VK	SD	*L**		*a**		*b**		Hue		SI	
		KT	F	KT	F	KT	F	KT	F	KT	F
Buğday çeşidi(A)	2	42.69	9.71**	1.57	26.47**	14.06	27.09**	17.83	28.48**	14.00	27.04**
İşlem türü (B)	1	133.96	60.93**	0.34	12.73**	17.60	67.80**	3.04	9.71**	17.58	67.96**
TBUİO[2] (C)	4	659.92	75.04**	59.67	560.30**	90.91	87.55**	786.24	628.07**	86.74	83.78**
(AxB)	2	2.12	0.48ns	0.43	8.13**	3.37	6.49*	4.33	4.33**	3.32	6.42*
(AxC)	8	50.87	2.89*	0.98	4.62**	13.60	6.55**	12.70	12.70**	13.48	6.51**
(BxC)	4	35.227	4.01*	0.13	1.25ns	5.30	5.11**	1.82	1.82ns	5.31	5.31**
(AxBxC)	8	4.55	0.26ns	0.57	2.68*	1.61	0.78ns	6.05	2.42*	1.59	0.77ns
Hata		3.58		0.80		7.79		9.39		7.76	

[1] p<0.05 düzeyinde önemli, ** p<0.01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz. [2]Tam buğday unu ilave oranı. [1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır.

Çizelge 4.49. Ekmek örneklerinin iç renk değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

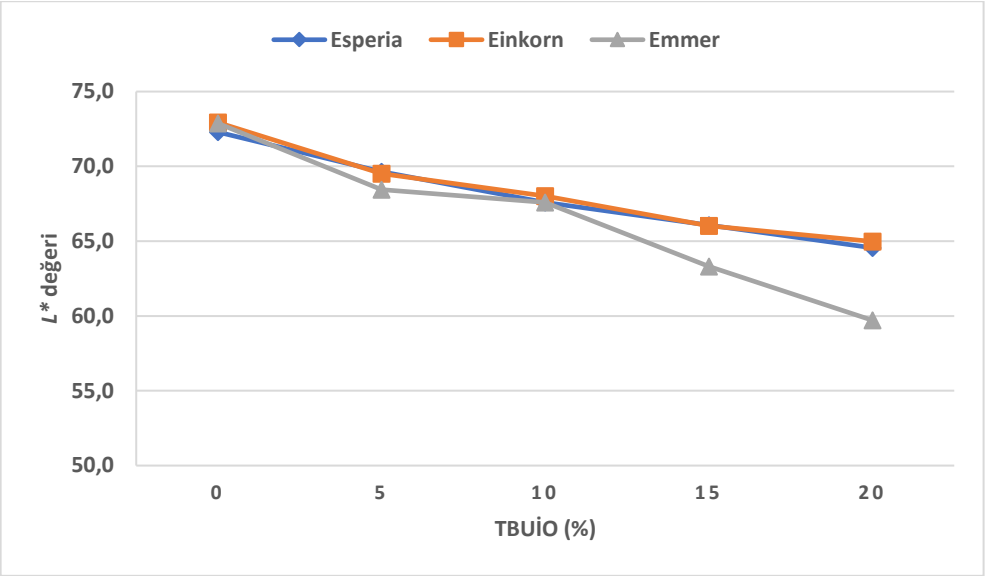
Faktör	n	*L**	*a**	*b**	Hue	SI
Buğday çeşidi						
Esperia	20	68.03±3.20a	-0.37±0.95b	16.36±1.09b	91.45±3.47a	16.39±1.07b
Einkorn	20	68.29±3.42a	-0.36±0.97b	17.37±0.87a	91.56±3.50a	17.41±1.84a
Emmer	20	66.38±4.73b	-0.02±1.12a	16.34±1.39b	90.35±4.05b	16.37±1.37b
İşlem türü						
İşlem görmemiş	30	69.06±3.03a	-0.33±1.00b	16.15±1.40b	91.34±3.71a	16.18±1.37ba
Çimlenmiş	30	66.07±4.16b	-0.18±1.05a	17.23±1.53a	90.89±3.72b	17.27±1.50a
TBUİO[2] (%)						
0	12	72.70±0.29a	-1.79±0.01e	14.80±0.20d	96.90±0.12a	14.91±0.20d
5	12	69.19±1.66b	-0.93±0.17d	15.74±0.65c	93.40±0.69b	15.77±0.65c
10	12	67.73±1.81b	-0.03±0.28c	17.12±1.30b	90.12±0.97c	17.13±1.30b
15	12	65.14±2.39c	0.54±0.33b	17.71±1.06ab	88.26±1.08d	17.72±1.06ab
20	12	63.08±3.26d	0.96±0.34a	18.06±1.16a	86.91±1.11e	18.09±1.15a

[1] Aynı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (p<0.05). [2]Tam buğday unu ilave oranı.

Formülasyonda artan tam buğday ilave oranının ekmek örneklerinin ekmek içi *L** değerlerini azalttığı belirlenmiştir. Tam buğday unu ilavesiz ekmek örneğinin ortalama ekmek içi *L** değeri 72.70 olup, en yüksek tam buğday unu ilave oranında (%20) bu değer 63.08 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.49). Hammaddelerin renk değerlerini gösteren Çizelge 4.19 incelendiğinde; ekmek formülasyonunda kullanılan buğday unlarının tam un formunda olmaları nedeniyle içerdikleri kepek parçacıklarından kaynaklı daha koyu renkli olması, ekmek formülasyonunda bu buğday unlarının artan oranda kullanılması ekmek içi *L** değerinin azalmasına neden olmuş olabilir. Ayrıca ekmeğin renk özellikleri pişirme işlemi sırasında proteinler ve karbonhidratlar arasındaki karmaşık kimyasal reaksiyonların bir sonucu olarak oluşmaktadır. Bununla birlikte özellikle ekmek içi renk özellikleri ekmek formülasyonunda kullanılan hammaddelere atfedilmektedir (Popov-Raljić ve ark., 2009).

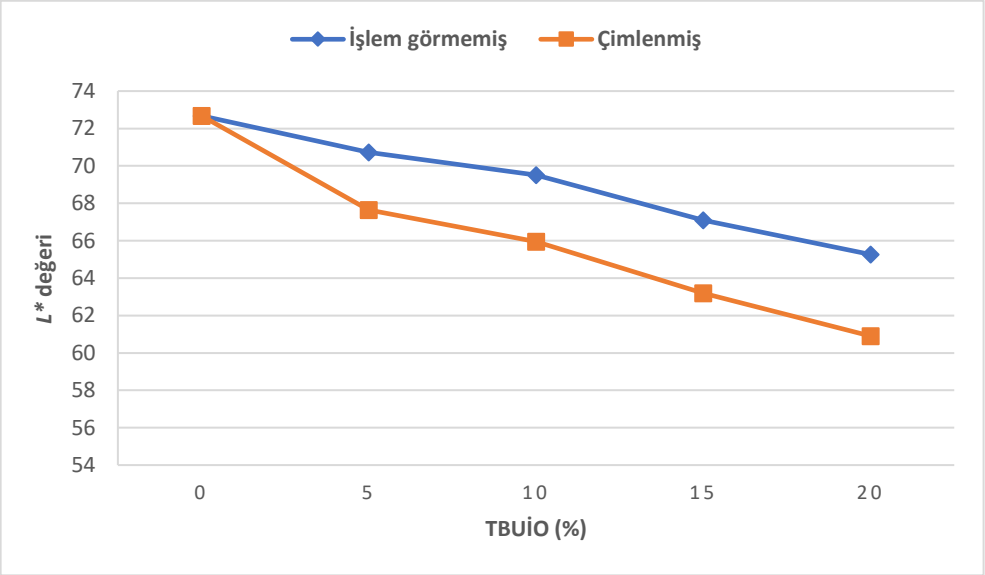
Einkorn buğdayının tam un ve beyaz ununun ve ekmeklik tam buğday ununun %0-100 oranında ekmek formülasyonunda rafine beyaz un ile yer değiştirilerek kullanıldığı bir çalışmada; formülasyonda einkorn buğday unlarının ve ekmeklik tam buğday unu oranının artması ekmek içi *L** değerinin azalmasına neden olmuştur (Keçeli ve ark., 2021). Çakır ve ark. (2020) ekmeklik rafine beyaz undan ve %100 einkorn tam buğday ununda üretilen ekmek örneklerinin ekmek içi *L** renk değerini sırasıyla 70.55 ve 55.02 olarak rapor etmişlerdir.

Şekil 4.75'de verilen "*buğday çeşidi x tam buğday ilave oranı*" interaksiyonu incelendiğinde; ekmek formülasyonunda Esperia, einkorn ve emmer buğday unlarının ilave oranının artması ile *L** değeri azalış göstermiştir. Bu azalış emmer buğday unu ilaveli örneklerde daha fazla oranda gerçekleşmiştir. Tüm ilave oranlarında Esperia ve einkorn buğday unu ilaveli ekmek örnekleri birbirine yakın ekmek içi *L** değeri gösterirken, %10 ilave oranında tüm buğday çeşitlerine ait ekmek örneklerinin ekmek içi *L** değerleri arasındaki fark en aza inmiştir. %10 ilave oranı üzerinde emmer buğday ununda üretilen ekmeklerin ekmek içi *L** değeri ile Esperia ve einkorn buğday unlarından üretilen ekmek örneklerinin ekmek içi *L** değerleri arasındaki fark açılmıştır.



Şekil 4.75. Ekmek örneklerinin ekmek içi *L** değeri üzerinde etkili "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu

Farklı işlem türleri uygulanarak üretilen ekmek örneklerinin ekmek içi *L** değeri üzerine etkili "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu Şekil 4.76'da verilmiştir. Artan tam buğday unu ilave oranına bağlı her iki işlem türünde de ekmek örneklerinin ekmek içi *L** değeri azalmıştır. Bu azalma çimlenmiş buğday unu ilaveli örneklerde daha yüksek oranda gerçekleşmiştir. Artan tam buğday unu ilave oranına bağlı olarak çimlenmiş ve işlem görmemiş tam un ilaveli ekmek örneklerinin ekmek içi *L** değerleri arasındaki fark açılmıştır.



Şekil 4.76. Ekmek örneklerinin ekmek içi *L** değeri üzerinde etkili "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu

4.6.1.6. Ekmek içi *a** değeri

Ekmek örneklerine ait ortalama ekmek içi *a** renk değeri -0.25 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.47). Varyans analizi sonuçlarına göre ekmek içi *a** değeri üzerinde buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*buğday çeşidi x işlem türü*" ve "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonlarının $p<0.01$ düzeyinde ve "*buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonunun ise $p<0.05$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.48).

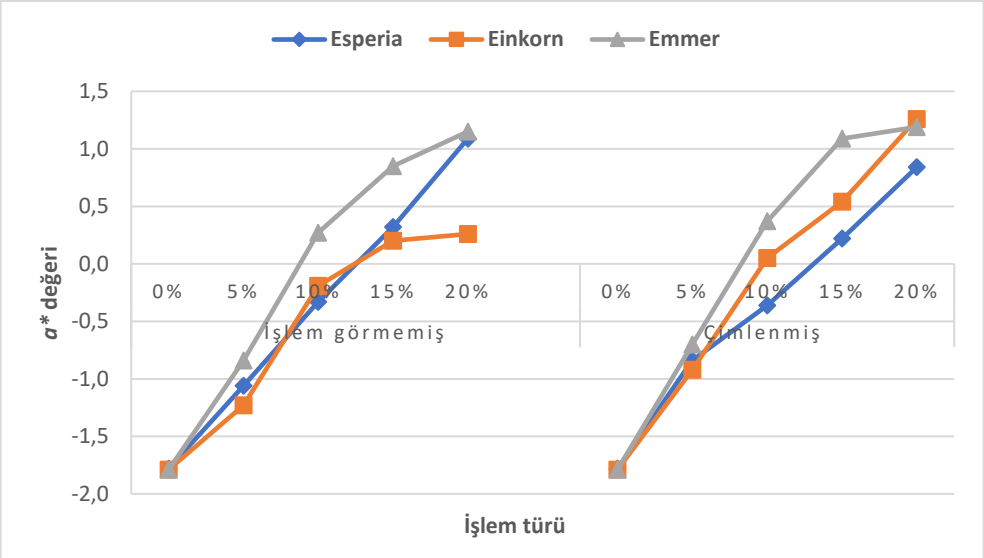
Çizelge 4.49'da verilen çoklu karşılaştırma testi sonuçları incelendiğinde; emmer buğday unu kullanılarak hazırlanan ekmek örneklerinin ortalama ekmek içi *a** değerinin (-0.02), Esperia ve einkorn buğday unları kullanılarak hazırlanan örneklerin ortalama ekmek içi *a** değerinden (-0.37 ve -0.36) daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ekmek üretiminde kullanılmak üzere hazırlanan un paçallarında da benzer sonuçlar elde edilmiştir (Çizelge 4.40). Bu durum, hammadde olarak kullanılan emmer buğdayının *a** değerinin, Esperia ve einkorn buğdaylarının *a** değerlerinden daha yüksek olmasından kaynaklanabilir (Çizelge 4.19). Yılmaz (2020) emmer buğdayının kırmızımsı kahverengimsi bir renge sahip olduğunu bildirmiştir.

Sonuçlar işlem faktörü açısından değerlendirildiğinde; -0.33 olarak belirlenen işlem görmemiş buğday unu ile hazırlanan ekmeklerin ortalama ekmek içi *a** değeri, -0.18 olarak belirlenen çimlenmiş buğday unu ile hazırlanan ekmek örneklerinin ortalama ekmek içi *a** değerlerinden düşük bulunmuştur (Çizelge 4.49). Bu değişiklikler muhtemelen rafine buğday ununda bulunmayan kepek parçalarının işlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unlarında olması ve çimlenmiş hammaddelerin hazırlanmasında meydana gelen Maillard reaksiyonundaki artıştan kaynaklanıyor olabilir. Marti ve ark. (2018) %0-100 aralığında çimlenmiş buğday unu kullanarak ekmek üretimi yaptıkları çalışmalarında, çimlenmiş buğday unu kullanımı ile artan Maillard reaksiyonu ürünlerinin ekmek içi *a** renk değerinin artışındanda sorumlu olduğunu bildirmişlerdir.

Ekmek formülasyonunda tam buğday unu ilave oranının artması ile ekmek örneklerinin ekmek içi *a** renk değerinin yükseldiği belirlenmiştir (Çizelge 4.49). Tam buğday unu ilavesi içermeyen ekmeklerin ortalama -1.79 olan ekmek içi *a** değeri, %20 tam un ilavesi ile 0.96'ya yükselmiştir. Bu durum tam buğday unu ve çimlenmiş buğday unlarının rafine buğday ununa kıyasla daha yüksek *a** değerine sahip olması ile ilişkilendirilebilir (Çizelge 4.19). Diğer taraftan da yukarıda belirtildiği gibi hammadde

hazırlamada uygun koşullar oluştuğunda gerçekleşen Maillard reaksiyonu kırmızılıkta artışa neden olmuş olabilir. Van Hung ve ark. (2007) tam buğday unu kullanımının ekmek örneklerinin *a** ve *b** renk değerlerinin arttığını ve bu artışın kepek parçacıklarının içerdiği yoğun renk pigmentlerinden kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Marti ve ark. (2017) artan ekmek içi *a** renk değerini çimlenmiş buğday unu ilavesi ile un paçalı içerisinde artan amilaz miktarı ile ilişkilendirmişlerdir.

Ekmek örneklerinin ekmek içi *a** değeri üzerinde etkili ($p<0.01$) "*buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu Şekil 4.77'de verilmiştir. Buna göre, işlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unu ile hazırlanan ekmek örneklerinin ekmek içi *a** değeri tam buğday unu ilave oranının artmasıyla yükselmiştir. Bu yükseliş işlem türü farketmeksizin en fazla emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinde belirlenmiştir. İşlem görmemiş buğday unlarından hazırlanan ekmek örneklerinin ekmek içi *a** değerleri karşılaştırıldığında, Esperia ve einkorn buğday unu ilaveli ekmek örnekleri birbirine benzer değerler göstermiş olup, en yüksek ilave oranında (%20) aralarındaki fark açılırken, emmer buğdayı ile Esperia buğday unlarından hazırlanan ekmek örneklerinin ekmek içi *a** değerleri birbirine yakınlaşmıştır. Çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmeklerde ise, artan tam un ilave oranı ile birlikte Esperia, einkorn ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerini ekmek içi *a** değerleri arasındaki fark açılmış olup, Esperia buğday unu ilaveli ekmeklerin ekmek içi *a** değeri einkorn ilaveli ekmeklerden düşük bulunmuştur. Ayrıca %20 tam un ilave oranında çimlenmiş einkorn ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örnekleri benzer ekmek içi *a** değeri göstermiştir.



Şekil 4.77. Ekmek örneklerinin ekmek içi *a** değeri üzerinde etkili "*buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu

4.6.1.7. Ekmek içi *b** değeri

Ekmek örneklerine ait ekmek içi *b** değerleri 14.60-19.56 arasında değişmiş olup, ortalama 16.69 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.47). Varyans analizi sonuçlarına göre ekmek iç *b** değeri üzerinde buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" ve "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı oranı*" interaksiyonlarının istatistiki olarak $p<0.01$ düzeyinde, "*buğday çeşidi x işlem türü*" interaksiyonunun ise $p<0.05$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.48).

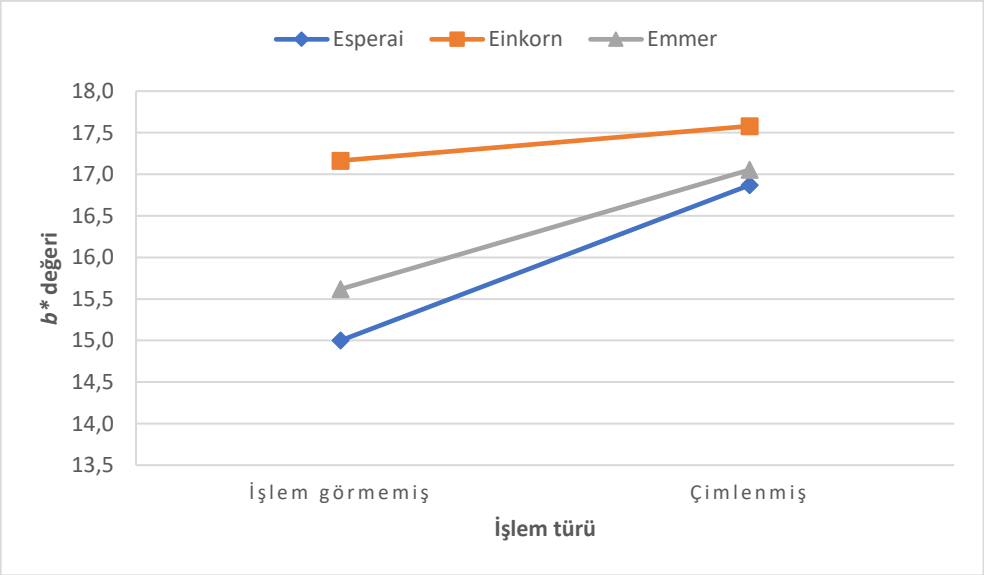
Ekmek örneklerine ait ekmek içi *b** değeri üzerine buğday çeşidinin etkisi incelendiğinde; einkorn buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ekmek içi *b** değeri (17.37), Esperia ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin aynı değerinden (16.36 ve 16.34) daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.49). Einkorn buğdaylarına ait tam un örneklerinin lutein içeriğinin diğer buğday çeşitlerinden daha yüksek olması einkorn tam un ilaveli ekmek örneklerinin ekmek içi *b** değerini artırmış olabilir. Literatürde, luteinin buğdayda birincil karotenoid olduğu ve buğdayın ve son ürünün sarı renginden sorumlu olduğu birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Brandolini ve ark., 2015; Giambanelli ve ark., 2013). Keçeli ve ark. (2021) einkorn buğday unu kullanımının ekmek örneklerinin ekmek içi *b** renk değerini artırdığını rapor etmiştir. Hidalgo ve Brandolini (2011) einkorn, durum ve ekmeklik buğday unlarını ekmek formülasyonunda kullandıkları çalışmalarında einkorn ekmeklerinin en yüksek ekmek içi *b** renk değerine sahip ekmekler olduğunu bildirmiştir.

Çizelge 4.49'da çoklu karşılaştırma testi sonuçları incelendiğinde; ekmek üretiminde çimlenmiş buğday unu kullanımı ile ekmek içi *b** değerinin arttığı görülmektedir. İşlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unu ile hazırlanan ekmek örneklerinin ekmek iç *b** değerleri sırasıyla ortalama 16.15 ve 17.23 olarak belirlenmiştir.

Sonuçlar tam buğday unu ilave oranı açısından incelendiğinde; ekmek formülasyonunda tam un ilave oranının artması ekmek içi *b** değerini artırmıştır. Tam un ilavesiz ekmek örneklerinde 14.80 olan ortalama ekmek içi *b** değeri, %20 tam buğday unu ilavesi ile 18.06'ya yükselmiştir (Çizelge 4.49). Angioloni ve Collar (2009) ticari tam buğday ve rafine buğday unu ile hazırlanmış tava ekmeklerin özelliklerini inceledikleri çalışmalarında; tam buğday unu ile hazırlanan ekmeklerin ekmek içi *b** değerinin rafine buğday unu ile hazırlanan ekmeklerin ekmek içi *b** değerinden yüksek olduğunu

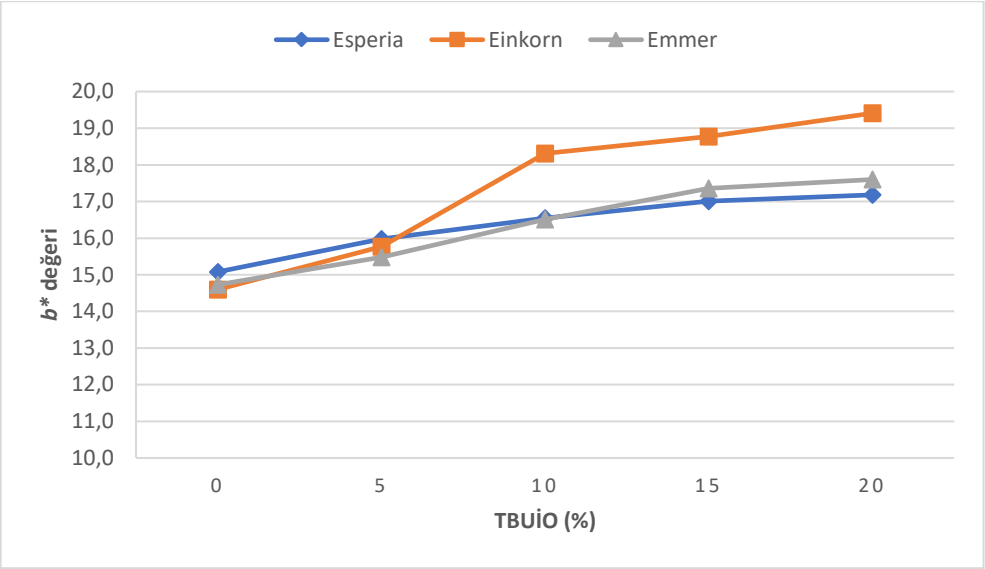
bildirmiştir. Çakır ve ark. (2020) einkorn buğday unu ile hazırlanan ekmek örneklerinde einkorn buğday unu oranı arttıkça *a** ve *b** renk değerlerinin arttığını rapor etmişlerdir.

Ekmek örneklerinin *b** değeri üzerinde etkili ($p<0.05$) "*buğday çeşidi x işlem türü*" interaksiyonu Şekil 4.78'da verilmiştir. İnteraksiyon incelendiğinde, tüm buğday çeşitleri için geçerli olmak üzere, çimlenmiş buğday unu kullanımı ekmek örneklerinin ekmek içi *b** değerini artırmıştır. En yüksek *b** değeri einkorn buğdayının sırasıyla çimlenmiş ve işlem görmemiş unları kullanılarak hazırlanan ekmek örneklerinde belirlenirken, en düşük ekmek içi *b** değeri işlem görmemiş Esperia buğday unu ilaveli ekmeklerde bulunmuştur. Esperia, einkorn ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama ekmek içi *b** değerleri arasındaki fark çimlenme ile azalmış ve örneklerin ekmek içi *b** değerleri birbirine yaklaşmıştır.



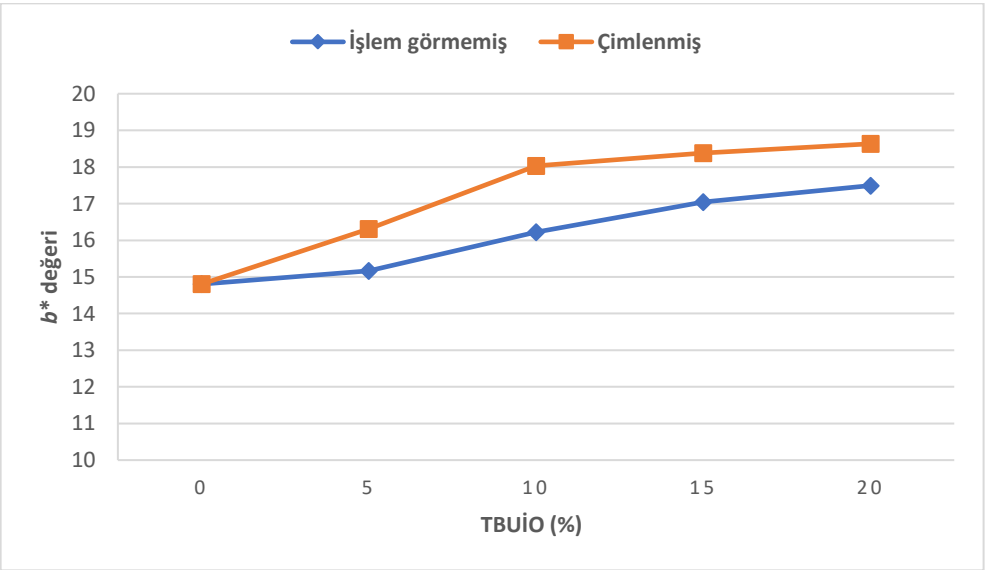
Şekil 4.78. Ekmek örneklerinin ekmek içi *b** değeri üzerinde etkili "*buğday çeşidi x işlem türü*" interaksiyonu

Şekil 4.79'da verilen "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonuna göre, Esperia, einkorn ve emmer buğday unlarının ilave oranının artması ile ekmek örneklerinin ekmek içi *b** değerinin arttığı görülmektedir. Bu artış %5 tam buğday unu ilave oranına kadar tüm buğday çeşitlerinde benzer oranda olup, daha yüksek ilave oranlarında Esperia ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerininin ekmek içi *b** değeri genel olarak birbirine benzer bir artış gösterirken, einkorn tam un ilaveli ekmek örneklerinin ekmek içi *b** değeri daha yüksek oranda artmıştır.



Şekil 4.79. Ekmek örneklerinin ekmek içi *b** değeri üzerinde etkili "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu

Ekmek örneklerinde *b** değeri üzerinde etkili ($p<0.01$) "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu Şekil 4.80'de verilmiştir. Buna göre, işlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unu ilavesi ile hazırlanan ekmek örneklerinin ekmek içi *b** değeri, tam buğday unu ilave oranının artmasıyla yükselmiştir. Bu artış, çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinde daha yüksek oranda gerçekleşmiştir. İşlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ekmek içi *b** değerleri arasındaki fark %10 ilave oranında en yüksek değerine ulaşırken, artan tam un ilavesi ile örneklerin ekmek içi *b** değerleri birbirine yaklaşmıştır.



Şekil 4.80. Ekmek örneklerinin ekmek içi *b** değeri üzerinde etkili "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu

4.6.1.8. Ekmek içi SI ve Hue değeri

Ekmek örneklerinin ekmek içi Hue ve SI değerleri Çizelge 4.47'da verilmiş olup, ekmek örneklerinin ortalama ekmek içi Hue ve SI değerleri 91.12 ve 16.72 olarak bulunmuştur.

Ekmek örneklerinin Hue değerlerine ait varyans analizi sonuçları incelendiğinde ekmek iç Hue değeri üzerinde buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*buğday çeşidi x işlem türü*" ve "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonları $p<0.01$ düzeyinde, "*buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonunun ise $p<0.05$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.48).

Ekmek örneklerinin SI değerlerine ait varyans analizi sonuçları incelendiğinde, buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" ve "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonları $p<0.01$ düzeyinde, "*buğday çeşidi x işlem türü*" interaksiyonu ise $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.48).

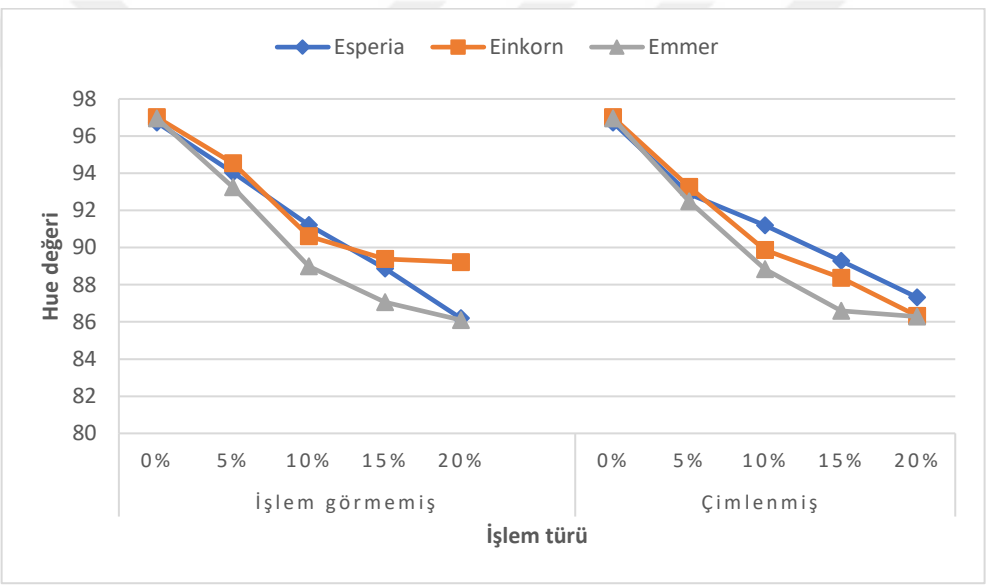
Çizelge 4.49'da verilen sonuçlara göre ekmek üretiminde Esperia ve einkorn buğday unu kullanımı, emmer buğday unu kullanımına göre daha yüksek Hue değerlerinin elde edilmesini sağlarken, einkorn buğday unu ilavesi ile hazırlanan ekmek örnekleri, Esperia ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinden daha yüksek ekmek içi SI değeri elde edilmesini sağlamıştır.

Sonuçlar buğdaylara uygulanan işlem türü açısından değerlendirildiğinde, ekmek örneklerinin Hue değeri çimlenmiş buğday unu kullanımı ile azalırken, SI değeri ise artmıştır (Çizelge 4.49).

Ekmek formülasyonunda artan oranda tam buğday unu ilavesine bağlı olarak ortalama ekmek içi Hue değeri azalmış, SI değeri ise artış göstermiştir. Ekmek içi Hue değeri 96.90- 86.91 arasında, SI değeri ise 14.91-18.09 arasında değişmiştir (Çizelge 4.49).

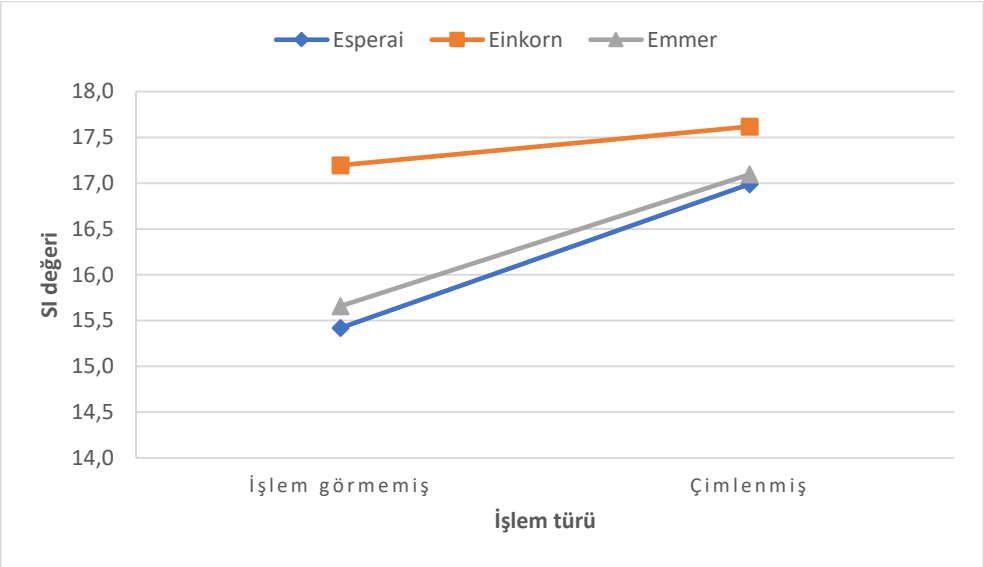
Ekmek örneklerinde ekmek içi Hue değeri üzerinde etkili ($p<0.05$) "*buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu Şekil 4.81'de verilmiştir. Esperia, einkorn ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ekmek içi Hue değeri her iki işlem türünde de artan tam buğday unu ilave oranına bağlı olarak azalma göstermiştir. İşlem türü farketmeksizin en düşük ekmek içi Hue değeri emmer buğday

unu ilaveli ekmek örneklerinde belirlenmiştir. İşlem görmemiş buğday unu ilaveli ekmekler arasında Esperia ve einkorn buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ekmek içi Hue değeri %15 ilave oranına kadar benzer olup, %20 ilave oranında aralarındaki fark açılmış ve Esperia tam un ilaveli örneklerinin ekmek içi Hue değeri daha yüksek oranda azalarak emmer buğday unu ilaveli örneklerin ekmek içi Hue değerine yaklaşmıştır. Sonuçlar çimlenmiş buğday unu ilaveli grup açısından değerlendirildiğinde; %5 tam un ilave oranına kadar her bir buğday çeşidi benzer ekmek içi Hue değeri verirken, artan ilave oranına bağlı aralarındaki fark açılmıştır. %20 çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örnekleri arasında einkorn ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ekmek içi Hue değerleri birbirine yaklaşmıştır.



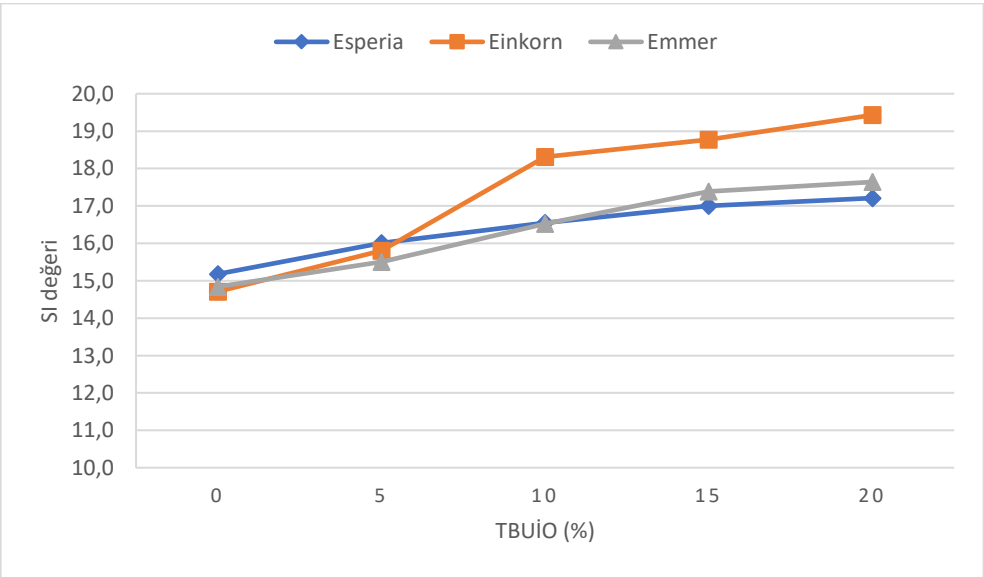
Şekil 4.81. Ekmek örneklerinin ekmek içi Hue değeri üzerinde etkili "*buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Ekmek örneklerinde ekmek içi SI değeri üzerinde etkili ($p<0.01$) "*buğday çeşidi x işlem türü*" interaksiyonu Şekil 4.82'de verilmiştir. İnteraksiyonun gidişi Şekil 4.100'de verilen *b** değerine paralellik göstermiştir. Çimlenmiş buğday unu kullanımı ile SI değeri artış göstermiştir. Einkorn buğday unu ilaveli ekmek örnekleri Esperia ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinden daha yüksek SI değeri vermiş olup, en yüksek ekmek içi SI değeri çimlenmiş einkorn buğday unundan üretilmiş ekmek örneklerinde belirlenmiştir. Farklı buğday çeşitlerinden üretilen ekmek örneklerinde Esperia ve emmer buğday unlarından üretilen ekmek örneklerinin ekmek içi SI değerleri birbirine benzer değerler göstermiş olup, çimlenme işlemi ile birlikti tüm buğday çeşitlerinin ekmek içi SI değerleri birbirine yakınlaşmıştır.



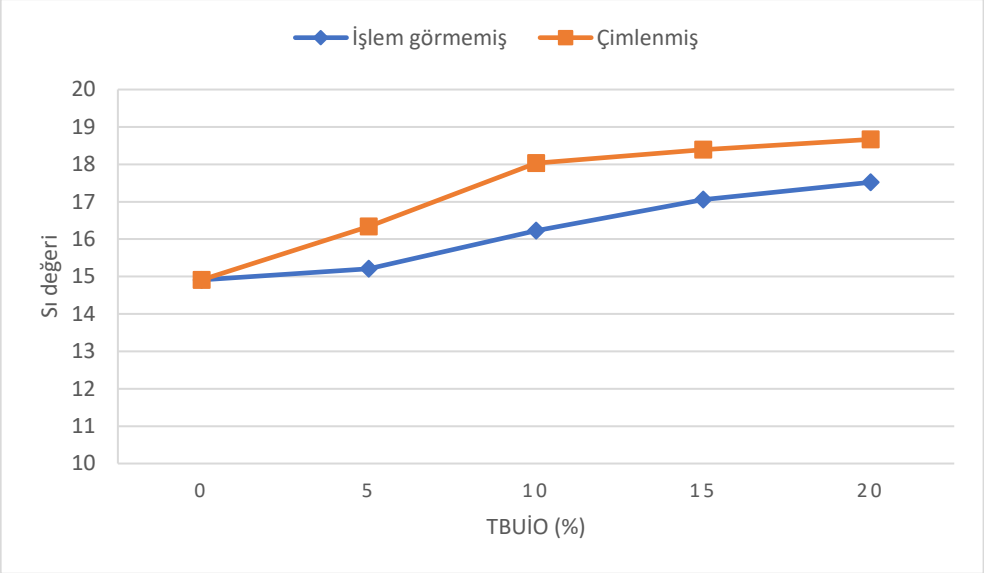
Şekil 4.82. Ekmek örneklerinin ekmek içi SI değeri üzerinde etkili "*buğday çeşidi x işlem türü*" interaksiyonu

Ekmek örneklerinde ekmek içi SI değeri üzerinde etkili ($p<0.01$) "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonuna göre ekmek örneklerinin formülasyonunda Esperia, einkorn ve emmer buğday unlarının ilave oranı arttıkça örneklerin SI değerinin arttığı görülmektedir (Şekil 4.83). Bu artış %5 tam un ilave oranının üzerinde einkorn tam un ilaveli ekmek örneklerinde daha yüksek oranda gerçekleşmiştir. Esperia ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örnekleri tüm ilave oranlarında yakın ekmek içi SI değerleri gösterirken, %10 tam un ilave oranında birbirine en yakın ekmek içi SI değerini vermişlerdir.



Şekil 4.83. Ekmek örneklerinin ekmek içi SI değeri üzerinde etkili "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu

Ekmek örneklerinde ekmek içi SI değeri üzerinde etkili ($p<0.01$) "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu Şekil 4.84'de verilmiştir. Ekmek örneklerinde artan oranda işlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unlarının kullanımının SI değerini artırdığı ve bu artışın çimlenmiş buğday unu kullanılarak hazırlanan ekmek örneklerinde daha yüksek olduğu görülmektedir. %10 tam un kullanım oranlarında işlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unu kullanılarak hazırlanan ekmek örneklerinin ekmek içi SI değerleri arasındaki fark açılırken, artan ilave oranı ile ekmek içi SI değerleri arasındaki fark azalmıştır.



Şekil 4.84. Ekmek örneklerinin ekmek içi SI değeri üzerinde etkili "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu

Marti ve ark. (2017) malt unu, enzim katkısı ve çimlenmiş buğday ununun ekmeğin çeşitli özellikleri üzerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında; çimlenmiş buğday unu kullanımının ekmek iç L^* değerini azaltırken a^* değerin artırdığını, b^* değeri üzerine ise bir etkisi olmadığını bildirmişlerdir. Aynı çalışmada ekmek kabuk renk değerlerinden L^* azalırken a^* ve b^* renk değerleri artış göstermiştir. Ekmek kabuk renk değişimlerinin muhtemel sebebi olarak Maillard reaksiyonundaki artışı gösterirken, ekmek içi renk değişimlerinde genel olarak hammadde özelliklerinin baskın sorumlu faktör olabileceğini bildirmişlerdir.

4.6.2. Ekmeklerin ağırlık, hacim ve spesifik hacim değerlerine ait sonuçlar

Esperia, einkorn ve emmer buğdaylarından elde edilen işlem görmemiş ve çimlenmiş tam unlar kullanılarak üretilen ekmek örneklerinin ağırlık, hacim ve spesifik hacim değerlerine ait sonuçlar Çizelge 4.50'de, bu değerlere ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.51'de, çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.52'de verilmiştir.

Ekmek örneklerinin ağırlık değerleri, 146.14 g ile 153.14 g arasında değişim göstermiş olup, ortalama 149.56 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.50). Varyas analizi sonuçlarına göre ekmek örneklerinin ağırlık değeri üzerinde buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonunun $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.51).

Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; Esperia tam un ilavesi ile hazırlanan ekmeklerin ağırlık değerleri (148.28 g) einkorn ve emmer tam unlarının ilavesi ile hazırlanan ekmek örneklerinin ağırlık değerlerinden (149.97 g ve 150.43 g) daha düşük bulunmuştur (Çizelge 4.52). Morfolojik açıdan, buğday tanesi; enerji deposu olarak rol oynayan endosperm (%81-84), tahılı koruyan dış tabakalardan oluşan kepek (%14-16) ve genetik materyalin içinde bulunduğu embriyo (%2-3) olmak üzere üç bölümden oluşur (Spaggiari ve ark., 2020). Einkorn ve emmer gibi ilkel buğdaylarda endosperm oranı modern buğdaylardan daha düşük, kepek oranı ise daha fazladır. İlkel buğdaylardan üretilen ekmeklerin ağırlık değerlerinin modern ekmeklik buğdaydan üretilen ekmek örneklerinden daha yüksek olması kepek kısmının hamur yapısındaki suyu daha fazla oranda tutması ve pişirme işleminde bu suyun fazla kısmının uzaklaştırılamaması ile ilgili olabilir. Aumgartner (2018) bulgur ve nohut kepeklerini farklı oranlarda ekmek üretiminde kullandığı çalışmasında, formülasyonda artan kepek oranına bağlı olarak ekmek örneklerinin su absorpsiyonunun arttığını bildirmiştir.

Sonuçlar buğdaylara uygulanan işlem türü açısından değerlendirildiğinde; çimlenmiş buğday unu ile hazırlanan ekmek örneklerinin ağırlık değeri (148.53 g), işlem görmemiş buğday unu ile hazırlanmış ekmek örneklerinin ağırlık değerinden (150.59 g) düşük bulunmuştur (Çizelge 4.52). Hallen ve ark. (2004), farklı ön işlemler (ham, çimlenmiş ve fermente edilmiş) uygulayarak elde ettikleri börülce unlarını farklı oranlarda (%5, 10, 15 ve 20) ekmek üretiminde kullanmış ve formülasyonda çimlenmiş börülce unu oranı arttıkça ağırlık değerinin önce azaldığını ardından arttığını rapor etmişlerdir. Bu tez çalışmasında, çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin hazırlanmasında daha az su kullanılması, nihai üründeki su miktarına yansımış olabilir.

Çizelge 4.52 tam buğday unu ilave oranı açısından değerlendirildiğinde; tam buğday unu kullanılmadan üretilen ekmek örneklerinin ortalama ağırlık değeri 148.98 g olarak belirlenirken, %20 oranında tam buğday unu ilavesi ortalama ekmek ağırlığını 150.50 g'a yükseltmiştir (Çizelge 4.52). Bu artış, tam un ilavesi ile birlikte protein ve lif bakımından zengin kepek kısmının formülasyona dahil edilmesine bağlanabilir (Bhatt ve Gupta, 2015).

Çizelge 4.50. Ekmek örneklerinin fiziksel özelliklerine ait sonuçlar[1]

Buğday çeşidi	İşlem türü	TBUİO[2] (%)	Ağırlık (g)	Hacim (ml)	Spesifik hacim (ml/g)
Esperia	İşlem görmemiş	0	147.38±0.86	700.00±5.00	4.82±0.09
		5	148.89±0.64	675.00±7.00	4.57±0.12
		10	149.25±0.41	660.00±9.25	4.42±0.08
		15	150.52±0.41	620.00±6.48	4.29±0.10
		20	150.54±0.53	605.00±4.00	4.00±0.09
	Çimlenmiş	0	147.38±0.46	700.00±5.00	4.82±0.09
		5	146.14±0.80	855.00±12.25	5.85±0.14
		10	147.35±1.21	755.00±11.74	5.30±0.12
		15	147.64±0.63	690.00±10.75	4.84±0.24
		20	147.75±0.11	630.00±11.15	4.67±0.17
Einkorn	İşlem görmemiş	0	149.74±0.60	725.12±8.58	4.76±0.13
		5	150.78±0.66	588.75±4.70	4.41±0.14
		10	151.29±0.84	568.75±4.10	4.23±0.12
		15	152.41±0.60	587.50±9.92	4.17±0.11
		20	152.34±0.38	560.00±11.45	3.92±0.17
	Çimlenmiş	0	149.74±0.60	725.12±8.46	4.76±0.13
		5	147.63±0.82	792.50±11.04	5.37±0.15
		10	148.11±1.15	752.50±12.62	5.08±0.15
		15	148.63±0.63	640.00±7.12	4.47±0.20
		20	149.06±0.63	555.00±6.24	4.24±0.15
Emmer	İşlem görmemiş	0	149.12±1.12	705.00±9.00	4.74±0.11
		5	151.19±1.07	697.50±8.25	4.64±0.08
		10	151.03±0.58	655.00±7.49	4.31±0.14
		15	151.33±0.56	650.00±9.21	4.00±0.22
		20	153.14±1.07	562.50±8.14	3.69±0.17
	Çimlenmiş	0	150.12±1.20	705.00±9.00	4.74±0.11
		5	148.73±0.56	752.50±7.64	5.06±0.18
		10	149.86±0.59	685.00±4.75	4.85±0.15
		15	149.65±0.81	672.50±7.64	4.21±0.11
		20	150.16±0.78	610.00±9.54	4.06±0.19
Minimum-maksimum			146.14-153.14	555.00-855.00	3.69-5.85
Ortalama±std			149.56±1.68	669.34±72.08	4.58±0.47

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. [2]Tam buğday unu ilave oranı.

Çizelge 4.51. Ekmek örneklerinin fiziksel özelliklerine ait varyans analizi sonuçları[1]

VK	SD	Ağırlık		Hacim		Spesifik hacim	
		KT	F	KT	F	KT	F
Buğday çeşidi (A)	2	51.25	22.38**	15593.82	52.63**	1.11	13.49**
İşlem türü (B)	1	64.11	55.98**	61424.64	414.61**	3.61	88.02**
TBUİO[2] (C)	4	23.67	5.17**	150100.15	253.29**	6.11	37.31**
(AxB)	2	3.74	1.63ns	8584.48	28.97**	0.33	4.09*
(AxC)	8	3.14	0.34ns	14352.98	12.11**	0.23	0.69ns
(BxC)	4	23.12	5.05**	43045.16	72.64**	1.47	8.97**
(AxBxC)	8	1.60	0.18ns	18642.61	15.73**	0.24	0.74ns
Hata		34.36		4444.52		1.23	

[1] * $p< 0.05$ düzeyinde önemli, ** $p< 0.01$ düzeyinde önemli, ns: önemsiz. [2]Tam buğday unu ilave oranı.

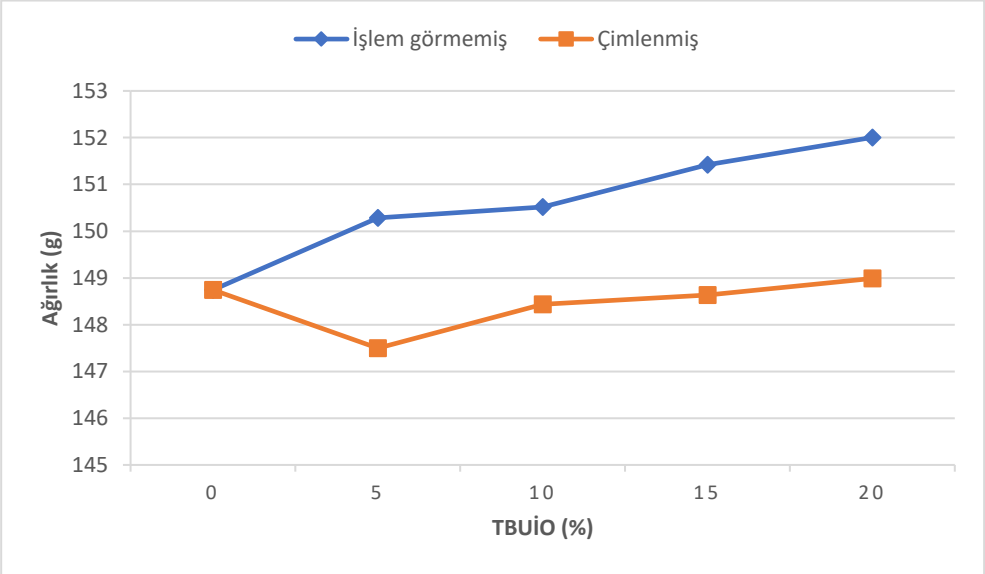
Çizelge 4.52. Ekmek örneklerinin fiziksel özelliklerine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	n	Ağırlık (g)	Hacim (ml)	Spesifik hacim (ml/g)
Buğday çeşidi				
Esperia	20	148.28±1.38b	689.00±69.63a	4.76±0.49a
Einkorn	20	149.97±1.60a	649.51±85.78c	4.54±0.43b
Emmer	20	150.43±1.28a	669.50±51.01b	4.43±0.42b
İşlem türü				
İşlem görmemiş	30	150.59±1.47a	637.34±54.60b	4.33±0.32b
Çimlenmiş	30	148.53±1.11b	701.33±73.24a	4.82±0.46a
TBUİO[2] (%)				
0	12	148.98±1.00b	710.02±10.86b	4.77±0.03ab
5	12	148.89±1.73b	726.88±85.65a	4.98±0.51a
10	12	149.48±1.43ab	679.38±63.65c	4.70±0.40b
15	12	150.03±1.60ab	643.33±33.53d	4.33±0.27c
20	12	150.50±1.83a	578.08±29.03e	4.10±0.30c

[1] Aynı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ($p<0.05$). [2]Tam buğday unu ilave oranı.

Hallén ve ark. (2004) unun su emme kapasitesinin, düşük nem içeriğine, yüksek kepek, protein ve pentosan seviyelerine, hasar görmüş nişasta miktarına ve daha yüksek enzimatik aktiviteye bağlı olduğunu ve bunlar tarafından artırıldığını ifade etmişlerdir. İşlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unlarının tam un formunda kullanılması nedeniyle rafine buğday unundan daha yüksek oranda diyet lifi ve protein içermeleri (Çizelge 4.20), pişirme işlemi esnasında yapıdan suyun uzaklaşmasına engel olarak, örneklerde ağırlık artışına sebep olduğu düşünülmektedir. Bununla birlikte, tam un kullanımı ile gluten içeriğinin seyrelmesi; ekmeklerin daha az kabarmasına ve yüzey alanının daha küçük olmasına ve sonuç olarak pişme sırasında ekmekteki suyunun buharlaşma oranının düşmesine ve fazla suyun ekmekte kalmasına neden olabileceği bildirilmiştir (Dreese ve Hoseney, 1982; Haridas Rao ve Rao, 1991). Setia ve ark. (2019), ham ve çimlenme işlemi uyguladıkları baklagilleri %10 ve %20 oranında ekmek üretiminde kullanmışlar ve baklagil unlarının oranı arttıkça kontrol grubu örneğine göre ekmeklerin ağırlık değerinin yükseldiğini bildirmişlerdir.

Ekmek örneklerinin ağırlık değeri üzerinde etkili "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu Şekil 4.85'de verilmiştir. Ekmek üretiminde işlem görmemiş tam buğday unu kullanımının ekmeklerin ağırlık değerini artırdığı görülmektedir. %5 çimlenmiş buğday unu kullanımı ile azalan ekmek ağırlığı, artan tam buğday unu ilave oranı ile yükselmiş ve %20 ilave oranında kontrol örneğinin ağırlık değerine yaklaşmıştır.



Şekil 4.85. Ekmek örneklerinin ağırlık değeri üzerinde etkili *"işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Ekmek hacmi, pişirme performansının niceliksel ölçümünü sağladığından ekmeğin özelliklerini belirlemek için önemli bir göstergedir (Ngozi, 2014). Çizelge 4.50'de verilen ekmek örneklerine ait hacim değerleri 555.0 ml ile 855.0 ml arasında değişmekte olup, ortalama 669.34 ml olarak bulunmuştur. Varyans analizi sonuçlarına göre ekmek örneklerinin hacim değeri üzerinde buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile *"buğday çeşidi x işlem türü"*, *"buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı"*, *"işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* ve *"buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonları $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.51).

Çoklu karşılaştırma testi sonuçları buğday çeşidi açısından değerlendirildiğinde; en yüksek ortalama hacim değeri Esperia buğday unu kullanılarak üretilen ekmek örneklerinde (689.00 ml), en düşük ortalama hacim değeri ise einkorn tam buğday unu kullanılarak hazırlanan örneklerde (649.51 ml) belirlenmiştir (Çizelge 4.52). Emmer tam buğday unu ihtiva eden ekmek örneklerinde ise hacim değeri 669.50 ml olarak bulunmuştur. Keçeli ve ark. (2021) çalışmalarında einkorn tam buğday ununun artan oranda ekmek formülasyonunda kullanılmasının, ekmek örneklerinin hacim değerlerini azalttığını bildirmiştir. Yapılan başka bir çalışmada, ilkel buğdaylar ile modern buğdayların teknolojik özellikleri mikro pişirme testleri ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde modern ekmeklik buğdaydan üretilen ekmek örneklerinin hacim değeri ortalama 35.1 ml olarak belirlenmiş olup, modern ekmeklik buğdayı sırasıyla spelt (31.4 ml), durum (23.4 ml), emmer (22.2 ml) ve einkorn (19.6 ml) buğdaylarından elde edilen ekmeklerin hacim değerleri izlemiştir (Geisslitz ve ark., 2018). Yapılan diğer çalışmalarda; einkorn ununun elde edilen hamurun yapışkan ve işlenmesinin zor olduğu ve elde edilen ekmelerin hacminin küçük olduğu bildirilmiştir (D'Egidio ve ark., 1993; Abdel-Aal ve ark., 1997). Bununla birlikte, birkaç çalışma, üstün beslenme kalitesine sahip unlu mamuller, bebek maması veya özel yiyecekler üretmek için einkorn buğdayının potansiyel teknolojik özelliklerini vurgulamıştır (Abdel-Aal ve Hucl, 2002; Hidalgo ve ark., 2006). Besinsel açıdan avantajlarına rağmen, einkorn buğday ununun ekmekçilik performansı modern ekmeklik buğdaydan düşük bulunmuştur.

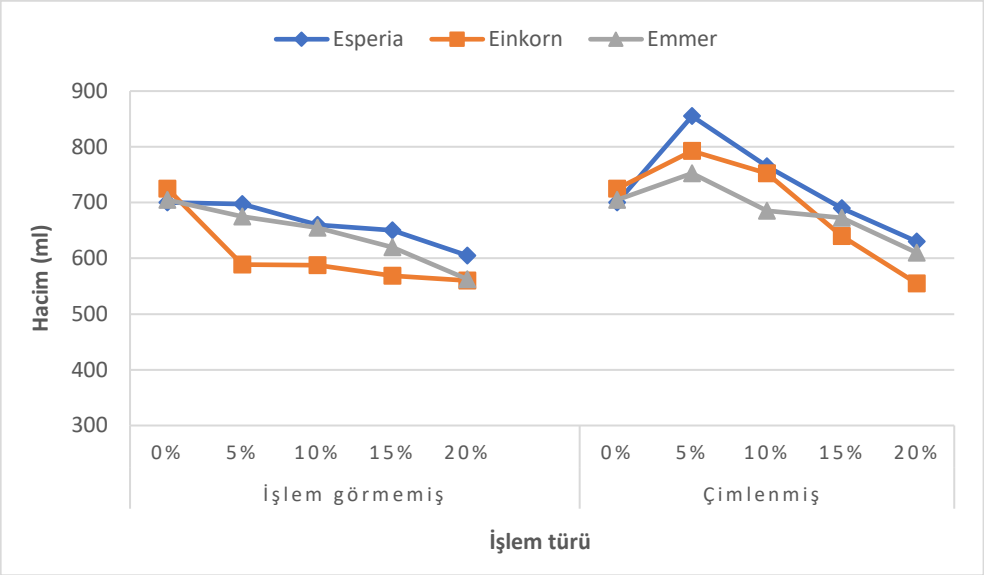
Çizelge 4.52'de verilen çoklu karşılaştırma testi sonuçları işlem türü açısından incelendiğinde; işlem görmemiş buğday unları ile hazırlanan ekmeklerin ortalama hacim değeri (637.34 ml), çimlenmiş buğday unu kullanılarak hazırlanan ekmeklerin ortalama hacim değerinden (701.33 ml) düşük bulunmuştur. Çimlenme sırasında gelişen α-amilaz

aktivitesi, ekmek hacminin artmasında önemli bir rol oynamış olabilir. Olaerts ve Courtin (2018) çimlenmiş buğday unu kullanımı ile elde edilen daha yüksek ekmek hacmini, yüksek α-amilaz aktivitesi ile fermente edilebilir şekerlerin miktarının artması ve sonuç olarak artan CO_2 üretimi ile açıklamışlardır.

Sonuçlar tam buğday unu ilave oranı açısından incelendiğinde; %5 tam buğday unu ilavesinin en yüksek ekmek hacim değerinin elde edilmesini sağladığı ve tam buğday unu içermeyen ekmek örneğinden daha yüksek hacim değeri verdiği görülmüştür. %5'in üzerindeki tam buğday unu ilavesi ise ekmek örneklerinin ortalama hacim değerinin azalmasına neden olmuştur (Çizelge 4.52). Ekmek örneklerinin hacim değerlerinin azalmasında işlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unlarının, buğday tanesinin bütün franksiyonlarını içermeleri etkili olmuş olabilir. Boita ve ark. (2016) farklı oranlarda (%0, 25, 50, 75 ve 100) buğday kepeğini ekmek formülasyonunda kullanmış ve kontrol örneği ile karşılaştırıldığında formülasyonda kepek oranı arttıkça ekmek örneklerinin hacminin azaldığını bildirmişlerdir. Elde edilen sonuçların formülasyona eklenen kepeğin, gluten ağı üzerinde bir seyreltme etkisine sahip olması ve kepek partikül boyutunun olumsuz etkileriyle bağlantılı olarak ekmeklerin hacminin önemli ölçüde azaltması ile ilişkili olduğunu rapor etmişlerdir. Marti ve ark. (2018) ekmek hacmindeki kaybı, sadece glutenin seyrelmesine ve kepek parçacıklarının gluten matrisi oluşumuna müdahalesine değil, aynı zamanda nişasta özelliklerini etkileyen enzimatik aktivitedeki değişikliklere de atfetmiştir. Çimlenmenin, maya fermantasyonunu uyaran ve dolayısıyla CO_2 oluşumunu arttıran amilaz aktivitesini artırması nedeniyle fermente olabilen şeker miktarını arttırdığı bilinmektedir. Bununla birlikte, nişasta granüllerinin kısmi bozunmasının, gaz hücrelerinin genleşmesini sağlayan hamur viskozitesini azalttığı ve genleşme kabiliyetine zarar verdiği bildirilmiştir (Guardado-Félix ve ark., 2020).

Ekmek örneklerinin hacim değeri üzerinde etkili *"buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu Şekil 4.86'da verilmiştir. İşlem görmemiş tam buğday unu kullanım oranının artması ile ekmek örneklerinin hacim değeri azalırken, %5 ve %10 oranında çimlenmiş Esperia ve einkorn tam buğday unu içeren ekmeklerin hacminin, herhangi bir katkı içermeyen kontrol örneğinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Bununla birlikte %10'un üzerinde kullanılan çimlenmiş buğday unları ekmek hacminde azalmaya neden olmuş ve bu azalışın einkorn buğday unlarının kullanıldığı ekmek örneklerinde daha yüksek oranda gerçekleştiği belirlenmiştir. İşlem görmemiş buğday unları grubunda; Esperia ve emmer buğday unu kullanılarak hazırlanan

ekmek örneklerinin hacim değerlerindeki değişimler birbirine benzer olurken, einkorn unu ilaveli örneklerin hacim değeri, %20 ilave oranında emmer tam buğday unu ilaveli örneklerin hacim değerine yaklaşmıştır. Çimlenmiş buğday unları arasında Esperia buğday unu ile hazırlanan ekmeklerin hacim değerleri başlangıçta einkorn unu ilaveli ekmeklerin hacim değerine daha yakınken, %10'un üzerindeki ilave oranlarında emmer unu ilaveli örneklerin hacim değerlerine benzer bir azalma eğilimi göstermiştir.



Şekil 4.86. Ekmek örneklerinin hacim değeri üzerinde etkili *"buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Hung ve ark. (2007) tarafından yapılan bir çalışmada %10, 30 ve 50 oranında tam buğday ununun ekmek formülasyonunda kullanılması ile kontrol grubu ekmeklere göre ekmek hacminin azaldığı bildirilmiştir.

Park ve Morita (2005) farklı sürelerde (24, 48 ve 72 saat) çimlendirilmiş kinoa ununun ekmek formülasyonunda kullanımı ile ekmek hacminin azaldığını ifade etmişlerdir.

Hallen ve ark. (2004) çalışmalarında %0-20 aralığında çimlenmiş börülce ununu ekmek üretiminde kullanmışlar ve %5 oranında kullanılan çimlenmiş börülce ununun ekmek hacmini artırdığını, daha yüksek kullanım oranlarında ise azalttığını bildirmişlerdir. Çimlenmiş börülceden elde edilen undaki artmış peptidaz aktivitesinin, hamur yapısında zayıf bir gluten ağı oluşumundan sorumlu olduğu ve ekmek hamurunun gaz tutma kapasitesini bozduğu ve somun hacmini düşürdüğü varsayılmıştır (Hwang ve Bushuk, 1973; Ichinose ve ark., 2001; Lukow ve Bushuk, 1984; Sekhon ve ark., 1992). Bu tez çalışmasında, çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin hacim değerleri

literatür ile benzerlik ve farklılık göstermektedir. Çalışmalarda farklı hammaddelerin (tahıl, baklagil) kullanılması, çimlenme süresindeki farklılıklar, uygulanan kurutma yönteminin enzim aktiviteleri üzerine etkileri bu farklı sonuçların elde edilmesinde etkili olmaktadır.

Ekmek örneklerinin spesifik hacim değeri 3.69 ml/g ile 5.85 ml/g arasında değişmiştir (Çizelge 4.50). Varyans analizi sonuçlarına göre ekmeklerin spesifik hacim değeri üzerinde buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu $p<0.01$ düzeyinde, "*buğday çeşidi x işlem türü*" interaksiyonu ise $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.51).

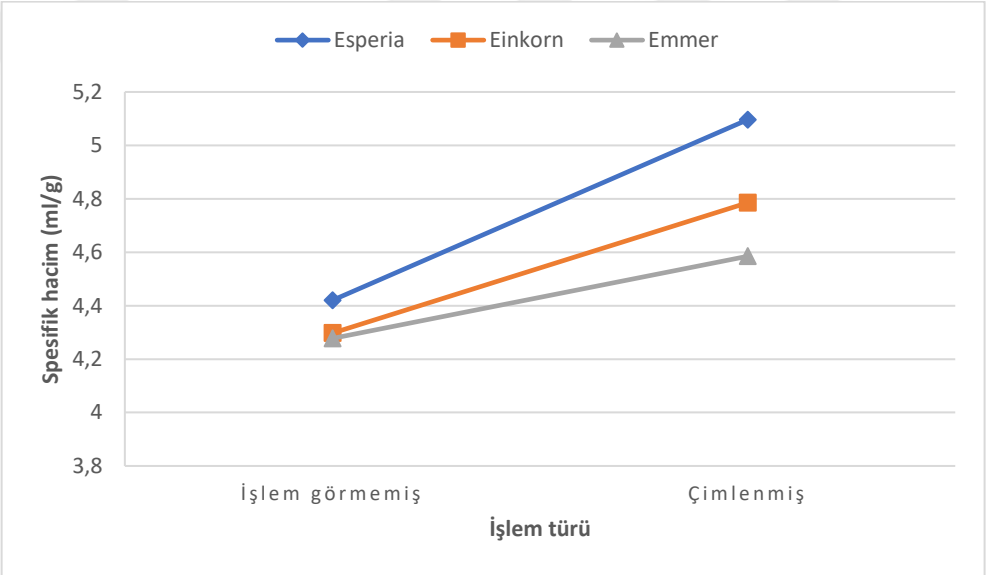
Çizelge 4.52'de verilen çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, Esperia tam buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin (4.76 ml/g), einkorn ve emmer tam buğday unu ilaveli ekmek örneklerinden (4.54 ml/g ve 4.43 ml/g) daha yüksek spesifik hacim değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durum Esperia tam buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin hacim değerinin yüksek, ağırlık değerinin ise daha düşük olması ile ilişkilidir (Çizelge 4.52)

Ekmeklerin spesifik hacim değeri buğdaylara uygulanan işlem türü açısından değerlendirildiğinde; çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin spesifik hacim değeri (4.82 ml/g), işlem görmemiş buğday unu ilaveli ekmeklerin spesifik hacim değerinden (4.33 ml/g) yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.52). Çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama ekmek hacminin, işlem görmemiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinden yüksek olması bu sonucun elde edilmesinde etkili olmuştur. Tam buğday unu kullanımı ile ekmek spesifik hacminin azalması; gluten proteinini seyrelten ve fermantasyon ve pişirme sırasında optimum gluten matrisi oluşumuna müdahale eden yüksek miktarda diyet lifi varlığından kaynaklanabilir. Marti ve ark. (2017) ekmek formülasyonuna dahil edilen çimlenmiş buğday ununun, fermantasyon sırasındaki gaz üretim miktarını artırıp, yüksek spesifik hacime sahip ekmek üretilmesine katkı sağladığını bildirmişlerdir.

Örneklerin spesifik hacim değeri tam buğday unu ilave oranı faktörü açısından değerlendirildiğinde, en yüksek spesifik hacim değeri %5 tam buğday unu ilave oranında 4.98 ml/g olarak belirlenmiş olup, artan ilave oranına bağlı olarak azalmıştır. %15 ve %20 tam buğday unu içeren örneklerin spesifik hacim değerlerinin aynı grupta yer aldığı,

bununla birlikte %15 tam buğday unu kullanılarak üretilen ekmeklerin ortalama spesifik hacim değerinin sayısal olarak daha yüksek olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.52).

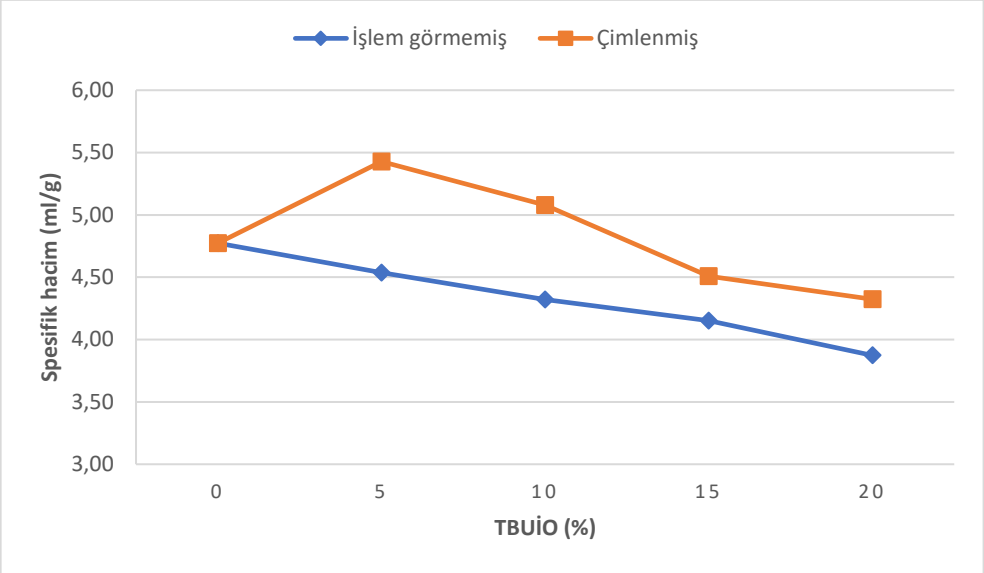
Ekmek örneklerinin spesifik hacim değeri üzerine etkili ($p<0.05$) *"buğday çeşidi x işlem türü"* interaksiyonuna göre, işlem görmemiş einkorn ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin spesifik hacim değeri birbirine yakın ve Esperia buğday unu ilaveli ekmek örneklerinden daha düşükken, çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinde buğday çeşitlerine göre spesifik hacim değerleri arasındaki fark açılmıştır. Her iki işlem türündede Esperia buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin spesifik hacim değerleri einkorn ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin spesifik hacim değerinden yüksek bulunmuştur (Şekil 4.87).



Şekil 4.87. Ekmek örneklerinin spesifik hacim değeri üzerinde etkili *"buğday çeşidi x işlem türü"* interaksiyonu

Ekmek örneklerinin spesifik hacim değeri üzerinde etkili ($p<0.01$) "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu Şekil 4.88'de verilmiştir. İnteraksiyon incelendiğinde artan oranda işlem görmemiş buğday unu ilavesi ile ekmeklerin spesifik hacim değerleri azalırken, %5 ve %10 çimlenmiş buğday unu kullanımı tam buğday unu ilavesiz ekmek örneklerine göre spesifik hacim değerini artırmıştır. Ancak daha yüksek oranda çimlenmiş buğday unu kullanımı işlem görmemiş buğday ununa benzer şekilde ekmek örneklerinin spesifik hacim değerini azaltmıştır. Bununla birlikle %15 katkı oranından itibaren işlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin spesifik hacim değerleri birbirine yaklaşmış olup, tüm katkı oranlarında çimlenmiş

buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin spesifik hacim değeri, işlem görmemiş buğday unu ilaveli ekmeklerden yüksek bulunmuştur.



Şekil 4.88. Ekmek örneklerinin spesifik hacim değeri üzerinde etkili *"işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Van Hung ve ark. (2007) %0, 10, 30, 50 ve 100 oranında tam buğday ununu ekmek üretiminde kullanmışlar ve ekmek formülasyonunda tam buğday unu oranı arttıkça kontrol grubuna göre ekmek örneklerinin spesifik hacim değerinin azaldığını bildirmişlerdir. Çalışmada kontrol grubu örneklerin spesifik hacim değeri 3.3 ml/g olarak belirlenirken, %30 ve %100 tam buğday unu kullanım oranlarında spesifik hacim değeri sırasıyla 2.9 ml/g ve 2.2 ml/g olarak bildirilmiştir.

Marti ve ark. (2017) çalışmalarında ekmeklik unun teknolojik özelliklerini geliştirmek için çimlenmiş buğday unu, malt unu ve enzim katkısı kullanmışlardır. Ekmek üretiminde %1.5 oranında çimlenmiş buğday unu kullanılmasının ekmeklerin hacim değerini artırdığını belirtmişlerdir.

Cardone ve ark. (2020) 24, 38, 48 ve 62 saat çimlendirilen durum buğdayı unlarını ekmek üretiminde kullanmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre farklı sürelerde çimlendirilmiş buğday unlarının spesifik hacim değerleri, kontrol ekmek örneğinin aynı değerinden (2.88 ml/g) yüksek bulunmuş olup, en yüksek spesifik hacim değeri 38 saat çimlendirilmiş buğday ununda elde edilen ekmek örneklerinde 3.77 ml/g olarak belirlenmiştir.

Marti ve ark. (2018) 48 saat çimlendirilmiş buğdaylardan elde ettikleri unu %15, 25, 33, 50, 75 ve 100 oranında tam buğday unu ile yer değiştirerek ekmek üretiminde

kullanmışlar ve %50 oranında çimlenmiş buğday unu kullanımının spesifik hacmi en yüksek değerine ulaştırdığını (3.3 ml/g), daha yüksek katkı oranlarında bu değerin düştüğünü rapor etmişlerdir. Yapılan bir başka çalışmada çimlenmiş buğday unu kullanılarak hazırlanan ekmeğin spesifik hacmi, işlem görmemiş buğday unu ile hazırlanmış ekmeğe göre yaklaşık %14 daha yüksek bulunmuştur (Baranzelli ve ark., 2018).

Ouazib ve ark. (2016) çimlenmiş bezelye unlarının ekmek hacmini artırmasını; çimlenmenin bir sonucu olarak artan protein çözünürlüğünün bezelye unlarının köpürme ve emülsifiye etme aktivitesini iyileştirmesiyle sağladığını bildirmişlerdir.

4.6.3. Ekmeklerin tekstür değerlerine ait sonuçlar

Ekmeğin tekstürel özellikleri, onun tüketici tarafından kabul edilebilirliği açısından en önemli kriterlerdendir. Duyusal analiz ile ekmeğin tekstürel özellikleri değerlendirilebilsede objektif bir değerlendirme yapılabilmesi için tekstürel özelliklerin mekanik şekilde ölçülmesi gerekmektedir. Ekmeğin tekstürel özellikleri tekstür analiz cihazı kullanılarak tekstür profil analizi (TPA) ile ölçülmüştür. TPA sonucu elde edilen parametrelerinin duyusal değerlendirme sonuçlarıyla yüksek korelasyon gösterdiği bilinmektedir (Brady ve Mayer, 1985; Gåmbaro ve ark., 2002). Ayrıca ekmeğin sertliğinin yanında elastikiyet, koheziflik, çiğnenebilirlik ve esneklik gibi diğer parametrelerde tüketici beğenisini büyük ölçüde etkilemektedir (Kramer, 1972).

Ekmek örneklerinin 1., 3. ve 5. günlerde ölçülen TPA değerlerine ait sonuçlar Çizelge 4.53, 4.56 ve 4.59'de, bu değerlere ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.54, 4.57 ve 4.60'da ve ekmek örneklerinin TPA değerlerine ait ortalamaların çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.55, 4.58 ve 4.61'de verilmiştir.

Sertlik (hardness), duyusal açıdan ön dişler arasında gıda maddesinin sıkıştırılması için gerekli güç olarak tanımlanırken, tekstür cihazında ilk sıkıştırma sırasında grafikteki maksimum pik kuvvetidir (Szczesniak, 1963; Gerçekaslan ve ark., 2007). Ekmek içi sertliği, ekmeğin bayatlaması sonucunda ekmek içindeki suyun yüzeye göçü, nişastanın retrogradasyonu, ekmek içinin gözenek yapısı gibi birçok faktöre bağlı bir özellik olup, sert yapı tercih edilmemektedir (He ve Hoseney, 1990; Baik ve Chinachoti, 2002). Ekmek örneklerine ait 1. gün sertlik değeri 289.30 g ile 1348.76 g arasında değişmiştir (Çizelge 4.53). Varyans analizi sonuçlarına göre ekmek örneklerinin

1. gün sertlik değeri üzerinde; buğday çeşidi, işlem türü, tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*buğday çeşidi x işlem türü*", "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*", "i*şlem türü x tam buğday unu ilave oranı" ve* "*buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonlarının istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.54).

Çizelge 4.53. Ekmek örneklerine ait 1. gün tesktür profil analiz sonuçları[1]

Buğday çeşidi	İşlem türü	TBUİO[2] (%)	Sertlik (g)	Elastikiyet	Koheziflik	Çiğnenebilirlik (g)	Esneklik
Esperia	İşlem görmemiş	0	464.16±34.67	0.97±0.01	0.77±0.00	348.72±30.96	0.41±0.02
		5	573.62±11.49	0.97±0.01	0.77±0.03	403.22±4.86	0.40±0.00
		10	609.02±51.72	0.96±0.01	0.75±0.02	442.75±27.15	0.40±0.01
		15	765.33±46.13	0.95±0.00	0.73±0.01	532.58±23.63	0.38±0.01
		20	860.43±23.37	0.94±0.01	0.72±0.00	579.22±5.2	0.36±0.00
	Çimlenmiş	0	464.16±34.67	0.97±0.01	0.77±0.00	348.72±30.96	0.41±0.02
		5	289.30±39.73	0.83±0.00	0.70±0.04	137.76±20.60	0.31±0.03
		10	415.08±17.24	0.78±0.01	0.53±0.03	152.92±16.12	0.23±0.00
		15	454.31±6.36	0.69±0.01	0.57±.00	200.74±4.17	0.21±0.00
		20	531.24±1.84	0.68±0.04	0.61±0.01	268.60±6.15	0.18±0.02
Einkorn	İşlem görmemiş	0	440.48±26.32	0.98±0.01	0.74±0.00	318.05±20.55	0.39±0.00
		5	626.21±23.50	0.97±0.00	0.73±0.00	440.89±18.26	0.37±0.01
		10	696.32±90.75	0.95±0.00	0.75±0.00	491.04±14.27	0.35±0.02
		15	795.86±3.70	0.96±0.01	0.70±0.01	534.08±1.51	0.35±0.01
		20	869.70±35.78	0.93±0.01	0.69±0.02	561.03±1.76	0.33±0.02
	Çimlenmiş	0	440.48±26.32	0.98±0.01	0.74±0.01	318.05±20.55	0.39±0.02
		5	381.67±17.47	0.92±0.01	0.74±0.08	258.92±21.16	0.30±0.04
		10	434.54±8.35	0.85±0.01	0.58±0.01	215.79±6.98	0.22±0.01
		15	475.65±9.92	0.79±0.01	0.56±0.02	210.76±8.06	0.21±0.01
		20	518.73±16.19	0.74±0.03	0.50±0.01	192.40±7.01	0.17±0.01
Emmer	İşlem görmemiş	0	434.80±31.24	0.97±0.00	0.74±0.02	313.57±13.37	0.40±0.02
		5	573.69±26.67	0.96±0.00	0.73±0.01	402.37±24.98	0.39±0.00
		10	681.66±9.10	0.97±0.02	0.73±0.00	481.51±0.00	0.37±0.00
		15	847.09±55.02	0.94±0.00	0.71±0.02	564.40±19.61	0.34±0.02
		20	1348.76±24.44	0.91±0.00	0.68±0.00	835.37±41.05	0.31±0.01
	Çimlenmiş	0	434.80±35.50	0.97±0.00	0.74±0.02	313.57±13.37	0.40±0.02
		5	390.3±27.557	0.88±0.00	0.62±0.00	214.86±1.94	0.24±0.00
		10	406.04±30.73	0.80±0.00	0.55±0.00	178.36±16.87	0.20±0.00
		15	421.13±16.93	0.77±0.03	0.55±0.00	186.92±32.16	0.19±0.01
		20	423.66±26.90	0.73±0.00	0.54±0.02	167.24±25.21	0.18±0.01
Minimum-maksimum			289.30-1348.76	0.73-0.98	0.50-0.77	137.76-835.37	0.17-0.41
Ortalama±std			568.94±215.20	0.89±0.10	0.67±0.09	353.81±164.47	0.31±0.08

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. [2]Tam buğday unu ilave oranı.

Çizelge 4.54. Ekmek örneklerinin 1. gün tesktür profil analiz değerlerine ait varyans analizi sonuçları[1]

		Sertlik		Elastikiyet		Koheziflik		Çiğnenebilirlik		Esneklik	
		KT	F	KT	F	KT	F	KT	F	KT	F
Buğday çeşidi (A)	2	28689.5	6.86**	0.01	12.38**	0.01	5.24*	5903.7	4.13ns	0.01	8.30**
İşlem türü (B)	1	1123931.5	537.32**	0.25	661.25**	0.18	208.87**	1005271.4	1405.50**	0.19	444.30**
TBUİO[2] (C)	4	773562.1	92.46**	0.18	118.31**	0.15	43.78**	121648.7	42.52**	0.16	92.38**
(AxB)	2	58785.8	14.05**	0.01	15.74**	0.00	0.07ns	17786.9	14.43**	0.00	3.28ns
(AxC)	8	89239.9	5.33**	0.00	0.94ns	0.01	1.73ns	47692.4	8.34**	0.00	0.62ns
(BxC)	4	454918.9	54.37**	0.09	61.46**	0.07	19.40**	340974.0	119.18**	0.06	32.39**
(AxBxC)	8	186775.3	11.16**	0.01	1.87ns	0.01	1.68ns	62288.0	10.89**	0.01	1.60ns
Hata		62751.8		0.01		0.03		21457.2		0.01	

[1] p<0.05 düzeyinde önemli, ** p<0.01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz. [2]Tam buğday unu ilave oranı.

Çizelge 4.55. Ekmek örneklerinin 1. gün tesktür profil analiz değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	n	Sertlik (g)	Elastikiyet	Koheziflik	Çiğnenebilirlik (g)	Esneklik
Buğday çeşidi						
Esperia	20	542.67±163.23b	0.88±0.11b	0.69±0.09a	341.52±146.08b	0.33±0.09a
Einkorn	20	567.96±164.62ab	0.91±0.08a	0.67±0.09ab	354.10±134.53ab	0.31±0.08b
Emmer	20	596.20±289.40a	0.89±0.09b	0.66±0.08b	365.81±203.52a	0.30±0.09b
İşlem türü						
İşlem görmemiş	30	705.81±226.89a	0.95±0.02a	0.73±0.03a	483.25±128.49a	0.37±0.03a
Çimlenmiş	30	432.08±60.66b	0.83±0.10b	0.62±0.09b	224.37±63.90b	0.26±0.08b
TBUİO (%)						
0	12	446.48±34.15d	0.97±0.01a	0.75±0.02a	326.78±27.64c	0.40±0.02a
5	12	472.48±126.94d	0.92±0.05b	0.72±0.06b	309.67±113.68c	0.34±0.06b
10	12	540.44±133.07c	0.88±0.08c	0.65±0.09c	327.06±147.31c	0.29±0.08c
15	12	626.56±181.10b	0.85±0.10d	0.64±0.08c	371.58±173.55b	0.28±0.08c
20	12	758.75±315.13a	0.82±0.11e	0.62±0.08c	433.98±244.15a	0.25±0.08d

[1]Aynı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (p<0.05). [2]Tam buğday unu ilave oranı.

Çizelge 4.55'de verilen çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin 1. gün sertlik değerinin (596.20 g), Esperia buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin aynı değerinden (542.67 g) daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Einkorn buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin sertlik değeri ise 567.96 g olup sayısal olarak Esperia buğday unu ilaveli ekmeklerden daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.55). Bu durum, emmer ve einkorn buğdaylarının gluten yapısının zayıf olması ve fermantasyon esnasında oluşan gazı yeterince ekmek içinde tutamamasıyla ilgili olabilir (Lomolino ve ark. (2017). Keçeli ve ark. (2021) einkorn rafine ve tam buğday ununun ekmek sertliğini artırdığını bildirmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada ekşi maya ve ekmek mayası ile hazırlanan einkorn ekmek örneklerinin sertlik değerini, ekmeklik buğday ile hazırlanan ekmeklerin sertlik değeri ile karşılaştırmışlar ve einkorn ekmeğinin daha sert bir yapıya sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Sonuçlar işlem türü açısından değerlendirildiğinde; çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama 1. gün sertlik değeri (432.08 g), işlem görmemiş tam un ilaveli ekmek örneklerinin ortalama 1. gün sertlik değerinden (705.81 g) daha düşük bulunmuştur (Çizelge 4.55). Bu durum, işlem görmemiş tam buğday unu içeren ekmek örneklerinin daha düşük genleşme oranı ve daha düşük spesifik hacimleri ile ilgili olabilir. Bununla birlikte, Ghumman ve ark. (2016), çimlenmenin, yüksek moleküler ağırlıklı proteinlerin, çok sayıda polar gruba sahip düşük moleküler ağırlıklı proteinlere ayrışmasına neden olduğunu, bunun da su tutma kapasitesini artırarak elde edilen ekmek örneklerinin sertlik değerlerini azalttığını belirtmişlerdir. Shine ve ark. (2013), farklı işlemler uyguladıkları (ham, çimlenmiş, kavurmuş ve buharda pişirilmiş) soya fasulyesinin unlarını ekmek üretiminde kullanmışlar ve ham soya ununun yapılan ekmeklerin sertlik değerini 1.65 N olarak, çimlenmiş soya unu ile yapılan ekmeklerin sertlik değerini 1.53 N olarak rapor etmişlerdir.

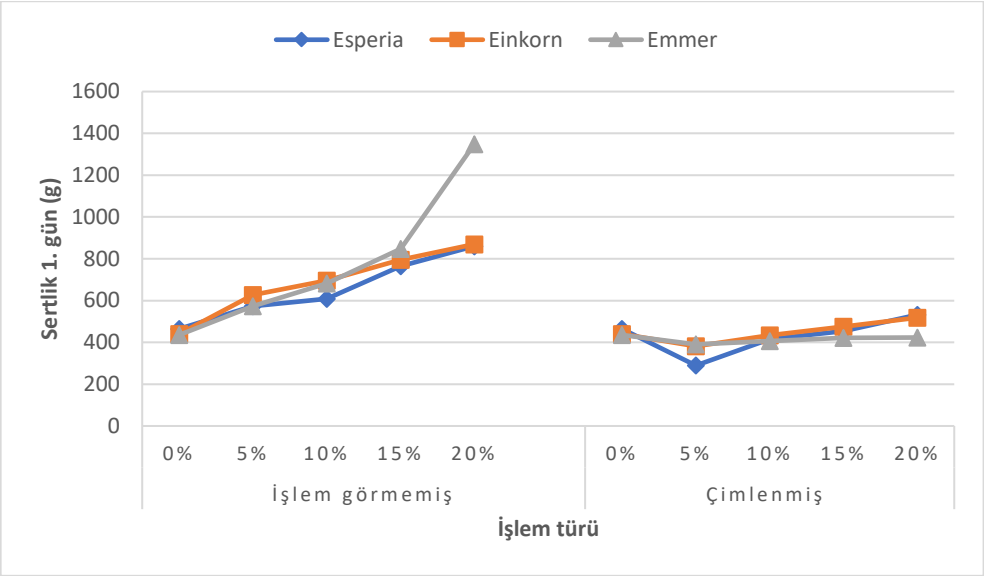
Ekmek formülasyonunda kullanılan tam un ilavesinin %0'dan %20'ye yükselmesi ile birlikte ortalama 1. gün sertlik değeri 446.48 g'den, 758.75 g'a yükselmiştir. Tam buğday unu ilavesiz ekmek örneği ve %5 tam buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama 1. gün sertlik değerleri sırasıyla 446.48 g ve 472.48 g olup aralarında istatistiksel olarak önemli bir fark belirlenmemiştir (Çizelge 4.55). Diyet lifinin birçok yararlı metabolik ve fizyolojik etki sağladığı kanıtlanmasına rağmen, tam buğday ununun lif içeriği nişasta-gluten matrisine zarar vererek gaz hücrelerinin genişlemesini kısıtlar ve bunun sonucunda da ekmek hacmini ve ekmek içi sertliğini etkilenir (Scheuer ve ark.,

2016). Le Bleis ve ark. (2015) buğday kepeği katkısının ekmek yoğunluğunu arttırarak hamurun genleşme oranını düşürdüğünü, böylece daha sert kabuk ve daha sıkı ekmek içi oluşumuna neden olduğunu bildirmişlerdir. Unlu mamullere lif ilavesi kritik bir uygulamadır. Çünkü lif su tutma kapasitesi nedeniyle ekmeğin tazeliğini uzatmak için kullanılmasına rağmen ekmeğin hacmini, pürüzsüzlüğünü ve sertliğini değiştirebilmektedir (Sangnark ve Noomhorm 2004). Ayrıca fazla lifin eklenmesi, gluten ve lif arasındaki etkileşim nedeniyle gluten ağını değiştirebilmektedir (Noort ve ark., 2010). Bir diğer neden ise, tam buğday ununun kepek varlığı ile gluten ağını seyreltmesine atfedilir, bu da hamurun gaz tutma performansını bozar ve sonuç olarak daha düşük ekmek hacmine neden olup ekmek içi sıkılık değerini artırarak sertlik değerinin artmasına yol açar (Flander ve ark., 2011; Chen ve ark., 2019).

Hernandez-Aguilar ve ark. (2020) %0-10 oranında ham ve çimlenmiş mercimek ununu ekmek üretiminde kullanmış ve formulasyonda katkı oranı arttıkça sertlik değerinin arttığını belirtmişlerdir. Rafine buğday ununun buğday kepeği ile ikamesi sonucu sertliğin arttığı Schmiele ve ark. (2012) tarafından da rapor edilmiştir. Bu durum hamur yapısında kepek varlığının bir sonucu olarak ekmek hacminin düşük olması ve daha sıkı ekmek içi özelliklerinin sertlik değerini artırmış olması ile ilişkilendirilmiştir.

Ekmek örneklerinin 1. gün sertlik değeri üzerine etkili *"buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu incelendiğinde, ekmek formülasyonunda işlem görmemiş tam buğday unu oranı arttıkça ekmek örneklerinin sertlik değeri artış göstermiştir. Bu artış %15 tam buğday unu ilave oranına kadar tüm buğday çeşitlerinde benzer oranda olup, %20 tam un ilavesinde işlem görmemiş emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinde daha yüksek oranda gerçekleşmiş ve einkorn ve Esperia buğday unu ilaveli ekmek örnekleri ile aralarındaki fark açılmıştır. Şekil 4.89 çimlenmiş buğday unu ilave oranı açısından değerlendirildiğinde %5 tam buğday ilave oranında tüm buğday çeşitlerinde azalan 1. gün sertlik değeri, daha yüksek tam un ilave oranında artmış olup, en az artış emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinde belirlenmiştir.

Elastikiyet (springiness) değeri ilk sıkıştırma sonu ile ikinci sıkıştırma başı arasında geçen süre boyunca gıdanın toparlandığı yükseklikle ilişkilidir. Duyusal olarak azı dişlerle kısmi olarak sıkıştırılan gıdanın ilk yüksekliğine dönme hızını ifade etmektedir (Szczesniak, 1963; Gerçekaslan ve ark., 2007).



Şekil 4.89. Ekmek örneklerinin 1. gün sertlik (g) değeri üzerinde etkili *"buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Ekmek örneklerine ait 1. gün elastikiyet değeri 0.73 ile 0.98 arasında değişmiştir (Çizelge 4.53). Varyans analizi sonuçlarına göre ekmek örneklerinin elastikiyet değeri üzerinde, buğday çeşidi, işlem türü, tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı" ve "işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonları $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.54).

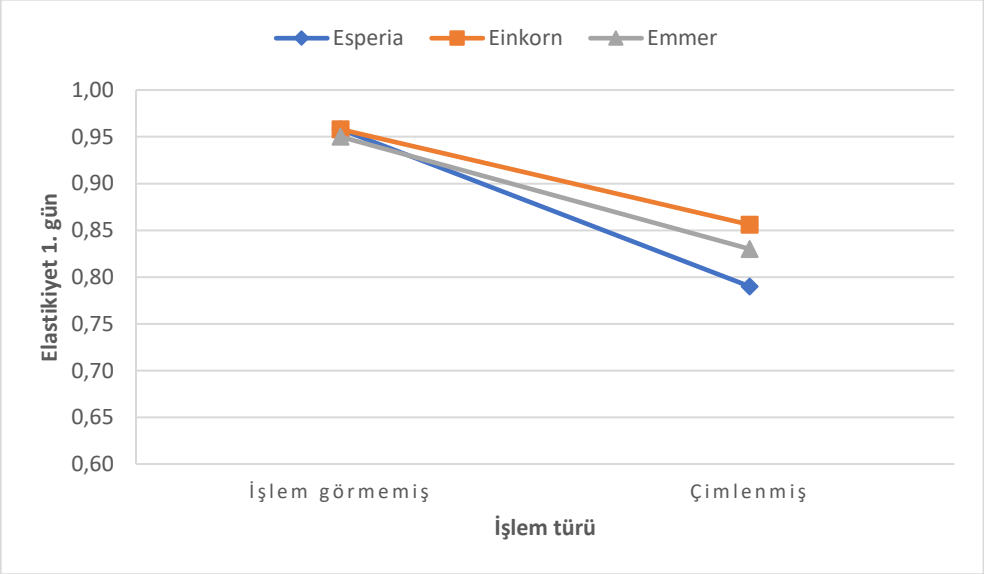
Ekmek örneklerine ait 1. gün elastikiyet değeri buğday çeşidi açısından değerlendirildiğinde; einkorn buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin elastikiyet değeri (0.91), Esperia ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin aynı değerinden (0.88 ve 0.89) daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.55).

Ekmek örneklerine ait elastikiyet değeri üzerinde hammaddelere uygulanan işlem türünün etkisi incelendiğinde; işlem görmemiş buğday unu ile hazırlanan ekmek örneklerinin elastikiyet değerinin (0.95), çimlenmiş buğday unu ile hazırlanan ekmek örneklerinin elastikiyet değerinden (0.83) daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.55). Çimlenme ile artan α-amilaz ve proteaz aktivitesinin ekmek yapısının oluşumunda etkili olması ile ekmek elastikiyeti azalmış olabilir. Olaerts ve ark. (2018) farklı ekmeklik buğday çeşitlerinin (Sahra ve Forum) çimlendirilmesiyle elde edilen unları ekmek formülasyonunda kullanmışlar ve ekmeklerin elastikiyet değerinin düştüğünü bildirmişlerdir. Sahra çeşidi ekmeklik buğdayın ham unundan elde edilen ekmeğin elastikiyet değeri çimlenmiş formunun kullanımı ile %83.9'dan %79.2'ye, Forum çeşidi için aynı değer çimlendirme ile %83.4'den %79.2'ye düşmüştür. Çimlenme işlemi ile elastikiyetteki bu azalmayı α-amilaz aktivitesi ile ilişkilendirmişlerdir. Millar ve ark.

(2019) ham ve çimlenmiş bezelye ununun ekmek örneklerinin elastikiyet değerini rafine buğday unu ile hazırlanan ekmek örneğine kıyasla azaltmasını; hamurun su emiliminin azalması ve ardından ekmek içi nem içeriğini düşürmesi ile ilişkilendirmişlerdir.

Çizelge 4.55'de verilen çoklu karşılaştırma testi sonuçları incelendiğinde; ekmek üretiminde artan oranda tam un kullanılmasının elastikiyet değerini azalttığı belirlenmiş olup, tam un ilavesiz ekmek örneklerinde ortalama 0.97 olarak belirlenen elastikiyet değeri, %20 tam un ilaveli ekmek örneklerinde 0.82'ye düşmüştür.

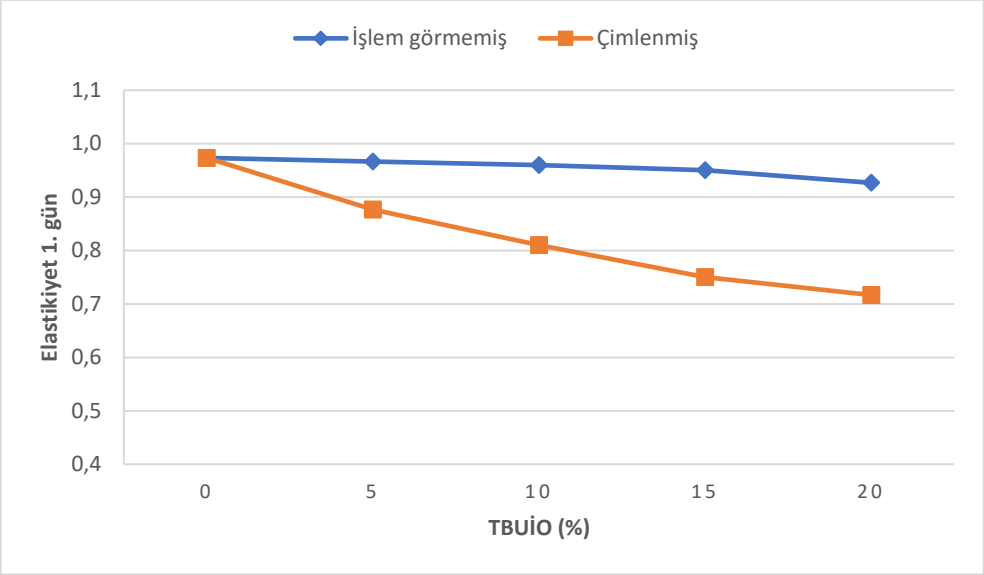
Ekmek örneklerinin 1. gün elastikiyet değeri üzerine etkili "*buğday çeşidi x işlem türü*" interaksiyonu Şekil 4.90'da verilmiştir. Çimlenme işlemi ile birlikte buğday çeşidi fark etmeksizin ekmek örneklerinin elastikiyet değeri azalmıştır. Bu azalma Esperia unu ilaveli ekmek örneklerinde daha yüksek oranda gerçekleşirken, einkorn unu ilaveli örneklerde daha düşük oranda gerçekleşmiştir. İşlem görmemiş Esperia, einkorn ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örnekleri birbirine daha yakın elastikiyet değerleri gösterirken, çimlenme ile birlikte farklı buğday çeşitlerine ait ekmek örneklerinin elastikiyet değeri arasındaki fark açılmıştır.



Şekil 4.90. Ekmek örneklerinin 1. gün elastikiyet değeri üzerinde etkili *"buğday çeşidi x işlem türü"* interaksiyonu

Ekmek örneklerinin elastikiyet değeri üzerinde etkili ($p<0.01$) *"işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu Şekil 4.91'de verilmiştir. İnteraksiyon incelendiğinde, artan oranlarda işlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unu ilavesinin ekmek örneklerinin elastikiyet değerini azalttığı, azalış oranının çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinde daha yüksek olduğu görülmektedir. Artan tam un ilave oranı

ile birlikte işlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin elastikiyet değerleri arasındaki fark açılmıştır.



Şekil 4.91. Ekmek örneklerinin 1. gün elastikiyet değeri üzerinde etkili *"işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Koheziflik (cohesiveness) değeri iç yapışkanlık olarak ifade edilmektedir. Duyusal olarak madde ısırılırken, kopmadan önceki deformasyon miktarıdır. Birinci sıkıştırma sırasındaki pozitif alanın, ikinci sıkıştırma sırasındaki pozitif alana oranlanmasıyla hesaplanmaktadır (Szczesniak, 1963; Gerçekaslan ve ark., 2007).

İşlem görmemiş ve çimlenmiş Esperia, einkorn ve emmer buğday unları ile hazırlanan ekmek örneklerinin ortalama 1. gün koheziflik değeri 0.67 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.53). Varyans analizi sonuçlarına göre ekmek örneklerinin 1. gün koheziflik değeri üzerinde işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile *"işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonunun $p<0.01$ düzeyinde buğday çeşidi faktörünün ise $p<0.05$ düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.54).

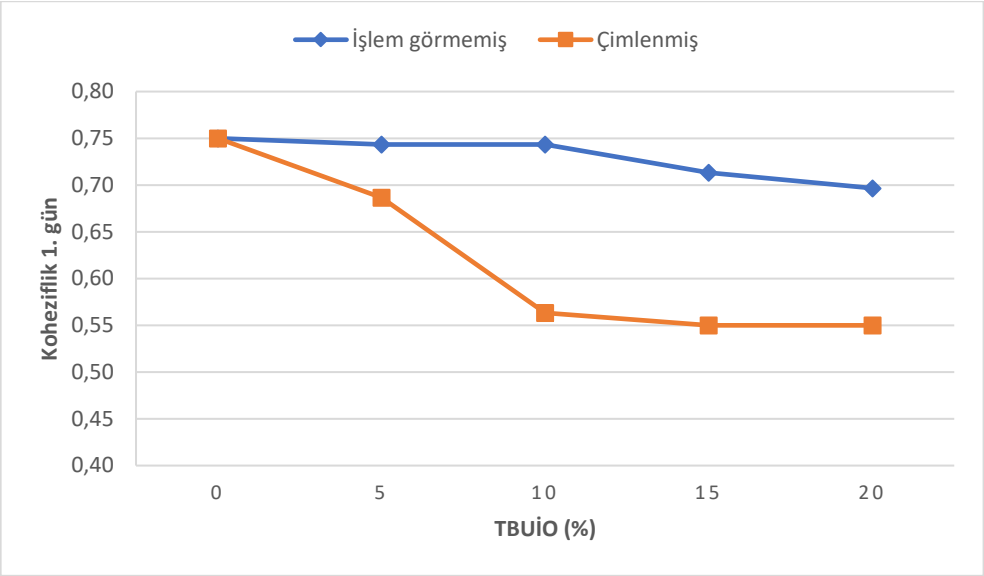
Çizelge 4.55'de verilen 1. gün koheziflik değerleri buğday çeşidi açısından incelendiğinde, Esperia buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama 1. gün koheziflik değeri (0.69), emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin aynı değerinden (0.66) daha yüksek bulunmuştur. Einkorn buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama 1. gün koheziflik değeri ise 0.67 olarak belirlenmiştir.

Sonuçlar işlem türü açısından değerlendirildiğinde; işlem görmemiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama 1. gün koheziflik değerinin (0.73), çimlenmiş buğday

unu ilaveli örneklerin ortalama 1. gün koheziflik değerinden (0.62) daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.55). Olaerts ve ark. (2018) çimlenmiş buğday unu kullanımı ile ekmek örneklerinin koheziflik değerindeki azalmayı çimlenme sırasında artan α-amilaz aktivitesinin sonuçları ile ilişkilendirmişlerdir. Pişirmenin ilk aşamalarında, jelatinize olmuş nişasta, a-amilazlar termal olarak inaktive edilmeden önce bu enzimler tarafından parçalanmaktadır. Bu durum, ekmekteki nişasta ağının zayıflamasına neden olduğu bildirilmektedir. Yoğun nişasta hidrolizi, nişastanın su bağlama ve jel oluşturma kapasitesini büyük ölçüde azaltmaktadır (Kozmin, 1933; Goesaert ve ark., 2009), sonuç olarak ekmeğin tekstürel özellikleri değişiklik gösterir.

Formülasyonda artan oranda tam buğday unu kullanılması, örneklerin koheziflik değerini azaltmıştır (Çizelge 4.55). %10, %15 ve %20 tam buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama 1. gün koheziflik değeri birbirine eşdeğer bulunmuş olup istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Tam buğday unu içermeyen kontrol örneklerinin ortalama 1. gün koheziflik değeri 0.75 olarak bulunurken, en yüksek tam buğday unu ilave oranında (%20) 1. gün koheziflik değeri 0.62 olarak belirlenmiştir. Tam yulaf ununun %10, 20 ve 30 oranlarında ekmek formülasyonunda kullanıldığı çalışmada, artan katkı oranı ekmek örneklerinin koheziflik değerini azaltmıştır. Bu azalma gluten miktarının seyrelmesi ve kaba ekmek içi yapısı ile ilişkilendirilmiştir (Majzoobi ve ark., 2016).

Şekil 4.92'de verilen "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonuna göre, artan oranda işlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin 1. gün koheziflik değerleri genel olarak azalmış olup, bu azalma çimlenmiş buğday unu ilaveli örneklerde daha yüksek oranda gerçekleşmiştir. İşlem görmemiş buğday unu ilaveli örnekler arasında %5 ve %10 tam un ilaveli örneklerinin ortalama 1. gün koheziflik değerinin tam buğday unu ilavesiz ekmek örneklerine benzer olduğu görülürken, artan oranda tam un ilavesi ile 1. gün koheziflik değeri daha fazla oranda azalmıştır. Çimlenmiş buğday unu ilaveli örneklerde düşük tam un ilave oranlardında koheziflik değeri yüksek oranda azalırken, %10 ve üzeri tam un ilave oranlarında çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin 1. gün koheziflik değerleri benzer bulunmuştur.



Şekil 4.92. Ekmek örneklerinin 1. gün koheziflik değeri üzerinde etkili *"işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Çiğnenebilirlik (chewiness) değeri, sertlik, koheziflik ve elastikiyet değerlerinin çarpımına eşittir. Katı yiyecekleri çiğneyerek yutmaya hazır hale getirmek için gerekli enerji olarak tanımlanmaktadır (Szczesniak, 1963; Gerçekaslan ve ark., 2007).

Ekmek örneklerinin 1. gün çiğnenebilirlik değeri 137.76 g ile 835.37 g arasında bulunmuştur (Çizelge 4.53). Varyans analizi sonuçlarına göre ekmek örneklerinin 1. gün çiğnenebilirlik değeri üzerinde işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*buğday çeşidi x işlem türü*", "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*","işlem türü x tam buğday unu ilave oranı" ve "*buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonlarının önemli ($p<0.01$) olduğu görülmektedir (Çizelge 4.54).

Çizelge 4.55'de verilen sonuçlar buğday çeşidi açısından değerlendirildiğinde; ortalama 1. gün sertlik değerinde olduğu gibi, emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama 1. gün çiğnenebilirlik değeri (365.81 g), Esperia buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama 1. gün çiğnenebilirlik değerinden (341.52 g) daha yüksek bulunmuştur.

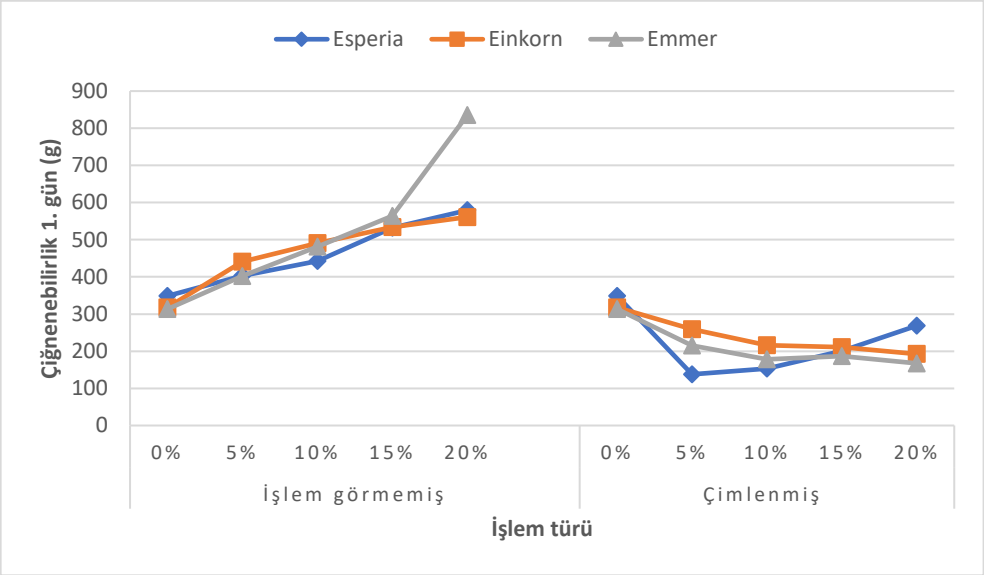
Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, çiğnenebilirlik değeri, işlem görmemiş buğday unu ile hazırlanan ekmek örneklerinde 483.25 g iken, çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinde 224.37 g' a düşmüştür (Çizelge 4.55).

Sonuçlar tam buğday unu ilave oranı açısından ele alındığında, tam buğday unu içermeyen ekmeklerde ortalama 1. gün çiğnenebilirlik değeri 326.78 g olarak bulunurken, %20 oranında tam buğday unu içeren ekmek örneklerinde bu değerin 433.98 g'a kadar yükseldiği belirlenmiştir (Çizelge 4.55). %0, 5 ve 10 tam buğday unu ilavesi kullanılarak

üretilen ekmeklerin ortalama 1. gün çiğnenebilirlik değeri sırasıyla 326.78 g, 309.67 g ve 327.06 g olarak belirlenmiş olup, düşük oranlarda tam buğday unu ilavesi, ekmeklerin 1. gün çiğnenebilirlik değerinde istatistiki açıdan bir farklılık oluşturmamış ve bu örnekler aynı grupta yer almıştır. Mevcut sonuçlar, çiğnenebilirliğin sertlik ile pozitif ilişkili olduğunu, yani ekmeğin sertliği arttığında, ekmeğin çiğnenebilirliğinin de arttığını göstermiştir. Scheuer ve ark. (2016) ekmek formülasyonunda tam buğday unu kullanımının ekmek örneklerinin çiğnenebilirlik değerini artırdığını ve bu durumun tam buğday unundan gelen kepek parçalarının ekmek hamurunun gluten ağını zayıflatması ve albümin ve globülin açısından zengin olan kepeğin glutene kıyasla daha zayıf hamur oluşturma özelliklerine sahip olması ile ilgili olabileceğini rapor etmişlerdir. Bhatt ve Gupta (2015) farklı hammaddelerden elde edilen un karışımının (sorgum, karabuğday, nohut, çimlenmiş buğday ve çimlenmiş arpa; rafine ve tam buğday ile karıştırılması ile elde edilmiş) kullanılması ile ekmek örneklerinin çiğnenebilirlik değerinin arttığını bildirmiştir. Herzandez-Aguilar ve ark. (2020) da mercimek unu oranının ekmek formülasyonunda artması ile çiğnenebilirliğin arttığını rapor etmişlerdir. Daha önceki bir çalışma, bezelye ve bakla lifleri ekmeğe dahil edildiğinde, çiğnenebilirliğinin bezelye ve bakla lifi içermeyen kontrol ekmeğinden daha yüksek olduğunu göstermiştir (Fendri ve ark., 2016). Benzer sonuçlar kalsiyum karbonat ve inülin ilaveli ekmeklerde Salinas ve Puppo (2015) tarafından da rapor edilmiştir. Li ve ark. (2015) buğday unu ile kepeğinin yer değiştirilmesi ile üretilen ekmeklerin çiğnenebilirliğinin arttığını, başka bir çalışmada da buğday ruşeymi ile hazırlanan ekmeklerin gluten ağını seyreltmesi ile ekmek çiğnenebilirliğinin artığı rapor edilmiştir (Sun ve ark., 2015).

Şekil 4.93'te verilen *"buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyona göre, işlem görmemiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin çiğnenebilirlik değeri her bir buğday çeşidi için tam un ilave oranının artmasına bağlı artış gösterirken, Esperia, einkorn ve emmer çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin 1. gün çiğnenbilirlik değeri tüm katkı oranlarında tam buğday unu ilavesiz ekmek örneklerinin 1. gün çiğnenebilirlik değerinden daha düşük kalmıştır. İşlem görmemiş buğday unu ilaveli ekmek örnekleri buğday çeşidi açısından değerlendirildiğinde; tüm buğday çeşitleri %15 tam un ilave oranına kadar benzer bir artış gösterirken, %20 tam un ilave düzeyinde emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin 1. gün çiğnenbilirlik değeri daha yüksek oranda artmış ve Esperia ve einkorn ilaveli ekmek örneklerinin 1. gün çiğnenbilirlik değeri ile aralarındaki fark açılmıştır. Şekil 4.93

çimlenmiş buğday unları açısından ele alındığında; %5 oranında çimlenmiş Esperia buğday unu kullanımı ile ekmek örneklerinin çiğnenbilirlik değeri einkorn ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinden daha hızlı oranda azalmış ancak, Esperia tam un ilave oranının %10' un üzerine çıkması ile çiğnenbilirlik değeri artış göstermiştir. Çimlenmiş einkorn ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ise çiğnenebilirlik değerleri tüm ilave oranlarında azalmıştır.



Şekil 4.93. Ekmek örneklerinin 1. gün çiğnenebilirlik değeri üzerinde etkili *"buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Esneklik (resilience-geri kazanım), ürünün ikinci sıkıştırmadan sonra orijinal yüksekliğine dönme kapasitesini temsil eder ve ürünün tazeliği hakkında bilgi vermektedir (Szczesniak, 1963; Özkaya ve ark., 2018). Ekmek örneklerine ait 1. gün esneklik değeri 0.17 ile 0.41 arasında değişmiş olup, ortalama 1. gün esneklik değeri 0.31 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4. 53). Varyans analizi sonuçlarına göre ekmek örneklerinin 1. gün esneklik değeri üzerinde buğday çeşidi, işlem türü, tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile *"işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonunun $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.54).

Ekmek yapımı sırasında oluşan gluten ağı ve yarı kristalli amiloz ağları, başlangıçtaki ekmek içi esnekliğini (Nivelle ve ark., 2017), ilk ekmek içi sertliğini ve dolayısıyla taze ekmeğin dilimleme yeteneğini belirler (Cauvain, 2015; Nivelle ve ark., 2020). Ayrıca pişirme koşulları (sıcaklık ve zaman değişkenleri); lif, nişasta, protein (gluten) gibi ekmek bileşenlerinin durumu (zarar görmüş veya zarar görmemiş olması) ve hamur karıştırma sırasında emilen su miktarları, ekmeklerin nihai tekstürüne katkıda

bulunur (Gomez ve ark., 2003; Bakke ve Vickers, 2007; Akhtar ve ark., 2008; Serrem ve ark., 2011; Ndife ve ark., 2011).

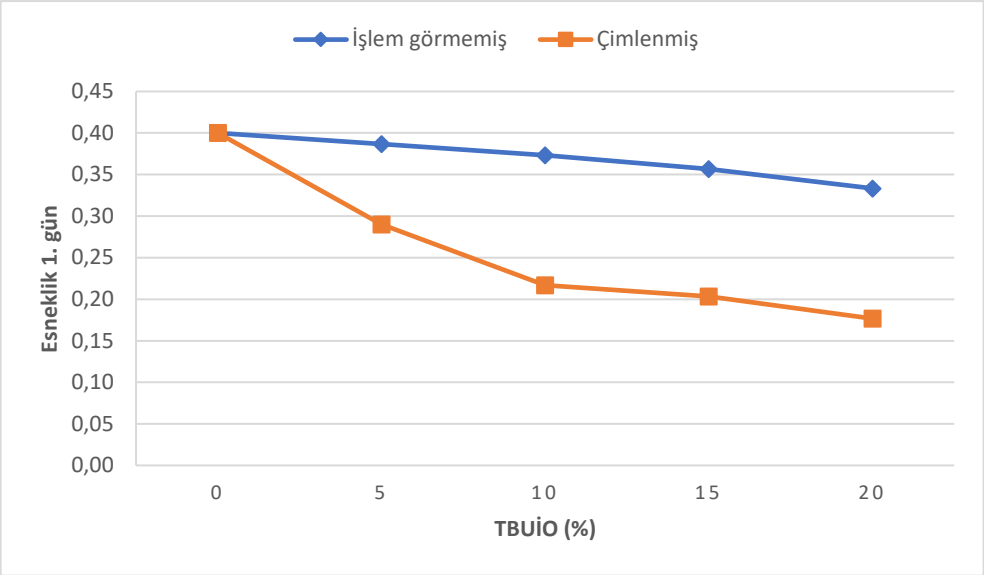
Çizelge 4.55'de verilen 1. gün esneklik değeri sonuçları buğday çeşidi açısından karşılaştırıldığında; Esperia buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama 1. gün esneklik değeri (0.33), einkorn ve emmer ilkel buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama 1. gün esneklik değerinden (0.31 ve 0.30) daha yüksek bulunmuştur.

Sonuçlar işlem türü açısından incelendiğinde; işlem görmemiş buğday unu kullanılan ekmek örneklerinin ortalama 1. gün esneklik değeri (0.37), çimlenmiş buğday unu kullanılarak hazırlanan ekmek örneklerinin ortalama 1. gün esneklik değerinden (0.26) daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.55). Formülasyonda çimlenmiş buğday unu kullanımı ile pişirmenin ilk aşamalarında, jelatinize olmuş nişasta, çimlenme işlemi ile artan enzimlerin (α-amilazlar) termal olarak inaktive olmasından önce aşırı derecede parçalanır. Bu, ekmekteki nişasta ağının zayıflamasına neden olur. Yoğun nişasta hidrolizi, nişastanın su bağlama ve jel oluşturma kapasitesini büyük ölçüde azaltır (Goesaert et al., 2009; Kozmin, 1933). Nişasta jeli tarafından yeterince bağlanmayan su ile birlikte artan miktarda indirgeyici şeker ve dekstrinin yapışkan bir kütle oluşturduğu düşünülmektedir. Soğutma sırasında, amiloz ve amilopektin fragmanlarının yeniden kristalizasyonu, sonuç olarak sertlikte azalma ve daha yapışkan ekmek özellikleri ile sonuçlanabilir (Olaerts ve ark., 2018).

Elde edilen sonuçlar tam buğday unu ilave oranı açısından değerlendirildiğinde ekmek örneklerinde tam buğday unu kullanım oranı arttıkça esneklik değerinin azaldığı görülmüş, %10-15 ilave oranlarının istatistiki olarak birbirinden farklı olmadığı belirlenmiştir. %20 tam buğday unu ilave oranında ortalama 1. gün esneklik değeri 0.25 olarak belirlenirken, tam buğday unu içermeyen ekmek örneğinde ortalama 1. gün esneklik değeri 0.31 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.55). Muhtemelen tam buğday unu ilavesiz ekmek örneğinde daha yüksek ekmek içi esneklik değerlerinin elde edilmesi iyi gelişmiş bir gluten ağının varlığından kaynaklanmış olabilir.

Ekmek örneklerinin esneklik değeri üzerinde etkili ($p<0.01$) *"işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu Şekil 4.94'de verilmiştir. İnteraksiyon incelendiğinde artan oranda işlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unu ilavesi ile ekmek örneklerinin 1. gün esneklik değerleri azalmıştır. Bu azalışın çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinde daha yüksek oranda olduğu belirlenmiştir. %10 tam un ilave oranına kadar işlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerini 1. gün

esneklik değeri arasındaki fark artan katkı oranı ile artış gösterirken, %10 ve üzeri tam un ilave oranlarında işlem görmemiş ve çimlenmiş tam un ilaveli ekmek örneklerinin 1. gün esneklik değeri arasındaki fark sabit kalmıştır.



Şekil 4.94. Ekmek örneklerinin 1. gün esneklik değeri üzerinde etkili *"işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Ekmek örneklerine ait 3. gün sertlik değeri 447.84 g ile 2054.20 g arasında değişmiş olup, ortalama 882.05 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.56). Varyans analizi sonuçlarına göre ekmek örneklerinin 3. gün sertlik değeri üzerinde; buğday çeşidi, işlem türü ve tam buday unu ilave oranı faktörleri ile "*buğday çeşidi x işlem türü*", "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*", "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" ve "*buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonları $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.57).

Çoklu karşılaştırma testi sonuçları buğday çeşidi açısından değerlendirildiğinde; en yüksek ortalama 3. gün sertlik değeri emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinde (965.06 g) belirlenmiş olup, bunu sırasıyla Esperia ve einkorn buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama 3. gün sertlik değerleri (873.67 g ve 801.34 g) takip etmiştir (Çizelge 4.58).

Sonuçlar işlem türü açısından değerlendirildiğinde; işlem görmemiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama 3. gün sertlik değerinin (1086.80 g) tıpkı 1. gün sertlik değerinde olduğu gibi, çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerine (673.25 g) göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.58).

Ekmek üretiminde kullanılan tam buğday unu ilave oranındaki artış, ekmek örneklerinin ortalama 3. gün sertlik değerini artmasına neden olmuştur (Çizelge 4.58). Tam un ilavesiz ekmeklerde 3. gün sertlik değeri; 1. gün sertlik değerinden 1.41 kat daha fazla olup ortalama 627.72 g olarak, %20 tam un ilave oranında ise 1.58 kat artarak 1199.26 g olarak belirlenmiştir. Ekmek sertliği, ekmeğin bayatlaması ile ilgilidir. Genellikle spesifik hacim ile ekmek içi sertliği arasında negatif bir ilişki bulunur. Spesifik hacmi düşük olan ekmeklerin iç yapısı daha sıkı ve yoğun olduğundan sertlik değeri de yüksek bulunmaktadır (Erdemir, 2015). Ekmek bayatlamasında etkili olan faktörler amilopektin agregasyonu ve amiloz retrogradasyonudur. Amiloz retrogradasyonu birkaç saat içinde gerçekleşerek fırın çıkışı sertliğini oluştururken, amilopektin agregasyonu birkaç gün içinde gerçekleşmekte ve bayatlamanın birinci nedeni olarak kabul edilmektedir. Nişasta retrogradasyonunun şematik gösterimi Şekil 4.95'de verilmiştir (Gerçekaslan ve ark., 2007).

Çizelge 4.56. Ekmek örneklerine ait 3. gün tesktür profil analiz sonuçları[1]

Buğday çeşidi	İşlem türü	TBUİO[2] (%)	Sertlik (g)	Elastikiyet	Koheziflik	Çiğnenebilirlik (g)	Esneklik
Esperia	İşlem görmemiş	0	634.15±0.00	0.93±0.00	0.67±0.00	396.19±0.00	0.26±0.00
		5	909.31±46.20	0.93±0.00	0.57±0.00	472.86±11.71	0.25±0.02
		10	1051.91±26.05	0.93±0.00	0.57±0.01	566.10±30.66	0.23±0.01
		15	1231.60±30.96	0.93±0.01	0.57±0.03	651.50±54.53	0.22±0.02
		20	1423.59±91.61	0.93±0.01	0.55±0.02	723.76±65.47	0.21±0.02
	Çimlenmiş	0	634.15±0.00	0.93±0.00	0.67±0.00	396.19±0.00	0.26±0.00
		5	517.76±1.15	0.93±0.01	0.75±0.04	361.66±26.12	0.25±0.00
		10	662.24±29.23	0.87±0.01	0.57±0.02	328.05±25.22	0.21±0.03
		15	760.55±41.03	0.84±0.03	0.58±0.00	367.02±32.33	0.25±0.01
		20	911.42±0.00	0.81±0.00	0.57±0.01	426.32±61.12	0.24±0.00
Einkorn	İşlem görmemiş	0	608.75±5.02	0.97±0.04	0.64±0.00	378.43±6.47	0.30±0.00
		5	910.85±35.55	0.96±0.00	0.65±0.01	570.40±15.73	0.29±0.01
		10	1064.97±73.35	0.96±0.00	0.62±0.01	634.89±.83	0.28±0.00
		15	1112.24±16.07	0.95±0.00	0.62±.01	658.48±9.01	0.27±0.00
		20	1218.96±39.09	0.93±0.01	0.57±0.02	661.53±0.00	0.24±0.00
	Çimlenmiş	0	608.75±5.02	0.97±0.04	0.64±0.00	378.43±6.47	0.28±0.02
		5	447.84±19.42	0.98±0.08	0.57±0.00	194.63±91.39	0.23±0.02
		10	614.97±11.72	0.87±0.01	0.50±0.00	266.09±1.49	0.20±0.02
		15	695.02±24.47	0.81±0.00	0.43±0.01	234.31±3.26	0.19±0.01
		20	731.08±48.73	0.79±0.01	0.49±0.06	294.22±58.28	0.15±0.02
Emmer	İşlem görmemiş	0	640.26±19.34	0.97±0.01	0.67±0.01	413.20±22.47	0.33±0.00
		5	920.60±24.93	0.93±0.01	0.63±0.01	538.23±10.06	0.28±0.00
		10	1189.56±14.40	0.95±0.02	0.64±0.04	716.73±24.02	0.28±0.00
		15	1331.01±10.10	0.92±0.01	0.66±0.00	812.93±8.63	0.26±0.00
		20	2054.20±17.50	0.90±0.01	0.60±0.00	1120.69±8.60	0.24±0.00
	Çimlenmiş	0	640.26±19.34	0.97±0.01	0.67±0.01	413.20±22.47	0.33±0.00
		5	656.58±12.34	0.92±0.06	0.56±0.08	335.53±67.62	0.23±0.04
		10	622.12±30.38	0.85±0.02	0.52±0.00	273.47±0.00	0.19±0.00
		15	829.73±18.62	0.82±0.02	0.53±0.04	361.78±26.48	0.17±0.02
		20	827.20±19.69	0.79±0.04	0.50±0.01	327.38±15.65	0.16±0.00
Minimum-maksimum			447.84-2054.20	0.79-0.97	0.43-0.75	194.63-1120.69	0.15-0.33
Ortalama±std			882.05±338.57	0.91±0.06	0.59±0.07	475.81±201.53	0.24±0.05

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. [2]Tam buğday unu ilave oranı.

Çizelge 4.57. Ekmek örneklerinin 3. gün tesktür profil analiz değerlerine ait varyans analizi sonuçları[1]

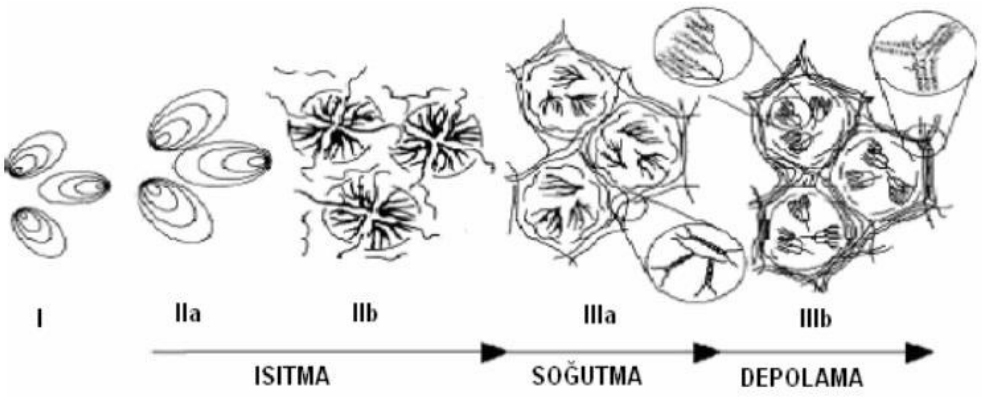
VK	SD	Sertlik		Elastikiyet		Koheziflik		Çiğnenebilirlik		Esneklik	
		KT	F	KT	F	KT	F	KT	F	KT	F
Buğday çeşidi (A)	2	269247.1	31.43**	0.00	1.23ns	0.01	5.71*	113913.2	25.15**	0.00	1.39ns
İşlem türü (B)	1	2565321.4	598.88**	0.06	53.01**	0.02	19.27**	1255646.5	554.39**	0.03	68.59**
TBUİO[2] (C)	4	2450516.8	143.02**	0.08	16.86**	0.11	21.75**	313881.7	34.65**	0.05	33.97**
(AxB)	2	92003.0	10.74**	0.00	0.18ns	0.05	22.09**	91040.5	20.10**	0.02	22.00**
(AxC)	8	273539.6	7.98**	0.01	0.79ns	0.01	1.10ns	69732.6	3.85**	0.01	4.92**
(BxC)	4	838082.7	48.91**	0.04	8.74**	0.03	6.26**	409749.9	45.23**	0.01	3.75*
(AxBxC)	8	260620.9	7.61**	0.01	0.60**	0.02	2.45*	114834.7	6.34**	0.01	1.65ns
Hata		128505.2		0.03		0.00		67947.6		0.01	

[1] p<0.05 düzeyinde önemli, ** p<0.01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz. [2]Tam buğday unu ilave oranı.

Çizelge 4.58. Ekmek örneklerinin 3. gün tesktür profil analiz değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	n	Sertlik (g)	Elastikiyet	Koheziflik	Çiğnenebilirlik	Esneklik
Buğday çeşidi						
Esperia	20	873.67±279.03b	0.90±0.05a	0.61±0.07a	468.97±132.78b	0.24±0.02a
Einkorn	20	801.34±250.69c	0.92±0.07a	0.57±0.08b	427.14±179.98c	0.24±0.05a
Emmer	20	965.06±435.57a	0.91±0.06a	0.61±0.07a	533.09±257.14a	0.25±0.06a
İşlem türü						
İşlem görmemiş	30	1086.80±358.28a	0.94±0.02a	0.62±0.04a	621.06±183.92a	0.26±0.03a
Çimlenmiş	30	673.25±124.05b	0.88±0.07b	0.58±0.09b	331.74±74.45b	0.22±0.05b
TBUİO[2] (%)						
0	12	627.72±17.86e	0.96±0.03a	0.66±0.02a	395.94±19.59c	0.29±0.03a
5	12	714.87±209.98d	0.94±0.05ab	0.63±0.07a	409.92±139.48c	0.25±0.03b
10	12	871.92±244.66c	0.90±0.05bc	0.58±0.05b	469.55±177.14b	0.23±0.04c
15	12	986.34±219.66b	0.88±0.06cd	0.57±0.08b	512.11±208.67b	0.23±0.04c
20	12	1199.26±449.83a	0.86±0.06d	0.55±0.05b	594.48±286.61a	0.21±0.04d

[1]Aynı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir (p<0.05). [2]Tam buğday unu ilave oran

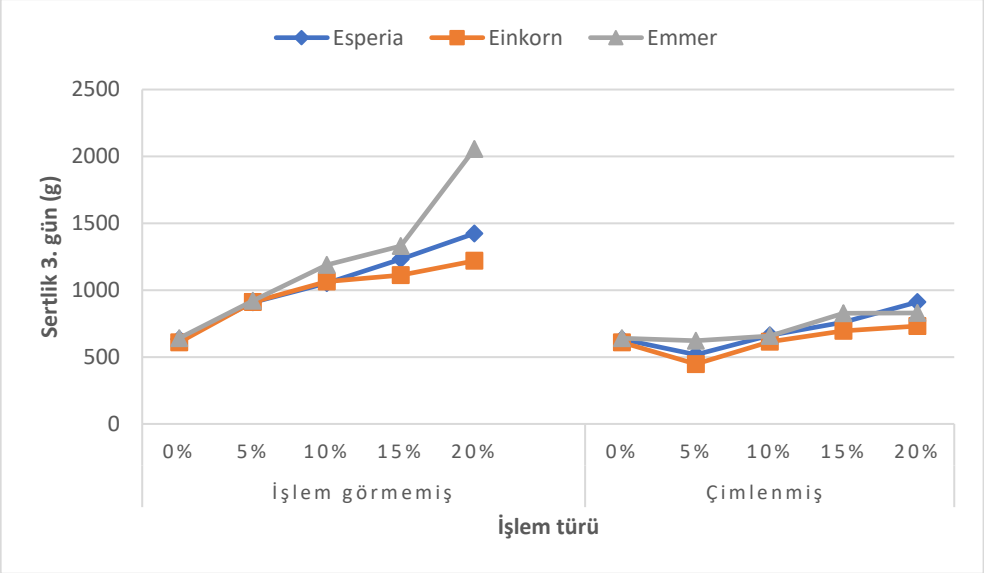


Şekil 4.95. Nişasta retrogradasyonu; (I) soğuk su içindeki nişasta garnülleri, (IIa) şişmiş nişasta granülleri, (IIb) amilozun granül dışına çıkması, (IIIa) amiloz retrogradasyonu, (IIIb) amilopektin retrogradasyonu

Ekmeğin nem miktarı, nişasta retrogradasyonu, dolayısıyla bayatlama üzerine etkilidir (Messia ve ark., 2016). Pişirme sırasında tam buğday unu ilaveli örneklerden buharlaşan su miktarı daha fazla olduğundan, nişasta jelatinizasyonu artmaktadır. Böylece ekmek hacmi azalmakta ve ekmek bayatlaması hızlanmaktadır (Campbell ve ark., 2008). Yapılan bazı araştırmalarda ekmeğin su içeriğinin yüksek olmasının raf ömrünü uzattığı (He ve Hoseney, 1990) ve nişasta retrogradasyonunu geciktirdiği (Andreu ve ark., 1999) bildirilmektedir. Burada önemli olan noktalardan bir tanesi bağlı su miktarıdır (Ertugay ve Kotancılar, 1988). Ortamda yüksek konsantrasyonda şeker bulunması jelatinizasyonu geciktirmektedir. Çimlenmiş buğday unları ve ekmek mayasında bulunan enzimlerin aktivitesi sonucunda zedelenmiş nişastanın parçalanması ile meydana gelen şekerler, salınmış olan suyu absorbe edip, bağlı su miktarını arttırarak jelatinizasyonu sınırlandırmış olabilir. Jelatinizasyon oranı düştükçe retrogradasyon gecikmektedir (Ertugay ve Kotancılar, 1988). Buda çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmeklerde bayatlamanın gecikmesine ve ekmek içi sertliğinin, işlem görmemiş buğday unu ilaveli ekmeklerden daha düşük olmasını sağlamış olabilir.

Şekil 4.96'da verilen ekmek örneklerinin 3. gün sertlik değeri üzerine etkili "*buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu incelendiğinde; işlem görmemiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinde 3. gün sertlik değeri artan tam buğday unu ilave oranına bağlı artış göstermiştir. %5 çimlenmiş buğday unu ilavesi ekmek örneklerini 3. gün sertlik değerinin azalmasına neden olurken, %15 ve %20 ilave oranlarında ekmek örneklerinin sertlik değeri artmış ve tam un ilavesiz ekmek örneklerinden daha yüksek sertlik değeri göstermişlerdir. İşlem görmemiş buğday

unlarından hazırlanan ekmeklerin 3. gün sertlik değeri %10 ilave oranına kadar benzer bir artış gösterirken, artan ilave orai ile birlikte Esperia, einkorn ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin 3. gün sertlik değerleri arasındaki fark açılmış ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin sertlik değeri daha yüksek oranda artış göstermiştir. Çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinde ise farklı buğday çeşitlerine ait ekmek örneklerinin sertlik değerleri tüm ilave oranlarında birbirine yakın sertlik özelliği göstermiş olup en düşük setlik değeri genel olarak einkorn buğday unu ilaveli ekmek örneklerinde belirlenmiştir.



Şekil 4.96. Ekmek örneklerinin 3. gün sertlik değeri üzerinde etkili *"buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Ekmek örneklerinin 3. gün elastikiyet değeri ortalama 0.91 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.56). Varyans analizi sonuçlarına göre, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" ve "*buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonları ekmek örneklerinin 3. gün elastikiyet değeri üzerinde $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.57).

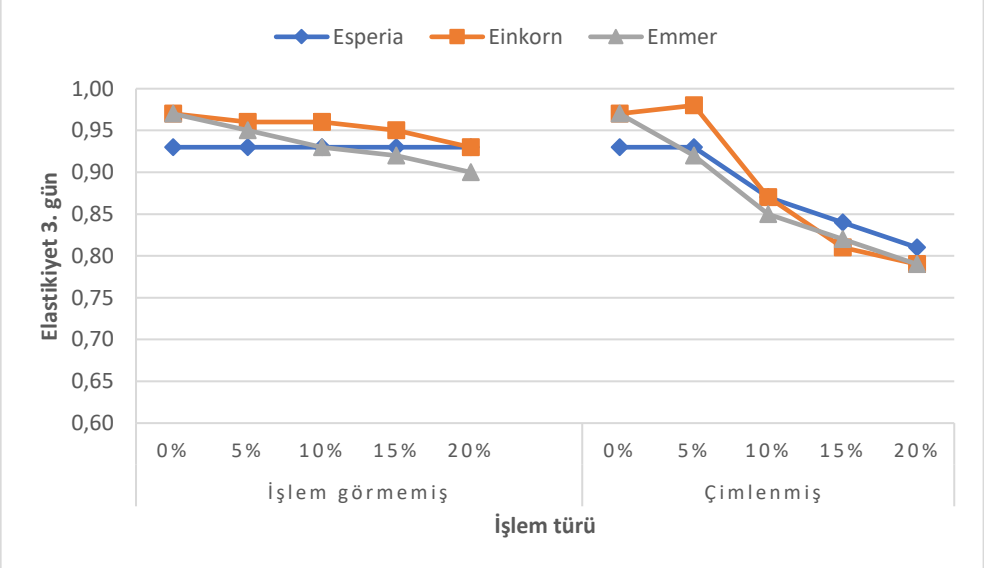
Ekmek örneklerinin 3. gün elastikiyet değeri üzerine buğday çeşidinin etkisi incelendiğinde; Esperia, einkorn ve emmer buğday unlarına ait ortalama 3. gün elastikiyet değerleri sırasıyla 0.90, 0.92 ve 0.91 olarak belirlenmiş olup, örnekler arasında istatistiki açıdan bir farklılık bulunmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.58).

Çizelge 4.58 işlem türü açısından değerlendirildiğinde; işlem görmemiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama 3. gün elastikiyet değeri (0.94), çimlenmiş

buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin aynı değerinden (0.88) yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.58).

Sonuçlar tam buğday unu ilave oranı açısından incelendiğinde, örneklerin ortalama 3. gün elastikiyet değerinin 0.96 ile 0.86 arasında değiştiği belirlenmiştir. Tam buğday unu ilavesi ekmek örneklerinde ortalama 3. gün elastikiyet değerini azaltarak, en yüksek katkı oranında (%20) en düşük elastikiyet değerinin (0.86) elde edilmesine neden olmuştur (Çizelge 4.58).

Ekmek örneklerine ait 3. gün elastikiyet değeri üzerine etkili ($p<0.01$) "*buğdayı çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu Şekil 4.97'de verilmiştir. İşlem türünden bağımsız, artan ilave oranına bağlı genel olarak ekmek örneklerinin 3. gün elastikiyet değeri azalmıştır. Bu azalma en fazla çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinde gerçekleşmiştir. İşlem görmemiş unlar kullanılarak hazırlanan ekmeklerin, Esperia buğday unu ilaveli örneklerin 3. gün elastikiyet değeri tüm ilave oranlarında sabit kalırken, einkorn ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinde artan ilave oranına bağlı elastikiyet değeri azalmış ve artan ilave oranı ile einkorn ve emmer buğday unu ilaveli ekmeklerin elastikiyet değerleri arasındaki fark açılmıştır. Çimlenmiş Esperia ve einkorn ilaveli ekmek örneklerinde %5 ilave oranında elastikiyet değeri tam un ilavesiz ekmeklerden daha yüksekken artan ilave oranı ile azalmıştır.



Şekil 4.97. Ekmek örneklerinin 3. gün elastikiyet değeri üzerinde etkili *"buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

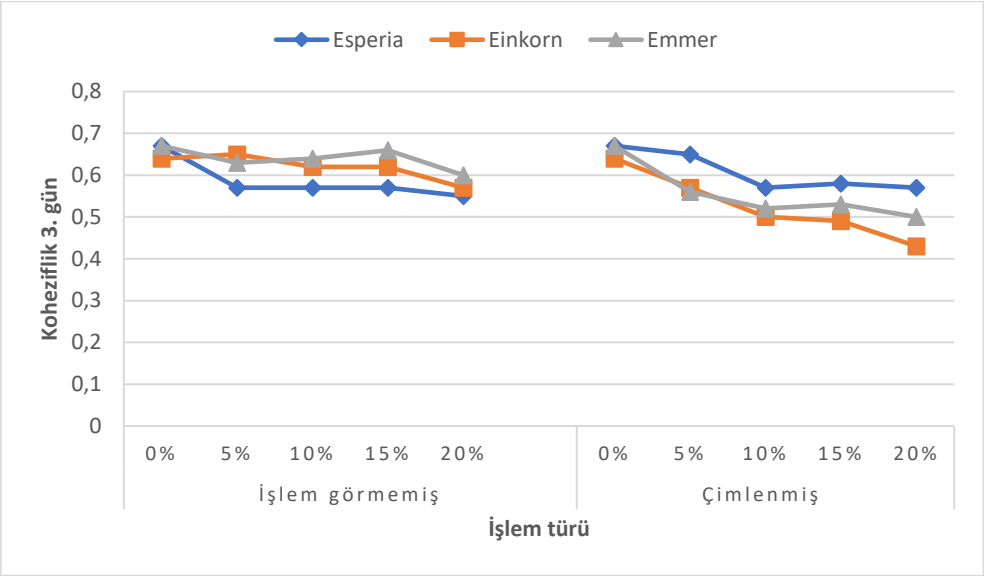
Ekmek örneklerinin ortalama 3. gün koheziflik değeri 0.59 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.56). Varyans analizi sonuçlarına göre, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" ve "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" $p<0.01$ düzeyinde, buğday çeşidi faktörü ve "*buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonunun $p<0.05$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.57).

Çizelge 4.58'de verilen çoklu karşılaştırma testi sonuçları incelendiğinde; Esperia ve emmer buğday unları ile hazırlanan ekmek örneklerinin ortalama 3. gün koheziflik değeri (0.61 ve 0.61), einkorn buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin *ortalama 3.* gün koheziflik değerinden (0.57) daha yüksek bulunmuştur.

Sonuçlar uygulanan işlem türü açısından değerlendirildiğinde; işlem görmemiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama 3. gün koheziflik değeri (0.62), çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama 3. gün koheziflik değerinden (0.58) yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.58).

Tam buğday unu ilave oranı açısından yapılan karşılaştırmada; %5 tam un ilaveli ekmeklerin ortalama 3. gün koheziflik değerinin (0.63), tam un ilavesiz ekmek örneklerinin 3. gün koheziflik değeri ile istatistiksel olarak aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir. %10, 15 ve 20 oranında tam un içeren örneklerin ortalama 3. gün koheziflik değerleri sırasıyla 0.58, 0.57 ve 0.55 olarak belirlenmiş olup, aralarında anlamlı bir fark bulunmamıştır (Çizelge 4.58).

Şekil 4.98'de verilen ekmek örneklerinin koheziflik değeri üzerine etkili "*buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu incelendiğinde, işlem türü farketmeksizin ekmek örneklerini 3. gün koheziflik değeri azalmıştır. İşlem görmemiş Esperia, einkorn ve emmer buğday unlarının kullanıldığı ekmek örneklerinin 3. Gün koheziflik değeri ilave oranındaki artışa bağlı hafif bir azalma eğilimi gösterirken, çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin 3. gün koheziflik değerindeki bu düşüş daha yüksek oranda gerçekleşmiştir. İşlem görmemiş buğday unu ilaveli ekmek örnekleri arasında Esperia buğday unu ilaveli ekmek örnekleri en düşük 3. gün koheziflik değeri gösterirken, çimlenmiş buğday unları arasında en yüksek 3. gün koheziflik değerine sahip örnek olmuştur.



Şekil 4.98. Ekmek örneklerinin 3. gün koheziflik değeri üzerinde etkili *"buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

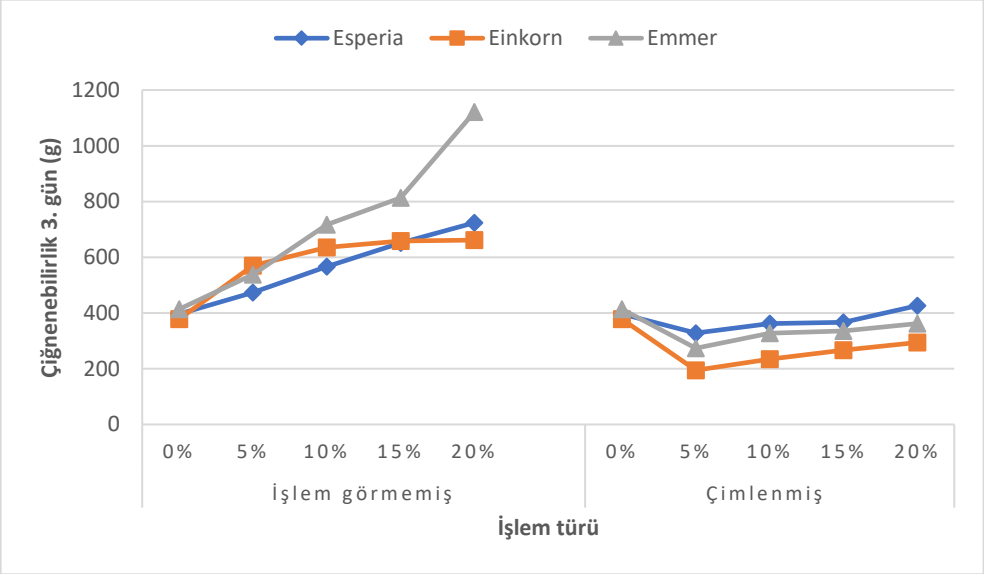
Ekmek örneklerinin 3. güne ait çiğnenebilirlik değeri 194.63 g ile 1120.69 g arasında değişmiş olup, ortalama 475.81 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.56). Varyans analizi sonuçlarına göre ekmeklerin 3. gün çiğnenebilirlik değeri üzerinde; buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*buğday çeşidi x işlem türü*", "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*", "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" ve "*buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonları $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.57).

Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama 3. gün çiğnenebilirlik değeri (533.09 g), sırasıyla Esperia ve einkorn buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama 3. gün çiğnenebilirlik değerinden (468.97 g ve 427.14 g) yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.58).

Sonuçlar hammaddelere uygulanan işlem türü açısından incelendiğinde; işlem görmemiş buğday unu ilavesi ile hazırlanan ekmek örneklerinin (624.06 g), çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinden (331.74 g) daha yüksek 3. gün ortalama çiğnenebilirlik değerine sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.58).

Formülasyonda artan oranda tam buğday unu kullanılması ekmek örneklerinin 3. gün çiğnenebilirlik değerinin artmasına neden olmuştur. Tam buğday unu kullanılmadan hazırlanan ekmek örneğinin ortalama 3. gün çiğnenebilirlik değeri 395.94 g iken, formülasyonda %20 oranında tam buğday unu kullanılması ile bu değer 594.48 g'a yükselmiştir (Çizelge 4.58).

Ekmek örneklerinin 3. gün çiğnenebilirlik değeri üzerine etkili "*buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu incelendiğinde, formülasyonda işlem görmemiş Esperia, einkorn ve emmer buğday unu oranı arttıkça çiğnenebilirlik değerinin arttığı görülmektedir. Bu artış %5 ilave oranı üzerinde en fazla emmer unu katkılı örneklerde gözlemlenirken, %10 ve üzeri katkı oranlarında daha yüksek oranda artış göstermiş, bu durumda Esperia ve einkorn ilaveli ekmek örneklerinin 3. gün çiğnenbilirlik değeri ile aralarındaki fark açılmıştır. Çimlenmiş buğday unu kullanımı, işlem görmemiş buğday unlarının kullanımının aksine ekmek örneklerinin 3. gün çiğnenebilirlik değerini %5 ilave oranında azaltmış ve bu azalma einkorn ilaveli ekmek örneklerinde daha yüksek oranda gerçekleşmiştir. %5 ilave oranı üzerinde artan çimlenmiş buğday unu ilavesi ekmek örneklerinin çiğnenebilirlik değerini artırmış ancak bu artış %20 ilave oranında tam un ilavesiz ekmek örneklerinin çiğnenebilirlik değerine yaklaşmıştır. Çimlenmiş buğday unlardan elde edilen ekmek örneklerinde en yüksek çiğnenebilirlik değeri Esperia unu, en düşük değer ise einkorn unu kullanılan örneklerden elde edilmiştir (Şekil 4.99).



Şekil 4.99. Ekmek örneklerinin 3. gün çiğnenebilirlik değeri üzerinde etkili *"buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Ekmek örneklerinin 3. gün esneklik değeri 0.15 ile 0.33 arasında değişiklik göstermiş olup, ortalama 0.24 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.56). Varyans analizi sonuçalrına göre; ekmek örneklerinin 3. gün esneklik değeri üzerinde işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*buğday çeşidi x işlem türü*", "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" ve "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonlarının

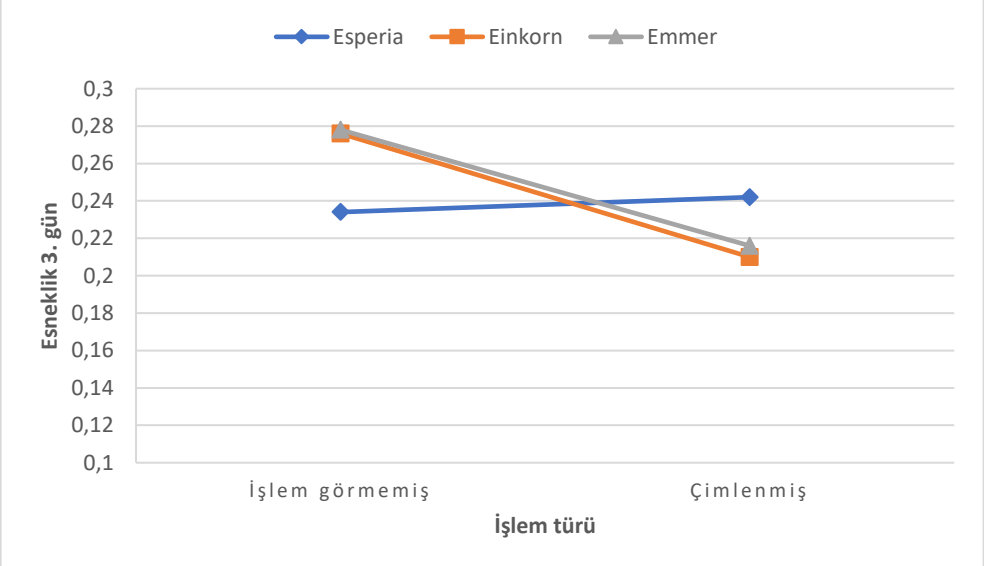
p<0.01 düzeyinde, "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonunun ise p<0.05 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.57).

Çizelge 4.58'de verilen sonuçlar buğday çeşidi açısındna karşılaştırıldığında, Esperia, einkorn ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerin ortalama 3. gün esneklik değerinin 0.24-0.25 arasında değiştiği, ancak örnekler arasında istatistiki açıdan bir farklılık bulunmadığı belirlenmiştir.

Ekmek örneklerinin 3. gün esneklik değeri işlem türü açısından incelendiğinde; formülasyonunda işlem görmemiş buğday unu yer alan ekmeklerin ortalama 3. gün esneklik değerinin (0.26), çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmeklere (0.22) göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.58).

Ekmek örneklerinin üretiminde kullanılan tam buğday unu ilave oranının %0'dan %20'ye yükselmesi, örneklerin ortalama 3. gün esneklik değerinin artmasına neden olmuştur. %10 ve %15 oranlarında tam buğday unu ilavesi ile ekmek örneklerinin ortalama 3. gün esneklik değerinde benzer sonuçlar elde edilmiştir (Çizelge 4.58).

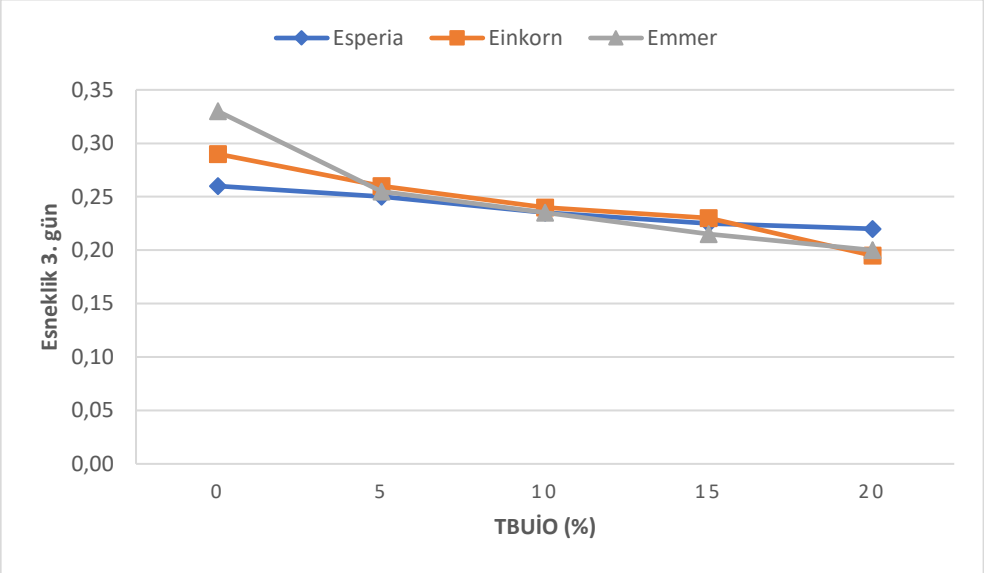
Ekmek örneklerinin 3. gün esneklik değeri üzerinde etkili *"buğday çeşidi x işlem türü"* interaksiyonu Şekil 4.100'de verilmiştir. Einkorn ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin çimlenme işlemi ile birlikte 3. gün esneklik değeri azalırken Esperia buğday unu ilaveli ekmek örneklerinde bu değer hafif artmıştır.



Şekil 4.100. Ekmek örneklerinin 3. gün esneklik değeri üzerinde etkili *"buğday çeşidi x işlem türü"* interaksiyonu

Şekil 4.101'de verilen "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu incelendiğinde; Esperia, einkorn ve emmer buğday unu ilaveli ekmek

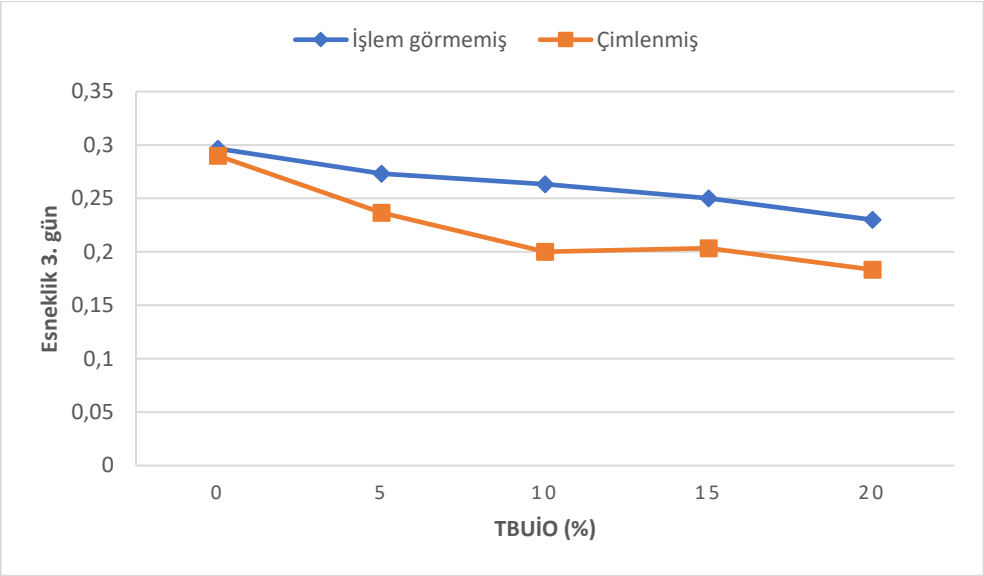
örneklerinin 3. gün esneklik değeri artan ilave oranı ile azalmıştır. Bu azalma tüm buğday çeşitlerinde benzerlik göstermiş olup, %20 ilave oranında Esperia buğday unu ilaveli örneklerde daha düşük oranda gerçekleşerek, Esperia buğday unu ilaveli örnekler ile einkorn ve emmer buğday unu ilaveli örneklerin 3. gün esneklik değeri arasındaki farkın hafif açılmasına neden olmuştur.



Şekil 4.101 Ekmek örneklerinin 3. gün esneklik değeri üzerinde etkili *"buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Ekmek örneklerinin 3. gün esneklik değeri üzerine etkili "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonuna göre, formülasyonda artan oranda işlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unu ilavesinin ekmek örneklerinin 3. gün esneklik değerini azalttığı görülmektedir. Bu azalma çimlenmiş buğday unu ilaveli örneklerde daha yüksek oranda gerçekleşmiş olup, %10 ilave oranında çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin esneklik değeri daha fazla oranda düşererek tam un ilaveli ekmeklerle aralarındaki farkın en yüksek düzeye çıkmasına neden olmuştur (Şekil 4.102).

Ekmek örneklerinin 5. gün sertlik değeri ortalama 1146.14 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.59). Varyans analizi sonuçlarına göre ekmek örneklerinin 5. gün sertlik değeri üzerinde işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*buğday çeşidi x işlem türü*", "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" ve "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonlarının $p<0.01$ düzeyinde, buğday çeşidi faktörü ve "*buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu ise $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.660).



Şekil 4.102 Ekmek örneklerinin 3. gün esneklik değeri üzerinde etkili *"işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Çizelge 4.59. Ekmek örneklerine ait 5. gün tesktür profil analiz sonuçları[1]

Buğday çeşidi	İşlem türü	TBUİO[2] (%)	Sertlik (g)	Elastikiyet	Koheziflik	Çiğnenebilirlik (g)	Esneklik
Esperia	İşlem görmemiş	0	943.14±48.70	0.93±0.00	0.56±0.03	501.36±19.94	0.25±0.00
		5	1084.44±83.94	0.93±0.03	0.54±0.12	614.36±22.66	0.24±0.01
		10	1199.26±9.04	0.93±0.02	0.54±0.10	660.72±0.00	0.24±0.00
		15	1358.15±22.80	0.93±0.01	0.53±0.01	678.72±3.74	0.23±0.00
		20	1505.19±47.93	0.92±0.01	0.53±0.05	737.94±40.06	0.23±0.00
	Çimlenmiş	0	943.14±48.70	0.93±0.02	0.56±0.03	501.36±19.94	0.25±0.00
		5	731.35±144.63	0.92±0.02	0.62±0.03	419.20±75.21	0.24±0.00
		10	916.90±161.22	0.89±0.02	0.57±0.04	454.40±56.71	0.23±0.00
		15	1003.91±146.55	0.80±0.08	0.53±0.00	420.96±23.23	0.22±0.00
		20	1053.87±21.26	0.81±0.02	0.58±0.00	497.09±23.05	0.21±0.00
Einkorn	İşlem görmemiş	0	749.55±30.42	0.98±0.00	0.64±0.04	473.04±12.18	0.28±0.00
		5	1099.65±86.89	0.94±0.02	0.59±0.01	617.14±58.04	0.26±0.00
		10	1366.33±65.11	0.95±0.00	0.59±0.01	765.07±36.15	0.24±0.01
		15	1398.77±354.11	0.95±0.03	0.57±0.06	831.37±0.00	0.19±0.00
		20	1860.85±20.15	0.86±0.04	0.49±0.01	839.95±0.00	0.18±0.00
	Çimlenmiş	0	749.55±30.42	0.98±0.00	0.64±0.04	473.04±12.18	0.28±0.01
		5	702.43±0.00	0.91±0.01	0.57±0.00	364.24±0.00	0.26±0.00
		10	795.14±37.67	0.87±0.00	0.52±0.01	360.26±21.43	0.19±0.00
		15	878.77±22.67	0.87±0.06	0.53±0.00	376.12±0.00	0.18±0.01
		20	1001.83±80.09	0.82±0.01	0.46±0.01	384.28±27.89	0.17±0.01
Emmer	İşlem görmemiş	0	833.89±21.63	0.95±0.02	0.60±0.05	453.93±10.21	0.26±0.00
		5	1175.23±64.85	0.94±0.03	0.58±0.03	614.65±37.40	0.23±0.00
		10	1549.55±116.68	0.93±0.01	0.56±0.01	806.71±74.19	0.22±0.00
		15	2195.17±22.07	0.85±0.02	0.49±0.00	886.32±47.45	0.20±0.00
		20	2493.62±124.67	0.87±0.00	0.50±0.00	1108.29±73.08	0.18±0.00
	Çimlenmiş	0	833.89±21.63	0.95±0.02	0.60±0.05	453.93±10.21	0.26±0.00
		5	821.92±25.48	0.89±0.00	0.52±0.02	383.71±15.68	0.21±0.01
		10	889.88±17.11	0.89±0.03	0.52±0.01	414.23±19.67	0.19±0.01
		15	1071.11±139.11	0.85±0.04	0.51±0.03	496.32±88.21	0.19±0.02
		20	1177.69±136.13	0.81±0.06	0.48±0.06	501.59±0.00	0.18±0.01
Minimum-maksimum			702.43-2493.62	0.81-0.98	0.46-0.64	360.26-1108.29	0.17-0.28
Ortalama±std			1146.14±433.03	0.90±0.06	0.55±0.06	569.68±188.68	0.22±0.03

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. [2]Tam buğday unu ilave oranı.

Çizelge 4.60. Ekmek örneklerinin 5. gün tesktür profil analiz değerlerine ait varyans analizi sonuçları[1]

VK	SD	Sertlik		Elastikiyet		Koheziflik		Çiğnenebilirlik		Esneklik	
		KT	F	KT	F	KT	F	KT	F	KT	F
Buğday çeşidi (A)	2	751307.6	18.48*	0.00	1.95ns	0.01	1.42ns	53655.3	9.54**	0.01	35.60**
İşlem türü (B)	1	3495878.2	171.97**	0.03	22.13**	0.00	0.37ns	1114568.0	396.20**	0.00	27.14**
TBUİO[2] (C)	4	3637993.6	44.74**	0.08	15.43**	0.06	4.82**	326208.9	28.99**	0.04	135.72**
(AxB)	2	406112.5	9.99**	0.00	0.68ns	0.01	1.88ns	64539.2	11.47**	0.00	0.89ns
(AxC)	8	670892.5	4.12**	0.01	1.24ns	0.03	1.13ns	96372.1	4.28**	0.01	15.28**
(BxC)	4	1303570.8	16.03**	0.01	2.64ns	0.00	0.13ns	346520.9	30.80**	0.00	5.24**
(AxBxC)	8	378847.5	2.31*	0.01	1.09ns	0.01	0.35ns	49746.6	2.21ns	0.00	1.16ns
Hata		609837.0		0.04		0.09		84393.7		0.00	

[1] $p<0.05$ düzeyinde önemli, ** $p<0.01$ düzeyinde önemli, ns: önemsiz. [2]Tam buğday unu ilave oranı.

Çizelge 4.61. Ekmek örneklerinin 5. gün tesktür profil analiz değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	n	Sertlik (g)	Elastikiyet	Koheziflik	Çiğnenebilirlik	Esneklik
Buğday çeşidi						
Esperia	20	1073.94±234.02b	0.90±0.06a	0.56±0.06a	548.61±114.70b	0.23±0.01a
Einkorn	20	1060.29±377.67b	0.91±0.06a	0.56±0.06a	548.45±189.80b	0.22±0.04b
Emmer	20	1304.19±572.36a	0.89±0.05a	0.53±0.05a	611.97±234.38a	0.21±0.03c
İşlem türü						
İşlem görmemiş	30	1387.52±482.54a	0.92±0.04a	0.56±0.06a	705.97±173.54a	0.23±0.03a
Çimlenmiş	30	904.76±160.20b	0.88±0.06b	0.55±0.05a	433.38±62.71b	0.22±0.03b
TBUİO[2] (%)						
0	12	842.19±86.81d	0.95±0.03a	0.60±0.05a	476.11±24.42c	0.26±0.02a
5	12	935.84±206.51d	0.92±0.03a	0.57±0.06ab	502.22±122.19c	0.24±0.02b
10	12	1119.51±287.76c	0.91±0.03ab	0.55±0.06ab	576.90±180.06b	0.22±0.02c
15	12	1317.64±465.09b	0.87±0.04bc	0.53±0.04b	614.97±201.61b	0.20±0.02d
20	12	1515.51±533.98a	0.85±0.04c	0.51±0.05b	678.19±249.45a	0.19±0.02e

[1]Aynı harfle işaretlenmiş aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklı değildir ($p<0.05$). [2]Tam buğday unu ilave oranı.

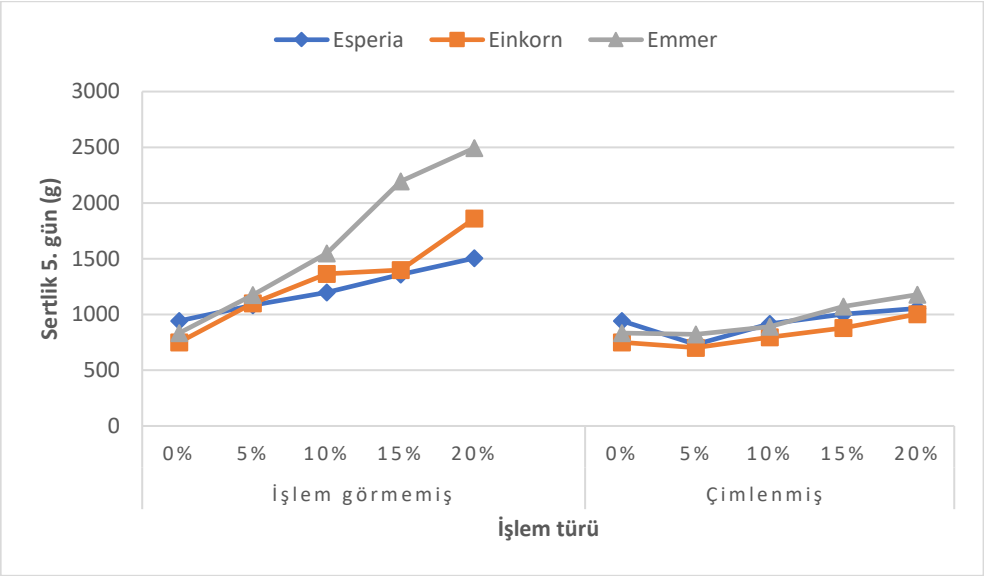
Çizelge 4.61'de verilen çoklu karşılatırma testi sonuçları buğday çeşidi açısından incelendiğinde; emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama 5. gün sertlik değeri (1304.19 g) 3. günde olduğu gibi Esperia ve einkorn buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin aynı değerinden (1073.94 g ve 1060.29 g) daha yüksek bulunmuştur.

Ekmek üretiminde çimlenmiş buğday unu kullanılması ile ortalama 5. gün sertlik değeri 904.76 g olarak belirlenmiş olup, işlem görmemiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin aynı değeri (1387.52 g) ile aralarındaki fark dikkat çekici bulunmuştur (Çizelge 4.61).

Sonuçlar tam buğday unu ilave oranı açısından değerlendirildiğinde; tam un ilavesiz ve %5 tam un ilavesi ekmek örneklerinin ortalama 3. gün sertlik değerinin aynı grupta yer aldığı, %5'in üzerinde tam un ilavesinin ise ekmeklerin ortalama 5. gün sertlik değerini artırdığı belirlenmiştir (Çizelge 4.61).

Ekmek örneklerinin 5. gün sertlik değeri üzerine etkili ($p< 0.05$) "*buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu incelendiğinde, formülasyonda işlem görmemiş Esperia, einkorn ve emmer buğday unu oranı arttıkça sertlik değerinin arttığı görülmektedir. Bu artış %5 ilave oranı üzerinde en fazla emmer unu katkılı örneklerde gözlemlenirken, Esperia ve einkorn ilaveli ekmeklerde sertlik değeri %20 ilave oranına kadar yakın değerler göstermiş olup, %20 ilave oranında einkorm buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin sertlik değeri Esperis ilaveli ekmeklerden daha fazla oranda artarak aralarındaki fark açılmıştır. Çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerini 5. gün sertlik değerleri karşılaştırıldığında, %5 ilave oranında tüm buğday çeşitlerinin sertlik değeri azalmış, bu azalma Esperia ilaveli ekmek örneklerinde daha fazla oranla olmuştur. %5 ve üzeri çimlenmiş buğday unu ilavesi ile ekmek örneklerinin 5. gün sertlik değeri artmış olup bu artış einkorn ilaveli ekmek örneklerinde daha düşük oranda gerçekleşmiştir. İşlem türü açısından karşılaştırıldığında işlem görmemiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin 5. gün sertlik değerini daha yüksek oranda artırdığı görülmektedir (Şekil 4.103).

Ekmek örneklerinin 5. gün elastikiyet değeri 0.81 ile 0.98 arasında değişmiştir (Çizelge 4.59). Varyans analizi sonuçlarına göre, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri 5. gün elastikiyet değeri üzerinde $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.60).



Şekil 4.103. Ekmek örneklerinin 5. gün sertlik değeri üzerinde etkili *"buğday çeşidi x işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Ekmek örneklerinin 5. gün elastikiyet değeri üzerine buğday çeşidinin etkisi değerlendirildiğinde; Esperia, einkorn ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama 5. gün elastikiyet değeri sırasıyla 0.90, 0.91 ve 0.89 olarak belirlenmiş olup, aralarında önemli bir fark bulunmamıştır (Çizelge 4.61).

Sonuçlar işlem türü açısından incelendiğinde; işlem görmemiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin 5. gün elastikiyet değeri (0.92), çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin aynı değerinden (0.88) daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.61).

Çizelge 4.61 tam buğday unu ilave oranı açısından incelendiğinde, tam buğday unu ilavesiz ekmek örnekleri ile %5 tam un ilaveli ekmek örneklerinin ortalama 5. gün elastikiyet değerleri istatistiksel olarak benzer olup, %20 tam un ilaveli ekmek örneklerinden daha yüksek bulunmuştur.

Ekmek örneklerinin ortalama 5. gün koheziflik değeri 0.55 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.59). Varyans analizi sonuçlarına göre, tam buğday unu ilave oranı faktörünün ekmek örneklerinin 5. gün koheziflik değeri üzerinde $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.60).

Çizelge 4.61'de verilen sonuçlar buğday çeşidi açısından değerlendirildiğinde, Esperia, einkorn ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin 5. gün ortalama koheziflik değerlerinin (0.56, 0.56 ve 0.53) birbirine oldukça yakın olduğu ve aynı grupta yer aldıkları belirlenmiştir.

Ekmek örneklerinin ortalama 5. gün koheziflik değeri üzerine işlem türünün etkisi incelendiğinde, işlem görmemiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama 5. gün

koheziflik değerinin (0.56), çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin aynı değerine (0.55) oldukça yakın olduğu belirlenmiş ve aralarında istatistiksel olarak bir fark oluşmadığı görülmüştür (Çizelge 4.61).

Sonuçlar tam buğday unu ilave oranı açısından değerlendirildiğinde, %15 ve %20 tam buğday unu ilavesi 5. gün koheziflik değerlerinin (0.53 ve 0.51), tam buğday unu ilavesiz ekmek örneklerinin koheziflik değerine (0.60) göre daha düşük olmasına neden olmuştur (Çizelge 4.61).

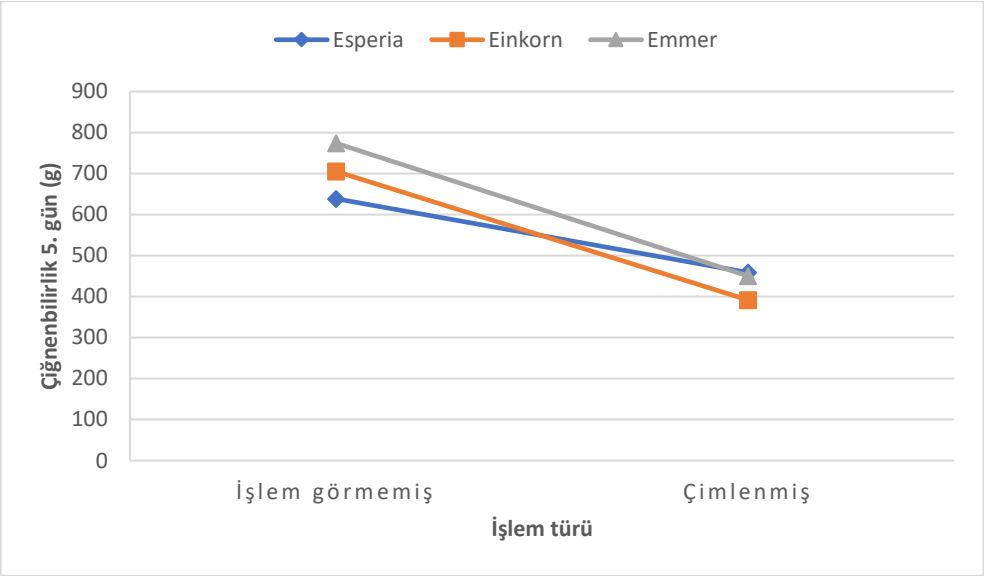
Ekmek örneklerinin ortalama 5. gün çiğnenebilirlik değeri 569.68 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.59). Varyans analizi sonuçlarına göre ekmek örneklerinin 5. gün çiğnenebilirlik değeri üzerine, buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*buğday çeşidi x işlem türü*", "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" ve "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonlarının $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.60).

Çizelge 4.61'de verilen çoklu karşılaştırma testi sonuçları buğday çeşidi açısından değerlendirildiğinde; emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama 5. gün çiğnenebilirlik değeri (611.97 g) tıpkı 5. gün sertlik değerinde olduğu gibi Esperia ve einkorn buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin aynı değerinden (548.61 g ve 548.45 g) yüksek bulunmuştur.

Sonuçlar işlem türü açısından incelendiğinde; işlem görmemiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama 5. gün çiğnenebilirlik değeri (705.97 g), çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama 5. gün çiğnenebilirlik değerinden (433.38 g) yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.61).

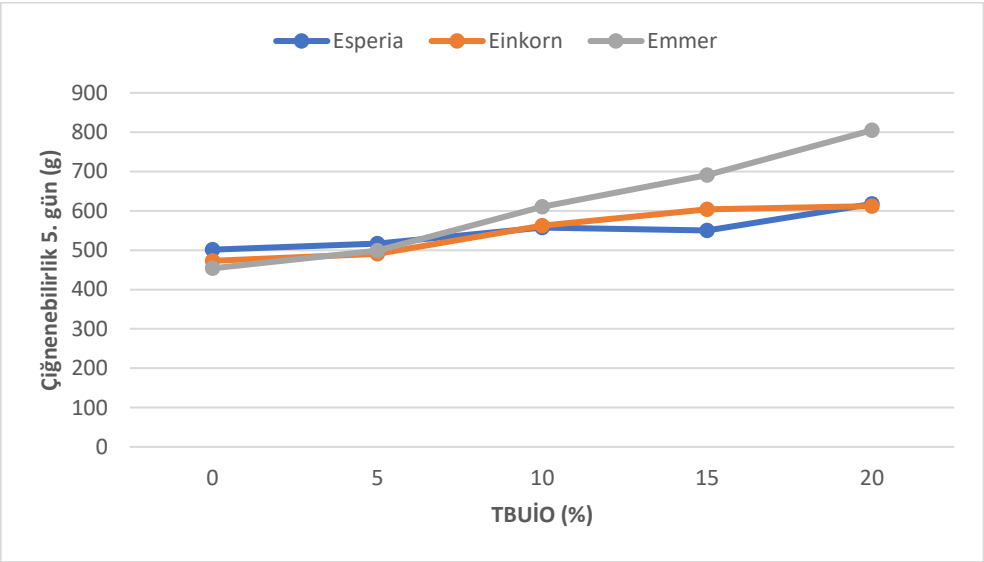
Ekmek formülasyonunda tam buğday unu ilave oranının artması ile birlikte, ekmek örneklerinin ortalama 5. gün çiğnenebilirlik değeri artış göstermiştir. Tam buğday unu ilavesiz ekmek örneğinde 476.11 g olan 5. gün ortalama çiğnenebilirlik değeri, %20 oranında tam un ilavelisi ile 1.42 kat artarak 678.19 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.61).

Ekmek örneklerinin 5. gün çiğnenebilirlik değeri üzerine etkili "*buğday çeşidi x işlem türü*" interaksiyonu incelendiğinde; çimlenme işlemi ile birlikte ekmek örneklerinin 5. gün çiğnenebilirlik değeri azalmıştır. İşlem görmemiş buğday unu ilaveli ekmek örnekleri arasında Esperia tam unu ilaveli ekmek örneklerinin çiğnenebilirlik değeri einkorn ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin aynı değerinden daha düşük olup, çimlenme ile birlikte emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin çiğnenebilirlik değerine yakın çiğnenebilirlik değeri göstermiştir (Şekil 4.104).



Şekil 4.104. Ekmek örneklerinin 5. gün çiğnenebilirlik değeri üzerinde etkili *"buğday çeşidi x işlem türü"* interaksiyonu

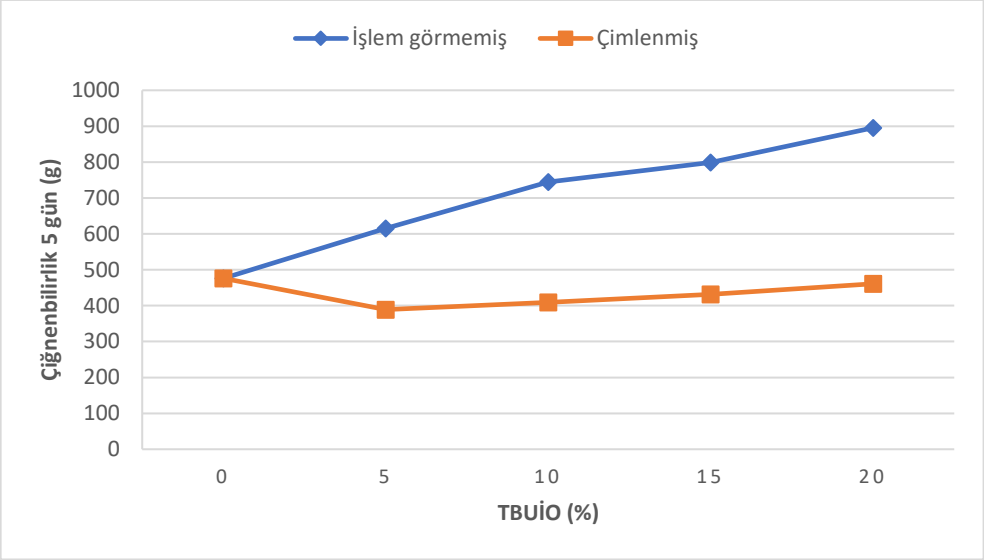
Ekmek örneklerinin 5. gün çiğnenebilirlik değeri üzerine etkili "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu Şekil 4.105'de verilmiştir. Buğday çeşidi farketmeksizin ekmek örneklerinin 5. gün çiğnenebilirlik değerleri artan ilave oranı ile artış göstermiştir. Bu artış %10 ve üzeri ilave oranında emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinde daha yüksek oranda olmuştur. Esperia ve einkorn ilaveli ekmek örnekleri tüm ilave oranlarında birbirine yakın değerler göstermiştir.



Şekil 4.105. Ekmek örneklerinin 5. gün çiğnenebilirlik değeri üzerinde etkili *"buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Çizelge 4.106'da verilen "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonuna göre; işlem görmemiş buğday unu ilave oranı ile ekmek örneklerinin

çiğnenebilirlik değeri artış göstermiştir. %5 çimlenmiş buğday unu ilavesi ekmek örneklerinin 5. gün çiğnenebilirlik değerini azaltmış olup, artan çimlenmiş buğday unu oranı çiğnenebilirlik değerini artırmış olsa da tüm ilave oranlarında çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmeklerin 5. gün çiğnenebilirlik değeri tam buğday unu ilavesiz ekmeklerin aynı değerinin altında kalmıştır. Artan ilave oranı ile birlikte işlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin 5. gün çiğnenebilirlik değerleri arasındaki fark açılmıştır.



Şekil 4.106. Ekmek örneklerinin 5. gün çiğnenebilirlik değeri üzerinde etkili *"işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Ekmek örneklerinin 5. gün esneklik değeri ortalama 0.22 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.59). Varyans analizi sonuçlarına göre; ekmek örneklerinin 5. gün esneklik değeri üzerinde buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*", "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonlarının $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.60).

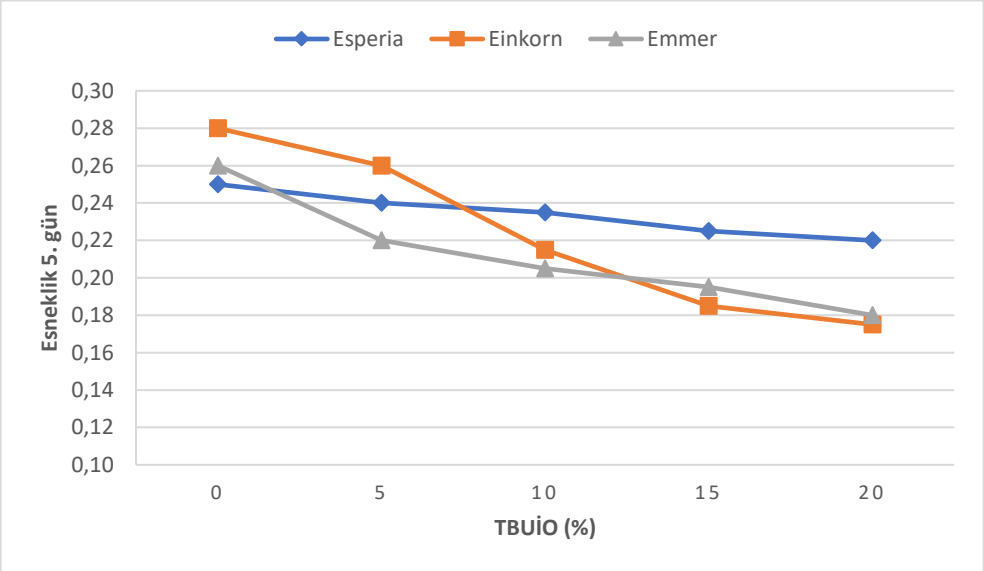
Çizelge 4.61'de verilen sonuçlar buğday çeşidi açısından incelendiğinde; en yüksek ortalama 5. gün esneklik değeri Esperia buğday unu ilaveli ekmek örneklerinde belirlenirken (0.23), bunu sırasıyla einkorn ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin esneklik değeri (0.22 ve 0.21) izlemiştir.

Elde edilen sonuçlar işlem türü açısından incelendiğinde; işlem görmemiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama 5. gün esneklik değeri 0.23 olarak, çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmeklerin aynı değeri ise 0.22 olarak belirlenmiştir. Ekmek

örneklerinin 1. ve 3. günlerinde olduğu gibi 5. gün esneklik değeri işlem görmemiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinde daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.61).

Sonuçlar tam buğday unu ilave oranı açısından değerlendirildiğinde; ekmek örneklerinin ortalama 5. gün esneklik değeri artan ilave oranı ile azalış göstermiş olup, tam buğday unu ilave oranının %0'dan %20' ye yükselmesi ile örneklerin esneklik değeri 0.26'dan 0.19'a düşmüştür (Çizelge 4.61).

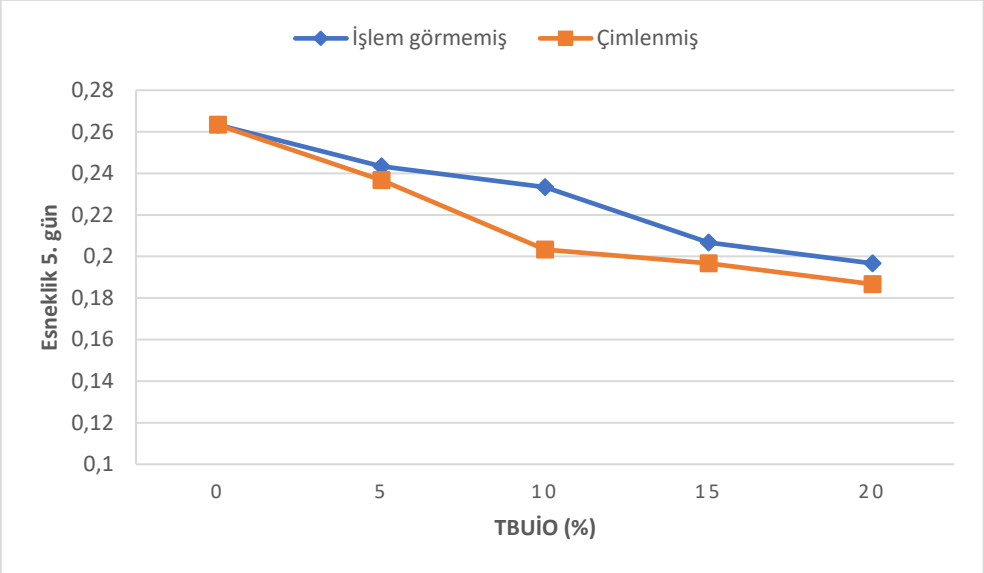
Ekmek örneklerinin 5. gün esneklik değeri üzerine etkili "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu Şekil 4.107'de verilmiştir. Buğday çeşidi farketmeksizin ekmek örneklerinin 5. gün esneklik değerinin artan ilave oranına bağlı olarak azaldığı görülmektedir. Bu azalma einkorn buğday unu ilaveli ekmek örneklerinde daha yüksek oranda gerçekleşirken, Esperia unu ilaveli ekmek örneklerinde daha düşük oranda gerçekleşmiştir. Einkorn ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin 5. gün esneklik değerleri arasındaki fark %10 ilave oranına kadar azalmış olup, %10 ve üzerindeki ilave oranlarında benzer esneklik özelliği göstermişlerdir.



Şekil 4.107. Ekmek örneklerinin 5. gün esneklik değeri üzerinde etkili *"buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Şekil 4.108'de verilen "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu incelendiğinde, işlem türü farketmeksizin ekmek örneklerinin esneklik değeri artan ilave oranı ile azalmış olup, çimlenmiş buğday unu ilaveli örneklerde tüm ilave oranlarında işlem görmemiş buğday unu ilaveli ekmeklerden daha düşük esneklik değeri belirlenmiştir. İşlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin 5.

gün esneklik değerleri arasındaki fark %10 ilave oranında en yüksek düzeye çıkmış olup, artan ilave oranı ile birlikte örneklerin esneklik değerleri birbirine yaklaşmıştır.

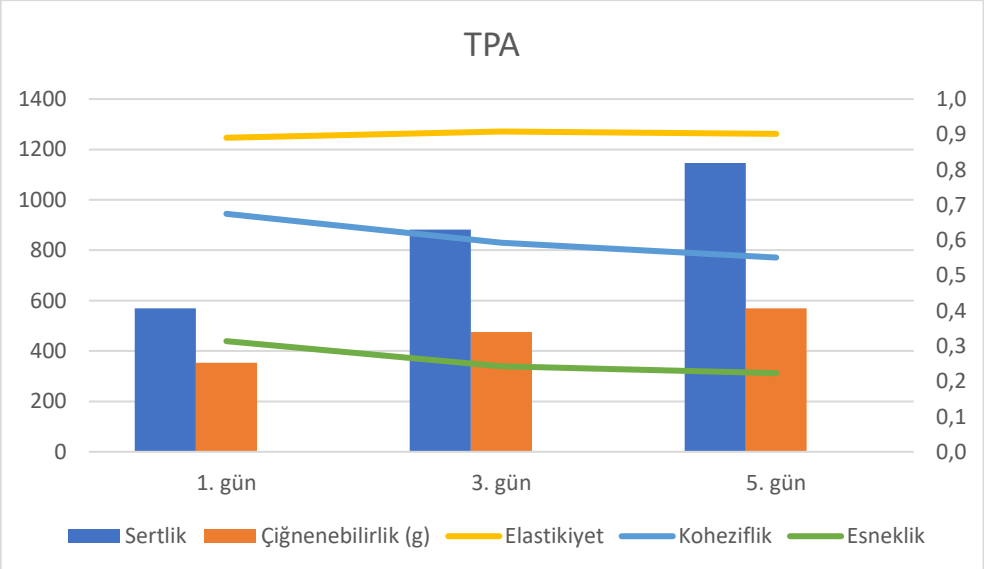


Şekil 4.108. Ekmek örneklerinin 5. gün esneklik değeri üzerinde etkili *"işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Ekmek içi karmaşık bir viskoelastik köpük malzemesine benzetilmektedir ve farklı ekmek lezzetlerini tercih eden tüketiciler için ekmek dokusu önemli bir kalite göstergesidir. Ekmek içinin mekanik özelliklerinin değerlendirilmesi, sadece pişirme prosesi için değil, aynı zamanda hamur içerikleri ve işleme koşullarındaki değişikliklerin etkilerinin değerlendirilmesi ve ayrıca depolama sırasında ekmek içi değişikliklerinin açıklanması açısından da önemlidir (Korczyk-Szabó ve Lacko-Bartošová, 2013).

Çizelge 4.53 verilen 1. gün TPA sonuçlarının ortalamaları, 4.56 verilen 3. gün TPA sonuçlarının ortalamaları ve 4.59'da verilen 5. gün TPA sonuçlarının ortalamaları birlikte değerlendirildiğinde; ekmek örneklerinin 5. gün sertlik değerinin (1146.14 g), analizin 1. gününde belirlenen sertlik değerinden (568.943 g) daha yüksek olduğu belirleniştir. Depolama sırasındaki sertlik artışı, esas olarak amilopektinin yeniden kristalleşmesine atfedilmiştir, ancak ekmek içi ve ekmek kabuğu arasındaki nem difüzyonu, ekmek içi gözenek yapısı (Özkaya ve ark., 2018) ve nişasta-gluten etkileşimleri gibi diğer reaksiyonlarda sertlik artışına katkıda bulunmuş olabilir (Zobel ve Kulp, 1996; Gray ve Bemiller, 2003; Goesaert ve ark., 2009). Charoenthaikij ve ark. (2009) buğday ununa %40 oranında çimlendirilmiş esmer pirinç unu ikame edilerek hazırlanan ekmek örneklerinin 5 günlük depolama süresinde sertlik değerinin 4.16 N'dan 10.37 N'a yükseldiğini bildirmiştir.

Elde edilen sonuçlar ekmeklerin koheziflik değerinin azaldığını ve en düşük kohezifklik değerinin 5. gün belirlendiğini yansıtmaktadır. Boz ve Karaoğlu (2013) tam buğday unu ile hazırlanan ekmek örneklerinin koheziflik değerinin artan depolama süresi ile farklı oranlarda azaldığını bildirmişlerdir. Şekil 4.109'da verilen sonuçlar ekmeklerin çiğnenebilirlik değeri açısından incelendiğinde; TPA analiz süresinin uzaması ile birlikte ekmeklerin çiğnenebilirlik değeri artış göstermiştir. 1. gün 353.81 g olarak belirlenen çiğnenebilirlik değeri 5. gün 569.68 g olarak bildirilmiştir. TPA analizinin 1. gününde belirlenen esneklik değeri, 5. gün ölçülen esneklik değerinden yüksek bulunmuştur. Bu durum hem amilopektin retrogradasyonu (ve glutenden nişastaya ilgili nem geçişi) hem de ekmek içinden ekmek kabuğuna nem geçişi ile ilgili olarak ekmek içi sertliği artırırken esnekliğinde azalmasına katkıda bulunmasından kaynaklı olabilir. Ning ve ark. (2017) depolamanın birinci gününde nişasta redrogradasyonunun, depolamanın 5. gününe kıyasla daha az oranda gerçekleştiğinden 1. gün ekmek örneklerinin esneklik değerinin 5. günden yüksek olduğunu ifade etmişlerdir. Goasaert ve ark. (2009), 6 günlük depolamadan sonra ekmeğin sertliğindeki artış ile birlikte esnekliğini daha fazla kaybeden gluten ağı nedeniyle ekmek örneklerinin esneklik değerinde azalma olduğu sonucuna varmışlardır.



Şekil 4.109. Ekmek örneklerinin 1., 3. ve 5. gün TPA değerlerinde meydana gelen değişiklikler

Lomolino ve ark. (2017), einkorn ve ekmeklik buğday unundan üretilen ekmek mayası ve ekşi mayalı ekmek örneklerinin tekstürel özelliklerini karşılaştırdıkları

çalışmalarında; maya çeşidi fark etmeksizin einkorn ekmeklerinin, ekmeklik buğday unundan üretilen ekmek örneklerinden daha sıkı yapı gösterdiğini bildirmişlerdir.

Majzoobi ve ark. (2016), tam yulaf unu kullanılarak hazırlanan ekmek örneklerinin çiğnenebilirlik değerinin depolama ile arttığını rapor etmişlerdir. Çalışmada ekmek piştirildikten 1 saat sonra %30 yulaf katkılı ekmek örneğinin çiğnenebilirlik değerinin 94.31 g'dan 72 saat sonra 191.63 g'a yükseldiğini, aynı çalışmada rafine beyaz undan üretilen ekmek örneğinin başlangıçta 40.25 g olan çiğnenebilirlik değerinin ise 66.86 g' ye yükseldiğini ifade etmişlerdir.

Ghoshal ve ark (2013), farklı depolama şartlarında (25 ºC ve 4 ºC) ekmeğin kalite özellikleri üzerindeki etkisini incelemek için tam buğday ekmeği üretiminde ksilenaz kullandıkları çalışmalarında; kontrol örneği olarak ürettikleri tam buğday ekmeğinin sertlik, koheziflik, elastikiyet, esneklik ve çiğnenebilirlik değerlerini sırasıyla 450.00 g, 0.61, 0.92, 0.31 ve 252.50 g olarak bildirmişlerdir.

Millar ve ark. (2019) farklı işlemler uyguladıkları bezelye unlarını ekmek üretiminde %30 oranında rafine buğday unu ile yer değiştirerek kullanmışlardır. Buğday unundan ürettikleri ekmek örneklerinin esneklik değeri 0.39 olup ham bezelye unu ile üretilen örneklerin aynı değeri 0.25 iken çimlenmiş bezelye unu kullanımı ile 0.22 olarak bildirilmiştir. Depolamanın 1. gününden 6. gününde kadar bütün ekmeklerin esneklik değerinin azaldığını rapor etmişlerdir.

Rosales-Juárez ve ark. (2008) farklı oranlarda (% 0.5-1.5) tam soya fasulyesi unu ve çimlenmiş soya fasulyesi unu ile hazırladıkları ekmeklerde, soya fasulyesi unu ilavesi ile ekmeklerin orijinal durumunu geri kazanma kapastesinin iyileştiğini gözlemlemişler ve çimlenmiş soya fasulyesi unlarıyla üretilen ekmeklerin, kontrol numunesine ve tam soya unu katkılı ekmeklere kıyasla daha iyi bir geri kazanıma sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Blandino ve ark. (2013) buğday kepeğini %0-25 oranında ekmek üretiminde kullandıkları çalışmalarında; kontrol ekmeğinin sertlik değerini 1.82 N olarak bildirirken, %25 oranında buğday kepeği kullanılarak hazırlanan ekmek örneklerinin sertlik değerini 7 N olarak bildirmişlerdir.

Ouazib ve ark. (2016) farklı işlemler uyguladıkları (ham, çimlenmiş, kavrulmuş ve pişirilmiş) nohutların unlarını ekmek üretiminde kullanmışlar ve çimlenmiş nohut ununun ekmek örneklerinin elastikiyet değerini sayısal olarak azalttığını bildirmişlerdir.

Kaack ve ark. (2006), buğday ununun patates posasından elde edilmiş 5 farklı lif ile ikame edildiği ekmeğin fonksiyonel özelliklerini karşılaştırdıkları çalışmada; lif ikame oranının artmasının ekmek içi sertliği ve çiğnenebilirliği artırdığını bildirmişleridir. Artan ekmek sertliği ile numuneyi çiğnemek için gereken enerji artırmıştır.

Sakr (2020) 3 ve 6 gün çimlendirilmiş buğdaylardan elde edilen ekmek örneklerinin TPA analiz sonuçlarını inceledikleri çalışmalarında; kontrol örneğine kıyasla çimlenme süresinin artmasına bağlı olarak ekmek örneklerinin esneklik, koheziflik ve esneklik değerlerinin azaldığını bildirmişlerdir.

4.6.4. Ekmek örneklerine ait kimyasal analiz sonuçları

Esperia, einkorn ve emmer buğdaylarından elde edilen işlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unu ilavesi ile yapılan ekmek örneklerine ait bazı kimyasal analiz sonuçları (nem, kül, protein, yağ ve TBL) Çizelge 4.62'de ve bazı antibesinsel ve biyoaktif bileşenlere ait analiz sonuçları (fitik asit, TSP, TFM, DPPH, FRAP ve CUPRAC) Çizelge 4.65'de verilmiştir. Bu değerlere ait varyans analizi sonuçları sırasıyla Çizelge 4.63 ve 4.66'de, çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise sırasıyla Çizelge 4.64 ve 4.67'de özetlenmiştir.

4.6.4.1. Nem

Esperia, einkorn ve emmer buğdayları kullanılarak üretilen ekmek örneklerinin nem miktarı %37.47 ile %40.44 arasında değişiklik göstermiştir (Çizelge 4.62). Varyans analizi sonuçlarına göre; ekmek örneklerinin nem miktarı üzerinde buğday çeşidi ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri $p<0.01$ düzeyinde, işlem türü faktörünün ise $p<0.05$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.63).

Çizelge 4.64'de verilen sonuçlara göre ekmek örneklerinin nem içeriği kullanılan buğday çeşidinden etkilenmiş olup, emmer buğdayı içeren örneklerin nem miktarı (%39.59), sırasıyla einkorn ve Esperia buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin nem miktarından (%39.05 ve %38.50) daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.64). Protonotariou ve ark. (2020) mikronize tam buğday unu kullanarak ürettikleri ekmek örneklerinin nem içeriği ile ekmek tesktür özellikleri ve ekmek rengi arasında ilişki olduğunu vurgulamışlardır. Nem içeriğinin, ekmek içi gözenek yapısı ve ekmek kabuk L^* değeri

ile negatif korelasyon gösterdiğini bildirmişlerdir. Çalışmada en yüksek nem içeriğine sahip emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin daha sert ekmek içi ve daha az parlak ekmek kabuğu rengi bu açıklamaları doğrular niteliktedir.

Ekmek örneklerinin nem içeriği buğdaylara uygulanan işlem türü açısından değerlendirildiğinde; işlem görmemiş tam buğday unu ilaveli örneklerin nem içeriği %39.22 olarak belirlenirken, çimlenmiş buğday unu kullanılmasıyla birlikte nem içeriği azalmış ve %38.88' değerine düşmüştür (Çizelge 4.64). Bu durum çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmeklerin formülasyonunda daha az su kullanılması ile ilgili olabilir (Çizelge 3.2).

Çizelge 4.62. Ekmek örneklerine ait nem, kül, protein, yağ ve TBL analiz sonuçları[1]

Buğday çeşidi	İşlem türü	TBUİO[2] (%)	Nem (%)	Kül (%)	Protein (%)	Yağ (%)	TBL[3] (%)
Esperia	İşlem görmemiş	0	39.17±0.11	1.07±0.03	12.43±0.18	1.27±0.00	3.04±0.06
		5	38.55±0.17	1.15±0.06	12.64±0.04	1.36±0.01	3.57±0.12
		10	38.48±0.21	1.21±0.05	12.82±0.04	1.40±0.03	4.17±0.09
		15	38.32±0.07	1.33±0.02	13.13±0.09	1.45±0.09	4.51±0.14
		20	38.20±0.04	1.44±0.04	13.26±0.04	1.48±0.06	5.18±0.05
	Çimlenmiş	0	39.17±0.11	1.07±0.03	12.43±0.18	1.27±0.00	3.04±0.06
		5	38.57±0.21	1.19±0.01	12.69±0.18	1.30±0.01	3.64±0.19
		10	38.41±0.03	1.27±0.01	12.95±0.09	1.34±0.01	4.33±0.12
		15	38.11±0.55	1.40±0.00	13.13±0.09	1.36±0.09	4.64±0.11
		20	37.89±0.26	1.51±0.03	13.39±0.09	1.40±0.05	5.37±0.08
Einkorn	İşlem görmemiş	0	39.81±0.24	1.09±0.00	12.25±0.20	1.29±0.00	3.11±0.18
		5	39.89±0.20	1.16±0.04	12.86±0.53	1.38±0.03	3.42±0.10
		10	39.46±0.48	1.26±0.03	13.21±0.09	1.40±0.00	3.78±0.11
		15	39.17±0.26	1.36±0.03	13.30±0.09	1.46±0.02	4.03±0.16
		20	38.57±0.08	1.50±0.03	13.65±0.18	1.53±0.03	4.26±0.05
	Çimlenmiş	0	39.81±0.24	1.09±0.00	12.25±0.20	1.29±0.00	3.11±0.18
		5	38.77±0.61	1.22±0.03	12.91±0.13	1.34±0.02	3.69±0.14
		10	38.51±0.34	1.31±0.01	13.48±0.35	1.36±0.04	3.90±0.09
		15	38.51±0.88	1.42±0.02	13.65±0.18	1.42±0.01	4.19±0.16
		20	38.06±0.72	1.61±0.02	13.91±0.09	1.49±0.01	4.38±0.07
Emmer	İşlem görmemiş	0	40.44±0.36	1.10±0.06	12.54±0.29	1.27±0.01	3.05±0.21
		5	39.97±0.22	1.17±0.04	12.78±0.18	1.41±0.03	3.39±0.20
		10	39.80±0.19	1.24±0.03	13.21±0.09	1.43±0.01	3.72±0.17
		15	39.55±0.09	1.44±0.11	13.91±0.18	1.48±0.02	3.95±0.17
		20	39.15±0.13	1.62±0.08	14.35±0.53	1.58±0.03	4.11±0.05
	Çimlenmiş	0	40.44±0.36	1.10±0.06	12.54±0.29	1.27±0.01	3.05±0.21
		5	40.04±0.56	1.20±0.00	13.04±0.61	1.32±0.02	3.67±0.22
		10	39.72±0.52	1.34±0.00	13.26±0.04	1.38±0.03	3.81±0.03
		15	39.48±0.84	1.55±0.02	14.04±0.57	1.43±0.00	4.02±0.19
		20	37.47±0.25	1.76±0.04	14.44±0.35	1.48±0.00	4.20±0.15
Minimum-maksimum			37.47-40.44	1.07-1.76	12.25-14.44	1.27-1.58	3.04-5.37
Ortalama±std			39.03±0.75	1.31±0.18	13.15±0.58	1.39±0.08	3.88±0.59

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. [2]Tam buğday unu ilave oranı. [3]Toplam besinsel lif.

Çizelge 4.63. Ekmek örneklerinin nem, kül, protein, yağ ve TBL değerlerine ait varyans analizi sonuçları[1]

VK	SD	Nem		Kül		Protein		Yağ		TBL[2]	
		KT	F	KT	F	KT	F	KT	F	KT	F
Buğday çeşidi(A)	2	11.81	20.96**	0.08	12.00**	2.13	47.99**	0.02	4.82*	2.30	30.69**
İşlem türü (B)	1	1.69	6.00*	0.05	16.11**	0.15	6.90*	0.04	17.61**	0.21	5.47*
TBUİO[3] (C)	4	15.64	13.89**	1.79	141.01**	12.26	138.27**	0.32	39.42**	16.54	110.10**
(AxB)	2	0.92	1.63ns	0.00	0.49ns	0.02	0.53ns	0.00	0.74ns	0.00	0.03ns
(AxC)	8	1.84	0.81ns	0.06	2.47*	1.60	9.00**	0.01	0.72ns	1.98	6.59**
(BxC)	4	1.13	0.99ns	0.02	1.59ns	0.04	0.46ns	0.01	1.24ns	0.07	0.44ns
(AxBxC)	8	2.23	1.00ns	0.00	0.17ns	0.06	0.34ns	0.00	0.20ns	0.04	0.12ns
Hata		8.44		0.10		0.66		0.06		1.13	

[1]* p<0.05 düzeyinde önemli, ** p<0.01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz. [2]Toplam besinsel lif. [3]Tam buğday unu ilave oranı.

Çizelge 4.64. Ekmek örneklerinin nem, kül, protein, yağ ve TBL değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	n	Nem (%)	Kül (%)	Protein (%)	Yağ (%)	TBL[2] (%)
Buğday çeşidi						
Esperia	20	38.50±0.37c	1.26±0.15b	12.88±0.32b	1.36±0.07b	4.15±0.78a
Einkorn	20	39.06±0.58b	1.30±0.16b	13.15±0.55ab	1.40±0.07ab	3.79±0.43b
Emmer	20	39.59±0.80a	1.35±0.22a	13.41±0.69a	1.41±0.09a	3.70±0.39b
İşlem türü						
İşlem görmemiş	30	39.22±0.64a	1.28±0.16b	13.09±0.55a	1.41±0.09a	3.81±0.57b
Çimlenmiş	30	38.88±0.82b	1.34±0.20a	13.21±0.60a	1.36±0.07b	3.94±0.61a
TBUİO[3] (%)						
0	12	39.77±0.57a	1.09±0.01e	12.40±0.12e	1.28±0.01d	3.07±0.03e
5	12	39.30±0.65ab	1.18±0.02d	12.53±0.13cd	1.35±0.04c	3.56±0.12d
10	12	39.09±0.55b	1.27±0.05c	13.16±0.21bc	1.38±0.03bc	3.95±0.22c
15	12	38.86±0.60b	1.42±0.07b	13.53±0.37ab	1.43±0.04b	4.22±0.26b
20	12	38.23±0.54c	1.57±0.11a	13.84±0.45a	1.50±0.05a	4.58±0.50a

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05). [2]Toplam besinsel lif. [3]Tam buğday unu ilave oranı.

Sonuçlar tam buğday unu ilave oranı açısından incelendiğinde; artan tam buğday unu ilave oranına bağlı olarak ekmek örneklerinin nem içeriği azalmıştır. Tam buğday unu ilavesiz ekmek örneklerinde %39.77 olarak belirlenen nem miktarı, %20 tam un ilavesi ile %38.23'e düşmüştür (Çizelge 4.64).

4.6.4.2. Kül

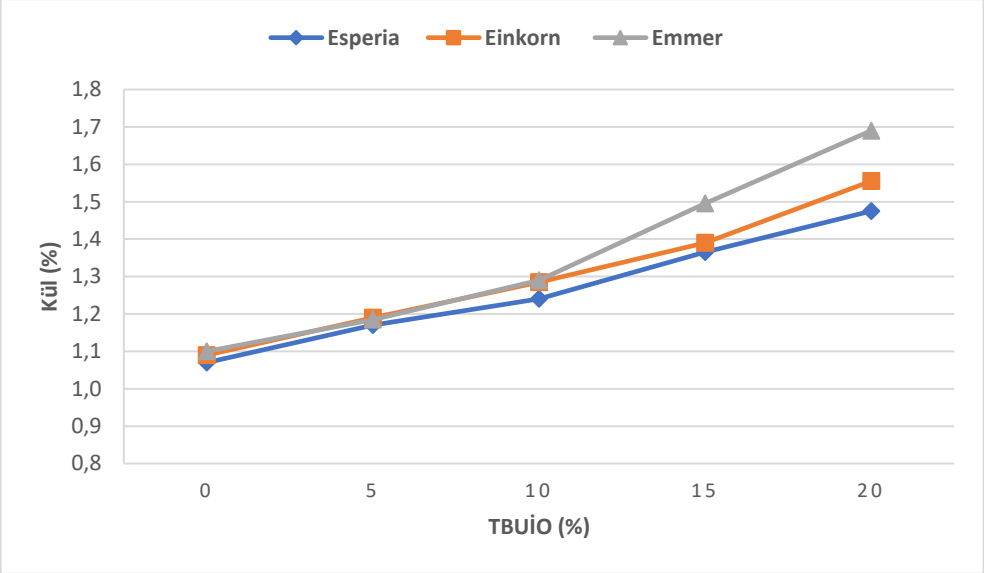
Ekmek örneklerinin kül miktarı %1.07-1.76 arasında değişmekte olup, ortalama %1.31 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.62). Varyans analizi sonucuna göre, ekmek örneklerinin kül miktarı üzerinde buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörlerinin $p<0.01$ düzeyinde, "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonunun ise $p<0.05$ düzeyinde önemli etkiye sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.63).

Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre; emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin kül miktarı (%1.35), einkorn ve Esperia buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin aynı değerinden (%1.30 ve %1.26) yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.64). Bu durum, hem einkornun hem de Esperia buğday unlarının, emmer buğday ununa kıyasla daha düşük kül içeriğine sahip olmasından kaynaklanmış olabilir (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.64 işlem türü açısından incelendiğinde; çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin kül içeriği (%1.34), işlem görmemiş tam buğday unu ile hazırlanan ekmek örneklerinin kül içeriğinden (%1.28) daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum çimlenme sırasında artan α-amilaz aktivitesinin sonucu olarak nişasta moleküllerinin basit şekerlere parçalanması ve bu şekerlerin çimlenme sırasında enerji kaynağı olarak kullanılması ile tanenin yapısında diğer bulunan bileşenlerin oransal olarak artmasıyla ilişkilendirilmektedir (Koehler ve ark., 2007).

Sonuçlar ekmek formülasyonunda kullanılan tam buğday unu ilave oranı açısından incelendiğinde; tam buğday unu ilave oranının arttırılması sonucu ekmek örneklerinin kül miktarının arttığı görülmüştür (Çizelge 4.64). Tam buğday unu ilavesiz ekmek örneklerinin ortalama kül miktarı %1.09 olarak belirlenirken, en yüksek ilave oranında (%20) kül içeriği %1.57 ye yükselmiştir. Bu durum, Esperia, einkorn ve emmer buğdaylarının buğday ununa kıyasla daha yüksek kül içeriğine sahip olmasından kaynaklanmış olabilir (Çizelge 4.20).

Ekmek örneklerinin kül miktarı üzerinde p<0.05 düzeyinde etkili *"buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu Şekil 4.110'da verilmiştir. Buna göre, buğday çeşidi farketmeksizin tam buğday unu ilave oranının artmasına bağlı ekmek örneklerinin kül miktarı artış göstermiştir. Bu artış %10 ilave oranı üzerinde emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinde daha yüksek oranda gerçekleş olup, Esperia ve einkorn ilaveli ekmek örneklerinin kül içeriği ile aralarındaki fark açılmıştır. Tüm ilave oranlarında Esperia ve einkorn buğday unu ilaveli ekmek örneklerini kül miktarı birbirine yakın değerler göstermiştir.



Şekil 4.110. Ekmek örneklerinin kül miktarı üzerinde etkili *"buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

4.6.4.3. Protein

Ekmek örneklerinin protein miktarı %12.25 ile %14.44 arasında değişim göstermiş olup, ortalama %13.15 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.62). Varyans analizi sonucuna göre işlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unu ile hazırlanan ekmek örneklerinin protein miktarı üzerinde buğday çeşidi ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile *"buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonunun p<0.01 düzeyinde, işlem türü faktörünün ise p<0.05 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.63).

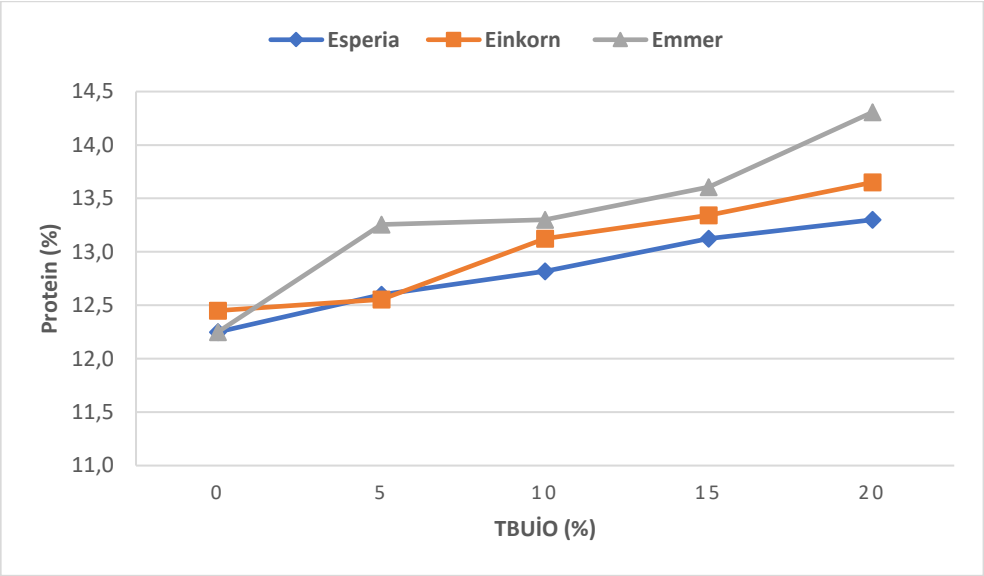
Ekmek örneklerinin protein miktarı üzerinde buğday çeşidinin etkisi incelendiğinde; emmer buğday unu ilavesi ile hazırlanan ekmek örneklerinin ortalama protein miktarı (%13.41), Esperia buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama protein

içeriğinden (%12.88) daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.64). Einkorn tam un ilaveli ekmek örneklerinin ortalama protein içeriği ise %13.15 olarak belirlenmiştir. Emmer buğdayının yüksek protein içeriğinin bu sonucun elde edilmesinde etkili olduğu düşünülmektedir (Çizelge 4.20). Emmer ve einkorn buğdaylarının yüksek protein ve kül içeriği tanelerinin küçük boyutuna ve dolayısıyla özellikle proteinler ve mineraller açısından zengin olan dış tohum katmanlarını daha yüksek orandaiçermelerine bağlanabilir (Pomeranz, 1988).

Sonuçlar işlem türü faktörü açısından değerlendirildiğinde; çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama protein miktarı %13.21, işlem görmemiş buğday unu ile hazırlanan ekmek örneklerinin ortalama protein miktarı ise %13.09 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.64). Çimlenmiş buğday unlarının ekmek formülasyonuna ilave edilmesi ile örneklerinin protein miktarında artış olmuş olsa da, bu artış istatistiki olarak önemli bir fark oluşturmamıştır. Liu ve ark. (2020) farklı oranlarda (%25, 50, 75 ve 100) çimlenmiş buğday ununu makarna üretiminde kullanmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre çimlenmiş buğday unu kullanımı ile makarna örneklerinin protein içeriğinin arttığını bildirmişlerdir. Çalışmada %100 işlem görmemiş buğday unu kullanımı ile %12.23 olarak belirlenen protein miktarı, %100 çimlenmiş buğday unu kullanımı ile %12.91 olarak rapor edilmiştir.

Çoklu karşılaştırma testi sonuçları tam buğday unu ilave oranı bakımından incelendiğinde; ekmek örneklerinin protein içeriğinin formülasyonda kullanılan tam buğday unu ilave oranının artmasına bağlı olarak arttığı görülmüştür. Tam buğday unu ilavesiz ekmek örneklerinde %12.40 olan ortalama protein miktarı, %20 tam un ilavesi ile %13.84'e yükselmiştir (Çizelge 4.64). Bu artışın nedeni katkı materyali olarak kullanılan Esperia, einkorn ve emmer buğdayı tam unlarının protein miktarlarının rafine buğday ununun protein miktarından yüksek olmasına bağlanabilir (Çizelge 4.20).

Ekmek örneklerinin protein miktarı üzerinde etkili *"buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonunun verildiği Şekil 4.111 incelendiğinde; Esperia, einkorn ve emmer buğdaylarına ait tam un ilavesi ile ekmek örneklerinin protein içeriği artış göstermiştir. Bu artış tüm ilave oranlarında emmer tam buğday unu ilaveli örneklerde daha yüksek oranda gerçekleşmiştir. %5 ilave oranında Esperia ve einkorn ilaveli ekmek örnekleri birbirine en yakın protein içeriğini gösterirken, %15 ilave oranı üzerinde Esperia, einkorn ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin protein miktarları arasındaki fark açılmıştır.



Şekil 4.111. Ekmek örneklerinin protein miktarı üzerinde etkili *"buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

4.6.4.4. Yağ

Esperia, einkorn ve emmer buğdaylarına ait işlem görmemiş ve çimlenmiş tam unlarının kullanıldığı ekmek örneklerinin yağ miktarı %1.27 ile %1.58 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.62). Yapılan varyans analizi sonucunda örneklerin yağ miktarı üzerinde işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörlerinin $p<0.01$ düzeyinde, buğday çeşidi faktörünün ise $p<0.05$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.63).

Çizelge 4.64'de verilen sonuçlara göre; emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama yağ miktarı (%1.41), Esperia buğday unu ilaveli örneklerin ortalama yağ miktarından (%1.36) daha yüksek bulunmuştur. Einkorn tam unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama yağ miktarı (%1.40) hem Esperia hem de emmer tam un ilaveli ekmek örneklerinin ortalama yağ miktarları ile istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır.

Sonuçlar işlem türü açısından değerlendirildiğinde, işlem görmemiş buğday unu kullanılarak hazırlanan ekmek örneklerinin ortalama yağ miktarı (%1.41), çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama yağ miktarından (%1.36) yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.64). Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.20'de verilen tam buğday unlarının yağ içerikleri ile uyumlu olup, çimlenmiş buğday unlarının yağ içerikleri daha düşük bulunmuştur.

Elde edilen sonuçlar tam buğday unu ilave oranı açısından değerlendirildiğinde; artan tam buğday unu ilave oranı ile birlikte ekmek örneklerinin yağ içeriğinin arttığı görülmektedir. Tam buğday unu ilavesiz ekmek örneklerini ortalama yağ miktarı %1.28 olarak belirlenmiş, %20 tam un ilavesi ile bu değerin ortalama %1.50'ye yükseldiği bulunmuştur. %5, 10 ve 15 ilave oranlarında ekmek örneklerinin ortalama yağ miktarı istatistiksel olarak aynı grupta yer aldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.64).

4.6.4.5. Toplam besinsel lif

Ekmek örneklerinin toplam besinsel lif (TBL) miktarı %3.04 ile %5.37 arasında değişmekte olup, ortalama %3.88 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.62). Varyans analizi sonuçlarına göre; ekmek örneklerinin TBL miktarı üzerinde buğday çeşidi ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonun $p<0.01$ düzeyinde, işlem türü faktörünün ise $p<0.05$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.63).

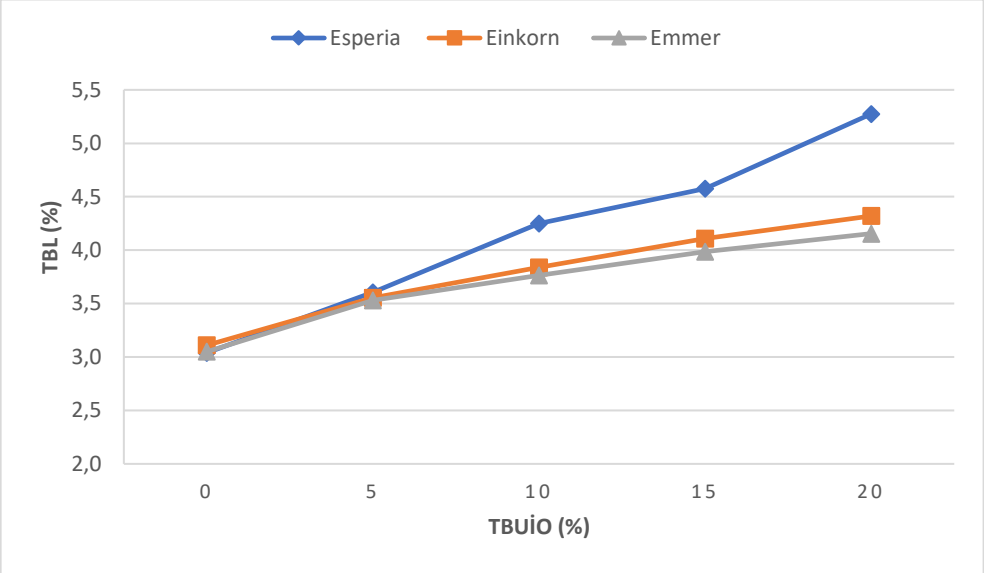
Çizelge 4.64'de verilen sonuçlar buğday çeşidi açısından değerlendirildiğinde; Esperia buğday unu kullanılan örneklerde ortalama %4.15 olarak belirlenen TBL miktarı, einkorn ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama TBL miktarından (%3.79 ve %3.70) daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.70) Modern ekmeklik Esperia buğdayının, ilkel einkorn ve emmer buğdaylardan daha yüksek TBL içeriğine sahip olması; Esperia ekmek örneklerinde de daha yüksek TBL miktarının elde edilmesine neden olmuş olabilir.

Sonuçlar işlem türü açısından değerlendirildiğinde; çimlenmiş buğday unu kullanılan ekmek örneklerinin ortalama TBL miktarı (%3.94), işlem görmemiş undan üretilen ekmek örneklerin ortalama TBL miktarından (%3.81) daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.64).

Ekmek üretiminde artan oranda tam buğday unu kullanılması ile birlikte, örneklerin TBL miktarı artış göstermiştir. Tam buğday unu ilavesiz ekmek örneklerinin ortalama TBL içeriği ile karşılaştırıldığında, %20 tam un ilaveli ekmek örneklerinin TBL içeriği 1.49 kat artarak ortalama %4.58 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.64).

Ekmek örneklerinde TBL miktarı üzerine etkili ($p<0.01$) olan "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu Şekil 4.112'de verilmiş olup formülasyonda kullanılan tam buğday unu oranının artmasına ile ekmek örneklerinin TBL miktarı

artmıştır. Artış oranı %5 ilave oranı üzerinde Esperia buğday unu ilaveli örneklerde daha yüksek bulmuş olup, einkorn ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örnekleri birbirine benzer ve daha düşük oranda artış göstermiştir. Artan ilave oranı ile birlikte Esperia buğday unu kullanılan örnekler ile einkorn ve emmer unu katkılı örnekler arasındaki TBL miktarı farkı açılmıştır.



Şekil 4.112. Ekmek örneklerinin TBL miktarı üzerinde etkili *"buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

4.6.4.6. Fitik asit

Esperia, einkorn ve emmer buğday unlarının kullanılması ile hazırlanan ekmek örneklerinin fitik asit miktarı 172.01 ile 460.28 mg/100g arasında değişim göstermekte olup, ortalama 301.77 mg/100g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.65). Varyans analizi sonuçlarına göre örneklerin fitik asit miktarı üzerinde buğday çeşidi ve tam buğday unu ilave oranı faktörlerinin $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.66).

Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre ilkel buğday çeşitlerinin (einkorn ve emmer) kullanımı ekmek örneklerinin fitik asit içeriğini artırmıştır (Çizelge 4.67). Emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama fitik asit içeriği 327.68 mg/100 g olarak belirlenmiş olup, Esperia buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin fitik asit içeriğinden (271.79 mg/100 g) yüksek bulunmuştur. İlkel buğdayların kepek oranının daha yüksek olması ve fitik asitn yoğun olarak bu tabakada bulunması ilkel buğdaylardan üretilen ekmek örneklerinin fitik asit içeriğini artırmış olabilir (Hendek Ertop, 2019).

Sonuçlar işlem türü bakımından incelendiğinde; çimlenmiş buğday unu kullanımı ekmek örneklerinin fitik asit içeriğini azaltmıştır (Çizelge 4.67). İşlem görmemiş tam buğday unu ile hazırlanan ekmek örneklerinin ortalama fitik asit içeriği (313.32 mg/100g), çimlenmiş buğday unu ile hazırlanan ekmek örneklerinin ortalama fitik asit içeriğinden (291.81mg/100 g) daha yüksek bulunmuştur. Bu durum çimlenmiş buğday unlarının daha düşük fitik asit içeriği ile ilgili olabilir (Çizelge 4.21). Fitaz aktivitesinin çimlenme ile artması çimlenmiş buğday unlarındaki fitik asit içeriğinin azalmasında etkili bir yöntemdir. Azeke ve ark. (2011) buğday örneklerinin çimlenmenin başlangıcında 5.6 mg/g olan fitat içeriğinin, çimlendirme işlemi ile %81-88 oranında azalarak çimlenmenin 10. gününde 0.79 mg/g düştüğünü bildirmişlerdir.

Çizelge 4.65. Ekmek örneklerine ait fitik asit, TSP, TFM ve antioksidan aktivite sonuçları[1]

Buğday çeşidi	İşlem türü	TBUİO (%)	Fitik asit (mg/100g)	TSP[3] µg/g (LE)	TFM[4] (mg GAE/kg)	DPPH[5] (mg TE/kg)	FRAP[6] (µmol TE/g)	CUPRAC[7] (µmol TE/g)
Esperia	İşlem görmemiş	0	172.61±13.70	1.17±0.04	330.07±51.43	64.21±3.03	0.12±0.02	1.21±0.26
		5	224.66±36.99	1.34±0.08	337.98±36.10	116.29±6.09	0.30±.08	2.35±0.10
		10	301.38±37.03	1.48±0.01	348.39±48.39	154.52±9.23	0.32±0.07	2.71±0.02
		15	345.21±45.00	1.79±0.07	354.00±20.14	204.33±10.09	0.56±0.06	2.83±0.02
		20	389.05±26.60	1.84±0.04	371.44±31.73	243.71±20.09	0.56±0.29	3.18±0.02
	Çimlenmiş	0	172.61±13.70	1.17±0.04	330.07±19.08	64.21±3.03	0.12±0.02	1.21±0.26
		5	175.35±54.80	1.37±0.01	404.48±21.14	139.33±18.00	0.32±0.04	2.47±0.02
		10	238.36±46.58	1.66±0.02	459.53±16.99	169.96±21.44	0.44±0.03	3.12±0.13
		15	323.30±30.00	1.86±0.02	479.78±13.39	216.90±28.30	0.74±0.10	4.05±0.11
		20	375.35±46.58	2.07±0.01	560.12±30.09	251.10±4.99	1.34±0.08	4.36±0.20
Einkorn	İşlem görmemiş	0	184.32±25.65	1.23±0.05	341.08±11.01	67.23±6.06	0.13±0.01	1.19±0.02
		5	265.76±32.74	1.47±0.06	344.69±13.34	121.47±24.17	0.30±0.04	2.57±0.04
		10	301.38±50.00	1.75±0.05	358.03±31.22	142.89±14.36	0.53±0.06	2.87±0.04
		15	369.87±52.06	1.98±0.13	365.47±29.07	232.03±6.09	0.79±0.01	2.97±0.06
		20	454.81±39.70	2.18±0.10	385.01±6.13	245.23±32.08	1.21±0.09	3.33±0.02
	Çimlenmiş	0	184.32±25.65	1.23±0.05	341.08±11.02	67.23±6.06	0.13±0.01	1.19±0.02
		5	246.58±25.57	1.61±0.01	424.94±29.32	144.74±22.33	0.42±0.03	2.85±0.12
		10	283.89±18.02	2.08±0.02	482.26±18.97	230.46±12.08	0.77±0.07	3.25±0.24
		15	372.61±23.29	2.22±0.02	509.69±13.83	250.03±38.22	0.99±0.07	4.32±0.23
		20	418.27±14.61	2.36±0.10	555.06±47.08	283.84±30.13	1.45±0.19	4.50±0.24
Emmer	İşlem görmemiş	0	172.01±13.70	1.29±0.04	332.12±19.97	61.18±3.03	0.11±0.00	1.20±0.01
		5	268.50±10.96	1.32±0.01	358.56±66.38	119.30±18.04	0.34±0.13	2.67±0.17
		10	339.73±21.92	1.43±0.05	361.87±25.05	194.94±24.42	0.57±0.10	2.89±0.14
		15	449.33±54.52	1.50±0.02	394.08±70.55	254.16±6.04	0.87±0.09	3.00±0.19
		20	460.28±55.48	1.92±0.02	410.58±44.99	282.65±19.40	1.35±0.09	3.34±0.16
	Çimlenmiş	0	172.01±13.70	1.29±0.04	332.12±19.97	61.18±3.03	0.11±0.00	1.20±0.01
		5	257.54±10.96	1.36±0.01	413.94±10.99	175.77±21.48	0.52±0.25	2.97±0.22
		10	301.38±38.36	1.57±0.11	496.83±9.91	221.66±27.75	0.75±0.14	3.11±0.22
		15	405.49±54.00	1.80±0.13	521.39±2.13	271.22±9.53	1.31±0.10	4.58±0.12
		20	449.33±21.92	2.11±0.02	602.82±47.25	370.71±38.17	1.50±0.12	4.79±0.10
Minimum-maksimum			172.01-460.28	1.17-2.36	330.07-602.82	61.18-370.71	0.11-1.50	1.19-4.79
Ortalama±std			301.77±96.03	1.65±0.35	410.25±78.79	180.75±80.75	0.63±0.44	2.88±1.05

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. [2]Tam buğday unu ilave oranı. [3]Toplam sarı pigment. [4]Toplam fenolik madde. [5]2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl radikalinin inhibisyonu. [6]Ferrik iyonlarını indirgeme kuvveti. [7]Bakır iyonlarını indirgeme kuvveti.

Çizelge 4.66. Ekmek örneklerinin fitik asit, TSP, TFM ve antioksidan aktivite değerlerine ait varyans analizi sonuçları[1]

VK	SD	Fitik asit		TSP[2]		TFM[3]		DPPH[4]		FRAP[5]		CUPRAC[6]	
		KT	F	KT	F	KT	F	KT	F	KT	F	KT	F
Buğday çeşidi(A)	2	32201.26	6.52**	0.79	14.87**	33120.52	12.88**	14199.44	13.50**	0.79	23.43**	0.48	13.09**
İşlem türü (B)	1	6934.47	2.81ns	0.29	10.80**	121709.51	94.70**	10329.09	19.65**	0.60	37.14**	6.62	354.24**
TBUİO[7] (C)	4	484705.62	49.11**	5.55	52.24**	154300.34	30.01**	339440.68	161.40**	9.48	145.62**	53.53	716.03**
(AxB)	2	603.96	0.12ns	0.01	0.24ns	7439.85	2.89ns	2018.89	1.92ns	0.01	0.33ns	0.02	0.46ns
(AxC)	8	11909.33	0.60ns	0.36	1.69ns	14505.58	1.41ns	8051.63	1.91ns	0.43	3.34**	0.55	3.66**
(BxC)	4	2450.65	0.25ns	0.11	1.07ns	37713.50	7.34**	4002.29	1.90ns	0.29	4.40**	4.61	61.67**
(AxBxC)	8	2730.70	0.14ns	0.04	0.20ns	13455.23	1.31ns	4352.23	1.03ns	0.25	1.94ns	0.10	0.60ns
Hata		74022.93		0.79		38557.33		15773.63		0.48		0.56	

[1]* p< 0.05 düzeyinde önemli, ** p< 0.01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz. [2]Toplam sarı pigment. [3]Toplam fenolik madde.[4] 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl radikalinin inhibisyonu [5]Ferrik iyonlarını indirgeme kuvveti. [6]Bakır iyonlarını indirgeme kuvveti. [7]Tam buğday unu ilave oranı.

Çizelge 4.67. Ekmek örneklerinin fitik asit, TSP, TFM ve antioksidan aktivite değerlerine ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	n	Fitik asit (mg/100g)	TSP[2] µg/g (LE)	TFM[3] (mg GAE/ g)	DPPH[4] (mg TE/kg)	FRAP[5] (µmol TE/g)	CUPRAC[6] (µmol TE/g)
Buğday çeşidi							
Esperia	20	271.79±81.60b	1.57±0.30b	399.11±73.98b	161.56±64.24c	0.49±0.34b	2.80±0.98c
Einkorn	20	308.23±88.53ab	1.81±0.39a	418.09±74.49b	179.84±75.27b	0.69±0.43a	2.92±1.04a
Emmer	20	327.68±105.16a	1.56±0.28b	456.11±85.41a	199.23±72.46a	0.76±0.48a	3.02±1.11a
İşlem türü							
İşlem görmemiş	30	313.32±96.39a	1.58±0.30b	379.59±22.26b	167.09±72.46b	0.55±0.37b	2.58±0.72b
Çimlenmiş	30	291.81±92.36b	1.72±0.37a	469.66±82.36a	193.33±86.08a	0.75±0.48a	3.25±1.21a
TBUİO[7] (%)							
0	12	176.59±5.63c	1.23±0.05d	350.16±4.78d	64.21±2.47e	0.12±0.01e	1.24±0.01e
5	12	239.73±32.25b	1.41±0.10d	393.91±34.74c	131.36±20.61d	0.37±0.08d	2.70±0.21d
10	12	294.35±30.14b	1.66±0.21c	427.45±62.80bc	192.62±32.75c	0.59±0.16c	3.04±0.18c
15	12	377.63±40.83a	1.86±0.22b	452.08±68.41b	238.11±22.82b	0.89±0.23b	3.65±0.71b
20	12	424.52±32.98a	2.08±0.17a	499.52±93.77a	274.74±43.99a	1.26±0.32a	3.95±0.65a

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05). [2]Toplam sarı pigment. [3]Toplam fenolik madde. [4]2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl radikalinin inhibisyonu. [5]Ferrik iyonlarını indirgeme kuvveti. [6]Bakır iyonlarını indirgeme kuvveti [7]Tam buğday unu ilave oranı.

Çizelge 4.67 tam buğday unu ilave oranı açısından değerlendirildiğinde; artan ilave oranına bağlı olarak ekmek örneklerinin fitik asit içeriğinin de arttığı belirlenmiştir. Tam buğday unu ilavesiz ekmek örneklerinde ortalama 176.59 mg/100g olarak bulunan fitik asit içeriği, %20 tam un ilaveli örneklerde ortalama 424.52 mg/100g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.73). Hububat ve baklagillerde doğal bir bileşen olarak bulunan fitik asit besleyici kaliteyi olumsuz yönde etkileyen bir faktördür. Fitik asit insan beslenmesi açısından gerekli olan Ca, Fe, Zn, Mg ve Cu gibi minerallerle kompleks oluşturarak bunların biyoyararlılığını düşüren antibesinsel bir öğedir (Bilgiçli, 2002). Diğer taraftan antioksidan özelliğe sahip olan fitik asitin, diğer antioksidan bileşiklerle birlikte ekmek örneklerinin fonksiyonel özelliğine katı sağlayacağı düşünülmektedir

4.6.4.7. Toplam sarı pigment

Farklı buğday çeşitlerine ait işlem görmemiş ve çimlenmiş unların kullanılması ile üretilen ekmek örneklerinin toplam sarı pigment (TSP) miktarları 1.17 µg/g (LE) ile 2.36 µg/g (LE) arasında değişim göstermekte olup, ortalama %1.65 µg/g (LE) olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.65). Varyans analizi sonuçlarına göre örneklerin TSP miktarı üzerinde buğday çeşidi, işlem türü, tam buğday unu ilave oranı faktörlerinin $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.66).

Einkorn buğdayı ile hazırlanan ekmek örneklerinin ortalama TPS miktarı (1.81 µg/g (LE)), Esperia ve emmer buğdayları ile hazırlanan ekmek örneklerinin ortalama TSP miktarından (1.57 µg/g (LE) ve 1.56 µg/g (LE)) daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.67). Bu durum einkorn buğdayının zengin lutein içeriğinin ekmek örneklerine yansıması ile ilgili olabilir. Hidalgo ve ark. (2019a), einkorn buğdayı ile hazırlanan kurabiyelerin ortalama lutein içeriğinin (2.37 mg/kg), ekmeklik buğday unundan üretilen kurabiyelerin lutein içerinden (0.17 mg/kg) daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Çoklu karşılaştırma testi sonuçları buğday çeşitlerine uygulanan işlem türü açısından değerlendirildiğinde; çimlenmiş buğday unu kullanımı ekmek örneklerinin TSP miktarını artırmıştır (Çizelge 4.67). Bu durum çimlenmiş buğday unlarının TSP içeriğinin, işlem görmemiş buğday unlarının aynı değerinden yüksek olması ile ilgili olabilir. İşlem görmemiş buğday unu ile hazırlanan ekmek örneklerinin ortalama TSP miktarı 1.58 µg/g (LE) iken, çimlenmiş buğday unu ile hazırlanan ekmek örneklerinin ortalama TSP miktarı 1.72 µg/g (LE) olarak belirlenmiştir.

Ekmek formülasyonunda artan oranda tam buğday unu kullanımı beklenildiği gibi TSP miktarında artış sağlamıştır (Çizelge 4.67). %20 oranında tam buğday unu kullanımı ekmek örneklerinin TSP miktarını 1.23 µg/g (LE) 'dan 2.08 µg/g (LE)'a çıkarmıştır. Einkorn başta olmak üzere tam buğday unlarının, rafine buğday ununa kıyasla daha yüksek oranda lutein içermesi ekmek örneklerinin lutein içeriğini artırmıştır.

Keçeli ve ark. (2021) einkorn buğdayının ekmek üretimi için uygunluğunu araştırdıkları çalışmada formülasyonda einkorn buğday unu oranının artmasına bağlı olarak un paçallarının lutein içeriğinin arttığını bildirmişlerdir.

Bir ksantofil (hidroksile karotenoid) olan lutein, buğdaydaki başlıca sarı pigmenttir (Abdel-Aal ve ark., 2002). İnsan vücudunun birçok dokusuna dağılmakla kalmaz, aynı zamanda retina ve lensteki pigmentin ana bileşenidir, ayrıca kardiyovasküler hastalıkların ve kanserlerin önlenmesinde etkilidir (Alves ve Shao, 2004; Schalch ve ark., 2007). Bu nedenle lutein açısından zengin gıdaların geliştirilmesi hem bilimsel araştırmada hem de pratik uygulamalarda oldukça değerlidir.

4.6.4.8. Toplam fenolik madde

Genel olarak, tahılların fenolik bileşikler açısından zengin olduğu bilinmekte olup fenolik bileşiklerin buğday tanelerinin genel antioksidan kapasitesine önemli ölçüde katkıda bulunduğu bildirilmiştir.

İşlem görmem ve çimlenmiş buğday unları kullanılarak hazırlanan ekmek örneklerine ait TFM miktarı 330.07 - 602.82 mg GAE/kg arasında değişmiş olup, ortalama 410.25 mg GAE/kg olarak bulunmuştur (Çizelge 4.65). Örneklerin TFM miktarlarına ait varyans analiz çizelgesi incelendiğinde buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonunun TFM miktarı üzerinde $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 4.66).

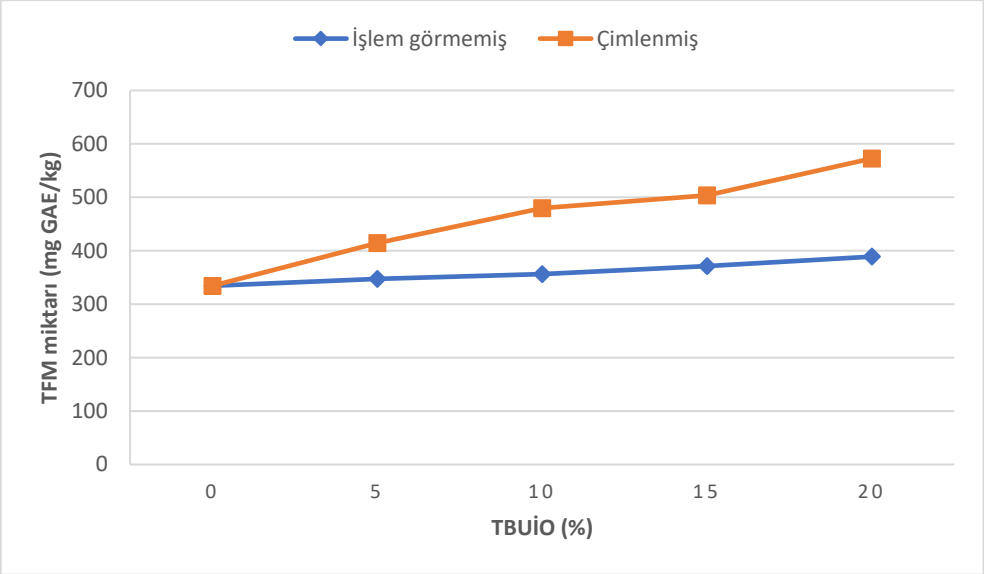
Çizelge 4.67'de verilen sonuçlar buğday çeşidi açısından incelendiğinde; Emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama TFM miktarının (456.11 mg GAE/kg), Esperia ve einkorn buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama TFM miktarından (399.11 mg GAE/kg ve 418.09 mg GAE/kg) daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Sonuçlar işlem türü açısından değerlendirildiğinde; çimlenmiş buğday unu ile hazırlanan ekmek örneklerinin ortalama TFM miktarı 469.66 mg GAE/kg olup, bu değer

işlem görmemiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama TFM miktarından (379.59 mg GAE/kg) daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.67). Çimlenmiş buğday unlarının TFM miktarlarının, işlem görmemiş buğday unlarından daha yüksek olmasının ekmek örneklerine de yansıdığı düşünülmektedir.

Çoklu karşılaştırma testi sonuçları tam buğday unu ilave oranı bakımından incelendiğinde; tam buğday unu ilave oranının artmasına bağlı olarak örneklerin TFM miktarının arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.67). Tam buğday unu içermeyen ekmek örneklerinin ortalama TFM miktarı 350.16 mg GAE/kg olarak belirlenirken, en yüksek ilave oranında (%20) bu değer 499.52 mg GAE/kg olarak bulunmuştur. Ekmek formülasyonunda kullanılan işlem görmemiş ve çimlenmiş tam buğday unlarının rafine buğday ununda daha yüksek TFM miktarına sahip olması son ürüne yansımış olabilir.

Ekmek örneklerinde TFM miktarı üzerinde etkili ($p<0.01$) olan "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu Şekil 4.113'de verilmiştir. Formülasyonda artan işlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unu ilave oranı TFM miktarında artışa neden olmuş ve bu artış çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinde daha fazla olmuştur. Artan ilave oranı ile birlikte işlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin TFM miktarları arasındaki fark açılmıştır.



Şekil 4.113. Ekmek örneklerinin TFM miktarı üzerinde etkili *"işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

4.6.4.9. Antioksidan aktivite

Buğdayın antioksidan aktivitesi, polifenoller, karotenoidler, fitosteroller ve selenyum gibi farklı hidrofilik ve lipofilik bileşik gruplarına ait olan antioksidanlardan kaynaklanır. Antioksidan aktivite ve antioksidan içeriği, bitkinin yetiştiği dönemindeki hava koşulları stres faktörleri ve güneşlenme süresi ile ilişkili olabilir (Lachman ve ark., 2012). Ekmek örneklerinde antioksidan aktiviteyi tayin edebilmek için DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl), FRAP (Ferrik iyonlarını indirgeme kuvveti) ve CUPRAC (Bakır iyonlarını indirgeme kuvveti) metotları kullanılmıştır.

4.6.4.9.1. DPPH

DPPH analiz sonuçlarına göre ekmek örneklerinin antioksidan aktivitesi 61.18-370.71 (mg TE/kg) arasında bulunurken, örneklerin ortalama antioksidan aktivitesi 180.75 (mg TE/kg) olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.65). Örneklerin antioksidan aktivite analiz sonuçlarına ait varyans analizi sonuçları incelendiğinde, buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri $p<0.01$düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.66).

Çizelge 4.67'de verilen sonuçlar buğday çeşidi açısından incelendiğinde; emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerin DPPH değerinin (199.23 mg TE/kg) sırasıyla einkorn ve Esperia buğday unu ilaveli örneklerin DPPH değerinden (179.84 mg TE/kg ve 161.56 mg TE/kg) daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.67).

Elde edilen sonuçlar işlem türü açısından değerlendirildiğinde; çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerin DPPH değerinin (193.33 mg TE/kg), işlem görmemiş buğday unu ilaveli örneklerin DPPH değerinden (167.09 mg TE/kg) daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.67)

Çizelge 4.67'de verilen sonuçlar tam buğday unu ilave oranı açısından değerlendirildiğinde; tam buğday unu ilave oranının artmasına bağlı olarak ekmek örneklerinin DPPH değeri 64.21 mg TE/kg ile 274.74 mg TE/kg arasında değişmiştir. Tam buğday unu ilavesiz ekmek örnekleri ile karşılaştırıldığında; %20 ilave oranında ekmek örneklerinin DPPH değerinde %76.63 oranında artış olduğu belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan işlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unlarının tam un olarak kullanılması ekmek örneklerinin DPPH değerinin daha yüksek olmasında etkili olmuş

olabilir. Bununla birlikte Yu ve Nanguet (2013) ekmeklerin pişirilmesi sırasında oluşan Maillard reaksiyon ürünlerinin de antioksidan aktiviteye katkı sağladığını bildirmişlerdir. Ayrıca fenolik bileşikler, tahılların antioksidan aktivitesine katkıda bulunan önemli bir bileşik grubu olarak kabul edilmektedir (Zieliński ve Kozłowska, 2000).

4.6.4.9.2. FRAP

Ekmek örneklerine ait FRAP değeri 0.11 ile 1.50 µmol TE/g arasında değişim göstermekte olup, ortalama 0.63 µmol TE/g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.65). Varyans analizi sonuçlarına göre örneklerin FRAP değeri üzerinde buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile "*buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı*" ve "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonlarının $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.66).

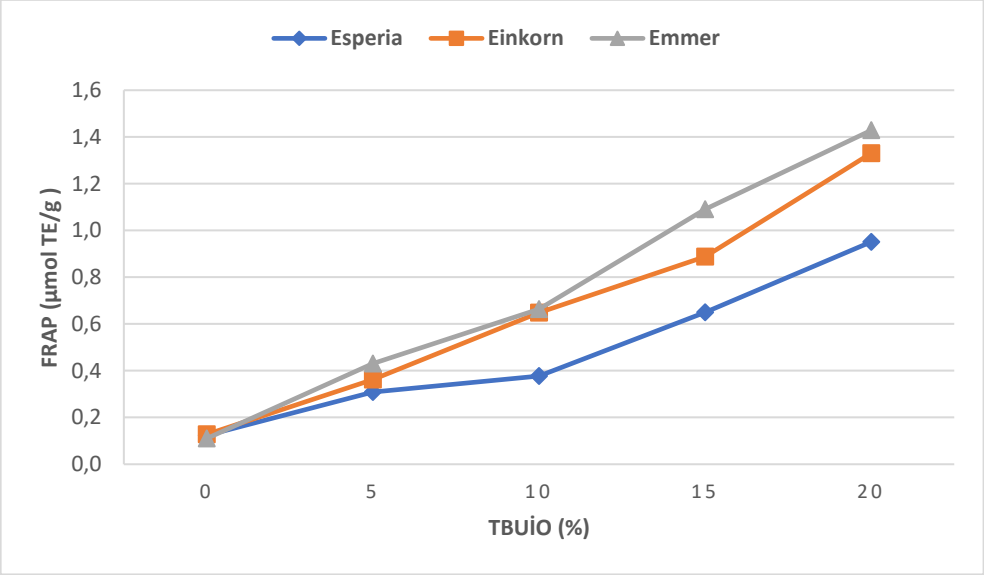
Çizelge 4.67'da verilen çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre; emmer ve einkorn buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama FRAP değeri (0.79 µmol TE/g ve 0.69 µmol TE/g), Esperia buğday unu ilaveli örneklerin ortalama FRAP değerinden (0.49 µmol TE/g) daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.67).

Sonuçlar işlem türü açısından değerlendirildiğinde; çimlenmiş buğday unu ilavesi ile hazırlanan ekmek örneklerinin ortalama 0.75 µmol TE/g olan FRAP değerinin, işlem görmemiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama 0.55 µmol TE/g olan FRAP değerinden daha yüksek olduğu görülmüştür (Çizelge 4.67).

Ekmek üretiminde kullanılan tam buğday unu ilave oranı arttıkça örneklerin FRAP değeri DPPH değerinde olduğu gibi artmıştır. Tam buğday unu ilavesi içermeyen ekmek örneklerinde ortalama 0.12 µmol TE/g olarak belirlenen FRAP değeri, %20 ilave oranında ortalama 1.26 µmol TE/g olarak bulunmuştur (Çizelge 4.67).

Şekil 4.114'de verilen *"buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonuna göre Esperia, einkorn ve emmer buğdayları ile hazırlanan ekmek formülasyonlarında artan tam un ilave oranına bağlı olarak ekmek örneklerinin FRAP değeri artmış bu artış oranı en düşük Esperia buğday unu ilaveli ekmek örneklerinde görülmüştür. Emmer ve einkorn buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin FRAP değeri birbirine benzer bir artış göstermiş olup, %15 ilave oranında aralarındaki fark açılmış ve %20 ilave oranında FRAP değerleri tekrar yakınlaşmıştır. Yüksek tam buğday unu ilave

oranlarında Esperia buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin FRAP değerleri ile einkorn ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin FRAP değerleri arasındaki fark açılmıştır.



Şekil 4.114. Ekmek örneklerinin FRAP değeri üzerinde etkili "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu

Ekmek örneklerinde FRAP değeri üzerinde etkili ($p<0.05$) "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu Şekil 4.115'de verilmiştir. Buna göre, işlem türü farketmeksizin ekmek örneklerinin FRAP değeri artan tam buğday unu ilave oranı ile birlikte artış göstermiştir. Bu artış çimlenmiş buğday unu ilaveli örneklerde, işlem görmemiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinden daha yüksek oranda gerçekleşmiştir. Artan tam buğday unu ilave oranı ile birlikte işlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerin FRAP değerleri arasındaki fark açılmıştır.

4.6.4.9.3. CUPRAC

İşlem görmemiş ve çimlenmiş Esperia, einkorn ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerine ait CUPRAC değeri 1.19 µmol TE/g ile 4.79 µmol TE/g arasında değişmekte olup, ortalama 2.88 µmol TE/g olarak bulunmuştur (Çizelge 4.65) Varyans analizi sonuçlarına göre ekmek örneklerinin CUPRAC değeri üzerinde buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörleri ile *"buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı"* ve *"işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonlarının önemli ($p<0.01$) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.66).



Şekil 4.115. Ekmek örneklerinin FRAP değeri üzerinde etkili "*işlem türü x tam buğday unu ilave oranı*" interaksiyonu

Çizelge 4.67'de verilen çoklu karşılaştırma testi sonuçları incelendiğinde; emmer ve einkorn buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama CUPRAC değerlerinin (3.02 µmol TE/g ve 2.92 µmol TE/g), Esperia buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama CUPRAC değerinden (2.80 µmol TE/g) daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

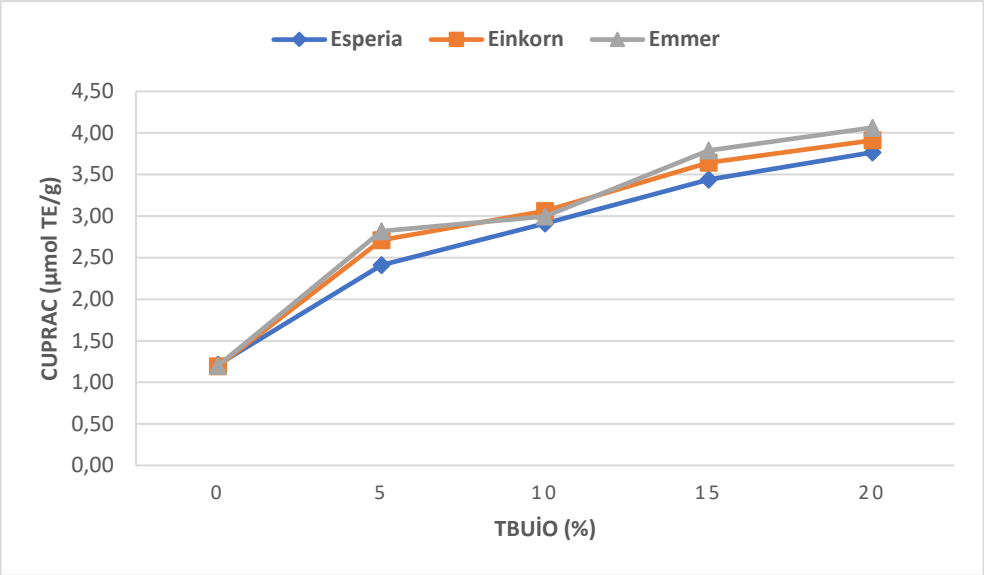
Elde edilen sonuçlar işlem türü açısından değerlendirildiğinde; çimlenmiş buğday unu ile üretilen ekmek örneklerinin CUPRAC değeri (3.25 µmol TE/g), işlem görmemiş tam buğday unu ile üretilen ekmek örneklerinin CUPRAC değerinden (2.58 µmol TE/g) yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.67).

Formülasyonda artan ilave oranı ile birlikte ekmek örneklerinin CUPRAC değerinin artırdığı belirlenmiştir (Çizelge 4.73). Tam buğday unu ilavesiz ekmek örneklerinde 1.24 µmol TE/g olarak bulunan ortalama CUPRAC değeri, %20 tam buğday unu ilavesi ile 3.19 kat artarak ortalama CUPRAC 3.92 µmol TE/g olarak ölçülmüştür.

Ekmek üretiminde kullanılan hammaddelerin CUPRAC değerini gösteren Çizelge 4.21 incelendiğinde hem işlem görmemiş buğday unlarının hem de çimlenmiş buğday unlarının CUPRAC değerlerinin rafine buğday ununda yüksek olduğu görülmektedir. Bu sebeple artan oranda Esperia, einkorn ve emmer buğdaylarının işlem görmemiş ve çimlenmiş unlarının kullanımının CUPRAC değerinin artmasına neden olduğu düşülmektedir.

Ekmek örneklerinin CUPRAC değeri üzerinde etkili ($p<0.01$) *"buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu Şekil 4.116'da verilmiştir. İnteraksiyon incelendiğinde, artan oranlarda Esperia/einkorn/emmer tam un ilavesinin ekmek

örneklerinin CUPRAC değerini artırdığı, artış oranının Esperia buğday unu ilaveli ekmek örneklerinde, emmer ve einkorn ilaveli örneklerden daha düşük oranda olduğu görülmektedir.

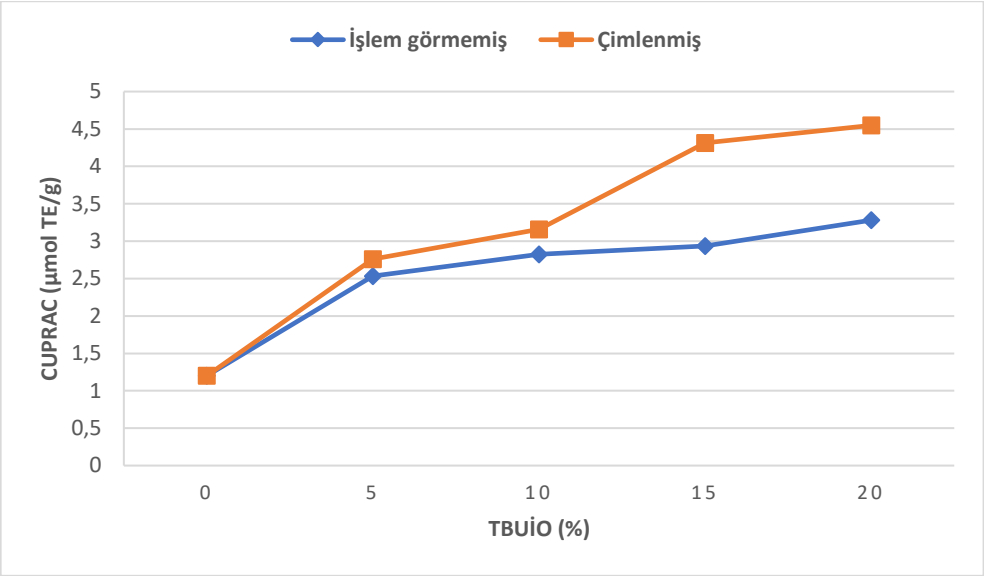


Şekil 4.116. Ekmek örneklerinin CUPRAC miktarı üzerinde etkili *"buğday çeşidi x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Şekil 4.117'de verilen *"işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyona göre işlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unu ile hazırlanan ekmek örneklerinin CUPRAC değeri artan tam un ilavesi ile artış göstermiştir. Bu artış %10 ilave oranına kadar işlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinde birbirine yakın değerler göstermiş olup, %10 tam un ilave oranı üzerinde işlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin CUPRAC değerleri arasındaki fark açılmıştır. Tüm ilave oranlarında çimlenmiş buğday unları ile üretilen ekmek örneklerinin CUPRAC değerinin, işlem görmemiş buğday unu ilaveli örneklerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

4.6.4.10. Ekmek örneklerine ait mineral madde analiz sonuçları

Farklı oranlarda, işlem görmemiş ve çimlenmiş Esperia, einkorn ve emmer buğday unları kullanılarak üretilen ekmek örneklerinin mineral madde (Ca, Fe, Mg K, P ve Zn) miktarı sonuçları Çizelge 4.68'de, bu değerlere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.69'da, çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.70'de verilmiştir.



Şekil 4.117. Ekmek örneklerinin CUPRAC miktarı üzerinde etkili *"işlem türü x tam buğday unu ilave oranı"* interaksiyonu

Ekmek örneklerinin Ca miktarı 25.49 mg/100 g ile 34.54 mg/100 g arasında değişiklik göstermiş, ortalama 29.74 mg/100 g olarak bulunmuştur (Çizelge 4.74). Varyans analizi sonuçlarına göre, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörlerinin ekmek örneklerinin Ca miktarı üzerinde $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.70).

Çizelge 4.70'de verilen çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, Esperia, einkorn ve emmer buğday unu ihtiva eden ekmek örneklerinin ortalama Ca miktarı sırasıyla 29.46 mg/100 g, 30.79 mg/100 g ve 28.98 mg/100 g olarak belirlenmiştir. Buğday çeşidi, ekmeklerin Ca miktarı üzerinde önemli bir fark oluşturmamıştır.

Sonuçlar işlem türü açısından karşılaştırıldığında; çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama Ca miktarı (30.40 mg/100 g), işlem görmemiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin aynı değerinden (29.09 mg/100 g) yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.70).

Esperia, einkorn ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin Ca miktarı artan tam buğday unu ilave oranı ile birlikte artış göstermiştir. Tam un ilavesiz ekmek örneklerinin Ca miktarı 26.04 mg/100 g olarak belirlenmiş, %20 tam buğday unu ilavesi ile birlikte bu değer 32.56 mg/100 g'a yükselmiştir (Çizelge 4.70).

Esperia, einkorn ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin Fe miktarı 2.16 mg/100 g ile 4.80 mg/100 g arasında değişmiş olup, ortalama 3.21 mg/100 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.68). Varyans analizi sonuçlarına göre tam buğday unu ilave

oranı faktörlerinin ekmek örneklerinin Fe miktarı üzerinde $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.69).

Elde edilen sonuçlar buğday çeşidi açısından incelendiğinde; einkorn ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama Fe içeriklerinin (3.54 mg/100 g ve 3.20 mg/100 g) Esperia buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin aynı değerinden (2.88 mg/100 g) daha yüksek olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.70).

Çizelge 4.70'de verilen sonuçlar, işlem türü açısından incelendiğinde; çimlenme işlemi ile ekmek örneklerinin Fe içeriği artış göstermiştir. İşlem görmemiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinde ortalama 3.06 mg/100 g olarak belirlenen Fe içeriği, çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinde ortalama 3.36 mg/100 g olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.68. Ekmek örneklerine ait mineral madde miktarı (mg/100 g) sonuçları[1]

Buğday çeşidi	İşlem türü	TBUİO[2] (%)	Ca	Fe	Mg	K	P	Zn
Esperia	İşlem görmemiş	0	25.84±0.70	2.16±0.04	52.14±0.80	175.21±4.18	271.26±5.78	1.33±0.06
		5	27.84±1.10	2.44±0.05	55.23±1.00	182.56±2.70	321.47±5.07	1.78±0.06
		10	28.80±0.64	2.74±0.09	59.19±1.20	190.81±5.42	356.54±4.55	2.42±0.09
		15	29.42±0.77	2.82±0.07	65.21±1.18	202.13±3.68	364.25±4.84	3.04±0.11
		20	30.49±1.10	3.07±0.06	68.34±1.68	210.36±5.11	383.24±4.54	3.22±0.07
	Çimlenmiş	0	25.84±0.70	2.16±0.04	52.14±0.80	175.21±4.18	271.26±5.78	1.33±0.06
		5	28.63±0.98	2.82±0.03	56.41±1.72	183.26±3.26	275.45±4.09	1.97±0.11
		10	31.75±1.16	3.13±0.04	61.47±1.45	191.88±6.37	312.54±4.31	2.82±0.07
		15	32.95±0.90	3.62±0.09	66.54±0.95	199.30±5.22	351.00±4.43	3.12±0.07
		20	33.06±1.20	3.84±0.04	70.46±1.73	208.92±3.69	375.00±4.12	3.37±0.08
Einkorn	İşlem görmemiş	0	26.77±1.12	2.23±0.04	51.37±1.49	180.11±4.90	305.00±4.79	1.37±0.04
		5	29.00±0.81	2.59±0.08	55.12±1.67	184.56±4.91	375.00±5.51	2.42±0.03
		10	30.60±0.66	2.93±0.06	59.13±1.35	192.56±4.93	378.00±5.24	2.96±0.12
		15	31.96±0.93	4.40±0.05	62.25±0.88	202.15±5.30	405.00±4.54	3.58±0.09
		20	33.06±1.28	4.69±0.18	67.61±1.28	211.66±3.96	460.00±3.58	4.48±0.08
	Çimlenmiş	0	26.77±1.12	2.23±0.04	51.37±1.49	180.11±4.90	305.00±4.79	1.37±0.04
		5	30.54±1.00	2.96±0.15	56.23±0.82	184.97±3.26	350.00±12.45	2.50±0.11
		10	31.23±0.66	3.99±0.16	59.75±0.84	193.28±3.07	371.45±5.03	3.25±0.08
		15	33.39±0.77	4.61±0.15	64.45±1.43	198.95±3.46	384.19±10.43	3.88±0.09
		20	34.54±1.08	4.80±0.19	71.12±2.04	205.55±3.48	432.54±2.58	4.72±0.07
Emmer	İşlem görmemiş	0	25.49±0.74	2.25±0.04	53.39±1.28	183.29±6.45	321.54±4.09	1.22±0.03
		5	27.41±0.99	2.69±0.18	57.12±1.13	188.38±4.41	398.45±3.67	1.94±0.15
		10	28.74±0.90	3.11±0.11	60.17±1.10	202.54±2.88	438.51±4.08	2.74±0.12
		15	29.64±0.72	3.74±0.13	64.89±1.33	214.21±4.01	519.21±4.26	3.03±0.10
		20	31.25±1.14	4.00±0.12	70.01±1.86	222.54±4.13	523.21±3.23	3.31±0.10
	Çimlenmiş	0	25.49±0.74	2.25±0.04	53.39±1.28	183.29±6.45	321.54±4.09	1.22±0.03
		5	27.84±1.30	2.69±0.06	57.56±1.02	185.00±1.53	369.21±6.43	2.12±0.07
		10	29.46±0.96	3.19±0.02	62.75±1.27	192.14±3.28	365.21±9.35	2.89±0.10
		15	31.51±0.67	3.91±0.09	66.00±0.94	200.62±4.50	442.15±6.41	3.31±0.10
		20	32.98±0.81	4.21±0.06	71.32±2.20	209.10±2.80	489.25±2.29	3.74±0.10
Minimum-maksimum			25.49-34.54	2.16-4.80	51.37-71.32	175.21-211.66	271.26-523.21	1.22-4.72
Ortalama±std			29.74±2.57	3.21±0.81	60.74±6.29	194.49±12.32	374.55±66.34	2.68±0.95

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. [2]Tam buğday unu ilave oranı.

Çizelge 4.69. Ekmek örneklerinin mineral madde miktarlarına ait varyans analizi sonuçları[1]

VK	SD	Ca		Fe		Mg		K		P		Zn	
		KT	F	KT	F	KT	F	KT	F	KT	F	KT	F
Buğday çeşidi(A)	2	7.70	1.74ns	1.19	2.78ns	6.40	0.80ns	57.07	0.78ns	15951.77	2.96**	0.96	2.79**
İşlem türü (B)	1	25.74	11.67**	1.37	6.40ns	26.16	6.56*	176.92	4.82*	10929.06	4.05ns	0.51	2.95ns
TBUİO[2] (C)	4	315.20	35.73**	29.52	34.54**	2288.76	143.59**	8078.52	55.13**	150094.77	13.91**	49.95	68.05**
(AxB)	2	0.90	0.20ns	0.42	0.97ns	3.19	0.40ns	53.89	0.74ns	723.81	0.13ns	0.01	0.01ns
(AxC)	8	19.90	1.07ns	0.66	0.38ns	21.69	0.68ns	494.47	1.68ns	3051.79	0.14ns	0.44	0.32ns
(BxC)	4	9.56	1.08ns	0.45	0.52ns	9.64	0.61ns	124.90	0.85ns	3267.96	0.30ns	0.16	0.23ns
(AxBxC)	8	5.76	0.33ns	0.22	0.13ns	7.86	0.25ns	168.54	0.58ns	976.39	0.05ns	0.09	0.07ns
Hata		66.17		6.41		119.55		1098.97		80894.18		0.17	

[1]* p< 0.05 düzeyinde önemli, ** p< 0.01 düzeyinde önemli, ns: önemsiz. [2] Tam buğday unu ilave oranı.

.

Çizelge 4.70. Ekmek örneklerinin mineral madde miktarlarına (mg/100 g) ait çoklu karşılaştırma testi sonuçları[1]

Faktör	n	Ca	Fe	Mg	K	P	Zn
Buğday çeşidi							
Esperia	20	29.46±2.48a	2.88±0.53b	60.71±6.37a	194.46±12.29a	328.20±41.71c	2.44±0.75c
Einkorn	20	30.79±2.51a	3.54±1.00a	59.84±6.28a	193.31±10.45a	376.62±46.84b	3.05±1.10a
Emmer	20	28.98±2.37a	3.20±0.69a	61.66±6.08a	196.70±13.21a	418.83±71.79a	2.55±0.84b
İşlem türü							
İşlem görmemiş	30	29.09±2.11b	3.06±0.77b	60.08±5.89b	196.20±13.81a	388.05±70.63a	2.59±0.90a
Çimlenmiş	30	30.40±2.81a	3.36±0.83a	61.40±6.60a	192.77±10.34b	361.05±58.72a	2.77±0.99a
TBUİO[3] (%)							
0	12	26.04±0.54d	2.21±0.04c	52.30±0.83e	179.54±3.32d	299.27±20.92d	1.31±0.06d
5	12	28.54±1.04c	2.69±0.16bc	56.28±0.90d	184.79±1.84d	348.26±40.20cd	2.12±0.26c
10	12	30.10±1.17bc	3.18±0.39b	60.41±1.31c	193.87±3.95c	370.38±37.11bc	2.85±0.25b
15	12	31.48±1.51ab	3.85±0.58a	64.89±1.37b	202.89±5.21b	410.97±56.60ab	3.33±0.31ab
20	12	32.56±1.33a	4.10±0.58a	69.81±1.38a	211.36±5.34a	443.87±53.48a	3.81±0.59a

[1]Sonuçlar iki tekerrürün ortalamasıdır. Farklı harfle işaretlenmiş, aynı sütundaki ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (p<0.05). [2]Tam buğday unu ilave oranı.

Sonuçlar tam buğday unu ilave oranı açısından değerlendirildiğinde; ekmek formülasyonunda %10 ve üzeri tam buğday unu kullanılması ile örneklerin Fe miktarının arttığı belirlenmiştir. En yüksek Fe miktarının %20 tam buğday unu ilaveli ekmek örneklerinde olduğu görülmektedir (Çizelge 4.70).

Ekmek örneklerinin Mg miktarı 60.74-6.29 mg/100 g arasında değişmekte olup, ortalama 60.74 mg/100 g bulunmuştur (Çizelge 4.68). Varyans analizi sonuçlarına göre ekmek örneklerinin Mg miktarı üzerinde; tam buğday unu ilave oranı faktörü $p<0.01$ düzeyinde, işlem türü farktörü ise $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.69).

Çoklu karşılaştırma testi sonuçları buğday çeşidi açısından incelendiğinde; Esperia, einkorn ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama Mg miktarının sırasıyla 60.71 mg/100 g, 59.84 mg/100 g ve 61.66 mg/100 g olduğu, buğday çeşidinin ekmeklerin Mg miktarı üzerinde istatistiki açıdan bir farklılık oluşturmadığı görülmüştür (Çizelge 4.70).

Elde edilen sonuçlar işlem türü açısından değerlendirildiğinde; çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama Mg miktarı (61.40 mg/100 g), üretiminde işlem görmemiş buğday unu kullanılan ekmek örneklerinin Mg miktarından (60.08 mg/100 g) yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.70).

Çizelge 4.70 tam buğday unu ilave oranı açısından incelendiğinde; ekmek örneklerinin Mg miktarı artan tam buğday unu ilave oranı ile artış göstermiştir. Tam buğday unu ilavesiz ekmek örneğinin Mg miktarı ile karşılaştırıldığında; %20 tam buğday unu ilaveli ekmek örneğinin Mg miktarı %25 artarak 69.81 mg/100 g'a yükselmiştir (Çizelge 4.70). İşlem görmemiş ve çimlenmiş Esperia, einkorn ve emmer buğdaylarına ait tam unların Mg içeriklerinin rafine buğday ununun Mg içeriğinden daha yüksek olması, ekmek örneklerinin Mg içeriğine yansımış olabilir (Çizelge 4.22).

İşlem görmemiş ve çimlenmiş Esperia, einkorn ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin K miktarı 175.21 mg/100 g ile 211.66 mg/100 g arasında değiştiği görülmüştür (Çizelge 4.68). Varyans analizi sonuçlarına göre; ekmek örneklerinin K miktarı üzerinde tam buğday unu ilave oranı faktörü $p<0.01$ düzeyinde, işlem türü faktörü ise $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.69).

Çizelge 4.70'de verilen sonuçlar buğday çeşidi açısından karşılaştırıldığında; Esperia, einkorn ve emmer buğday çeşitlerine ait tam unların ekmek örneklerinin K miktarı üzerinde istatistiki açıdan bir farklılık oluşturmadığı belirlenmiştir. Esperia, einkorn ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama K miktarı sırasıyla

194.46 mg/100 g, 193.31 mg/100 g ve 196.70 mg/100 g olarak bulunmuştur (Çizelge 4.76).

Elde edilen sonuçlar işlem türü açısından karşılaştırıldığında; çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama K miktarı (192.77 mg/100 g), işlem görmemiş buğday unu ilaveli örneklerin ortalama K miktarından (196.20mg/100 g) düşük bulunmuştur (Çizelge 4.70).

Sonuçlar tam buğday unu ilave oranı açısından incelendiğinde; ekmek örneklerinin K miktarı 19.54-211.36 mg/100 g aralığında değişmiş, %5 ve üzeri tam buğday ununun ekmek formülasyonuna dahil edilmesi ile ekmek örneklerinin K miktarı artış göstermiştir. En yüksek K miktarı %20 tam un ilaveli ekmek örneklerinde 211.36 mg/100 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.70). Bu artış rafine buğday unu ile karşılaştırıldığında farklı buğday çeşitlerine ait tam unların K içeriğinin daha yüksek olması ile ilgili olabilir (Çizelge 4.22).

Ekmek örneklerinin P miktarı 271.26-523.21 mg/100 g arasında değişmiş, ortalama 374.55 mg/100 g olarak bulunmuştur (Çizelge 4.68). Çizelge 4.69' da verilen varyans analizi sonuçlarına göre ekmek örneklerinin P miktarı üzerinde buğday çeşidi ve tam buğday unu ilave oranı faktörlerinin $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.69).

Elde edilen sonuçlar buğday çeşidi açısından değerlendirildiğinde; en yüksek ortalama P miktarı (418.83 mg/100 g) emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinde belirlenmiş olup, bu ekmekleri sırasıyla einkorn ve Esperia buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin P miktarları (376.62 mg/100 g ve 328.20 mg/100 g) izlemiştir (Çizelge 4.70). Emmer buğdaylarının yüksek P içeriği son ürünlerin P içeriğine yansımış olabilir (Çizelge 4.22).

Elde edilen sonuçlar işlem türü açısından karşılaştırıldığında; çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama P miktarı (361.05 mg/100 g) ile işlem görmemiş buğday unu ilaveli örneklerin ortalama P miktarı (388.05 mg/100 g) arasında istatistiksel olarak birbirine benzer bulunmuştur (Çizelge 4.70).

Tam buğday unu ilave oranının ekmeklerin P miktarı üzerine etkisi incelendiğinde; artan tam buğday unu ilave oranına bağlı olarak ekmek örneklerinin P miktarının arttığı görülmüştür. Tam un ilavesiz ekmek örneklerinin ortalama 299.27 mg/100 g olan P miktarı, %20 tam ilavesi ile %32.58 artarak 443.87 mg/100 g'a yükselmiştir (Çizelge 4.70).

Ekmek örneklerinin Zn miktarı 1.22-4.72 mg/100 g arasında değişmekte olup, ortalama 2.68 mg/100 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.68). Varyans analizi sonuçlarına göre ekmeklerin Zn miktarı üzerinde buğday çeşidi ve tam buğday ilave oranı faktörlerinin $p<0.01$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.69).

Çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, en yüksek Zn miktarı einkorn ilaveli ekmek örneklerinde belirlenmiş olup (3.05 mg/100 g), bunu sırasıyla emmer ve Esperia buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama Zn miktarı (2.55 mg/100 g ve 2.44 mg/100 g) takip etmiştir (Çizelge 4.70). Einkorn buğdayının yüksek Zn içeriği, erişte örneklerinin Zn miktarlarına yansıdığı gibi ekmek örneklerinde de benzer artışın gerçekleştiği görülmektedir.

Çizelge 4.70'da verilen sonuçlar işlem türü açısından karşılaştırıldığında; çimlenmiş buğday unu ilavesi ile ekmek örneklerinin ortalama Zn miktarı (2.77 mg/100 g), işlem görmemiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerini aynı değerinden (2.59 mg/100 g) sayısal olarak daha yüksek bulunmuş ancak bu fark işlem görmemiş ve çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ortalama Zn miktarları arasında istatistiksel olarak bir fark oluşturmamıştır.

Sonuçlar tam buğday unu ilave oranı açısından değerlendirildiğinde; tüm ilave oranlarında elde edilen ortalama Zn miktarı, tam buğday unu ilavesiz ekmek örneklerinden yüksek bulunmuş olup, en yüksek ortalama Zn miktarı %20 ilave oranında 3.81 mg/100 g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.70).

Isserliyska ve ark. (2001), rafine buğday unundan üretilen ekmek örneklerinin Ca, Fe, Mg ve Zn içeriğini sırasıyla 0.023, 0.027, 0.001 ve 0.001 g/100 g olarak bildirmişlerdir. Elde edilen veriler doğrultusunda ekmeğin günlük mineral alımına düşük oranda katkı sağladığını ve mineral açısından dengelenmesi gerektiğini ifade etmişlerdir. Cizeikiene ve ark. (2015) fizat enzimi ilaveli tam buğday ekmeğinin Ca, Fe, Mn, P ve Zn mineral içeriğini ise sırasıyla 27.77, 3.74, 1.48, 313.95 ve 1.51 mg/100 g olarak bildirmiştir. Rebellato ve ark (2017) tam buğday unundan üretilmiş ekmek örneğinin Ca, Fe ve Zn içeriğini sırasıyla 12.95, 2.86 ve 1.13 mg/100g olarak bildirmişlerdir.

Helou ve ark. (2016) buğday unun ekstiraksiyon oranı ve ekmeğin pişirilme koşullarının son ürünün çeşitli özellikleri üzerine etkisini inceledikleri çalışmada %65 ekstarksiyon oranına sahip rafine undan yapılmış ekmek örneklerinde Ca, Fe, Mg, K, P ve Zn içeriğini sırasıyla 26.00, 1.46, 34.6, 193, 148 ve 1.15 mg/100 g olarak rapor etmişlerdir.

Umelo ve ark. (2014) buğday ununa farklı katkı maddeleri ilave edilmesiyle fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerinde meydana gelen değişiklikleri inceledikleri çalışmada; katkı içermeyen rafine beyaz unundan üretilmiş ekmek örneklerinin Ca, Fe, K, P ve Zn miktarını sırasıyla 160.77, 25.77, 206.78, 240.80 ve 13.71 mg/100 g olarak belirlemişlerdir.

Charoenthaikij ve ark. (2010) rafine buğday ununu %40 oranında çimlenmiş kahverengi pirinç unu ile yer değiştirerek elde ettikleri ekmek örneklerinin fiziksel ve kimyasal bileşimini araştırdıkları çalışmalarında; rafine buğday unundan üretilmiş ekmek örneklerinin Ca, Fe, Mg, K, P ve Zn içeriğini sırasıyla %0.05, 48.05 ppm, %0.40, %.13, 0.12 ppm ve 14.80 ppm olarak bildirirken aynı minerallerin miktarını %40 çimlenmiş pirinç unu ilaveli ekmek örneklerinde; %0.04, 29.30 ppm, %0.23, %0.13, 0.15 ppm ve 13.23 ppm olarak rapor etmişlerdir.

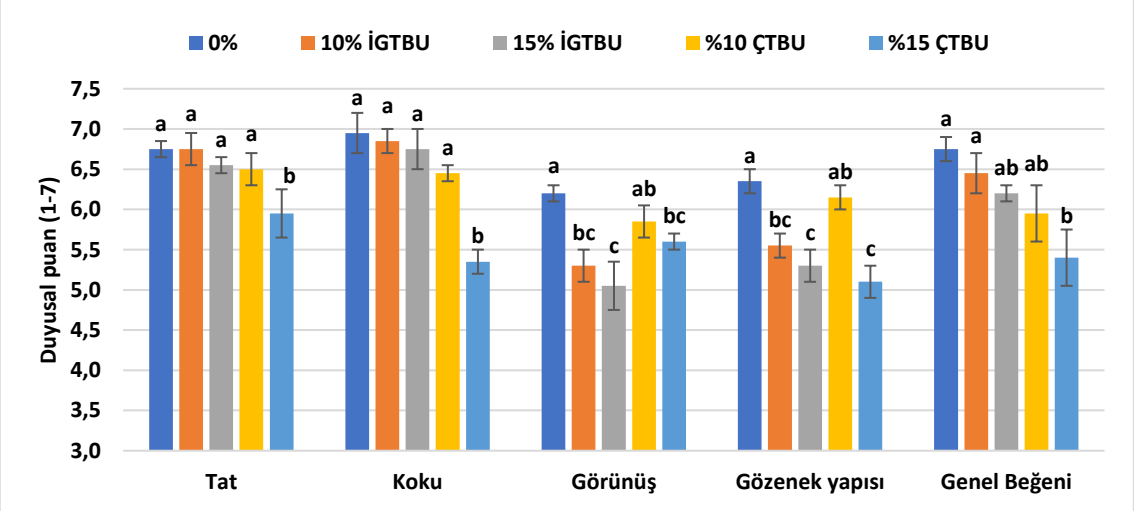
Ranhotra ve ark. (1977) rafine buğday unu, %20 tam buğday unu ve %20 çimlenmiş buğday unu ile hazırladıkları ekmek örneklerinin Ca, Fe, Zn ve Mg içeriğini sırasıyla 19.4, 2.17, 0.81 ve 34.4 mg/100 g, 34.9, 4.12, 2.79 ve 169.4 ve 35.7, 3.50, 2.90 ve 160.23 mg/100 g olarak bildirmişlerdir. Tam buğday unu ve çimlenmiş buğday unu kullanımı ile ekmek örneklerinin mineral madde içeriğinin arttığını ifade etmişlerdir.

4.6.5. Ekmek örneklerine ait duyusal analiz sonuçları

Ekmek kalitesinin önemli bir parçası olan duyusal özellikleri, insanın görme, koklama, tatma, işitme ve dokunma duyuları ile kayıt altına alınmaktadır (Callejo, 2011). Ekmek örneklerinde duyusal analiz kontrol örneği ile birlikte %10 ve %15 oranında işlem görmemiş ve aynı oranlarda çimlenmiş Esperia, einkorn ve emmer tam un ilaveli ekmek örneklerinde yapılmıştır. Esperia, einkorn ve emmer unu ilaveli ekmek örneklerine ait duyusal analiz (tat, koku, görünüş, gözenek yapısı ve genel beğeni) sonuçları Şekil 4.118, 4.119 ve 4.120'de gösterilmiştir.

Tat; Şekil 4.118'de Esperia buğday unu ilaveli ekmek örnekleri için verilen duyusal analiz sonuçlarına göre; %10 ve %15 işlem görmemiş ve %10 çimlenmiş Esperia buğday unu ilaveli ekmek örnekleri tat açısından %100 rafine buğday unundan üretilmiş ekmek örnekleri ile istatistiksel olarak aynı grupta yer almış, %15 çimlenmiş Esperia buğday unu ilave oranı ekmek örneklerinin tat puanının tam buğday unu ilavesiz ekmek örneğine göre daha düşük olması ile sonuçlanmıştır (Şekil 4.118). Einkorn buğday unu ilaveli ekmek örnekleri incelendiğinde (Şekil 4.119); %10 işlem görmemiş einkorn

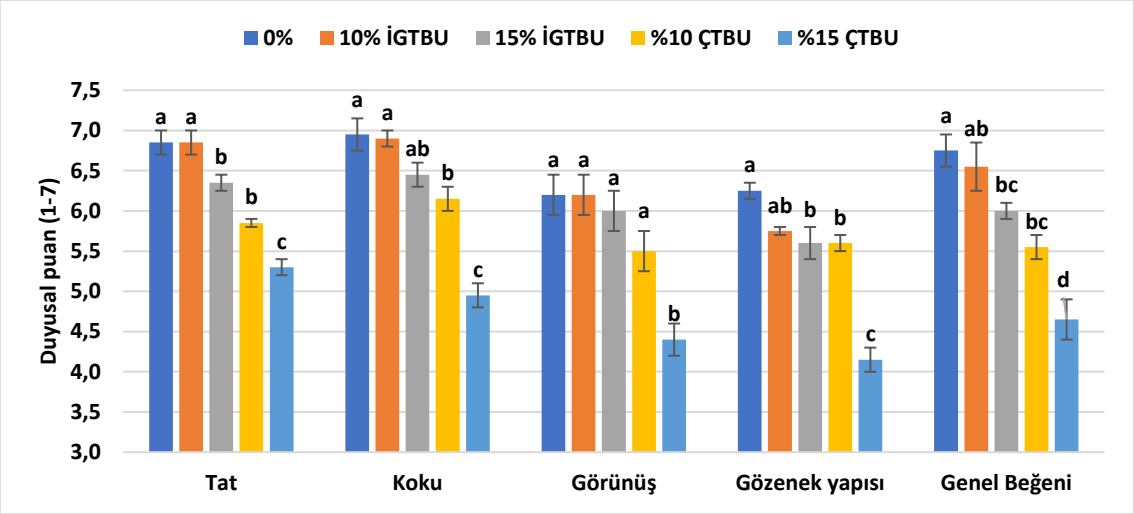
buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin tat özellikleri panelistler tarafından kontrol örneği (%100 rafine buğday unu ekmeği) ile eşdeğer bulunmuştur. %15 oranında işlem görmemiş einkorn buğday unu kullanımı tat skorunu düşürürken, elde edilen tat skoru %10 çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örnekleri ile istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Einkorn buğday unu ilaveli örnekler arasında en düşük tat skoru %15 çimlenmiş buğday unu ilaveli örneklerden elde edilmiştir (Şekil 4.119). Sonuçlar emmer buğday unu ilaveli ekmek örnekleri açısından değerlendirildiğinde; %10 oranında işlem görmemiş emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin tat puanının kontrol örneği ile aynı grupta yer aldığı görülmüştür. %15 işlem görmemiş ve farklı oranlarda çimlenmiş emmer buğday unu ilavesi ile birlikte emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin tat puanı azalmıştır (Şekil 4.120). Çimlenmiş buğday unu kullanımının ekmeğin tat puanlarını daha fazla düşürmesi çimlenme sırasında farklı bileşiklerin oluşmasına bağlı olabilir. Benzer sonuçlar Yagoob ve ark. (2018) tarafından çimlenmiş arpa unu kullanılarak hazırlanan kek örnekleri içinde bildirilmiştir.



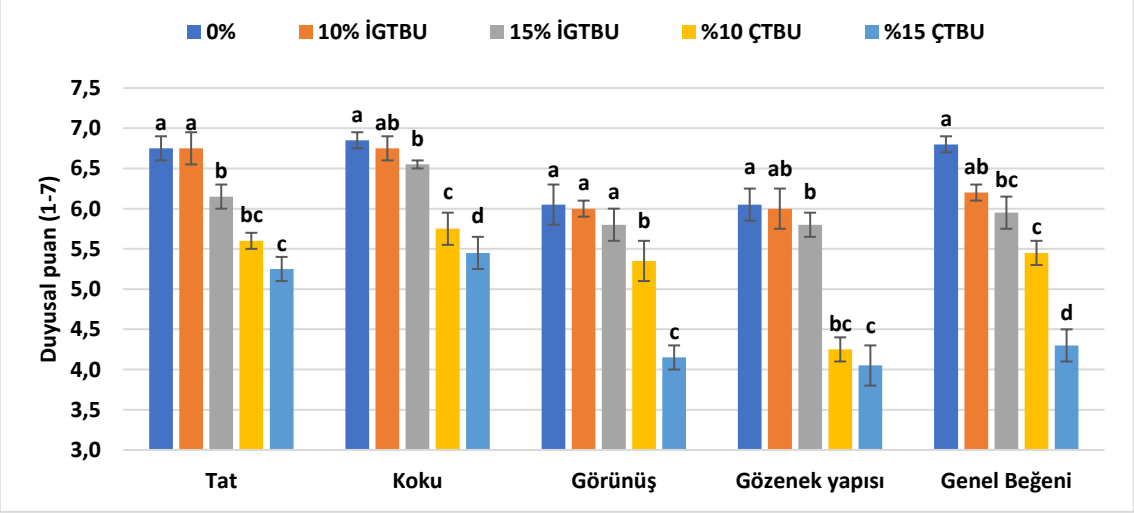
Şekil 4.118. Farklı oranlarda işlem görmemiş Esperia tam buğday unu (İGTBU) ve çimlenmiş Esperia tam buğday unu (ÇTBU) ilaveli ekmek örneklerine ait duyusal analiz sonuçları

Koku; Esperia buğday unu ilaveli ekmek örnekleri arasında %15 çimlenmiş tam un ilaveli ekmek örnekleri, tam buğday unu ilavesiz kontrol örneğinden daha düşük koku puanı alan örnek olurken, işlem türü fark etmeksizin %15 çimlenmiş tam un ilaveli ekmek örnekleri hariç tüm örnekler kontrol örneğine benzer koku puanları almıştır (Şekil 4.118). İşlem görmemiş einkorn buğday unu ilaveli ekmek örnekleri kontrol örneğine benzer koku puanı alırken, artan oranda çimlenmiş einkorn buğday unu kullanımı ekmek örneklerinin koku özelliğini olumsuz etkilemiştir. %15 çimlenmiş buğday unu ilaveli

ekmek örneği einkorn buğday unu ilaveli ekmek örnekleri arasında en düşük koku skoruna sahip ekmekler olmuştur (Şekil 4.119). Sonuçlar emmer buğday unu ilaveli ekmek örnekleri açısından değerlendirildiğinde; %10 işlem görmemiş buğday unu ilaveli ekmek örneğinin koku skoru tam un ilavesiz ekmek örnekleri ve %15 işlem görmemiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin koku skoru ile istatistiksel olarak aynı grupta yer alırken, çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinden üstün koku özelliği göstermişlerdir (Şekil 4.120).



Şekil 4.119. Farklı oranlarda işlem görmemiş einkorn tam buğday unu (İGTBU) ve çimlenmiş einkorn tam buğday unu (ÇTBU) ilaveli ekmek örneklerine ait duyusal analiz sonuçları



Şekil 4.120. Farklı oranlarda işlem görmemiş emmer tam buğday unu (İGTBU) ve çimlenmiş emmer tam buğday unu (ÇTBU) ilaveli ekmek örneklerine ait duyusal analiz sonuçları

Görünüş; çimlenmiş Esperia buğday unu ilavesi ekmek örneklerinin görünüş özelliklerini geliştirmiş ve %10 çimlenmiş Esperia buğday unu ilaveli örneklerin görünüş skorlarının tam un ilavesiz ekmek örneklerine istatistiksel olarak benzer olmasını

sağlamıştır. İşlem türü farketmeksizin Esperia buğday unu ilaveli ekmek örnekleri arasında en düşük görünüş puanı %15 işlem görmemiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinde belirlenmiştir. Diğer buğday çeşitlerinin aksine çimlenmiş Esperia buğday unu ilavesi ekmek örneklerinin görünüş özelliklerini işlem görmemiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinden daha az etkilemiştir (Şekil 4.118). Einkorn buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin görünüş puanlarına bakıldığında; %15 çimlenmiş einkorn tam buğday unu ilaveli ekmek örnekleri hariç %10 ve %15 işlem görmemiş ve %10 çimlenmiş einkorn buğday unu ilaveli erişte örneklerinin görünüş skoru istatistiksel olarak kontrol örneği ile aynı grupta yer almıştır. %15 çimlenmiş einkorn buğday unu ilaveli örnekler panelistler tarafından daha düşük görünüş puanları ile değerlendirilmiştir (Şekil 4.119). İşlem görmemiş (%10 ve %15) emmer buğday unu ilaveli ekmek örnekleri panelistler tarafından tam buğday unu ilavesiz ekmek örneklerine benzer görüş skorları ile değerlendirilirken, artan oranda çimlenmiş emmer buğday unu kullanımı ekmek örneklerinin görünüş skorlarını olumsuz etkilemiştir. En düşük görünüş skoru %15 çimlenmiş emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinden elde edilmiştir (Şekil 4.120).

Gözenek yapısı; Esperia buğday unu ilaveli ekmek örnekleri gözenek yapısı puanları açısından karşılaştırıldığında; %10 çimlenmiş Esperia tam buğday unu ilaveli ekmek örnekleri hariç işlem görmemiş ve çimlenmiş Esperia buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin gözenek yapısı puanları istatistiksel olarak aynı grupta yer almış olup, panelistler tarafından tam buğday unu ilavesiz ekmek örnekleri ile eşdeğer bulunan %1 çimlenmiş Esperia buğday unu ilaveli ekmek örneklerinden daha düşük gözenek yapısı puanları ile değerlendirilmişlerdir (Şekil 4.118). %10 çimlenmiş einkorn buğday unu ilaveli ekmek örnekleri işlem görmemiş einkorn buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin gözenek yapısı puanına benzer puan almış olup %15 çimlenmiş einkorn buğday unu kullanımı ekmek örneklerinin gözenek yapısını olumsuz etkilemiştir (Şekil 4.119). %15 işlem görmemiş emmer buğday unu ilaveli örnekler ve tam buğday unu ilavesiz ekmek örneklerinin gözenek yapısı skorları %10 işlem görmemiş buğday unu ilaveli ekmek örnekleri ile istatistiksel olarak aynı grupta yer almış olup, çimlenmiş emmer buğday unu ilavelisi ekmek örneklerinin gözenek yapısı skoru azalmıştır (Şekil 4.120).

Genel beğeni; %10 ve %15 işlem görmemiş Esperia buğday unu ilaveli ekmekler ile %10 çimlenmiş Esperia buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin genel beğeni skorları istatistiksel olarak tam buğday unu ilavesiz ekmek örnekleri ile aynı grupta yer almış olup, %15 çimlenmiş Esperia buğday unu ilaveli ekmek örnekleri kontrol ekmeklerinin genel beğeni puanından daha düşük genel beğeni skorları almıştır (Şekil 4.118). %15

işlem görmemiş ve %10 çimlenmiş einkorn buğday unu ilaveli ekmek örnekleri panelistler tarafından benzer genel beğeni puanları ile değerlendirilirken, bu örnekler %15 çimlenmiş einkorn buğday unu ilaveli ekmek örneklerinden daha yüksek, kontrol ekmeklerinden daha düşük genel beğeni skorları ile değerlendirilmişlerdir (Şekil 4.119). Çimlenmiş buğday unu kullanımı emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin genel beğeni skorlarını düşürmüştür. %10 işlem görmemiş tam buğday unu ilaveli ekmek örnekleri tam buğday unu ilavesiz ekmek örnekleri ve %15 işlem görmemiş emmer buğday unu ilaveli ekmek örnekleri ile istatistiksel olarak benzer genel beğeni puanları almış ve çimlenmiş buğday unu kullanılarak hazırlanan ekmek örneklerinden üstün genel beğeni özelliği göstermişlerdir (Şekil 4.120).

Ekmek örneklerinin duyusal analiz sonuçlar Esperia, einkorn ve emmer buğday çeşitleri açısından karşılaştırıldığında; Esperia buğday unu ilaveli ekmek örnekleri her iki ilkel buğday çeşidinden daha üstün duyusal özellikler gösterirken, ilkel buğdaylardan emmer buğday unu ilaveli ekmekler panelistler tarafından daha düşük puanlar almıştır. Çimlenmiş buğday unu kullanımı Esperia buğday unu ilaveli ekmek örneklerinde görünüş özelliğini geliştirirken, emmer buğday unu ilaveli ekmeklerde ise işlem görmemiş tam buğday unu kullanımına kıyasla koku, görünüş ve genel beğeni özelliklerini olumsuz etkilenmiştir.

Dhillon ve ark. (2020) 3 gün çimlendirilmiş buğdaylardan elde edilen tam unları farklı oranlarda (%0, 50, 75 ve 100) tam buğday unu ile yer değiştirme esasına göre ekmek formülasyonunda kullanmışlardır. Duyusal parametrelerden renk ve görünüş açısından en beğenilen örnekler %100 tam buğday unu ilaveli örnekler olurken, tekstür, aroma, tat ve genel kabul edilebilirlik açısından %50 çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneği sırasıyla 8.5, 8.1, 8.8 ve 8.4 duyusal puanlarla en çok tercih edilen ekmek olmuştur. Bu nedenle, %50 çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmeklerin daha kabul edilebilir olduğu ifade edilmiştir.

Lomolino ve ark. (2017) einkorn ekşi mayalı ekmek örneklerinin renk, aroma, sıkılık ve genel beğeni puanları açısından ekmeklik buğdaydan üretilen ekşi mayalı ekmek örneklerinden oldukça farklı olduğunu bildirmişlerdir. Özellikle renk parametresi, tüketiciler tarafından iyi ayırt edilen bir parametre olup, einkorn ekmekleri yoğun sarı renkleri ile kolayca ayırt edilmiş olup daha yüksek skorlar ile değerlendirilmiştir. Aynı zamanda panelistler tarafından einkorn ekmekleri için daha yoğun aromalı ve daha yumuşak oldukları belirtilmiştir.

Çakır ve ark. (2020) farklı oranlarda (%0-100) einkorn buğday unu ilaveli ekşi mayalı ekmek örneklerinin çeşitli kalite özelliklerini inceledikleri çalışmalarında; %75 ve %100 einkorn unu kullanımı ekmek örneklerinin lezzet puanını düşürdüğü, ancak tekstürel açıdan kontrol örneğine yakın skorlar elde edildiği belirtilmiştir. %25 ve %50 einkorn ilaveli ekmek örneklerinin duyusal skorlarının ekmeklik buğday ununda hazırlanan ekmek örneklerine benzer duyusal skorlar verdiği bildirilmiştir.

Yagoob ve ark. (2018) işlem görmemiş ve çimlenmiş arpa ununu farklı oranlarda (%0, 5, 10, 15, 20 ve 25) kek üretiminde kullanmışlardır. İşlem görmemiş arpa unu kullanımı kek örneklerinin renk özellikleri iyileştirirken çimlenmiş arpa unu kullanımı kek örneklerinin renk özelliklerini olumsuz etkilemiştir. Buğday ununun işlem görmemiş ve çimlenmiş arpa unu ile yer değiştirilmesi kontrol kek örneğinde 8.1 olan keklerin lezzet skorunu sırasıyla 7.6'ya ve 4.9'a düşürmüştür.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Çalışmanın ilk aşamasında; teknolojik ve besinsel olarak en uygun özellikleri verecek çimlenme süresinin belirlenmesi amacıyla Esperia, einkorn ve emmer buğdayları çimlendirilmiştir. Çimlendirme süresi boyunca (1-7 gün) Esperia, einkorn ve emmer buğdaylarında çim uzunluğu ve kuru madde kaybı takip edilmiş, çimlenmiş buğday unlarında ise renk, kül, protein, yağ, TBL, fitik asit, TSP, TFM miktarı ve antioksidan aktivite (DPPH, FRAP ve CUPRAC) analizleri yapılmıştır.

Artan çimlenme süresine bağlı olarak buğday örneklerinin çim uzunluğu artış göstermiş olup, bu artış einkorn buğdaylarında daha yüksek oranda gerçekleşmiştir. 7 gün çimlendirilen buğday örneklerinde ortalama kuru madde kaybı %5.48 olarak belirlenmiştir. Uzun çimlenme süreleri, daha fazla çim uzunluğuna bu da besin tüketiminin artmasına ve kuru madde kaybına yol açmıştır.

Çimlenme işleminin başlangıcında buğday unlarının L^* değeri artış, a^* ve b^* değerleri ise azalış göstermiştir. Artan çimlenme süresi beklendiği gibi L^* değerini azaltırken, a^* ve b^* değerlerini artırmış ve çimlenmenin yedinci gününde en düşük L^* değeri ve en yüksek b* değeri elde edilmiştir. Başlangıçta a^* ve b^* değerlerinde meydana gelen azalma, ıslatma işlemi sırasında tane kabuğundaki pigment kaybından kaynaklanabileceği gibi, artan enzimatik aktivite sonucu renk pigmentlerinin oksidasyonu ile de ilgili olabilir. Çimlenme işleminin devamındaki renk değişikliklerinin ise artan fenolik madde içeriği ve serbest şeker ile aminoasitler arasındaki enzimatik olmayan reaksiyonlardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Artan çimlenme süresi ile birlikte tam buğday unlarının protein, TBL, TSP, TFM miktarı ve antioksidan aktivite değerleri (DPPH, FRAP ve CUPRAC) artmış, yağ ve fitik asit miktarları ise azalma göstermiştir. Çimlenmenin başlangıcında gelişmekte olan bitkiye besin sağlamak için proteinlerin parçalanmasına yol açan enzim aktivitesi, çimlenmenin sonraki aşamasında artan protein içeriğinden sorumlu olurken, diğer taraftan solunum sırasında meydana gelen karbonhidrat kaybından dolayı protein içeriğinde oransal bir artış meydana gelmiş olabilir. Artan TBL miktarının çözünür lif miktarındaki artıştan kaynaklandığı düşünülmektedir. Tanenin çimlenmeye başlaması ile uyarılan, biyokaktif bileşenlerin sentezlenmesinden sorumlu enzimlerin aktivitelerinin artması ve ayrıca çimlenme sırasında artan hidrolitik enzim aktivitesinin etkisiyle

biyoaktif bileşen içeriğinin arttığı tahmin edilmektedir. Çimlenme ile birlikte lipitlerin ve serbest halde bulunan yağ asitlerinin, embriyonun yeni doku oluşturma sürecinde enerji kaynağı olarak tüketilmesi nedeniyle çimlenmiş buğday örneklerinin yağ içeriğinin azaldığı düşünülmektedir. Çimlenme bir anti-besinsel bileşen olarak kabul edilen fitik asit içeriğinde azalma sağlayarak, buğday unlarının besinsel kalitesinde artış sağlamıştır. Çimlendirilmiş ilkel buğdayların, artan çimlenme süresi ile Fe, Mg ve Zn miktarları artış gösterirken, Ca ve K miktarlarında önemli değişiklikler belirlenmemiş olup, P miktarı ise azalmıştır. Çimlenme sırasında fitaz aktivitesindeki artış ile serbest forma geçen fosfatın, bitki büyümesi ve gelişmesi için enerji kaynağı olarak kullanılması P içeriğindeki azalışın temel nedeni olarak görülmüştür.

Yedi gün çimlendirilen Esperia, einkorn ve emmer buğdaylarından elde edilen tam un örnekleri arasında besinsel ve teknolojik olarak üstün çimlenme süresinin belirlenmesi için yapılan analizler genel olarak değerlendirildiğinde, çimlenmenin üçüncü günü en ideal çimlenme süresi olarak belirlenmiştir.

Ekmek ve erişte olmak üzere iki farklı üründe işlem görmemiş ve çimlenmiş Esperia, einkorn ve emmer buğdaylarından elde edilen tam unlar ve rafine buğday unu ortak bileşen olarak kullanılmıştır. Bunların yanında erişte üretiminde çimlenmiş buğday unlarının erişte formülasyonunda kullanılması sırasında karşılaşılan olumsuzlukları en aza indirmek için ÇSNIU Esperia, einkorn ve emmer tam unları kullanılmıştır. Kullanılan tam unlar ve rafine buğday ununda renk ölçümü ve kimyasal analizler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Emmer buğdayı tam unları aynı işlemin uygulandığı gruptaki Esperia ve einkorn tam buğday unlarından daha düşük L^* değeri ve daha yüksek a^* değeri göstermiş olup, en düşük L^* değeri ve en yüksek a^* değeri ÇSNIU emmer buğday unlarında belirlenmiştir. Bu renk değişimleri, nemli-ısıl işlemin gerçekleştiği yüksek sıcaklıklarda çimlenmiş tam buğday ununda bulunan ve miktarı çimlenme ile oransal olarak artan aminoasit ve şeker arasındaki Maillard reaksiyonundan kaynaklanmış olabilir. İlkel buğday tam unlarının modern ekmeklik buğdaydan daha yüksek b^* değeri dikkat çekici bulunmuştur. Buğday çeşitleri arasında işlem türü farketmeksizin einkorn ve emmer buğday unları Esperia buğdayından üstün protein ve yağ içeriklerine sahip olup, en yüksek protein içeriği çimlenmiş einkorn ve emmer buğday unlarında, en yüksek yağ içeriği ise işlem görmemiş einkorn ve emmer buğday unlarında belirlenmiştir. Tüm işlem türleri arasında en yüksek TBL miktarı modern ekmeklik buğday çeşidi olan Esperia buğday unlarında belirlenmiş olup, ilkel buğday çeşitlerinden üstün bulunmuştur. Fitik

asit içeriği işlem görmemiş buğday unlarında daha yüksek bulunurken, çimlenme ve çimlendikten sonra nemli-ısıl işlem uygulanması buğday unlarının fitik asit içeriğinin azaltılmasında etkili olmuştur. Bununla birlikte ilkel buğday unları tüm işlem türlerinde modern ekmeklik Esperia buğday unlarından daha yüksek fitik asit içeriği göstermiş ve emmer buğday unları en yüksek fitik asit içeriğine sahip örnekler olmuştur. Çimlenme işlemi aynı zamanda TSP, TFM miktarı ve antioksidan aktivite değerleri açısından zengin oldukları bilinen einkorn ve emmer buğday unlarının bu değerlerinin artmasına büyük katkı sağlamıştır. Bu sonuçlar, çimlenmiş einkorn ve emmer buğday unlarının ikamesi ile elde edilen un paçallarının gıdaların besinsel ve fonksiyonel özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla kullanılabilecek birer hammadde olarak büyük potansiyele sahip olduğunu göstermiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında; "işlem görmemiş buğdaylarından elde edilen tam unların", "üç gün çimlendirilen buğdaylardan elde edilen tam unların" ve "ÇSNIU tam unların" erişte örneklerinin renk, pişme kalitesi, kimyasal bileşimi ve duyusal özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır.

Elde edilen erişte örneklerinin L^*, a^* ve b^* değerleri üzerinde buğday çeşidi, işlem türü ve tam buğday unu ilave oranı faktörlerinin istatistiki açıdan önemli etkisi olduğu belirlenmiştir. Emmer buğday unu kullanımı daha koyu ve daha kırmızı erişte örneklerinin elde edilmesini sağlarken, çimlenmiş ve ÇSNIU buğday unlarının kullanımı eriştelerin L^* değerini azaltmış, a^* değerini ise artırmıştır. Bu durum çimlenmiş buğday unlarında artan fenolik bileşenler ve ısıl işlemle meydana gelen enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarına atfedilmiştir. Artan tam buğday unu ilave oranı ile birlikte erişte örneklerinin a^* ve b^* değerleri artarken, L^* değerleri azaltmıştır.

Esperia ve emmer buğday unu ilaveli erişte örneklerinin birbirine yakın optimum pişme süresi değerleri gösterdiği, formülasyonunda einkorn ve emmer buğday unu kullanılan erişte örneklerinin ise ağırlık artışlarının benzer olduğu bulunmuştur. Esperia tam buğday unu ilaveli erişte örnekleri daha sıkı yapıya ve düşük SGMM'na sahip örnekler olarak belirlenmiştir. Çimlenme işlemi erişte örneklerinin optimum pişme süresi, ağırlık artışı, hacim artışı ve sıkılık değerlerini azaltırken, çimlenmiş buğday unlarına uygulanan nemli-ısıl işlem çimlenmiş buğday unlarından üretilen erişte örneklerinin SGMM ve sıkılık değerlerini iyileştirmiştir. Çimlenme işlemi nişasta ve proteinlerin daha küçük ve daha çözünür bileşenlere enzimatik olarak parçalanmasına ve pişirme sırasında parçalanmış fraksiyonların pişme suyuna kolayca sızmasına yol açarak erişte örneklerinin SGMM'nı artırırken, enzimatik aktivite sonucu bozulan gluten ağı erişte örneklerinin

sıkılık değerini azaltmıştır. Nemli-ısıl işlem uygulaması nişasta moleküllerinin jelleşmeye karşı direncini artırtırmaktadır. Sonuç olarak ÇSNIU unlardan yapılan erişteler, pişirme işlemi sırasında daha düşük oranda su absorbe edebilmekte ve bunun sonucu olarak sıkılık değeri artmakta ve SGMM azalmaktadır. Artan tam un ilavesi; tam buğday unu içermeyen örneklere göre, erişlelerin optimum pişme süresi, ağırlık artışı, hacim artışı ve sıkılık değerlerini azaltırken, SGMM miktarının artmasına neden olmuştur. Bununla birlikte, %60 tam buğday unu ilave oranına kadar bütün erişlelerin SGMM miktarının %10'un altında olduğu belirlenmiştir.

Erişte formülasyonunda ilkel buğdaylara yer verilmesi erişte örneklerinin kül, protein, TSP, TFM miktarı ve antioksidan aktivite değerini artırırken, daha düşük TBL içeriğine sahip olmalarına neden olmuştur. Buğday örneklerinin çimlendirilmesi ile erişte örneklerinin protein, TBL, TSP, TFM ve antioksidan aktivite değerleri artmış, kül içeriğinde önemli bir farklılık belirlenememiştir. Çimlenmiş buğday unlarına uygulana ısıl işlem ile birlikte TSP, TFM miktarı ve antioksidan aktivite değerleri gibi biyoaktif bileşenlerin miktarı ısıl işlemin etkisi ile azalmış, bu azalma erişte örneklerine de yansımıştır. %0, 15, 30, 45 ve 60 oranında tam un içeren erişte örneklerinin birbirine yakın nem içerdiği görülürken, %30 ve üzeri tam un ilave oranlarında örneklerin yağ içeriği artış göstermiştir. Erişte formülasyonunda artan oranda işlem türü farketmeksizin Esperia, einkorn ve emmer buğday unlarının kullanımı kül, protein, TBL, fitik asit, TSP, TFM miktarı ve antioksidan aktivite değerlerini artırmıştır.

Modern ve ilkel buğday unu ile hazırlanan erişte örneklerinin birbirine benzer oranda Ca ve K içerdiği görülmüştür. Bununla birlikte einkorn ve emmer buğday unu ilavesi ile hazırlanan erişte örneklerinin daha yüksek Fe, Mg, P ve Zn içerdiği belirlenmiştir. ÇSNIU unlar ile hazırlanan erişte örnekleri çimlenmiş buğday unu ilaveli erişte örneklerine benzer mineral içeriği göstermiş olup, çimlenme işlemi ile artış gösteren Fe, Mg ve Zn içeriği erişte örneklerine de yansımıştır. Bunun yanında işlem görmemiş buğday unu ile hazırlanan erişte örneklerinin daha yüksek K ve P içerdiği görülmüştür. Tam buğday unu ilavesiz erişte örnekleri ile karşılaştırıldığında; %60 oranında tam buğday unu ilavesi erişte örneklerinin Ca, Fe, Mg, K, P ve Zn içeriğinde sırasıyla %16.2, %129.4, %116.0, %48.5, %121.3 ve %238.9 oranında artış sağlamıştır.

Erişte örneklerinde yapılan duyusal değerlendirmede; %15 ve %30 işlem görmemiş ve %15 ÇSNIU Esperia buğday unu kullanımı erişte örneklerinin tat özelliklerini geliştirirken, %15 işlem görmemiş ve ÇSNIU Esperia buğday unu ilavesi erişte örneklerinin görünüş, koku ve genel beğeni özelliklerinin kontrol erişte örneğine

yakın olmasını sağlamıştır. Formülasyonunda çimlenmiş Esperia buğday ununa yer verilen erişte örnekleri kontrol örneğine benzer çiğnenebilirlik özelliği göstermişlerdir. Yüksek oranda işlem görmemiş ve çimlenmiş einkorn buğday unu ilaveli erişte örneklerinin görünüş, tat, koku, çiğnenebilirlik ve genel beğeni puanlarını düşürdüğü belirlenmiştir. Bu azalma çimlenmiş buğday unu ilaveli erişte örneklerinin tat ve genel beğeni özeliklerinde daha yüksek oranda gerçekleşmiştir. Her iki işlem türü içinde geçerli olmak üzere yüksek oranda emmer tam un ilavesi erişte örneklerinin duyusal özelliklerini olumsuz etkilemiştir.

Çalışmanın üçüncü aşamasında ekmek üretiminde kullanılmak üzere işlem görmemiş ve çimlenmiş buğdaylardan elde edilen tam unların rafine buğday ununa dört farklı oranda (%5, 10, 15 ve 20) paçalları yapılmıştır. Un paçallarının fiziksel, ve fizikokimyasal özellikleri ve bu un paçallarından hazırlanan ekmeklerinin fiziksel, kimyasal ve duyusal özellikleri araştırılmıştır.

Esperia buğday unu ile hazırlanan un paçalı örneklerinin L^* değeri einkorn ve emmer buğday unu ilaveli un paçalı örneklerinden daha yüksek bulunurken, a^* ve b^* renk değerlerinin einkorn ve emmer buğday unu ilaveli un paçalı örneklerinin aynı değerlerinden daha düşük olduğu belirlenmiştir. Çimlenme işleme sırasında buğdayların artan protein ve fenolik bileşenleri, bu buğdaylardan elde edilen un paçallarının L^* değerini azaltırken, çimlenme ile enzimatik olmayan reaksiyonların artırmasına bağlı olarak, çimlenmiş buğday unlarının a^* ve b^* değerlerinin artması un paçalı örneklerinin de a^* ve b^* değerlerinin artmasına neden olmuştur. Tam buğday unu ilavesiz örneklerde sırasıyla 94.71, -0.69 ve 9.93 olan L^*, a^* ve b^* değerleri, %20 tam un ilavesi ile sırasıyla 91.40, 0.16 ve 11.01 olarak değişmiştir.

Esperia buğday unu ilaveli un paçalı örnekleri yaş gluten, gluten indeks, Zeleny sedimantasyon ve düşme sayısı değerleri açısından einkorn ve emmer buğdaylarından elde edilen unlar ile hazırlanan un paçalı örneklerinden üstün bulunmuştur. Çimlenme sırasında artan proteaz aktivitesinin gliadin peptidlerini parçalaması ile gluten miktarında azalma meydana gelmesi un paçallarının gluten içeriğini düşürürken, zarar gören gluteninin fiziksel yapısı un paçallarının gluten indeks değerinin de azalmasına neden olmuştur. Çimlenme ile birlikte artan α-amilaz aktivitesi jelatinize olmuş nişastasının sıvılaşmasını hızlandırarak düşme sayısının azalmasına neden olmuştur. Elde edile tam unların düşük gluten, gluten indeks ve Zeleny sedimantasyon değerleri artan oranda dahil edildikleri un paçalı örneklerinde de bu değerlerin azalmasına neden olmuştur.

Çalışmanın üçüncü aşamasında hazırlanan un paçallarından üretilen ekmek örneklerine ait L^* değeri; Esperia ve einkorn, a^* ve b^* değerleri ise; einkorn ve emmer buğday unları ilaveli ekmek örnekleri arasında anlamlı bir farklılık oluşturmazken, en yüksek a^* değeri einkorn ilaveli ekmek örneklerinde belirlenmiştir. Yüksek enzim aktivitesinden kaynaklı yüksek serbest şeker ve aminoasit içeriği enzimatik esmerleşme reaksiyonlarına katılarak çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin kabuk L^* değerinin azalmasına kabuk a^* ve b^* değerlerinin ise artmasına neden olmuştur. Artan oranda tam un ilavesi ekmek örneklerinin kabuk rengini koyulaştırıp, genel olarak ekmek kabuk renginin daha kırmızı ve sarı olmasına katkı sağlamıştır. Ekmek örneklerinin ekmek içi renk değerleri daha çok hammaddelerin renk özelliklerinden etkilenmiş olup, emmer buğday unu ilaveli ekmekler daha koyu ve daha kırmızı renk özellikleri gösterirken einkorn tam un ilaveli ekmek örnekleri ise daha sarı ekmek içi elde edilmesini sağlamıştır. Ekmek içi L^* değeri, ekmek üretiminde tam buğday unu kullanımı ile azalmış, ekmek içi a^* ve b^* değerleri ise artmıştır.

Buğday çeşitlerinden einkorn ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin ağırlık değerleri birbirine benzer ve Esperia buğday unu ilaveli ekmek örneklerinden daha yüksek bulunurken, spesifik hacim değerleri ise daha düşük bulunmuştur, Esperia buğday unu yüksek ekmek hacmi ile dikkat çekmiştir. Çimlenmiş buğday unu ekmek örneklerinin hacim değerini artırarak spesifik hacim değerini de yükseltmiştir. %20 tam buğday unu ilavesi tam buğday unu ilavesiz ekmek örneklerinden daha yüksek ağırlıkta ekmek elde edilmesini sağlarken, yüksek oranlarda (%15-20) tam un kullanımı spesifik hacmi düşürmüştür.

Ekmek örneklerinin formülasyonunda emmer buğday unu kullanımı, örneklerin 1., 3. ve 5. günlerde ölçülen sertlik ve çiğnenebilirlik değerlerinin Esperia ve einkorn tam unları ilave edilerek hazırlanan ekmeklere göre daha yüksek olmasına neden olmuştur. Esperia buğday unlarından hazırlanan ekmek örneklerinin yüksek ekmek hacminin, bu ekmeklerin sertlik ve çiğnenebilirlik özellikleri üzerinde olumlu etki gösterdiği tahmin edilmektedir. Buğday çeşitleri arasında einkorn buğday unu ilaveli ekmeklerin 1. gün elastikiyet değeri Esperia ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinden daha yüksek bulunurken, Esperia buğday unu ise koheziflik ve esneklik açısından yüksek değerler göstermiştir. Buğday çeşitleri açısından ekmeklerin 3. gün elastikiyet ve esneklik değerleri arasında bir fark oluşmazken, einkorn buğday unu ilaveli örnekler, Esperia ve emmer buğday unu ilaveli ekmeklerden daha düşük koheziflik değeri göstermiştir. TPA'nin 5. gününde ise emmer buğday unu ilaveli ekmekler en düşük esneklik, emmer

buğday unu ilaveli ekmekler ise en yüksek esneklik değerini göstermiş olup tüm buğday çeşitlerine ait ekmeklerin elastikyet ve koheziflik değerleri arasında fark bulunmamıştır.

Çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin 1., 3. ve 5. gün sertlik, elastikiyet, koheziflik, çiğnenebilirlik ve esneklik değerleri, işlem görmemiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinden daha düşük bulunmuştur.

Tam buğday unu ilave oranının %0'dan %20'ye yükselmesi ile 1., 3. ve 5. gün sertlik ve çiğnenebilirlik değerlerinde artış görülmüştür. Tam buğday unu kullanımı ile ekmek örneklerinin 1.3. ve 5. gün elastikiyet, koheziflik ve esneklik değerlerinde azalma belirlenirken, koheziflik değerindeki azalma üzerinde tam buğday unu kullanım oranının örnekler arasında büyük farklılık oluşturmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Ekmeklerin depolanma süresinin artması genel olarak sertlik ve çiğnenebilirlik değerlerinin yükselmesine, koheziflik ve esneklik değerlerinin azalmasına yol açmıştır.

Emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerinin protein ve yağ içeriği einkorn buğday unu ilaveli ekmek örneklerine yakın ve Esperia buğday unu ilaveli ekmek örneklerinden üstün, kül içeriği ise her iki buğday çeşidinden üretilen ekmeklerden daha yüksek bulunmuştur. TBL içeriği açısından zengin olan Esperia buğday ununun bu değeri ekmek örneklerine de yansımış ve ilkel buğday unlarından hazırlanan ekmek örneklerinden daha yüksek TBL içerinin elde edilmesine imkan vermiştir. Ekmek üretiminde çimlenmiş buğday unu kullanımı kül ve TBL açısından işlem görmemiş buğday unlarından daha üstün bulunurken, protein içerikleri birbirine oldukça yakın ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Çimlenme esnasında embriyoya enerji sağlamak amacıyla kullanılması ile azalan yağ içeriği ekmek örneklerine de yansımıştır. Artan tam buğday unu ilave oranı ekmek örneklerinin kül, protein, yağ ve TBL içerinde artış sağlayarak tam buğday unu ilaveli ekmek örneklerine besinsel açıda üstünlük sağlamışlardır.

TSP içeriği yüksek olan einkorn buğday ununun bu özelliği ilave edildiği ekmek örneklerine de yansımıştır. Düşük fitik asit, TFM miktarı ve antioksidan aktivite değerleri ile buğday çeşitleri arasında Esperia buğday unu ilaveli ekmek örnekleri biyoaktif bileşenler açısından daha fakir ekmek örneklerinin elde edilmesine neden olmuştur. Bununla birlikte daha düşük fitik asit içeriği antibesinsel açıdan avantaj, biyoaktif özellik açısından dezavantaj teşkil etmektedir. Çimlenmiş buğday unu kullanımı ekmek örneklerinin fitik asit içeriğini azaltarak, TSP, TFM miktarını DPPH, FRAP ve CUPRAC antioksidan değerlerini yükselterek besinsel ve fonksiyonel kaliteyi yükseltilmiştir. Artan oranda tam buğday unu kullanımı TFM miktarı ve antioksidan aktivite değerinin

artmasını katkı sağlamıştır. %0 ve%5 tam un ilaveli örneklerin TSP miktarı birbirine benzer bulunurken, %20 oranında tam buğday unu kullanımı ekmek örneklerinin TSP içeriğini %69 artırmıştır.

Einkorn ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örneklerine ait Fe, P ve Zn miktarı, Esperia tam buğday unu ilaveli ekmek örneklerinden üstün bulunurken, Ca, Mg ve K açısından bütün ekmek çeşitleri birbirine benzer değerler göstermişlerdir. Ekmek formülasyonunda çimlenmiş buğday unlarına yer verilmesi, işlem görmemiş buğday unu ilaveli örneklerden daha yüksek Ca, Fe ve Mg içeriğine sahip ekmeklerin elde edilmesine imkan verirken, ekmeklerin K içeriğini düşürmüştür. Tam buğday unlarının mineral madde açısından zengin bir bileşime sahip olması, tam buğday unu ilave edilerek üretilen ekmeklerin mineral miktarının tam buğday unu ilavesiz ekmek örneklerine göre dikkat çekici bir şekilde artmasını sağlamıştır. Ekmek örneklerinin üretiminde kullanılan tam buğday unu oranının %0'dan %20'ye yükselmesi ile Ca, Fe, Mg, K, P ve Zn miktarında sırasıyla 1.23, 1.86, 1.33, 1.18, 1.48 ve 2.91 katlık artış elde edilmiştir.

Ekmek örnekleri üzerinde yapılan duyusal değerlendirmede, %15 çimlenmiş Esperia buğday unu ilaveli ekmek örnekleri hariç %10 ve %15 işlem görmemiş ve %10 çimlenmiş Esperia buğday unu ilaveli ekmek örnekleri kontrol ekmeğine benzer tat, koku ve genel beğeni özellikleri gösterirken, %10 çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örnekleri kontrol örneğine yakın görünüş ve gözenek yapısı değerlerine sahip ekmekler elde dilmesini sağlamıştır. Einkorn ve emmer buğday unu ilaveli ekmek örnekleri arasında en düşük, tat, koku, görünüş, gözenek yapısı ve genel beğeni puanları %15 çimlenmiş buğday unu ilaveli ekmek örneklerinden elde edilmiştir.

5.2. Öneriler

1. Bu çalışma çimlendirme işleminin, antibesinsel faktörleri azaltarak ve biyoaktif bileşenlerin oranını artırarak besinsel açıdan üstün, teknolojik olarak kabul edilebilir ve tüketiciler için kıymetli ürünlerin geliştirilmesine imkan veren bir gıda işleme tekniği olduğunu ortaya konmuştur. Daha sonra yapılacak çalışmalarda çimlenme işleminin farklı hammaddeler üzerinde kullanılması ve/veya çimlenmiş tanelerin farklı hammaddeler ile kombine edilerek yeni ürün formülasyonlarının geliştirilmesinin önünü açacaktır.
2. ÇSNIU ile geliştirilen teknolojik özellikler, zayıf ürün özelliklerinin geliştirilmesinde kullanılan düşük maliyetli yüksek etkili mevcut işleme teknolojilerine alternatif olacaktır.

3. Ülkemizde sadece belli bölgelerde bulgur olarak tüketilen einkorn ve hayvan yemi olarak değerlendirilen emmer buğdayının, yaygın ticari ürünlere dönüştürülmesi, ülkemiz ekonomisine de katkı sağlayacak ve istihdam olanağı sunacaktır.

4. Erişte ve ekmek, ülkemizde ve dünyada oldukça yaygın tüketilen gıda maddeleri arasında yer almaktadır. Bu çalışmada geliştirilen erişte ve ekmek formülasyonlarının endüstriyel üretim ortamına taşınması, piyasada satışa sunulan ürünlere, besleyici ve fonksiyonel özellikleri yüksek bir alternatif olacaktır.

5. Günümüzde marjinal alanlarda ekimi yapılan ve sınırlı bilgiye ulaşılabilen einkorn ve emmer buğday çeşitlerine çeşitli gıda formülasyonlarında yer verilmesi bu buğdayların sürdürülebilirliğini ve orijinalliğinin korunmasını sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

AACC, 1990, American Association of Cereal Chemists, Approved Methods of the AACC, 8th ed., St. Paul, MN, USA.

AACC, 1999. American Association of Cereal Chemists, Approved Methods of the AACC, 10th ed., St. Paul, MN, USA.

AACC, 2000, American Association of Cereal Chemists, Approved Methods of the AACC, 10th ed., St. Paul, MN, USA.

Abdel-Aal, E. S. M., Hucl, P. and Sosulski, F. W., 1995, Compositional and nutritional characteristics of spring einkorn and spelt wheats, *Cereal Chemistry*, 72 (6), 621-624.

Abdel-Aal, E. M., Hucl, P., Sosulski, F. W. and Bhirud, P. R., 1997, Kernel, milling and baking properties of spring-type spelt and einkorn wheats, *Journal of Cereal Science*, 26 (3), 363-370.

Abdel-Aal, E. S. and Hucl, P., 2002, Amino acid composition and in vitro protein digestibility of selected ancient wheats and their end products, *Journal of Food Composition and Analysis*, 15 (6), 737-747.

Abdel-Aal, E. S. M., Young, J. C., Wood, P. J., Rabalski, I., Hucl, P., Falk, D. and Fregeau-Reid, J., 2002, Einkorn: A potential candidate for developing high lutein wheat, *Cereal Chemistry*, 79 (3), 455-457.

Abdel-Aal, E. S. M., Young, J. C., Rabalski, I., Hucl, P. and Fregeau-Reid, J., 2007, Identification and quantification of seed carotenoids in selected wheat species, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55 (3), 787-794.

Abdel-Aal, E. S. M. and Rabalski, I., 2008, Bioactive compounds and their antioxidant capacity in selected primitive and modern wheat species, *The Open Agriculture Journal*, 2 (1), 7-14

Abdel-Aal, E. S. M. and Hucl, P., 2014. Einkorn: a functional wheat for developing high-lutein whole grain baked products, *Cereal Foods World*, 59 (1), 5-10.

Abderrahim, F., Huanatico, E., Repo-Carrasco-Valencia, R., Arribas, S. M., Gonzalez, M. C. and Condezo-Hoyos, L., 2012, Effect of germination on total phenolic compounds, total antioxidant capacity, Maillard reaction products and oxidative stress markers in canihua (*Chenopodium pallidicaule*), *Journal of Cereal Science*, 56 (2), 410-417.

Acquistucci, R., D'egidio, M. G. and Vallega, V., 1995, Amino acid composition of selected strains of diploid wheat, *Triticum monococcum* L., *Cereal Chemistry*, 72 (2), 213-216.

Adom, K. K. and Liu, R. H., 2002, Antioxidant activity of grains, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50 (21), 6182-6187.

Adom, K. K., Sorrells, M. E. and Liu, R. H., 2003, Phytochemical profiles and antioxidant activity of wheat varieties, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51 (26), 7825-7834.

Afify, A. E. M. R., El-Beltagi, H. S., El-Salam, S. M. A. and Omran, A. A., 2012, Protein solubility, digestibility and fractionation after germination of sorghum varieties, *Plos One*, 7 (2), e31154.

Agnello, P. D., Landriscina, L., Schiavulli, A. and Lamacchia, C., 2016, Polymeric proteins formation during pasta-making with Einkorn (*Triticum monococcum*) and semolina mixtures and effects on cooking behaviour and acceptability, *Journal of Food Processing and Technology*, 7 (2).

Agu, R. C., Chiba, Y., Goodfellow, V., Mackinlay, J., Brosnan, J. M., Bringhurst, T. A., Jack, F. R., Harrison, B., Pearson, S. Y. and Bryce, J. H., 2012, Effect of germination temperatures on proteolysis of the gluten-free grains rice and buckwheat during malting and mashing, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60 (40), 10147-10154.

Ahmad, M., Gani, A., Shah, A., Gani, A., and Masoodi, F. A., 2016, Germination and microwave processing of barley (*Hordeum vulgare* L.) changes the structural and physicochemical properties of β-D-glucan & enhances its antioxidant potential, *Carbohydrate Polymers*, 153, 696-702.

Akar, T. ve Eser, V., 2017, Ülkemizde Kavuzlu Buğday Tarımının Dünü, Bugünü ve Yarını, *Türkiye Tohumcular Birliği (TÜRKTOB) Dergisi*, 8-11.

Akhtar, N., Yamaguchi, M., Inada, H., Hoshino, D., Kondo, T. and Izuta, T., 2010, Effects of ozone on growth, yield and leaf gas exchange rates of two Bangladeshi cultivars of wheat (*Triticum aestivum* L.), *Environmental Pollution*, 158 (5), 1763-1767.

Alkaltham, M. S., Özcan, M. M., Uslu, N., Salamatullah, A. M. and Hayat, K. M. A. D., 2020, Characterization of oil uptake and fatty acid composition of pre-treated Potato slices fried in sunflower and olive oils, *Journal of Oleo Science*, ess19288.

Al-Qabba, M. M., El-Mowafy, M. A., Althwab, S. A., Alfheeaid, H. A., Aljutaily, T., and Barakat, H., 2020. Phenolic Profile, antioxidant activity, and ameliorating efficacy of chenopodium quinoa sprouts against CCl4-induced oxidative stress in rats. *Nutrients*, *12*(10), 2904.

Alvarez-Jubete, L., Wijngaard, H., Arendt, E. K. and Gallagher, E., 2010, Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking, *Food Chemistry*, 119 (2), 770-778.

Andersson, A. A., Andersson, R., Piironen, V., Lampi, A. M., Nyström, L., Boros, D., Fras, A., Gebruers, K., Courtin, C. M., Delcour, J. A., Rakszegi, M., Bedo, Z.,

Ward, J. L. and Åman, P., 2013, Contents of dietary fibre components and their relation to associated bioactive components in whole grain wheat samples from the HEALTHGRAIN diversity screen, *Food Chemistry*, 136 (3-4), 1243-1248.

Angioloni, A. and Collar, C., 2009, Bread crumb quality assessment: a plural physical approach, *European Food Research and Technology*, 229 (1), 21-30.

Anjum, F. M., Butt, M. S., Ahmad, N. and Ahmad, I., 2002, Phytate and mineral content in different milling fractions of some Pakistani spring wheats, *International Journal of Food Science & Technology*, 37 (1), 13-17.

Antognoni, F., Mandrioli, R., Bordoni, A., Di Nunzio, M., Viadel, B., Gallego, E., Villalba, M. P., Tomás-Cobos, L., Saa, D. L. T. and Gianotti, A., 2017, Integrated evaluation of the potential health benefits of Einkorn-based breads, *Nutrients*, 9 (11), 1232.

AOAC, 2012, Official Methods of Analysis, AOAC, 19th ed., Gaithersburg, MD., USA.

Apak, R., Güclü, K., Özyürek, M. and Celik, S. E., 2008, Mechanism of antioxidant capacity assays and the CUPRAC (cupric ion reducing antioxidant capacity) assay, *Microchimica Acta*, 160 (4), 413-419.

Aravind, N., Sissons, M. J., Fellows, C. M., Blazek, J. and Gilbert, E. P., 2012, Effect of inulin soluble dietary fibre addition on technological, sensory, and structural properties of durum wheat spaghetti, *Food Chemistry*, 132 (2), 993-1002.

Arzani, A., 2011, Emmer (*Triticum tugidum* spp. dicoccum) flour and breads, in: V.R. Preedy, R. R. Watson and V. B. Patel (Eds.), Flour and breads and their fortification in health and disease prevention, Elsevier, pp. 69-78.

Arzani, A. and Ashraf, M., 2017, Cultivated ancient wheats (*Triticum* spp.): A potential source of health-beneficial food products, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16 (3), 477-488.

Aslan, D., Aktaş, H., Ordu, B. and Zencirci, N., 2017, Evaluation of bread and Einkorn wheat under in vitro drought stress, *The Journal of Animal and Plant Science*, 27 (6), 1974-1983.

Asselman, A., Van Straten, G., Boom, R. M., Esveld, D. C. and Van Boxtel, A. J. B., 2007, Quality prediction of bakery products in the initial phase of process design, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 8 (2), 285-298.

Atar, B. and Kara, B., 2017, Comparison of grain yield and some characteristics of hulled, durum and bread wheat genotypes varieties, *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 5 (2), 159-163.

Atar, B., 2017, Gıdamız buğdayın, geçmişten geleceğe yolculuğu, *Süleyman Demirel Üniversitesi Yalvaç Akademi Dergisi*, 2 (1), 1-12.

Atudorei, D., Atudorei, O. and Codină, G. G., 2021, dough rheological properties, microstructure and bread quality of wheat-germinated bean composite flour, *Foods*, 10 (7), 1542.

Atwell, W. A., 2001, Composition of commercial flour, *Wheat Flour*, 27-45.

Aydın, E., 2009, The effect of oat supplement on noodle quality, Yüksek Lisans Tezi. *Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* Bursa.

Aydin, E. and Gocmen, D., 2011, Cooking quality and sensorial properties of noodle supplemented with oat flour, *Food Science and Biotechnology*, 20 (2), 507-511.

Aydoğan, S., Göçmen Akçacık, A., Şahin, M., Kaya, Y., Koç, H., Görgülü, M. N. ve Ekici, M., 2012, Ekmeklik buğday unlarında alveograf, farinograf ve miksografta ölçülen reolojik özellikler arasındaki ilişkinin belirlenmesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7 (1), 74-82.

Ayernor, G. S. and Ocloo, F. C. K., 2007, Physico-chemical changes and diastatic activity associated with germinating paddy rice (PSB. Rc 34), *African Journal of Food Science*, 1 (3), 037-041.

Ayet, G., Burbano, C., Cuadrado, C., Pedrosa, M. M., Robredo, L. M., Muzquiz, M., de la Cuadra, C., Castaño, A. and Osagie, A., 1997, Effect of germination, under different environmental conditions, on saponins, phytic acid and tannins in lentils (*Lens culinaris*), *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 74 (2), 273-279.

Aykroyd, W. R. and Doughty, J., 1970, Wheat in human nutrition, *FAO Nutritional Studies*, 23, 1-163.

Azeke, M. A., Egielewa, S. J., Eigbogbo, M. U. and Ihimire, I. G., 2011, Effect of germination on the phytase activity, phytate and total phosphorus contents of rice (*Oryza sativa*), maize (*Zea mays*), millet (*Panicum miliaceum*), sorghum (*Sorghum bicolor*) and wheat (*Triticum aestivum*), *Journal of Food Science and Technology*, 48 (6), 724-729.

Bahnassey, Y. and Khan, K., 1986, Fortification of spaghetti with edible legumes, II. rheological, processing, and quality evaluation studies, *Cereal Chem*istry, 63 (3), 216-219.

Balamurugan, V. S., Sivabalan, S. and Thamizhselvan, I., 2018, Determination of gluten level on traditionally treated wheat, *International Journal of Research and Analytical Reviews*, 5 (3), 426-431.

Bálint, A. F., Kovács, G., Erdei, L. and Sutka, J., 2001, Comparison of the Cu, Zn, Fe, Ca and Mg contents of the grains of wild, ancient and cultivated wheat species, *Cereal Research Communications*, 29 (3), 375-382.

Baranzelli, J., Kringel, D. H., Colussi, R., Paiva, F. F., Aranha, B. C., de Miranda, M. Z., de Rosa Zavarezea, E. and Dias, A. R. G., 2018, Changes in enzymatic activity, technological quality and gamma-aminobutyric acid (GABA) content of wheat

flour as affected by germination, *LWT - Food Science and Technology*, 90, 483-490.

Barbeau, W. E., Griffey, C. A. and Yan, Z., 2006, Evidence that minor sprout damage can lead to significant reductions in gluten strength of winter wheats, *Cereal Chemistry*, 83 (3), 306-310.

Barcaccia, G., Molinari, L., Porfiri, O. and Veronesi, F., 2002, Molecular characterization of emmer (*Triticum dicoccon* Schrank) Italian landraces, *Genetic Resources and Crop Evolution*, 49 (4), 417-428.

Bartnik, M. and Szafrańska, I., 1987, Changes in phytate content and phytase activity during the germination of some cereals, *Journal of Cereal Science*, 5 (1), 23-28.

Bates, R. P., Knapp, F. W. and Araujo, P. E., 1977, Protein quality of green-mature, dry mature and sprouted soybeans, *Journal of Food Science*, 42 (1), 271-272.

Bau, H. M., Villaume, C., Nicolas, J. P. and Méjean, L., 1997, Effect of germination on chemical composition, biochemical constituents and antinutritional factors of soya bean (*Glycine max*) seeds, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 73 (1), 1-9.

Bekir, A. T. A. R., 2017, Gıdamız buğdayın, geçmişten geleceğe yolculuğu, *Yalvaç Akademi Dergisi*, 2 (1), 1-12.

Belcar, J., Sobczyk, A., Sekutowski, T. R., Stankowski, S. and Gorzelany, J., 2021, Evaluation of flours from ancient varieties of wheat (Einkorn, Emmer, Spelt) used in production of bread, *Acta Universitatis Cibiniensis. Series E: Food Technology*, 25 (1), 53-66.

Belcar, J., Sobczyk, A., Sobolewska, M., Stankowski, S. and Gorzelany, J., 2020, Characteristics of technological properties of grain and flour from ancient varieties of wheat (Einkorn, Emmer and Spelt), *Acta Universitatis Cinbinesis, Series E: Food Technology*, 24 (2), 269-278.

Benincasa, P., Falcinelli, B., Lutts, S., Stagnari, F. and Galieni, A., 2019, Sprouted grains: A comprehensive review, *Nutrients*, 11 (2), 421.

Berger, A., Jones, P. J. and Abumweis, S. S., 2004, Plant sterols: factors affecting their efficacy and safety as functional food ingredients, *Lipids in Health and Disease*, 3 (1), 1-19.

Beta, T., Nam, S., Dexter, J. E. and Sapirstein, H. D., 2005, Phenolic content and antioxidant activity of pearled wheat and roller-milled fractions, *Cereal Chemistry*, 82 (4), 390-393.

Okur, B. and Madenci, A. B., 2019, Çiğ beslenme (raw food) akımında çimlendirilmiş hububat ve baklagillerin önemi, *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 7 (1), 664-675.

Bhatt, S. M. and Gupta, R. K., 2015, Bread (composite flour) formulation and study of its nutritive, phytochemical and functional properties, *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 4 (2), 254-268.

Biel, W., Jaroszewska, A., Stankowski, S., Sobolewska, M. and Kępińska-Pacelik, J., 2021, Comparison of yield, chemical composition and farinograph properties of common and ancient wheat grains, *European Food Research and Technology*, 247 (6), 1525-1538.

Bilgiçli, N., 2009, Effect of buckwheat flour on cooking quality and some chemical, antinutritional and sensory properties of erişte, Turkish noodle, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60 (sup4), 70-80.

Blanco, A., Giorgi, B., Perrino, P. and Simeone, R., 1990, Genetic resources and breeding for improved quality in durum wheat, *Agricoltura Ricerca*, 12, 41-58.

Blandino, A., Al-Aseeri, M. E., Pandiella, S. S., Cantero, D. and Webb, C., 2003, Cereal-based fermented foods and beverages, *Food Research International*, 36 (6), 527-543.

Bobryk-Mamczarz, A., Kiełtyka-Dadasiewicz, A. and Rachoń, L., 2021, Usefulness of hulled wheats grown in polish environment for wholegrain pasta-making, *Foods*, 10 (2), 458.

Boguslavskij, R. L., Golik, O. V. and Tkachenko, T. T., 2000, Cultivated emmer is a valuable germplasm for durum wheat breeding, in: C. Royo, M. M. Nachit, N. Di Fonzo, J. L. Araus (Eds), Durum wheat improvement in the Mediterranean region: new challenges, CIHEAM-Options Mediterranéennes, pp. 125-127.

Bonafaccia, G., Galli, V., Francisci, R., Mair, V., Skrabanja, V. and Kreft, I., 2000, Characteristics of spelt wheat products and nutritional value of spelt wheat-based bread, *Food Chemistry*, 68 (4), 437-441.

Borghi, B., Castagna, R., Corbellini, M., Heun, M. and Salamini, F., 1996, Breadmaking quality of Einkorn wheat (*Triticum monococcum* ssp. monococcum), *Cereal Chemistry*, 73 (2), 208-214.

Borojević, S., 1956, A note about the new dates for recent cultivation of *Triticum monococcum* and *Triticum dicoccum* in Yugoslavia, *Wheat Inf Service*, 4,1.

Borrelli, G. M., Troccoli, A., Di Fonzo, N. and Fares, C., 1999, Durum wheat lipoxygenase activity and other quality parameters that affect pasta color, *Cereal Chemistry*, 76 (3), 335-340.

Bouis, H. E., Hotz, C., McClafferty, B., Meenakshi, J. V. and Pfeiffer, W. H., 2011, Biofortification: a new tool to reduce micronutrient malnutrition, *Food and Nutrition Bulletin*, 32 (1), S31-S40.

Boz, H. and Karaoğlu, M. M., 2013, Improving the quality of whole wheat bread by using various plant origin materials, *Czech Journal of Food Sciences*, *31*(5), 457-466.

Brabender, 2009., Materiały instruktażowe-Ekstensograf.

Brady, P. L. and Mayer, S. M., 1985, Correlations of sensory and instrumental measures of bread texture, *Cereal Chemistry*, 62 (1), 70-72.

Brandolini, A. and Hidalgo, A., 2011, Einkorn (*Triticum monococcum*) flour and bread, in: V. R. Preedy, R. R. Watson and V. B. Patel (Eds.), Flour and breads and their fortification in health and disease prevention, Elsevier, pp. 79-88.

Brandolini, A., Hidalgo, A. and Moscaritolo, S., 2008, Chemical composition and pasting properties of Einkorn (*Triticum monococcum* L. subsp. monococcum) whole meal flour, *Journal of Cereal Science*, 47 (3), 599-609.

Brandolini, A., Hidalgo, A. and Plizzari, L., 2010, Storage-induced changes in einkorn (*Triticum monococcum* L.) and breadwheat (*Triticum aestivum* L. ssp. aestivum) flours, *Journal of Cereal Science*, 51 (2), 205-212.

Brandolini, A., Hidalgo, A., Gabriele, S. and Heun, M., 2015, Chemical composition of wild and feral diploid wheats and their bearing on domesticated wheats, *Journal of Cereal Science*, 63, 122-127.

Brandolini, A., Lucisano, M., Mariotti, M. and Hidalgo, A., 2018, A study on the quality of einkorn (*Triticum monococcum* L. ssp. monococcum) pasta, *Journal of Cereal Science*, 82, 57-64.

Braun, T., 1995. Barley cakes and emmer bread, ,n: J. Wilkins, D. Harvey and M. Dobson (Eds.), Food in Antiquity, University of Exeter Press, Exeter, pp 25-37.

Brier, N. D., Gomand, S. V., Donner, E., Paterson, D., Delcour, J. A., Lombi, E. and Smolders, E., 2015, Distribution of minerals in wheat grains (Triticum aestivum L.) and in roller milling fractions affected by pearling, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63 (4), 1276-1285.

Buvaneshwari, G., Yenagi, N. B. and Hanchinal, R. R., 2005, Pasta making and extrusion qualities of dicoccum wheat varieties, *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 42 (4), 314-317.

Cabi, E., 2010, Taxonomic revision of the tribe *Triticeae Dumortier* (Poaceae) in Turkey. Doctoral Thesis, The Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University, Ankara.

Cáceres, P. J., Martínez-Villaluenga, C., Amigo, L. and Frias, J., 2014, Assessment on proximate composition, dietary fiber, phytic acid and protein hydrolysis of germinated Ecuatorian brown rice, *Plant Foods for Human Nutrition*, 69 (3), 261-267.

Callejo, M. J., 2011, Present situation on the descriptive sensory analysis of bread, *Journal of Sensory Studies*, 26 (4), 255-268.

Cankurtaran, T. and Bilgiçli, N., 2019, Influence of wheat milling by-products on some physical and chemical properties of filled and unfilled fresh pasta, *Journal of Food Science and Technology*, 56 (6), 2845-2854.

Cankurtaran, T. and Bilgiçli, N., 2021, Improvement of functional couscous formulation using ancient wheat and pseudocereals, *International Journal of Gastronomy and Food Science*, *25*, 100400.

Cankurtaran, T., Ceylan, H. and Bilgiçli, N., 2020, Effect of partial replacement of wheat flour by taro and Jerusalem artichoke flours on chemical and sensory properties of tarhana soup, *Journal of Food Processing and Preservation*, 44 (10), e14826.

Cao, X. L., Wang, L., Qian, H. F., Zhang, H. and Qi, X. G., 2016, Effect of whole wheat flour on quality of Instant fried noodles, *Food & Machinery*, 03.

Capocchi, A., Muccilli, V., Cunsolo, V., Saletti, R., Foti, S. and Fontanini, D., 2013, A heterotetrameric alpha-amylase inhibitor from emmer (*Triticum dicoccon* Schrank) seeds, *Phytochemistry*, 88, 6-14.

Carciochi, R. A., Manrique, G. D. and Dimitrov, K., 2014, Changes in phenolic composition and antioxidant activity during germination of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.), *International Food Research Journal*, 21 (2), 767-773.

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

Carpentier, S., Knausab, M. and Suha, M., 2009, Associations between lutein, zeaxanthin, and age-related macular degeneration: an overview, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 49 (4), 313-326.

Castagna, R., Minoia, C., Porfiri, O. and Rocchetti, G., 1996, Nitrogen level and seeding rate effects on the performance of hulled wheats (*Triticum monococcum* L., T. *dicoccum* Schubler and *T. spelta* L.) evaluated in contrasting agronomic environments, *Journal of Agronomy and Crop Science*, 176 (3), 173-181.

Cato, L., Halmos, A. L. and Small, D. M., 2006, Impact of α-Amylases on quality characteristics of asian white salted noodles made from Australian white wheat flour, *Cereal chemistry*, 83 (5), 491-497.

Ceccaroni, D., Alfeo, V., Bravi, E., Sileoni, V., Perretti, G. and Marconi, O., 2020, Effect of the time and temperature of germination on the phenolic compounds of *Triticum aestivum*, L. and *Panicum miliaceum*, L., *LWT - Food Science and Technology*, 127, 109396.

Centeno, C., Viveros, A., Brenes, A., Canales, R., Lozano, A. and de la Cuadra, C., 2001, Effect of several germination conditions on total P, phytate P, phytase, and acid phosphatase activities and inositol phosphate esters in rye and barley, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49 (7), 3208-3215.

Cevallos-Casals, B. A. and Cisneros-Zevallos, L., 2010, Impact of germination on phenolic content and antioxidant activity of 13 edible seed species, *Food Chemistry*, 119 (4), 1485-1490.

Chang, H. C. and Wu, L. C., 2008, Texture and quality properties of Chinese fresh egg noodles formulated with green seaweed (*Monostroma nitidum*) powder, *Journal of Food Science*, 73 (8), S398-S404.

Chantret, N., Salse, J., Sabot, F., Rahman, S. and Bellec, A., 2005, Molecular basis of evolutionary events that shaped the hardness locus in diploid and polyploid wheat species (Triticum and Aegilops), *Plant Cell*, 17, 1033-1045.

Charoenthaikij, P., Jangchud, K., Jangchud, A., Piyachomkwan, K., Tungtrakul, P. and Prinyawiwatkul, W., 2009, Germination conditions affect physicochemical properties of germinated brown rice flour, Journal of Food Science, 74 (9), C658-C665.

Charoenthaikij, P., Jangchud, K., Jangchud, A., Prinyawiwatkul, W., No, H. K. and King, J. M., 2010, Physicochemical properties and consumer acceptance of wheat-germinated brown rice bread during storage time, *Journal of Food Science*, 75 (6), S333-S339.

Chavan, J. K., Kadam, S. S. and Beuchat, L. R., 1989, Nutritional improvement of cereals by sprouting, *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 28 (5), 401-437.

Chavarín-Martínez, C. D., Gutiérrez-Dorado, R., Perales-Sánchez, J. X. K., Cuevas-Rodríguez, E. O., Milán-Carrillo, J. and Reyes-Moreno, C., 2019, Germination in optimal conditions as effective strategy to improve nutritional and nutraceutical value of underutilized Mexican blue maize seeds, *Plant Foods for Human Nutrition*, 74 (2), 192-199.

Chiba, Y., Bryce, J. H., Goodfellow, V., Mackinlay, J., Agu, R. C., Brosnan, J. M., Bringhurst, T. A. and Harrison, B., 2012, Effect of germination temperatures on proteolysis of the gluten-free grains sorghum and millet during malting and mashing, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60 (14), 3745-3753.

Chinma, C. E., Adewuyi, O. and Abu, J. O., 2009, Effect of germination on the chemical, functional and pasting properties of flour from brown and yellow varieties of tigernut (*Cyperus esculentus*), *Food Research International*, 42 (8), 1004-1009.

Chinma, C. E., Anuonye, J. C., Simon, O. C., Ohiare, R. O. and Danbaba, N., 2015, Effect of germination on the physicochemical and antioxidant characteristics of rice flour from three rice varieties from Nigeria, *Food Chemistry*, 185, 454-458.

Chompreeda, P., Resurreccion, A. V. A., Hung, Y. C. and Beuchat, L. R., 1987, Quality evaluation of peanut-supplemented Chinese type noodles, *Journal of Food Science*, 52 (6), 1740-1741.

Choy, A. L., Morrison, P. D., Hughes, J. G., Marriott, P. J. and Small, D. M., 2013, Quality and antioxidant properties of instant noodles enhanced with common buckwheat flour, *Journal of Cereal Science*, 57 (3), 281-287.

Chung, H. J., Cho, A. and Lim, S. T., 2012, Effect of heat-moisture treatment for utilization of germinated brown rice in wheat noodle, *LWT- Food Science and Technology*, 47 (2), 342-347.

Chung, H. J., Liu, Q. and Hoover, R., 2009, Impact of annealing and heat-moisture treatment on rapidly digestible, slowly digestible and resistant starch levels in native and gelatinized corn, pea and lentil starches, *Carbohydrate Polymers*, 75 (3), 436-447.

Chung, T. Y., Nwokolo, E. N. and Sim, J. S., 1989, Compositional and digestibility changes in sprouted barley and canola seeds, *Plant Foods for Human Nutrition*, 39 (3), 267-278.

Cizeikiene, D., Juodeikiene, G., Bartkiene, E., Damasius, J. and Paskevicius, A., 2015, Phytase activity of lactic acid bacteria and their impact on the solubility of minerals from wholemeal wheat bread. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 66 (7), 736-742.

Coello, K. E., Peñas, E., Martinez-Villaluenga, C., Cartea, M. E., Velasco, P. and Frias, J., 2021, Pasta products enriched with moringa sprout powder as nutritive dense foods with bioactive potential, *Food Chemistry*, 360, 130032.

Cooper, R., 2015, Re-discovering ancient wheat varieties as functional foods, *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 5 (3), 138-143.

Corbellini, M., Empilli, S., Vaccino, P., Brandolini, A., Borghi, B., Heun, M. and Salamini, F., 1999, Einkorn characterization for bread and cookie production in relation to protein subunit composition, *Cereal Chemistry*, 76 (5), 727-733.

Coulibaly, A. and Chen, J., 2011, Evolution of energetic compounds, antioxidant capacity, some vitamins and minerals, phytase and amylase activity during the germination of foxtail millet, *American Journal of Food Technology*, 6 (1), 40-51.

Cubadda, R. and Marconi, E., 1996. Technological and nutritional aspects in emmer and spelt, in: S. Padulosi, K. Hammer and J. Heller (Eds.), Hulled wheats, promoting the conservation and used of underutilized and neglected crops, Proceedings of the first international workshop on hulled wheats, IPGRI, Rome, pp. 203-211.

Cubadda, R. and Marconi, E., 1996, Technological and nutritional aspects in emmer and spelt. In *S*. Paludosi, K. Hammer and J. Heller (Eds.), *Hulled Wheats*, *Proceedings of the 1 st International Workshop on hulled Wheats-1996,* Italy.

Čurná, V. andLacko-Bartošová, M., 2017, Chemical composition and nutritional value of emmer wheat (*Triticum dicoccon* schrank): A review, *Journal of Central European Agriculture*, 18 (1), 117-134.

Çakır, E., Arıcı, M., Durak, M. Z. and Karasu, S., 2020, The molecular and technological characterization of lactic acid bacteria in einkorn sourdough: effect on bread quality, *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14, 1646-1655.

Çetiner, B. ve Cetiner, B., 2020, Bazı ekmeklik buğday çeşitlerinin fonksiyonel ve tam buğday ekmeği özelliklerinin karşılaştırılması, kalite ve fonksiyonel özellikler bakımından iyileştirilme olanaklarının araştırılması, Doktora Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.

D'Andrea, C. A. and Haile M., 2002, Traditional emmer processing in Highland Ethiopia, *Journal of Ethnobiology*, 22 (2), 179-217.

D'egidio, M. G. and Vallega, V., 1994, Bread baking and dough mixing quality of diploid wheat *Triticum monococcum* L., *Industrie Alimentari*, 6.

D'egidio, M. G., Nardi, S. and Vallega, V., 1993, Grain, flour, and dough characteristics of selected strains of diploid wheat, *Triticum monococcum* L., *Cereal Chemistry (USA)*, 70 (3), 298-303.

da Rosa Zavareze, E. and Dias, A. R. G., 2011, Impact of heat-moisture treatment and annealing in starches: A review, *Carbohydrate Polymers*, 83 (2), 317-328.

Daelemans, L., De Leyn, I., Camerlinck, M., Raes, K., Vermeir, P. and Van Bockstaele, F., 2019, Nutritional properties of ancient wheats available on the Belgian market, *19th ICC Conference: Science Meets Technology*, Austria.

Damania, A. B., Valkoun, J., Willcox, G. and Qualset, C. O., 1998, Domestication of cereal corp plants and in situ conservation of their genetic resources in the fertile crescent, in: A.B. Damania, J. Valkoun, G. Willcox and C. O. Qualset (Eds.), The Origins of Agriculture and Crop Domestication, ICARDA, Aleppo, pp. 307-316.

De Brier, N., Gomand, S. V., Donner, E., Paterson, D., Smolders, E., Delcour, J. A. and Lombi, E., 2016, Element distribution and iron speciation in mature wheat grains (*Triticum aestivum* L.) using synchrotron X-ray fluorescence microscopy mapping and X-ray absorption near-edge structure (XANES) imaging, *Plant, Cell & Environment*, 39 (8), 1835-1847.

De Noni, I. and Pagani, M. A., 2010, Cooking properties and heat damage of dried pasta as influenced by raw material characteristics and processing conditions, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50 (5), 465-472.

Delcour, J. A. and Hoseney, R. C., 2010. Principles of cereal science and technology, Association of Cereal Chemists-AACC International; St. Paul, MN, USA, pp. 280.

Delian, E, Chira, A., Bădulescu, L. and Chira, L., 2015, Insights into microgreens physiology, *Scientific Papers. Series B, Horticulture,* 59, 447-454.

Demir, B., 2018, Çimlendirilmiş kinoa ununun glutenli ve glutensiz makarna üretiminde kullanım imkanları, Doktora Tezi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.

Demir, B. and Bilgiçli, N., 2020, Changes in chemical and anti-nutritional properties of pasta enriched with raw and germinated quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) flours, *Journal of Food Science and Technology*, 57 (10), 3884-3892.

Demir, B. and Bilgiçli, N., 2021, Utilization of quinoa flour (*Chenopodium quinoa* Willd.) in gluten-free pasta formulation: effects on nutritional and sensory properties, *Food Science and Technology International*, 27 (3), 242-250.

Demir, G., Turgutoglu, E. and Kurt, S., 2015, Assessment of pollen viability and germination in seven varieties of lemon, *Ekin Journal of Crop Breeding and Genetics*, 1 (1), 17-19.

Demir, M. K., Bilgiçli, N., Türker, S. and Demir, B., 2021, Enriched turkish noodles (erişte) with stabilized wheat germ: chemical, nutritional and cooking properties, *LWT- Food Science and Technology*, 149, 111819.

Dexter, J. E., Dexter, J. E. and Matsuo, R. R., 1982, Effect of smudge and blackpoint, mildewed kernels, and ergot on durum wheat quality, *Cereal Chemistry*, 59 (1), 63-69.

Dhaliwal, D., Subramanyam, K. R. and Trezevant, R., 1999, Is comprehensive income superior to net income as a measure of firm performance? *Journal of Accounting and Economics*, 26 (1-3), 43-67.

Dhillon, B., Choudhary, G. and Sodhi, N. S., 2020, A study on physicochemical, antioxidant and microbial properties of germinated wheat flour and its utilization in breads, *Journal of Food Science and Technology*, 57 (8), 2800-2808.

Dhingra, S. and Jood, S., 2004, Effect of flour blending on functional, baking and organoleptic characteristics of bread, *International Journal of Food Science & Technology*, 39 (2), 213-222.

Di Sabatino, A. and Corazza, G. R., 2009, Coeliac disease, *The Lancet*, 373 (9673), 1480-1493.

Doğan, İ. S. ve Uğur, T., 2005, Van ve çevresinde yetiştirilen bazı buğdayların bisküvilik kalitesi üzerine bir araştırma, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi,* 15 (2), 139-148.

Dojczew, D. and Sobczyk, M., 2007, The effect of proteolytic activity on the technological value of wheat flour from pre-harvest sprouted grain, *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 6 (4), 45-53.

Domínguez-Arispuro, D. M., Cuevas-Rodríguez, E. O., Milán-Carrillo, J., León-López, L., Gutiérrez-Dorado, R. and Reyes-Moreno, C., 2018, Optimal germination condition impacts on the antioxidant activity and phenolic acids profile in pigmented desi chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds, *Journal of Food Science and Technology*, 55 (2), 638-647.

Donkor, O. N., Stojanovska, L., Ginn, P., Ashton, J. and Vasiljevic, T., 2012, Germinated grains–Sources of bioactive compounds, *Food Chemistry*, 135 (3), 950-959.

Dorofeev V. F., Filatenko A., Miguschova E., Udachin R. and Jakubziner M., 1979, Wheat, Flora of cultivated plants, Kolos, Leningrad, pp. 346.

Dotlačil, L., Hermuth, J., Stehno, Z., Dvořáček, V., Bradová, J. and Leišová, L., 2010, How can wheat landraces contribute to present breeding, *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*, 46(Special Issue), S70-S74.

Doxastakis, G., Papageorgiou, M., Mandalou, D., Irakli, M., Papalamprou, E., D'Agostina, A., Resta, D., Bosxhin, G. and Arnoldi, A., 2007, Technological properties and non-enzymatic browning of white lupin protein enriched spaghetti, *Food Chemistry*, 101 (1), 57-64.

Drenkhahn, R., 1975, Brot, in: W. Helck and E. Otto (Eds.), Lexikon der Ägyptologie, A-Ernte, Otto Harrassowitz, Wiesbaden, pp. 871.

Đurović, V., Radovanović, M., Mandić, L., Knežević, D., Zornić, V. and Đukić, D., 2021, Chemical and microbial evaluation of biscuits made from wheat flour substituted with wheat sprouts, *Food Science and Technology International*, 27 (2), 172-183.

Eastwood, D. and Laidman, D. L., 1971, The mobilization of macronutrient elements in the germinating wheat grain, *Phytochemistry*, 10 (6), 1275-1284.

Eissa, H. A., Hussein, A. S. and Mostafa, B. E., 2007, Rheological properties and quality evaluation on Egyptian balady bread and biscuits supplemented with flours of ungerminated and germinated legume seeds or mushroom, *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 57 (4), 487-496.

Elgün, A. ve Ertugay, Z., 1992, Tahıl İşleme Teknolojisi, Atatürk Üniversitesi Yayınları, Erzurum.

Elgün, A., Türker, S. ve Bilgiçli, N., 2001, Tahıl ve Ürünlerinde Analitik Kalite Kontrolü, Konya Ticaret Borsası Yayınları, Yayın No: 2, Konya.

Elmoneim, A., Elkhalifa, O. and Bernhardt, R., 2010, Influence of grain germination on functional properties of sorghum flour, *Food Chemistry*, 121, 287-392.

Emeksizoğlu, B., 2016, Kastamonu yöresinde yetiştirilen siyez (*Triticum monococcum* L.) buğdayının bazı kalite özellikleri ile bazlama ve erişte yapımında kullanımının araştırılması, Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Ensititüsü, Samsun.

Engert, N. and Honermeier, B., 2012, Characterization of grain quality and phenolic acids in ancient wheat species (*Triticum* sp.), *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 84 (1), 33-39.

Erba, D., Hidalgo, A., Bresciani, J. and Brandolini, A., 2011, Environmental and genotypic influences on trace element and mineral concentrations in whole meal

flour of Einkorn (*Triticum monococcum* L. subsp. monococcum), *Journal of Cereal Science*, 54 (2), 250-254.

Ercan, R., 1986, Bazı ekmeklik buğdaylar ile un ve kepeklerinin mineral elementleri üzerinde araştırma, *Gıda*, 11 (4).

Ertugay, Z. ve Kotancılar, G., 1988, Nişastanın bazı fizikokimyasal özellikleri ile ekmek içi sertliği arasındaki ilişkiler, Gıda, 13 (2).

Esa, N. M., Kadir, K. A., Amom, Z. and Azlan, A., 2011, Improving the lipid profile in hypercholesterolemia-induced rabbit by supplementation of germinated brown rice, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 7985-7991.

Eskin, N. M. and Wiebe, S., 1983, Changes in phytase activity and phytate during germination of two fababean cultivars, *Journal of Food Science*, 48 (1), 270-271.

Eyidemir, E., 2006), Kayısı çekirdeği ilavesinin eriştenin bazı kalite kriterlerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Malatya.

Fadel, F. A. and Al-Mudhafr, A. W., 2020, Study of rheological and sensory properties of soft wheat (*Triticum aestivum*) and germinated products, *Plant Archives*, *20* (1), 2291- 2296.

Falcinelli, B., Calzuola, I., Gigliarelli, L., Torricelli, R., Polegri, L., Vizioli, V., Benincasa, P. and Marsili, V., 2018, Phenolic content and antioxidant activity of wholegrain breads from modern and old wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars and ancestors enriched with wheat sprout powder, *Italian Journal of Agronomy,* 13 (1220), 297-302.

Faltermaier, A., Zarnkow, M., Becker, T., Gastl, M. and Arendt, E. K., 2015, Common wheat (*Triticum aestivum* L.): evaluating microstructural changes during the malting process by using confocal laser scanning microscopy and scanning electron microscopy, *European Food Research and Technology*, 241 (2), 239-252.

Fan, M. S., Zhao, F. J., Fairweather-Tait, S. J., Poulton, P. R., Dunham, S. J. and McGrath, S. P., 2008, Evidence of decreasing mineral density in wheat grain over the last 160 years, *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 22 (4), 315-324.

FAO, 2020, FAOSTAT Agricultural Production and Production Value Statistics, UN Food and Agriculture Organization, Rome, Italy.

Fardet, A., Rock, R. and Rémésy, C., 2008, Is the in vitro antioxidant potential of whole-grain cereals and cereal products well reflected in vivo?, *Journal of Cereal Science,* 48, 258-276.

Fares, C., Codianni, P., Nigro, F., Platani, C., Scazzina, F. and Pellegrini, N., 2008, Processing and cooking effects on chemical, nutritional and functional properties of pasta obtained from selected emmer genotypes, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88 (14), 2435-2444.

Fares, C., Codianni, P., Schiavone, M. G., Di Fonzo, N. and Galterio, G., 2003, Qualitative traits and storage protein composition in selected strains and new genotypes of hulled wheat (*T. turgidum* ssp. dicoccum) compared with durum wheat (*T. turgidum* ssp. durum), *DEGIDIO,* MG: Durum vweat and pasta quality: Recent achievements and new trends, ISC, Rome, Italy, pp.193-196.

Feizollahi, E., Mirmahdi, R. S., Zoghi, A., Zijlstra, R. T., Roopesh, M. S., and Vasanthan, T., 2021, Review of the beneficial and anti-nutritional qualities of phytic acid, and procedures for removing it from food products. *Food Research International*, 143, 110284.

Fendri, L. B., Chaari, F., Maaloul, M., Kallel, F., Abdelkafi, L., Chaabouni, S. E. and Ghribi-Aydi, D., 2016, Wheat bread enrichment by pea and broad bean pods fibers: Effect on dough rheology and bread quality, *LWT-Food Science and Technology*, 73, 584-591.

Fernandez-Orozco, R., Frias, J., Zielinski, H., Piskula, M. K., Kozlowska, H. and Vidal-Valverde, C., 2008, Kinetic study of the antioxidant compounds and antioxidant capacity during germination of *Vigna radiata* cv. emmerald, *Glycine max* cv. jutro and *Glycine max* cv. merit, *Food Chemistry*, 111 (3), 622-630.

Figueroa, M., Hammond-Kosack, K. E. and Solomon, P. S., 2018, A review of wheat diseases-a field perspective, *Molecular Plant Pathology*, 19 (6), 1523-1536.

Finney, K. F., Yamazaki, W. T., Youngs, V. L. and Rubenthaler, G. L., 1987, Quality of hard, soft, and durum wheats, *Wheat and Wheat Improvement*, *Agronomy (USA)*, 13, 677-748.

Flaksberger, C. A., 1935, Flora of cultivated plants. I. Cereals. Wheat. *Flora of cultivated plants. I. Cereals. Wheat,* State Agricultural Publishing Company, Moscow, Leningrad.

Fontanini, D., Capocchi, A., Muccilli, V., Saviozzi, F., Cunsolo, V., Saletti, R., Foti, S. and Galleschi, L., 2007, Dimeric inhibitors of human salivary α-amylase from emmer (*Triticum dicoccon* Schrank) seeds, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55 (25), 10452-10460.

Francis, F. J., 1998, Colour analysis, in: S. S. Nielsen (Ed.), Food Analysis, An Aspen Publishers, Maryland, Gaithersnurg, USA, pp. 599-612.

Franco, C. M., Ciacco, C. F. and Tavares, D. Q., 1995, Effect of the heat-moisture treatment on the enzymatic susceptibility of corn starch granules, *Starch-Stärke*, 47 (6), 223-228.

Frías-Escalante, M. P., Burgos-Hernández, A., Plascencia-Jatomea, M., Aldana-Madrid, M. L. and Cortez-Rocha, M. O., 2015, Antifungal, acute toxicity and mutagenicity activity of extracts from *Datura stramonium*, *Jacquinia macrocarpa* and *Krameria erecta* on *Fusarium verticillioides*, *African Journal of Biotechnology*, 14 (28), 2251-2257.

Fu, Y. C., Dai, L. and Yang, B. B., 2005, Microwave finish drying of (tapioca) starch pearls, *International Journal of Food Science & Technology*, 40 (2), 119-132.

Fuad, T. and Prabhasankar, P., 2010, Role of ingredients in pasta product quality: A review on recent developments, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50 (8), 787-798.

Fulcher, R. G. and Rooney Duke, T. K., 2002, Whole-grain structure and organization: implications for nutritionists and processors, *Whole-grain Foods in Health and Disease*, 9-45.

Gabriel, R. A. O. and Akharaiyi, F. C., 2007, Effect of spontaneous fermentation on the chemical composition of thermally treated jack beans (*Canavalia ensiformis* L.), *International Journal of Biological Chemistry*, 1 (2), 91-97.

Gabrovská, D., Fiedlerová, V., Holasová, M., Mašková, E., Smrčinov, H., Rysová, J., Winterová, R., Michalová, A. and Hutař, M., 2002, The nutritional evaluation of underutilized cereals and buckwheat. *Food and Nutrition Bulletin*, 23, (3-suppl1), 246-249.

Gadea, M., 1954, Trigos españoles, Instituto Nacional de Investigaciones Agronómica (INIA), Madrid.

Gallagher, E., Kenny, S. and Arendt, E. K., 2005, Impact of dairy protein powders on biscuit quality, *European Food Research and Technology*, 221 (3), 237-243.

Galterio, G., Cappelloni, M., Desiderio, E. and Pogna, N. E., 1994, Genetic, technological and nutritional characteristics of three Italian populations of “farrum” (*Triticum turgidum* subsp. dicoccum), *Journal of Genetics and Breeding*, 48 (4), 391-398.

Galterio, G., Codianni, P., Giusti, A. M., Pezzarossa, B. and Cannella, C., 2003, Assessment of the agronomic and technological characteristics of *Triticum turgidum* ssp. dicoccum Schrank and *T. spelta* L., *Food/Nahrung*, 47 (1), 54-59.

Galterio, G., Colonna, M., Mariani, G. and Novembre, G., 1999, Technological and nutritional characteristics of *Triticum turgidum* ssp. dicoccum and *T. spelta* grown in the Molise region, *Journal of Agricultural Medicine and Community Health*, 129 (4), 227-234.

Gåmbaro, A., Varela, P., Gimenez, A., Aldrovandi, A., Fiszman, S. M. and Hough, G., 2002, Textural quality of white pan bread by sensory and instrumental measurements, *Journal of Texture Studies*, 33 (5), 401-413.

Gao, X., Björk, L., Trajkovski, V. and Uggla, M., 2000, Evaluation of antioxidant activities of rosehip ethanol extracts in different test systems, *Journal of the Science of Food and Agriculture,* 80 (14), 2021-2027.

Geisslitz, S., Longin, C. F. H., Scherf, K. A. and Koehler, P., 2019, Comparative study on gluten protein composition of ancient (Einkorn, emmer and spelt) and modern wheat species (durum and common wheat), *Foods*, 8 (9), 409.

Geisslitz, S., Wieser, H., Scherf, K. A. and Koehler, P., 2018, Gluten protein composition and aggregation properties as predictors for bread volume of common wheat, spelt, durum wheat, emmer and Einkorn, *Journal of Cereal Science*, 83, 204-212.

Genc, Y. and MacDonald, G. K., 2008, Domesticated emmer wheat [*T. turgidum* L. subsp. Dicoccon (Schrank) Thell.] as a source for improvement of zinc efficiency in durum wheat, *Plant and Soil*, 310, 67-75.

Gharachorloo, M., Tarzi, B. G., Baharinia, M. and Hemaci, A. H., 2012, Antioxidant activity and phenolic content of germinated lentil (*Lens culinaris*). *Journal of Medicinal Plants Research*, 6 (30), 4562-4566.

Ghazali, H. M. and Cheng, S. C., 1991, The effect of germination of the physico-chemical properties of black gram (*Vigna mungo* L.), *Food Chemistry*, 41 (1), 99-106.

Ghoshal, G., Shivhare, U. S. and Banerjee, U. C., 2013, Effect of xylanase on quality attributes of whole-wheat bread, *Journal of Food Quality*, 36 (3), 172-180.

Giacintucci, V., Guardeño Expósito, L. M., Puig Gómez, C. A., Hernando Hernando, M., Sacchetti, G. and Pittia, P., 2014, Composition, protein contents and microstructural characterisation of grains and flours of emmer wheats (*Triticum turgidum* ssp dicoccum) of the central italy type, *Czech Journal of Food Sciences*, 32 (2), 115-121.

Giambanelli, E., Ferioli, F., Kocaoglu, B., Jorjadze, M., Alexieva, I., Darbinyan, N. and Antuono, F., 2013, A comparative study of bioactive compounds in primitive wheat populations from Italy, Turkey, Georgia, Bulgaria and Armenia, *Journal of the Science of Food and Agriculture,* 93 (14), 3490-3501.

Gibson, R. S., Hotz, C., Temple, L., Yeudall, F., Mtitimuni, B. and Ferguson, E., 2000, Dietary strategies to combat deficiencies of iron, zinc, and vitamin A in developing countries: development, implementation, monitoring, and evaluation, *Food and Nutrition Bulletin*, 21 (2), 219-231.

Giuberti, G., Gallo, A., Cerioli, C., Fortunati, P. and Masoero, F., 2015, Cooking quality and starch digestibility of gluten free pasta using new bean flour, *Food Chemistry*, 175, 43-49.

Goesaert, E. P. and Juliano, B. O., 1973, Changes in the activity of some hydrolases, peroxidase, and catalase in the rice seed during germination, *Plant Physiology*, 52 (3), 274-277.

Goesaert, H., Gebruers, K., Courtin, C. M., Brijs, K. and Delcour, J. A., 2006, Enzymes in breadmaking, in: Y. H. Hui (Ed.), Bakery products: science and technology, Blackwell Publishing Company; Ames, Iowa, USA, pp. 337-364.

Goesaert, H., Slade, L., Levine, H. and Delcour, J. A., 2009, Amylases and bread firming–an integrated view, *Journal of Cereal Science*, 50 (3), 345-352.

Grant, L. A., Dick, J. W. and Shelton, D. R., 1993, Effects of drying temperature, starch damage, sprouting, and additives on spaghetti quality characteristics, *Cereal Chemistry*, 70, 676-676.

Grausgruber, H., Scheiblauer, J., Schönlechner, R., Ruckenbauer, P. and Berghofer, E., 2004, Variability in chemical composition and biologically active constituents of cereals, in: J. Vollmann, H. Grausgruber and P. Ruckenbauer (Eds.), Genetic Variation for Plant Breeding, Austria, pp. 23-26.

Gray, J. A. and Bemiller, J. N., 2003, Bread staling: molecular basis and control, *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 2(1), 1-21.

Guardado-Félix, D., Lazo-Vélez, M. A., Pérez-Carrillo, E., Panata-Saquicili, D. E. and Serna-Saldívar, S. O., 2020, Effect of partial replacement of wheat flour with sprouted chickpea flours with or without selenium on physicochemical, sensory, antioxidant and protein quality of yeast-leavened breads, *LWT- Food Science and Technology*, 129, 109517.

Guardianelli, L. M., Salinas, M. V. and Puppo, M. C., 2021, Quality of wheat breads enriched with flour from germinated amaranth seeds, *Food Science and Technology International*, 0(0), pp. 1–9.

Gujral, H. S., Angurala, M., Sharma, P. and Singh, J., 2011, Phenolic content and antioxidant activity of germinated and cooked pulses, *International Journal of Food Properties*, 14 (6), 1366-1374.

Gupta, R. K., Gangoliya, S. S. and Singh, N. K., 2015, Reduction of phytic acid and enhancement of bioavailable micro-nutrients in food grains, *Journal of Food Science and Technology*, 52 (2), 676-684.

Guzmán-Ortiz, F. A., San Martín-Martínez, E., Valverde, M. E., Rodríguez-Aza, Y., Berríos, J. D. J. and Mora-Escobedo, R., 2017, Profile analysis and correlation across phenolic compounds, isoflavones and antioxidant capacity during germination of soybeans (*Glycine max* L.), *CyTA-Journal of Food*, 15 (4), 516-524.

Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M. ve Babaç, M. T., 2012, Türkiye bitkileri listesi (damarlı bitkiler), *Nezahat Gökyiğit botanik bahçesi ve flora araştırmaları Derneği Yayını*, 262.

Gyamfi, M. A., Yonamine, M. and Aniya, Y., 1999, Free radical scavenging action of medical herbs from ghane: Thonningia sanguinea on experimentally-induced liver injuries, *General Pharma*, 32 (6), 661-667.

Ha, D. M. and Park, Y. K., 2011, Quality characteristics of noodles added with domestic germinated barley, *Korean Journal of Food Preservation*, 18 (2), 131-142.

Hajnalová, M. and Dreslerová, D., 2010, Ethnobotany of einkorn and emmer in Romania and Slovakia: towards interpretation of archaeological evidence, *Památky Archeologické*, 101, 169-202.

Hallén, E., İbanoğlu, Ş. and Ainsworth, P., 2004, Effect of fermented/germinated cowpea flour addition on the rheological and baking properties of wheat flour, *Journal of Food Engineering*, 63 (2), 177-184.

Hammed, A. M. and Simsek, S., 2014, Hulled wheats: a review of nutritional properties and processing methods, *Cereal Chemistry*, 91 (2), 97-104.

Hanchinal, R. R., Yenagi, N. B., Bhuvaneswari, G. and Math, K. K., 2005, Grain quality and value addition of emmer wheat, *University of Agricultural Sciences Dharwad*, 63, 63.

Hareland, G. A., 2003, Effects of pearling on falling number and α-amylase activity of preharvest sprouted spring wheat, *Cereal Chemistry*, 80 (2), 232-237.

Haridas Rao, P. and Malini Rao, H., 1991, Effect of incorporating wheat bran on the rheological characteristics and bread making quality of flour, *Journal of Food Science and Technology*, 28 (2), 92-97.

Hartmann G., Kohler P. and Wieser H., 2006, Rapid degradation of gliadin peptides toxic for coeliac disease patients by proteases from germinating cereals, *Journal of Cereal Science*, 44, 368-371.

Haug, W. and Lantzsch, H. J., 1983, Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereals and cereal products, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 34, 1423-1426.

He, H. and Hoseney, R., 1990, Changes in bread firmness and moisture during long-term storage, *Cereal Chemistry*, 67 (6), 603-605

Heiniö, R. L., Katina, K., Wilhelmson, A., Myllymäki, O., Rajamäki, T., Latva-Kala, K., Liukkonen, K. H. and Poutanen, K., 2003, Relationship between sensory perception and flavour-active volatile compounds of germinated, sourdough fermented and native rye following the extrusion process, *LWT-Food Science and Technology*, 36 (5), 533-545.

Hejtmánková, K., Lachman, J., Hejtmánková, A., Pivec, V. and Janovská, D., 2010, Tocols of selected spring wheat (*Triticum aestivum* L.), Einkorn wheat (*Triticum monococcum* L.) and wild emmer (*Triticum dicoccum* Schuebl [Schrank]) varieties, *Food Chemistry*, 123 (4), 1267-1274.

Helou, C., Gadonna-Widehem, P., Robert, N., Branlard, G., Thebault, J., Librere, S., Jacquot, S., Mardon, J., Piquet-Pissaloux, A., Chapron, S., Chatillon, A., Niquet-Léridon, C. and Tessier, F. J., 2016, The impact of raw materials and baking conditions on Maillard reaction products, thiamine, folate, phytic acid and minerals in white bread, *Food & Function*, 7 (6), 2498-2507.

Hendek Ertop, M. (2019). Comparison of industrial and homemade bulgur produced from einkorn wheat (*Triticum monococcum*) and durum wheat (*Triticum durum*): Physicochemical, nutritional and microtextural properties, *Journal of Food Processing and Preservation*, 43 (2), e13863.

Hentschel, V., Kranl, K., Hollmann, J., Lindhauer, M. G., Böhm, V. and Bitsch, R., 2002, Spectrophotometric determination of yellow pigment content and evaluation of carotenoids by high-performance liquid chromatography in durum wheat grain, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50 (23), 6663-6668.

Heo, S., Jeon, S. and Lee, S., 2014, Utilization of Lentinus edodes mushroom β-glucan to enhance the functional properties of gluten-free rice noodles, *LWT-Food Science and Technology*, 55 (2), 627-631.

Herken, E. N., İbanoğlu, Ş., Öner, M. D., Bilgiçli, N. and Güzel, S., 2007, Effect of storage on the phytic acid content, total antioxidant capacity and organoleptic properties of macaroni enriched with cowpea flour, *Journal of Food Engineering*, 78 (1), 366-372.

Hidalgo, A., Brandolini, A., Pompei, C. and Piscozzi, R., 2006, Carotenoids and tocols of einkorn wheat (*Triticum monococcum* ssp. monococcum L.), *Journal of Cereal Science*, 44 (2), 182-193.

Hidalgo, A. and Brandolini, A., 2008, Kinetics of carotenoids degradation during the storage of einkorn (*Triticum monococcum* L. ssp. monococcum) and bread wheat (*Triticum aestivum* L. ssp. aestivum) flours, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56 (23), 11300-11305.

Hidalgo, A., Brandolini, A. and Gazza, L., 2008, Influence of steaming treatment on chemical and technological characteristics of einkorn (*Triticum monococcum* L. ssp. monococcum) wholemeal flour, *Food Chemistry*, 111 (3), 549-555.

Hidalgo, A., Brandolini, A. and Pompei, C., 2009, Kinetics of tocols degradation during the storage of Einkorn (*Triticum monococcum* L. ssp. monococcum) and bread wheat (*Triticum aestivum* L. ssp. aestivum) flours, *Food Chemistry*, 116 (4), 821-827.

Hidalgo, A., Brandolini, A. and Ratti, S., 2009, Influence of genetic and environmental factors on selected nutritional traits of *Triticum monococcum*, *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* 57 (14), 6342-6348.

Hidalgo, A., Brandolini, A. and Pompei, C., 2010, Carotenoids evolution during pasta, bread and water biscuit preparation from wheat flours, *Food Chemistry*, 121 (3), 746-751.

Hidalgo, A. and Brandolini, A., 2011a, Evaluation of heat damage, sugars, amylases and colour in breads from einkorn, durum and bread wheat flours, *Journal of Cereal Science*, 54 (1), 90-97.

Hidalgo, A. and Brandolini, A., 2011b, Heat damage of water biscuits from einkorn, durum and bread wheat flours, *Food Chemistry*, 128 (2), 471-478.

Hidalgo, A. and Brandolini, A., 2012, Lipoxygenase activity in wholemeal flours from *Triticum monococcum*, *Triticum turgidum* and *Triticum aestivum*, *Food Chemistry*, 131 (4), 1499-1503.

Hidalgo, A., Brusco, M., Plizzari, L. and Brandolini, A., 2013, Polyphenol oxidase, alpha-amylase and beta-amylase activities of *Triticum monococcum*, *Triticum turgidum* and *Triticum aestivum*: A two-year study, *Journal of Cereal Science*, 58 (1), 51-58.

Hidalgo, A. and Brandolini, A., 2014, Nutritional properties of einkorn wheat (*Triticum monococcum* L.), *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94 (4), 601-612.

Hidalgo, A., Scuppa, S. and 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.

Hidalgo, A. and Brandolini, A., 2019, Nutritional, technological, and health aspects of einkorn flour and bread, in: V. R. Preedy and R. R. Watson (Eds.), *Flour and breads and their fortification in health and disease prevention*, Elsevier, pp. 99-110.

Hidalgo, A., Lucisano, M., Mariotti, M. and Brandolini, A., 2019, Physico-chemical and nutritional characteristics of einkorn flour cookies, *Journal of Food Processing and Preservation*, 43 (9), e14079.

Hidalgo, A., Šaponjac, V. T., Ćetković, G., Šeregelj, V., Čanadanović-Brunet, J., Chiosa, D. and Brandolini, A., 2019, Antioxidant properties and heat damage of water biscuits enriched with sprouted wheat and barley, *LWT- Food Science and Technology*, 114, 108423.

Hidalgo, A., Alamprese, C., Marti, A., Galli, S., Terno, A. B. and Brandolini, A., 2020, Nutritional and technological properties of non-traditional Einkorn (*Triticum monococcum*) wheat pasta, *LWT- Food Science and Technology*, 133, 109932.

Hirawan, R., Ser, W. Y., Arntfield, S. D. and Beta, T., 2010, Antioxidant properties of commercial, regular-and whole-wheat spaghetti, *Food Chemistry*, 119 (1), 258-264.

Hlisnikovský, L., Hejcman, M., Kunzová, E. and Menšík, L., 2019, The effect of soil-climate conditions on yielding parameters, chemical composition and baking quality of ancient wheat species *Triticum monococcum* L., *Triticum dicoccum* Schrank and *Triticum spelt* L. in comparison with modern *Triticum aestivum* L., *Archives of Agronomy and Soil Science*, 65 (2), 152-163.

Hoover, R. and Vasanthan, T., 1994, Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of cereal, legume, and tuber starches, *Carbohydrate Research*, 252, 33-53.

Hoover, R., 2010, The impact of heat-moisture treatment on molecular structures and properties of starches isolated from different botanical sources, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50 (9), 835-847.

Hormdok, R. and Noomhorm, A., 2007, Hydrothermal treatments of rice starch for improvement of rice noodle quality, *LWT-Food Science and Technology*, 40 (10), 1723-1731.

Howitt, C. A. and Pogson, B. J., 2006, Carotenoid accumulation and function in seeds and non-green tissues, Plant, Cell & Environment, 29 (3), 435-445.

Hrušková, M. and Šmejda, P., 2003, Wheat flour dough alveograph characteristics predicted by NIRSystems 6500, *Czech Journal of Food Sciences*, 21 (1), 28.

Hucker, B., Wakeling, L. and Vriesekoop, F., 2012, Investigations into the thiamine and riboflavin content of malt and the effects of malting and roasting on their final content, *Journal of Cereal Science*, 56 (2), 300-306.

Humphries Jr, S., 1980, Intense pulsed ion beams for fusion applications, *Nuclear Fusion*, 20 (12), 1549.

Hung, P. V., Maeda, T., Yamamoto, S. and Morita, N., 2012, Effects of germination on nutritional composition of waxy wheat, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92 (3), 667-672.

Hurrell, R. F., 2004, Phytic acid degradation as a means of improving iron absorption. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 74 (6), 445-452.

Hussain, A., Larsson, H., Kuktaite, R. and Johansson, E., 2010, Mineral composition of organically grown wheat genotypes: contribution to daily minerals intake, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7 (9), 3442-3456.

Hussain, A., Larsson, H., Olsson, M. E., Kuktaite, R., Grausgruber, H. and Johansson, E., 2012, Is organically produced wheat a source of tocopherols and tocotrienols for health food?, *Food Chemistry*, 132 (4), 1789-1795.

Hübner, F. and Arendt, E. K., 2013, Germination of cereal grains as a way to improve the nutritional value: a review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53 (8), 853-861.

Hübner, F., O'Neil, T., Cashman, K. D. and Arendt, E. K., 2010, The influence of germination conditions on beta-glucan, dietary fibre and phytate during the germination of oats and barley, *European Food Research and Technology*, 231 (1), 27-35.

ICC, 2001, International Association for Cereal Science and Technology, Standard Methods of the International Association for Cereal Science and Technology, ICC Standard 145, Vienna, Austria.

Isserliyska, D., Karadjov, G. and Angelov, A., 2001, Mineral composition of Bulgarian wheat bread, *European Food Research and Technology*, 213 (3), 244-245.

Izambaeva, A., Bozadjiev, B., Gogova, T. S., Durakova, A., Dessev, T. Z., Koleva, A. and Krasteva, A., 2016, Chemico-technological characteristics and antioxidant activity of wholemeal einkorn flour and bread, *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 22 (2), 331-338.

Izydorczyk, M. S., Lagasse, S. L., Hatcher, D. W., Dexter, J. E. and Rossnagel, B. G., 2005, The enrichment of Asian noodles with fiber-rich fractions derived from roller milling of hull-less barley, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85 (12), 2094-2104.

Jayasena, V. and James, A. P., 2013, Total phenolic and phytosterol compounds and the radical scavenging activity of germinated Australian sweet lupin flour, *Plant Foods for Human Nutrition*, 68 (4), 352-357.

Kalnina, S., Rakcejeva, T. and Kunkulberga, D., 2015, Rheological properties of whole grain wheat, rye and hull-less barley flour blends for pasta production, *Research for Rural Development*, 1, 150-156.

Kalnina, S., Rakcejeva, T., Kunkulberga, D. and Galoburda, R., 2015, Rheological properties of whole wheat and whole triticale flour blends for pasta production, *Agronomy Research*, 13 (4), 948-955.

Kan, M., Kucukcongar, M., Mourgounov, A., Keser, M., Ozdemir, F., Muminjanov, H. and Qualset, C., 2016, Wheat landraces production on farm level in Turkey; who is growing in where?, *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 53 (1), 159-169.

Karabak, S., Taşçı, R., ceyhan, V., Özbek, K. ve Arslan, H. Y., 2019, İhsangazi tarlalarından soframıza kültür mirası siyez buğdayı, *Toprak Su Dergisi*, 86-93.

Karwasra, B. L., Gill, B.S., Kaur, M. and Kaur, H., 2017, Indian wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars: physical characteristics, micronutrients and heavy metal content, *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 9 (3), 295-302.

Kasim, A. B. and Edwards, H. M. J., 1998, The analysis of inositol phosphate forms in feed ingredients, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 76 (1), 1-9.

Katan, M. B., Grundy, S. M., Jones, P., Law, M., Miettinen, T., Paoletti, R. and Participants, S. W., 2003, Efficacy and safety of plant stanols and sterols in the management of blood cholesterol levels, *Mayo Clinic Proceedings*, 78 (8), 965-978.

Katina, K., Liukkonen, K. H., Kaukovirta-Norja, A., Adlercreutz, H., Heinonen, S. M., Lampi, A. M., Pihlava, J. M. and Poutanen, K., 2007, Fermentation-induced changes in the nutritional value of native or germinated rye, *Journal of Cereal Science*, 46 (3), 348-355.

Kaukovirta-Norja, A., Wilhelmson, A. and Poutanen, K., 2004, Germination, a means to improve the functionality of oat, *Agricultural and Food Science,* 13 (1-2), 100-112.

Kaur, G., Sharma, S., Nagi, H. P. S. and Dar, B. N., 2012, Functional properties of pasta enriched with variable cereal brans, *Journal of Food Science and Technology*, 49 (4), 467-474.

Kaur, H. and Gill, B. S., 2020, Comparative evaluation of physicochemical, nutritional and molecular interactions of flours from different cereals as affected by

germination duration, *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14 (3), 1147-1157.

Kaur, M., Singh, V. and Kaur, R., 2017, Effect of partial replacement of wheat flour with varying levels of flaxseed flour on physicochemical, antioxidant and sensory characteristics of cookies, *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 9, 14-20.

Keçeli, A., Evlice, A. K., Pehlivan, A., Şanal, T. and Zencirci, N., 2021, Bread-making properties of einkorn wheat (*Triticum monococcum* ssp. monococcoum) and its suitability for whole wheat bread production, *Cereal Research Communications*, 49, 625-637.

Keller L., Schmid J. E., and Keller E. R., 1991, Are Cereal Landraces a Source for Breeding?, *Landwirtschaft Schweiz*, 4, 197-202.

Kemp, B. J., 1989, Ancient Egypt, Anatomy of a civilization, Routledge

Khalid, K. H., Ohm, J. B. and Simsek, S., 2017, Whole wheat bread: Effect of bran fractions on dough and end-product quality, *Journal of Cereal Science*, 78, 48-56.

Khattak, A. B., Zeb, A. and Bibi, N., 2008, Impact of germination time and type of illumination on carotenoidcontent, protein solubility and in vitro protein digestibility of chickpea (*Cicer arietinum* L.) sprouts, *Food Chemistry*, 109 (4), 797-801.

Khattak, A. B., Zeb, A., Bibi, N., Khalil, S. A. and Khattak, M. S., 2007, Influence of germination techniques on phytic acid and polyphenols content of chickpea (*Cicer arietinum* L.) sprouts, *Food Chemistry*, 104 (3), 1074-1079.

Kılıçer, F. N., 2018, Çimlendirilmiş bazı tahıl ve baklagillerin besinsel ve fonksiyonel özellikleri üzerine bir araştırma, Yüksek Lisans Tezi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.

Kılınçer, F. N. ve Demir, M. K., 2019, Çimlendirilmiş bazı tahıl ve baklagillerin fiziksel ve kimyasal özellikleri, *Gıda*, 3, 419-429.

Kızılaslan, Y., 2020, Siyez unu ile üretilen bebe bisküvilerinde protein ve karbonhidrat sindirilebilirliğinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

Kibar, H., 2019, Assessing mineral composition and morpho-physiological properties of de-hulled Einkorn wheat during storage at different moisture levels, *Journal of Stored Products Research*, 83, 200-208.

Kim, H. J., Baek, J. J., Min, B. J., Kim, J. H., Yoo, S. H. and Lee, S., 2015, Utilization of brown rice flour as a functional ingredient in instant fried noodles, *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry,* 58 (5), 637-642.

Kim, T. D., Paik, S. R. and Yang, C. H., 2002, Structural and functional implications of C-terminal regions of α-synuclein, *Biochemistry*, 41 (46), 13782-13790.

Koehler, P., Hartmann, G., Wieser, H. and Rychlik, M., 2007, Changes of folates, dietary fiber, and proteins in wheat as affected by germination, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55 (12), 4678-4683.

Kolodziejczyk, P. and Michniewicz, J., 2004, The changes of some enzymes activities during germination of rye kernels, *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 7, 1-9.

Kordas, K. and Stoltzfus, R. J., 2004, New evidence of iron and zinc interplay at the enterocyte and neural tissues, *The Journal of Nutrition*, 134 (6), 1295-1298.

Köksel, H., Sivri, D., Ng, P. K. W. and Steffe, J. F., 2000, Effects of transglutaminase enzyme on gluten proteins from sound and bug-(Eurygaster spp.) damaged wheat samples, in: P. R. Shewry and A. S. Tatham, *Wheat Gluten*, 261, 292-304.

Kruma, Z., Tomsone, L., Ķince, T., Galoburda, R., Senhofa, S., Sabovics, M., Straumite, E. and Sturite, I., 2016, Effects of germination on total phenolic compounds and radical scavenging activity in hull-less spring cereals and triticale, *Agronomy Research*, 14 (S2), 1372-1383.

Kulathunga, J., Reuhs, B. L., Zwinger, S. and 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, J. N., Muthukumar, S. P. and Prabhasankar, P., 2019, The potential of the iron concentrated germinated wheat in wheat flour fortification: an alternative to the conventional expensive iron fortification, *Journal of Food Science and Technology*, 56 (4), 2038-2048.

Kumar, Y., Sharanagat, V. S., Singh, L. and Mani, S., 2020, Effect of germination and roasting on the proximate composition, total phenolics, and functional properties of black chickpea (*Cicer arietinum*), *Legume Science*, 2 (1), e20.

Küster, H., 1985, Neolithische Pflanzenreste aus Hochdorf, Gemeinde Eberdingen (Kreis Ludwigsburg) in Hochdorf I, in: H. Küster and U. Körber-Grohne (Eds.), Forschungen und Berichte zur Vor-und Frühgeschichte in Baden-Württemberg, pp. 13-83.

Kyriacou, M. C., Rouphael, Y., Di Gioia, F., Kyratzis, A., Serio, F., Renna, M., De Pascale, S. and Santamaria, P., 2016, Micro-scale vegetable production and the rise of microgreens, *Trends in Food Science & Technology,* 57, 103-115.

Lachman, J., Hejtmánková, K. and Kotíková, Z., 2013, Tocols and carotenoids of einkorn, emmer and spring wheat varieties: Selection for breeding and production, *Journal of Cereal Science*, 57 (2), 207-214.

Lachman, J., Orsák, M., Pivec, V., and Jírů, K., 2012, Antioxidant activity of grain of Einkorn (*Triticum monococcum* L.), emmer (*Triticum dicoccum* schuebl [schrank]) and spring wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties, *Plant, Soil and Environment*, 58 (1), 15-21.

Lacko-Bartošová, M., Konvalina, P., Lacko-Bartošová, L. and Štěrba, Z., 2019, Quality evaluation of emmer wheat genotypes based on rheological and Mixolab parameters, *Czech Journal of Food Sciences*, 37 (3), 192-198.

Lacko-Bartošová, M., Čurna, V. and Lacko-Bartošová, L., 2015, Emmer-ancient wheat suitable for ecological farming, *Research Journal of Agricultural Science*, 47 (1).

Lafiandra, D., Masci, S., Sissons, M., Dornez, E., Delcour, J., Courtin, C. and Caboni, M. F., 2012, Kernel components of technological value, In: M. Sissons, J. Abecassis, and B. Marchylo (Eds.), Durum wheat chemistry and technology, AACC, St Paul, MN, USA, pp. 85-106.

Lampi, A. M., Nurmi, T., Ollilainen, V. and Piironen, V., 2008, Tocopherols and tocotrienols in wheat genotypes in the HEALTHGRAIN diversity screen, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56 (21), 9716-9721.

Lee, J., Hwang, Y. S., Lee, J. D., Chang, W. S. and Choung, M. G., 2013, Metabolic alterations of lutein, β-carotene and chlorophyll a during germination of two soybean sprout varieties, *Food Chemistry*, 141 (3), 3177-3182.

Lee, Y. R., Kim, J. Y., Woo, K. S., Hwang, I. G., Kim, K. H., Kim, K. J., Kim, J. H. and Jeong, H. S., 2007, Changes in the chemical and functional components of Korean rough rice before and after germination, *Food Science and Biotechnology*, 16 (6), 1006-1010.

Leenhardt, F., Lyan, B., Rock, E., Boussard, A., Potus, J., Chanliaud, E. and Remesy, C., 2006, Genetic variability of carotenoid concentration, and lipoxygenase and peroxidase activities among cultivated wheat species and bread wheat varieties, *European Journal of Agronomy*, 25 (2), 170-176.

Lemmens, E., Moroni, A. V., Pagand, J., Heirbaut, P., Ritala, A., Karlen, Y., Lê, K. A., Van de Broeck, H. C., Brouns, F. J. P. H., De Brier, N. and Delcour, J. A., 2019, Impact of cereal seed sprouting on its nutritional and technological properties: A critical review, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18 (1), 305-328.

Leonard, W. H. and Martin, J. H., 1968, Cereal crops, Macmillan, New York.

Levent, H., 2019, Performance of Einkorn (*Triticum monococcum* L.) flour in the manufacture of traditional Turkish noodle, *Gıda*, 44 (5), 932-942.

Levent, H. and Aktaş, K., 2019, Effect of eınkorn wheat flour (*Triticum monococcum* L.) on the qualıty characterıstıcs of cake, *6th International Conference on Sustainable Agriculture and Environment*, Konya, pp. 49-52.

Li, J., Hou, G. G., Chen, Z., Chung, A. L. and Gehring, K., 2014, Studying the effects of whole-wheat flour on the rheological properties and the quality attributes of whole-wheat saltine cracker using SRC, alveograph, rheometer, and NMR technique, *LWT-Food Science and Technology*, 55 (1), 43-50.

Li, K., Hu, G., Yu, S., Tang, Q. and Liu, J., 2018, Effect of the iron biofortification on enzymes activities and antioxidant properties in germinated brown rice, *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12 (2), 789-799.

Li, M., Liu, C., Zheng, X., Li, L. and Bian, K., 2020, Physicochemical properties of wheat flour modified by heat-moisture treatment and their effects on noodles making quality, *Journal of Food Processing and Preservation*, 44 (9), e14590.

Li, Y., Ma, D., Sun, D., Wang, C., Zhang, J., Xie, Y. and Guo, T., 2015, Total phenolic, flavonoid content, and antioxidant activity of flour, noodles, and steamed bread made from different colored wheat grains by three milling methods, *The Crop Journal*, 3 (4), 328-334.

Liu, C., Jiang, X., Wang, J., Li, L., Bian, K., Guan, E. and Zheng, X., 2019, Effect of heat-moisture treatment of germinated wheat on the quality of Chinese white salted noodles, *Cereal Chemistry*, 96 (1), 115-128.

Liu, T., Hou, G. G., Cardin, M., Marquart, L. and Dubat, A., 2017, Quality attributes of whole-wheat flour tortillas with sprouted whole-wheat flour substitution, *LWT-Food Science and Technology,* 77, 1-7.

Liu, Y., Xu, M., Wu, H., Jing, L., Gong, B., Gou, M., Zhao, K. and Li, W., 2018, The compositional, physicochemical and functional properties of germinated mung bean flour and its addition on quality of wheat flour noodle, *Journal of Food Science and Technology*, 55 (12), 5142-5152.

Løje, H., Møller, B., Laustsen, A. M. and 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., Dal Ferro, N., Vincenzi, S. and 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 & Technology*, 52 (6), 1498-1507.

López-Amorós, M. L., Hernández, T. and Estrella, I., 2006, Effect of germination on legume phenolic compounds and their antioxidant activity, *Journal of Food Composition and Analysis*, 19 (4), 277-283.

Lopez-Martinez, L. X., Leyva-Lopez, N., GutierrezGrijalva, E. P. and Heredia, J. B., 2017, Effect of cooking and germination on bioactive compounds in pulses and their health benefits, *Journal of Functional Foods*, 38, 624-634.

Lorenz, K. and D'Appolonia, B., 1980, Cereal sprouts: Composition, nutritive value, food applications, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 13*, 353-385.

Lorlowhakarn, K. and Naivikul, O., 2006, Modification of rice flour by heat moisture treatment (HMT) to produce rice noodles, *Agriculture and Natural Resources*, 40 (6-Suppl), 135-143.

Lu, Q. Y. and Lin, M. G., 2011, The effects of protein and starch contents in flour on noodle quality, International symposium on biomedicine and engineering, 189-192.

Lv, J., Yu, L., Lu, Y., Niu, Y., Liu, L., Costa, J. and Yu, L. L., 2012, Phytochemical compositions, and antioxidant properties, and antiproliferative activities of wheat flour, *Food Chemistry*, 135 (2), 325-331.

Mahgoub, S. E. and Elhag, S. A., 1998, Effect of milling, soaking, malting, heat-treatment and fermentation on phytate level of four Sudanese sorghum cultivars, *Food Chemistry*, 61 (1-2), 77-80.

Maillard, M. N. and Berset, C., 1995, Evolution of antioxidant activity during kilning: role of insoluble bound phenolic acids of barley and malt, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43 (7), 1789-1793.

Maillard, M. N., Soum, M. H., Boivin, P. and Berset, C., 1996, Antioxidant activity of barley and malt: relationship with phenolic content, *LWT-Food Science and Technology*, 29 (3), 238-244.

Maisont, S. and Narkrugsa, W., 2010, The effect of germination on GABA content, chemical composition, total phenolics content and antioxidant capacity of Thai waxy paddy rice, *Agriculture and Natural Resources*, 44 (5), 912-923.

Mäkinen, O. E., Zannini, E. and Arendt, E. K., 2013, Germination of oat and quinoa and evaluation of the malts as gluten free baking ingredients, *Plant Foods for Human Nutrition*, 68, 90-95.

Makokha, A. O., Oniang'o, R., Njoroge, S. M. and Kinyanjui, P. K., 2002, Effect of malting on protein digestibility of some sorghum (*Sorghum bicolor*) varieties grown in Kenya, *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 2 (2), 59-66.

Manna, K. M., Naing, K. M. and Pe, H., 1995, Amylase activity of some roots and sprouted cereals an beans, *Food and Nutrition Bulletin*, 16 (2), 1-5.

Manthey, F. A. and Schorno, A. L., 2002, Physical and cooking quality of spaghetti made from whole wheat durum, *Cereal Chemistry*, 79 (4), 504-510.

Manthey, F. A., Yalla, S. R., Dick, T. J. and Badaruddin, M., 2004, Extrusion properties and cooking quality of spaghetti containing buckwheat bran flour, *Cereal Chemistry*, 81 (2), 232-236.

Marconi, M. and Cubadda, R., 2005, Emmer wheat, In: E. S. M. Abdel-Aal and P. Wood (Eds.), Speciality grains for food and feed, American Association of Cereal Chemists (AACC), St. Paul, MN, USA, pp. 63-108.

Marconi, E., Carcea, M., Graziano, M. and Cubadda, R., 1999, Kernel properties and pasta-making quality of five European spelt wheat (*Triticum spelta* L.) cultivars, *Cereal Chemistry*, 76 (1), 25-29.

Marengo, M., Bonomi, F., Marti, A., Pagani, M. A., Abd Elmoneim, O. E. and Lametti, S., 2015, Molecular features of fermented and sprouted sorghum flours relate to their suitability as components of enriched gluten-free pasta, *LWT-Food Science and Technology,* 63 (1), 511-518.

Marero, L. M., Payumo, E. M., Aguinaldo, A. R. and Homma, S., 1988, Nutritional characteristics of weaning foods prepared from germinated cereals and legumes, *Journal of Food Science*, 53 (5), 1399-1402.

Marti, A., Cardone, G., Nicolodi, A., Quaglia, L. and Pagani, M. A., 2017, Sprouted wheat as an alternative to conventional flour improvers in bread-making, *LWT-Food Science and Technology*, 80, 230-236.

Marti, A., Cardone, G., Pagani, M. A. and Casiraghi, M. C., 2018, Flour from sprouted wheat as a new ingredient in bread-making, *LWT-Food Science and Technology*, 89, 237-243.

Masud, T., Mahmood, T., Latif, A., Sammi, S. and Hameed, T., 2007, Influence of processing and cooking methodologies for reduction of phytic acid content in wheat (*Triticum aestivum*) varieties, *Journal of Food Processing and Preservation*, 31 (5), 583-594.

Mattila-Sandholm, T., 1998, VTT on lactic acid bacteria, *VTT Symposium*, 156, 1-10.

Matuz, J., Bartók, T., Mórocz-Salamon, K. and Bóna, L., 2000, Structure and potential allergenic character of cereal proteins I. Protein content and amino acid composition, *Cereal Research Communications*, 28 (3), 263-270.

Mazid, A., Amegbeto, K. N., Keser, M., Morgounov, A. I., Peker, K., Bagci, A., Akın, M., Küçükcongar, M., Kan, M., Karabak, S., Semerci, A., Altikat, A. and Yaktubay, S., 2009, Adoption and impacts of improved winter and spring wheat varieties in Turkey, *International Center for Agricultural Research in the Dry Areas*, Aleppo, Syria.

Mbithi-Mwikya, S., Van Camp, J., Yiru, Y. and Huyghebaert, A., 2000, Nutrient and antinutrient changes in finger millet (*Eleusine coracan*) during sprouting, *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 33 (1), 9-14.

Megat Rusydi, M. R. and Azrina, D. A., 2012, Effect of germination on total phenolic, tannin and phytic acid contents in soy bean and peanut, *International Food Research Journal*, 19 (2), 673-677.

Menderis, M., Atlı, A., Köten, M. and Kılıç, H., 2008, Quality evaluation of bread wheat quality by gluten index and wet gluten-protein ratio, *Journal of the Faculty of Agriculture of Harran University (Turkey)*, 12 (3), 57-64.

Mikola, M., Brinck, O. and Jones, B. L., 2001, Characterization of oat endoproteinases that hydrolyze oat avenins, *Cereal Chemistry*, 78 (1), 55-58.

Millar, K. A., Barry-Ryan, C., Burke, R., McCarthy, S., and Gallagher, E., 2019, Dough properties and baking characteristics of white bread, as affected by addition of raw, germinated and toasted pea flour, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *56*, 102189.

Miller, H. E., Rigelhof, F., Marquart, L., Prakash, A. and Kanter, M., 2000, Antioxidant content of whole grain breakfast cereals, fruits and vegetables, *Journal of the American College of Nutrition*, 19 (sup3), 312S-319S.

Miransari, M. and Smith, D. L., 2014, Plant hormones and seed germination, *Environmental and Experimental Botany*, 99, 110-121.

Mis, A., 2005, Influence of chosen factors on water absorption and rheological properties of gluten of bead wheat (*Triticum aestivum* L.), *Acta Agrophysica (Poland)*, 128.

Miskelly, D. M. and Moss, H. J., 1985, Flour quality requirements for Chinese noodle manufacture, *Journal of Cereal Science*, 3 (4), 379-387.

Moongngarm, A. and Saetung, N., 2010, Comparison of chemical compositions and bioactive compounds of germinated rough rice and brown rice, *Food Chemistry*, 122 (3), 782-788.

Morrison, W. R. and Azudin, M. N., 1987, Variation in the amylose and lipid contents and some physical properties of rice starches, *Journal of Cereal Science*, 5 (1), 35-44.

Moudry, J., Konvalina, P., Stehno, Z. and Capouchová, I., 2011, Ancient wheat species can extend biodiversity of cultivated crops, *Scientific Research and Essay*, 6 (20), 4273-4280.

Mounjouenpou, P., Ponka, R., Ngono Eyenga, S. N. N., Tchuisseu, A., Ehabe, E. E. and Ndjouenkeu, R., 2020, Physico-chemical and nutritional characterization of cereals brans enriched breads, *Scientific African*, 7, e00251.

Mouquet, R. C., Icard, V. C., Guyot, J. P., Hassane T. E., Rochette, I. and Treche, S., 2008, Consumption pattern, biochemical composition and nutritional value of fermented pearl millet gruels in Burkina Faso, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 59 (7-8), 716-729.

Mubarak, A. E., 2005, Nutritional composition and antinutritional factors of mung bean seeds (*Phaseolus aureus*) as affected by some home traditional processes, *Food Chemistry*, 89 (4), 489-495.

Nair, K. M., Brahmam, G. N., Radhika, M. S., Dripta, R. C., Ravinder, P., Balakrishna, N., Chen, Z., Hawthorne, K. M. and Abrams, S. A., 2013, Inclusion of guava enhances non-heme iron bioavailability but not fractional zinc absorption from a rice-based meal in adolescents, *The Journal of Nutrition*, 143 (6), 852-858.

Nakov, G., Brandolini, A., Ivanova, N., Dimov, I. and Stamatovska, V., 2018, The effect of einkorn (*Triticum monococcum* L.) whole meal flour addition on physico-

chemical characteristics, biological active compounds and in vitro starch digestion of cookies, *Journal of Cereal Science*, 83, 116-122.

Naumenko, N., Potoroko, I., Kalinina, I., Fatkullin, R. and Ivanisova, E., 2021, The influence of the use of whole grain flour from sprouted wheat grain on the rheological and microstructural properties of dough and bread, *International Journal of Food Science*, 2021.

Ndife, J., Abdulraheem, L. O. and Zakari, U. M., 2011, Evaluation of the nutritional and sensory quality of functional breads produced from whole wheat and soya bean flour blends, *African Journal of Food Science*, 5 (8), 466-472.

Nelson, K., Stojanovska, L., Vasiljevic, T. and Mathai, M., 2013, Germinated grains: a superior whole grain functional food?, *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 91 (6), 429-441.

Nesbitt, M. and Samuel, D., 1996, From staple crop to extinction? The archaeology and history of hulled wheat, *Hulled Wheat: Promoting the Conservation and Use of Underutilized and Neglected Crops*, 1-100.

Ngozi, A. A., 2014, Effect of whole wheat flour on the quality of wheat-baked bread, *Global Journal of Food Science and Technology*, 2 (3), 127-133.

Ning, J., Hou, G. G., Sun, J., Wan, X. and Dubat, A., 2017, Effect of green tea powder on the quality attributes and antioxidant activity of whole-wheat flour pan bread, *LWT-Food Science and Technology*, *79*, 342-348.

Nocente, F., Natale, C., Galassi, E., Taddei, F. and Gazza, L., 2021, Using Einkorn and tritordeum brewers' spent grain to increase the nutritional potential of durum wheat pasta, *Foods*, 10 (3), 502.

Nout, M. J. R. and Ngoddy, P. O., 1997, Technological aspects of preparing affordable fermented complementary foods, *Food Control*, 8 (5-6), 279-287.

Nout, M. J. R., 1993, Processed weaning foods for tropical climates. *International Journal of Food Sciences and Nutrition,* 43 (4), 213-221.

Nowak, K., Spychaj-Fabisiak, E., Barczak, B., Knapowski, T. and Kozera, W., 2015, Initial research on amino acid composition of spelt grain protein fertilized with nitrogen and microelements, *Chemical Engineering and Equipment*, 54 (5), 265-266.

Nyström, L., Paasonen, A., Lampi, A. M. and Piironen, V., 2007, Total plant sterols, steryl ferulates and steryl glycosides in milling fractions of wheat and rye, *Journal of Cereal Science*, 45 (1), 106-115.

Ogbonna, A. C., Abuajah, C. I., Ide, E. O. and Udofia, U. S., 2012, Effect of malting conditions on the nutritional and anti-nutritional factors of sorghum grist, *The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati. Fascicle VI-Food Technology*, 36 (2), 64-72.

Oh, N. H., Seib, P. A., Chung, D. S. and Deyoe, C. W., 1985, Noodle. III. Effects of processing variables on the quality of dry noodle, *Cereal Chemistry*, 62 (6), 437-440.

Ohm, J. B., Lee, C. W., & Cho, K. (2016). Germinated wheat: Phytochemical composition and mixing characteristics. *Cereal Chemistry*, *93*(6), 612-617.

Ohtsubo, K. I., Suzuki, K., Yasui, Y. and Kasumi, T., 2005, Bio-functional components in the processed pre-germinated brown rice by a twin-screw extruder, *Journal of Food Composition and Analysis*, 18 (4), 303-316.

Olaerts, H. and Courtin, C. M., 2018, Impact of preharvest sprouting on endogenous hydrolases and technological quality of wheat and bread: a review, Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 17 (3), 698-713.

Oloyo, R. A., 2004, Chemical and nutritional quality changes in germinating seeds of *Cajanus cajan* L., *Food Chemistry*, 85 (4), 497-502.

Ouazib, M., Garzon, R., Zaidi, F. and Rosell, C. M., 2016, Germinated, toasted and cooked chickpea as ingredients for breadmaking, *Journal of Food Science and Technology*, 53 (6), 2664-2672.

Ozkan, H., Brandolini, A., Torun, A., Altintas, S., Eker, S. E. L. İ. M., Kilian, B., ... & Cakmak, I. (2007). Natural variation and identification of microelements content in seeds of Einkorn wheat (*Triticum monococcum*), in: H. T. Buck, J. E. Nisi and N. Salomón (Eds.), *Wheat Production in Stressed Environments*, Springer, Dordrecht, pp. 455-462.

Özberk, F., Karagöz, A., Özberk, İ. and Atlı, A., 2016, From genetic resources to landraces and registered varieties; wheat and bread in Turkey, *Journal of Central Research Institute for Field Crops*, 25 (2), 218-233.

Özberk, İ., Zencirci, N., Özkan, H., Özberk, F. and Eser, V., 2010, Dünden bugüne makarnalık buğday ıslahı ve geleceğe bakış, *Makarnalık Buğday ve Mamulleri Konferansı*, Şanlıurfa, pp. 43-66.

Özkaya B., Özkaya H. and Büyükikiz E., 2001, The cooking properties of, erişte (Turkish noodle) produced by traditional methods, *Getreide Mehl. und Brot*., 55, 120-125.

Özkaya, H. ve Kahveci, B., 1990, Tahıl ve Ürünleri Analiz Yöntemleri, *Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları*, 14, 152.

Özkaya, B., 1995, Bisküvi üretiminde kullanılacak unların değerlendirilmesi, *Un Mamulleri Dünyası*, 4 (4), 35-42.

Pająk, P., Socha, R., Broniek, J., Królikowska, K. and Fortuna, T., 2019, Antioxidant properties, phenolic and mineral composition of germinated chia, golden flax, evening primrose, phacelia and fenugreek, *Food Chemistry*, 275, 69-76.

Pakfetrat, S., Amiri, S., Radi, M., Abedi, E. and Torri, L., 2020, The influence of green tea extract as the steeping solution on nutritional and microbial characteristics of germinated wheat, *Food Chemistry*, 332, 127288.

Palmiano, E. P. and Juliano, B. O., 1972, Biochemical changes in the rice grain during germination, *Plant Physiology*, 49 (5), 751-756.

Panfili, G., Fratianni, A. and Irano, M., 2004, Improved normal-phase high-performance liquid chromatography procedure for the determination of carotenoids in cereals, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52 (21), 6373-6377.

Paredes-Lopez, O. and Mora-Escobedo, R., 1989, Germination of amaranth seeds: effects on nutrient composition and color, *Journal of Food Science*, 54 (3), 761-762.

Park, S. H. and Morita, N., 2005, Dough and breadmaking properties of wheat flour substituted by 10% with germinated quinoa flour, *Food Science and Technology International*, 11 (6), 471-476.

Patel, M. M. and Rao, G. V., 1995, Effect of untreated, roasted and germinated black gram (*Phaseolus mungo*) flours on the physico-chemical and biscuit (cookie) making characteristics of soft wheat flour, *Journal of Cereal Science*, 22 (3), 285-291.

Pathare, P. B., Opara, U. L. and Al-Said, F. A. J., 2013, Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review, *Food and Bioprocess Technology*, 6 (1), 36-60.

Peña-Chocarro, L., 1996, In situ conservation of hulled wheats species: the case of Spain, In: S. Padulosi. K. Hammer and J Heller (Eds.), Hulled wheats, promoting the conservation and used of underutilized and neglected crops, IPGRI, Rome, pp. 129-146.

Perrino, P., Infantino, S., Basso, P. and Di Marzio, A., 1993, Valutazione e selezione di farro in ambienti marginali dell'Appennino molisano, *Informatore Agrario*, 49, 41-41.

Peterson, D. M., 1998, Malting oats: Effects on chemical composition of hull-less and hulled genotypes, *Cereal Chemistry*, 75 (2), 230-234.

Phattanakulkaewmorie, N., Paseephol, T. and Moongngarm, A., 2011, Chemical compositions and physico-chemical properties of malted sorghum flour and characteristics of gluten free bread, *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 5 (7), 532-538.

Pınarlı, İ., İbanoğlu, Ş. and Öner, M. D., 2004, Effect of storage on the selected properties of macaroni enriched with wheat germ, *Journal of Food Engineering*, 64 (2), 249-256.

Piergiovanni, A. R., Laghetti, G. and Perrino, P., 1996, Characteristics of meal from hulled wheats (*Triticum dicoccon* Schrank and *T. spelta* L.): an evaluation of selected accessions, *Cereal Chemistry*, 73 (6), 732-735.

Piironen, V., Lindsay, D. G., Miettinen, T. A., Toivo, J. and Lampi, A. M., 2000, Plant sterols: Biosynthesis, biological function and their importance to human nutrition, Journal of the Science of Food and Agriculture, 80 (7), 939-966.

Pizzuti, D., Buda, A., D'Odorico, A., D'Incà, R., Chiarelli, S., Curioni, A. and Martines, D., 2006, Lack of intestinal mucosal toxicity of *Triticum monococcum* in celiac disease patients, *Scandinavian Journal of Gastroenterology*, 41 (11), 1305-1311.

Platel, K., Eipeson, S. W. and Srinivasan, K., 2010, Bioaccessible mineral content of malted finger millet (*Eleusine coracana*), wheat (*Triticum aestivum*), and barley (*Hordeum vulgare*), *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58 (13), 8100-8103.

Pomeranz, Y., 1988, Chemical composition of kernel structures, *Wheat: Chemistry and Technology*, 1, 97-158.

Popov-Raljić, J. V., Mastilović, J. S., Laličić-Petronijević, J. G. and Popov, V. S., 2009, Investigations of bread production with postponed staling applying instrumental measurements of bread crumb color, *Sensors*, 9 (11), 8613-8623.

Poudel, R., Finnie, S. and Rose, D. J., 2019, Effects of wheat kernel germination time and drying temperature on compositional and end-use properties of the resulting whole wheat flour, *Journal of Cereal Science*, 86, 33-40.

Prandi, B., Tedeschi, T., Folloni, S., Galaverna, G. and Sforza, S., 2017, Peptides from gluten digestion: A comparison between old and modern wheat varieties, *Food Research International*, 91, 92-102.

Pratiwi, M., Faridah, D. N. and Lioe, H. N., 2018, Structural changes to starch after acid hydrolysis, debranching, autoclaving-cooling cycles, and heat moisture treatment (HMT): A review, *Starch-Stärke*, 70 (1-2), 1700028.

Protonotariou, S., Stergiou, P., Christaki, M. and Mandala, I. G., 2020, Physical properties and sensory evaluation of bread containing micronized whole wheat flour, *Food Chemistry*, 318, 126497.

Pugalenthi, M. and Vadivel, V., 2005, Nutritional evaluation and the effect of proces sing methods on antinutritional factors of sword bean (*Canavalia gladiata*), *Journal of Food Science and Technology-Mysore,* 42 (6), 510-516.

Puumalainen, T., Nykopp, H. and Tuorila, H., 2002, Old product in a new context: Importance of the type of dish for the acceptance of Grünkern, a spelt-based traditional cereal, *LWT-Food Science and Technology*, 35 (6), 549-553.

Rachon, L., Szumilo, G., Brodowska, M. and Wozniak, A., 2015, Nutritional value and mineral composition of grain of selected wheat species depending on the intensity of a production technology, *Journal of Elementology*, 20 (3), 705-715.

Raes, K., Knockaert, D., Struijs, K. and Van Camp, J., 2014, Role of processing on bioaccessibility of minerals: Influence of localization of minerals and anti-nutritional factors in the plant, *Trends in Food Science & Technology*, 37 (1), 32-41.

Rakszegi, M., Pastori, G., Jones, H. D., Békés, F., Butow, B., Lang, L., Bedo, Z. and Shewry, P. R., 2008, Technological quality of field grown transgenic lines of commercial wheat cultivars expressing the 1Ax1 HMW glutenin subunit gene, *Journal of Cereal Science*, 47 (2), 310-321.

Ranhotra, G. S., Loewe, R. J. and Lehmann, T. A., 1977, Breadmaking quality and nutritive value of sprouted wheat, *Journal of Food Science*, 42 (5), 1373-1375.

Rao, B. N., Pozniak, C. J., Hucl, P. J. and Briggs, C., 2010, Baking quality of emmer-derived durum wheat breeding lines, *Journal of Cereal Science*, 51 (3), 299-304.

Rasmusson, D. C., Hester, A. J., Fick, G. N. and Byrne, I., 1971, Breeding for mineral content in wheat and barley, *Crop Science*, 11 (5), 623-627.

Rebellato, A. P., Bussi, J., Silva, J. G. S., Greiner, R., Steel, C. J. and Pallone, J. A. L., 2017, Effect of different iron compounds on rheological and technological parameters as well as bioaccessibility of minerals in whole wheat bread, *Food Research International*, 94, 65-71.

Reedy, M. M., YenagI, N. B., Rao, M., Srinivasan, C. N. and HanchinaL, R. R., 1998, Grain and gluten quality of some cultivars of wheat species and their suitability for preparation of traditional South Indian sweet products, *Journal of Food Science and Technology,* 35 (5), 441-444.

Resmini, P., Pagani, M. A. and Pellegrino, L., 1996, Effect of semolina quality and processing conditions on nonenzymatic browning in dried pasta, *Food Australia*, 48 (8), 362-367.

Rimsten, L., Haraldsson, A. K., Andersson, R., Alminger, M., Sandberg, A. S. and Åman, P., 2002, Effects of malting on β-glucanase and phytase activity in barley grain, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82 (8), 904-912.

Ritika, B. Y., Baljeet, S. Y., Mahima, S. and Roshanlal, Y., 2016, Suitability of wheat flour blends with malted and fermented cowpea flour for noodle making, *International Food Research Journal*, 23 (5), 2193-2202.

Rittau, A., Batey, I. L., Copeland, L., Miskelly, D. and Wrigley, C. W., 2005, Factors affecting the results of SDS sedimentation tests of flour and wholemeal, 1, 328.

Rosales-Juárez, M., González-Mendoza, B., López-Guel, E. C., Lozano-Bautista, F., Chanona-Pérez, J., Gutiérrez-López, G., Farrera-Rebollo, R. and Calderón-

Domínguez, G., 2008, Changes on dough rheological characteristics and bread quality as a result of the addition of germinated and non-germinated soybean flour, *Food and Bioprocess Technology*, 1 (2), 152-160.

Rosell, C. M., Collar, C. and Haros, M., 2007, Assessment of hydrocolloid effects on the thermo-mechanical properties of wheat using the Mixolab, *Food Hydrocolloids*, 21 (3), 452-462.

Sakr, A. M., 2020, Evaluation of wheat germination for making gluten-free bread, *Current Science International*, 09 (04), 677-689.

Salcedo, G., Sanchez-Monge, R. O. S. A., Garcia-Casado, G. L. O. R. I. A., Armentia, A., Gomez, L. and Barber, D., 2004, The cereal α-amylase/trypsin inhibitor family associated with baker's asthma and food allergy, in: E. N. Clare Mills and P. R. Shewry, Plant Food Allergens, Blackwell Publishing, USA, pp. 70-86.

Salinas, M. V. and Puppo, M. C., 2015, Optimization of the formulation of nutritional breads based on calcium carbonate and inulin, *LWT-Food Science and Technology*, 60 (1), 95-101.

Salmenkallio-Marttila, M., Katina, K. and Autio, K., 2001, Effects of bran fermentation on quality and microstructure of high-fiber wheat bread, *Cereal Chemistry*, 78 (4), 429-435.

Sangronis, E. and Machado, C. J., 2007, Influence of germination on the nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* and *Cajanus cajan*. *LWT-Food Science and Technology*, 40, 116-120.

Scheuer, P. M., Luccio, M. D., Zibetti, A. W., de Miranda, M. Z. and 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.

Schlemmer, U., Frølich, W., Prieto, R. M. and Grases, F., 2009, Phytate in foods and significance for humans: food sources, intake, processing, bioavailability, protective role and analysis, *Molecular Nutrition & Food Research*, 53 (S2), S330-S375.

Seguchi, M., Uozu, M., Oneda, H., Murayama, R. and Okusu, H., 2010, Effect of outer bran layers from germinated wheat grains on breadmaking properties, *Cereal Chemistry*, 87, 231-236.

Sekhon, K. S., Singh, N. and Nagi, H. S., 1992, Effect of pearling and blending on the bread-making properties of sprout-damaged wheat, *Cereal Foods World*, 37 (9), 715-724.

Seol, H. and Sim, K. H., 2017, Quality characteristics of noodles with added germinated black quinoa powder, *The Korean Journal of Food And Nutrition*, 30 (1), 19-30.

Serpen, A., Gökmen, V., Karagöz, A. and Köksel, H., 2008, Phytochemical quantification and total antioxidant capacities of emmer (*Triticum dicoccon* Schrank) and Einkorn (*Triticum monococcum* L.) wheat landraces, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56 (16), 7285-7292.

Setia, R., Dai, Z., Nickerson, M. T., Sopiwnyk, E., Malcolmson, L. and Ai, Y., 2019, Impacts of short-term germination on the chemical compositions, technological characteristics and nutritional quality of yellow pea and faba bean flours, *Food Research International*, 122, 263-272.

Setia, R., Dai, Z., Nickerson, M. T., Sopiwnyk, E., Malcolmson, L. and Ai, Y., 2020, Properties and bread-baking performance of wheat flour composited with germinated pulse flours, *Cereal Chemistry*, 97 (2), 459-471.

Sharma, S., Saxena, D. C. and Riar, C. S., 2015, Antioxidant activity, total phenolics, flavonoids and antinutritional characteristics of germinated foxtail millet (*Setaria italica*), *Cogent Food & Agriculture*, 1 (1), 1081728.

Sharma, S., Saxena, D. C. and Riar, C. S., 2017, Using combined optimization, GC-MS and analytical technique to analyze the germination effect on phenolics, dietary fibers, minerals and GABA contents of Kodo millet (*Paspalum scrobiculatum*), *Food Chemistry*, 233, 20-28.

Sharma, S., Singh, A. and Singh, B., 2019a, Characterization of in vitro antioxidant activity, bioactive components, and nutrient digestibility in pigeon pea (*Cajanus cajan*) as influenced by germination time and temperature, *Journal of Food Biochemistry*, 43 (2), e12706.

Sharma, S., Singh, A. and Singh, B., 2019b, Effect on germination time and temperature on techno-functional properties and protein solubility of pigeon pea (*Cajanus cajan*) flour, *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 11 (3), 305-312.

Shewry, P. R. and Hey, S., 2015, Do “ancient” wheat species differ from modern bread wheat in their contents of bioactive components?, *Journal of Cereal Science*, 65, 236-243.

Shewry, P. R., Pellny, T. K. and Lovegrove, A., 2016, Is modern wheat bad for health?, *Nature plants*, 2 (7), 1-3.

Shingare, S. P. and Thorat, B. N., 2013, Fluidized bed drying of sprouted wheat (*Triticum aestivum*), *International Journal of Food Engineering*, 10 (1), 29-37.

Shobana, S., Krishnaswamy, K., Sudha, V., Malleshi, N. G., Anjana, R. M., Palaniappan, L. and Mohan, V., 2013, Finger millet (Ragi, *Eleusine coracana* L.): A review of its nutritional properties, processing, and plausible health benefits, *Advances in Food and Nutrition Research*, 69, 1-39.

Sibian, M. S., Saxena, D. C. and Riar, C. S., 2017, Effect of germination on chemical, functional and nutritional characteristics of wheat, brown rice and triticale: a

comparative study, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97 (13), 4643-4651.

Singh, N., Chauhan, G. S. and Bains, G. S., 1989, Effect of soyflour supplementation on the quality of cooked noodles, *International Journal of Food Science & Technology*, 24 (1), 111-114.

Singh, H., Singh, N., Kaur, L. and Saxena, S. K., 2001, Effect of sprouting conditions on functional and dynamic rheological properties of wheat, *Journal of Food Engineering*, 47 (1), 23-29.

Singh, A. K., Rehal, J., Kaur, A. and Jyot, G., 2015, Enhancement of attributes of cereals by germination and fermentation: a review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55 (11), 1575-1589.

Singh, A., Bobade, H., Sharma, S., Singh, B. and Gupta, A., 2021, Enhancement of digestibility of nutrients (in vitro), antioxidant potential and functional attributes of wheat flour through grain germination, *Plant Foods for Human Nutrition*, 76 (1), 118-124.

Singleton V. L. and Rossi J. A., 1965, Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents, *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144-158.

Sissons, M. J., Egan, N. E. and Gianibelli, M. C., 2005, New insights into the role of gluten on durum pasta quality using reconstitution method, *Cereal Chemistry*, 82 (5), 601-608.

Skujins, S., 1998, Handbook for ICP-AES (Vartian-Vista). A Short Guide to Vista Series ICP-AES Operation, Variant Int. AG, Zug, Switzerland.

Slavin, J. L., Jacobs, D. and Marquart, L., 2000, Grain processing and nutrition, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 40 (4), 309-326.

Slavin, J., 2010, Whole grains and digestive health, *Cereal Chemistry*, 87 (4), 292-296.

Sofi, S. A., Singh, J., Mir, S. A. and Dar, B. N., 2020, In vitro starch digestibility, cooking quality, rheology and sensory properties of gluten-free pregelatinized rice noodle enriched with germinated chickpea flour, *LWT-Food Science and Technology*, 133, 110090.

Somma, S., Cenci, A., Simeone, R. and Blanco, A., 2004, I carotenoidi in una collezione di frumenti coltivati e selvatici, In: R. Cubadda and E. Marconi (Eds.), Atti del 5° Convegno AISTEC Cereali, Campobasso, University of Molise, Italy, pp. 95- 104.

Sosulski, F. W. and Cadden, A. M., 1982, Composition and physiological properties of several sources of dietary fiber, *Journal of Food Science*, 47 (5), 1472-1477.

Sozer, N., Dalgıc, A. C. and Kaya, A., 2007, Thermal, textural and cooking properties of spaghetti enriched with resistant starch, *Journal of Food Engineering*, 81 (2), 476-484.

Stallknecht, G. F., Gilbertson, K. M. and Ranney, J. E., 1996, Alternative wheat cereals as food grains: Einkorn, emmer, spelt, kamut, and triticale, *Progress in New Crops*, 156-170.

Steve, I. O., 2011, Influence of germination and fermentation on chemical composition, protein quality and physical properties of wheat flour (*Triticum aestivum*), *Journal of Cereals and Oilseeds*, 3 (3), 35-47.

Stringham, J. M., Bovier, E. R., Wong, J. C. and Hammond Jr, B. R., 2010, The influence of dietary lutein and zeaxanthin on visual performance, *Journal of Food Science*, 75 (1), 24-29.

Suchowilska, E., Wiwart, M., Borejszo, Z., Packa, D., Kandler, W. and Krska, R., 2009, Discriminant analysis of selected yield components and fatty acid composition of chosen *Triticum monococcum*, *Triticum dicoccum* and *Triticum spelta* accessions, *Journal of Cereal Science*, 49 (2), 310-315.

Suchowilska, E., Wiwart, M., Kandler, W. and Krska, R., 2012, A comparison of macro- and microelement concentrations in the whole grain of four Triticum species, *Plant, Soil and Environment*, 58 (3), 141-147.

Šuligoj, T., Gregorini, A., Colomba, M., Ellis, H. J. and Ciclitira, P. J., 2013, Evaluation of the safety of ancient strains of wheat in coeliac disease reveals heterogeneous small intestinal T cell responses suggestive of coeliac toxicity, *Clinical Nutrition*, 32 (6), 1043-1049.

Sullivan, B., Dahle, L. and Larson, E., 1961, The oxidation of wheat flour, I. Measurement of sulfhydryl groups*, Cereal Chemistry*, *38*, 272.

Suma, P. F. and Urooj, A., 2014, Influence of germination on bioaccessible iron and calcium in pearl millet (*Pennisetum typhoideum*), *Journal of Food Science and Technology*, 51 (5), 976-981.

Sun, Q., Gong, M., Li, Y. and Xiong, L., 2014, Effect of dry heat treatment on the physicochemical properties and structure of proso millet flour and starch, *Carbohydrate Polymers*, 110, 128-134.

Świeca, M. and Dziki, D., 2015, Improvement in sprouted wheat flour functionality: Effect of time, temperature and elicitation, *International Journal of Food Science & Technology*, 50 (9), 2135-2142.

Şahin, M., Akcaçık Göçmen, A., Aydoğan, S., Demir, B., Önmez, H. ve Taner, S., 2013, Ekmeklik buğday ununda ekmek hacmi ile bazı fizikokimyasal ve reolojik özellikler arasındaki ilişkilerin tespiti, *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 22 (1), 13-19.

Şenlik, A. S. ve Alkan, D., 2021, Çimlendirilmiş bazı tahıl ve baklagillerin kimyasal özellikleri ve çimlendirmeyle açığa çıkan biyoaktif bileşenlerin sağlık üzerine etkileri, *Akademik Gıda*, 19 (2), 198-207.

Takahashi, T., Miura, M., Ohisa, N., Mori, K. and Kobayashi, S., 2005, Heat treatments of milled rice and properties of the flours, *Cereal Chemistry*, 82 (2), 228-232.

Tan, X., Li, X., Chen, L., Xie, F., Li, L. and Huang, J., 2017, Effect of heat-moisture treatment on multi-scale structures and physicochemical properties of breadfruit starch, *Carbohydrate Polymers*, 161, 286-294.

Tanno, K. I. and Willcox, G., 2006, How fast was wild wheat domesticated?, *Science*, 311 (5769), 1886-1886.

Tarzi, B. G., Gharachorloo, M., Baharinia, M. and Mortazavi, S. A., 2012, The effect of germination on phenolic content and antioxidant activity of chickpea, *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 11 (4), 1137-1143.

Teixeira, C., Nyman, M., Andersson, R. and Alminger, M., 2016, Effects of variety and steeping conditions on some barley components associated with colonic health, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96 (14), 4821-4827.

Tekin, M., Cengiz, M. F., Abbasov, M., Aksoy, A., Canci, H. and Akar, T., 2018, Comparison of some mineral nutrients and vitamins in advanced hulled wheat lines, *Cereal Chemistry*, 95 (3), 436-444.

Tekin, M., Babacan, U., Batu, O., Akar, T. and Cengiz, M. F., 2021, The effects of genotypic variation in hulled wheat species and cooking methods on some quality parameters of bulgur, *Journal of Food Processing and Preservation*, e15979.

Terrell, E. E. and Peterson, P. M., 1993, Caryopsis morphology and classification in the Triticeae (Pooideae: Poaceae), *Smithsonian Contributions to Botany*, 83.

Tesfaye, K., 2000, Morphological and biochemical diversity of emmer wheat (Triticum dicoccum) in Ethiopia, Doctoral Thesis*, Addis Ababa University*, Ethiopia.

Thao, N. T. T. and Niwat, C., 2018, Effect of germinated colored rice on bioactive compounds and quality of fresh germinated colored rice noodle, *Applied Science and Engineering Progress*, 11 (1), 27-37.

Thilagavathi, T., Banumathi, P., Kanchana, S. and Ilamaran, M., 2015, Effect of heat moisture treatment on functional and phytochemical properties of native and modified millet flours, *Plant Archives*, 15 (1), 15-20.

Thompson, L. U. and Serraino, M. R., 1985, Effect of germination on phytic acid, protein and fat content of rapeseed, *Journal of Food Science*, 50 (4), 1200-1200.

Tian, B., Xie, B., Shi, J., Wu, J., Cai, Y., Xu, T., Xue, S. and Deng, Q., 2010, Physicochemical changes of oat seeds during germination, *Food Chemistry*, 119 (3), 1195-1200.

Tian, S., Nakamura, K. and Kayahara, H., 2004, Analysis of phenolic compounds in white rice, brown rice, and germinated brown rice, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52 (15), 4808-4813.

TMO, 2016, 2016 Yılı Hububat Raporu, http://www.tmo.gov.tr [Erişim tarihi: 01.08.2017].

Tok, H., 2017, Bazı tahıl ve baklagil çimlerinin ekmek ve bisküvi üretiminde kullanım olanakları, Yüksek Lisans Tezi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.

Torbica, A., Belović, M., Popović, L. and Čakarević, J., 2021, Heat and hydrothermal treatments of non-wheat flours, *Food Chemistry*, 334, 127523.

Torres, A., Frias, J., Granito, M. and Vidal-Valverde, C., 2007, Germinated Cajanus cajan seeds as ingredients in pasta products: Chemical, biological and sensory evaluation, *Food Chemistry*, 101 (1), 202-211.

Toyokawa, H., Rubenthaler, G. L., Powers, J. R. and Schanus, E. G., 1989, Japanese noodle qualities. I. Flour components, *Cereal Chem*istry, 66 (5), 382-386.

Treadwell, D. D., Hochmuth, R., Landrum, L. and Laughlin, W., 2010, Microgreens: A New Specialty Crop: HS1164, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Florida.

TUİK, 2016, Türkiye İstatistik Kurumu, http://www.tuik.gov.tr [Erişim tarihi: 01.08.2021].

Turhan, Ş. and Kurnaz, A., 2021, Analysis of macro-and microminerals content in the Einkorn (*Triticum monococcum* L.) samples cultivated in Kastamonu, Turkey, *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9 (8), 1436-1442.

Umelo, M. C., Nsofor, A. E., Akajiaku, L. O., Odimegwu, E. N., Uzoukwu, A. E., Agunwah, I. M., Eluchie, C. N., Alagbaoso, S. O. and Njoku, N. E., 2014, Effect of different dough improvers on the proximate composition, minerals, vitamins and sensory properties of wheat bread, *International Journal of Scientific Research and Innovative Technology*, 1 (3), 112-126.

Uwaegbute, A. C., Iroegbu, C. U. and Eke, O., 2000, Chemical and sensory evaluation of germinated cowpeas (*Vigna unguiculata*) and their products, *Food Chemistry*, 68 (2), 141-146.

Ünal H. G., 2009, Some physical and nutritional properties of hulled wheat, *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 15 (1), 58-64.

Ünal S. S., 1991, Hububat Teknolojisi Kitabı, *Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları*, İzmir.

Ünal S. S., 2003. Buğday un ve kalitesinin belirlenmesinde uygulanan yöntemler, nevşehir ekonomisinin sorunları ve çözüm önerileri: un sanayi örneği, *Nevşehir Ekonomisi Sempozyumu*, Nevşehir, pp. 15-29.

Vallega, A., 1996, The coastal use structure within the coastal system. A sustainable development-consistent approach, *Journal of Marine Systems*, 7 (1), 95-115.

Van Hung, P., Hatcher, D. W. and Barker, W., 2011, Phenolic acid composition of sprouted wheats by ultra-performance liquid chromatography (UPLC) and their antioxidant activities, *Food Chemistry*, 126 (4), 1896-1901.

Van Hung, P., Maeda, T. and Morita, N., 2007, Dough and bread qualities of flours with whole waxy wheat flour substitution, *Food Research International*, 40 (2), 273-279.

Van Hung, P., Maeda, T. and Morita, N., 2015, Improvement of nutritional composition and antioxidant capacity of high-amylose wheat during germination, *Journal of Food Science and Technology*, 52 (10), 6756-6762.

Vanga, R. R. and Kelly, C. P., 2014, Novel therapeutic approaches for celiac disease, *Discovery Medicine*, 17 (95), 285-293.

Vatsala, C. N. and Haridas Rao, P., 1990, Physico-chemical and rheological characteristics of Indian T. dicoccum wheat in comparison with *T. aestivum* and *T. durum* wheats, *Indian Miller*, 11 (2), 3-8.

Vavilov, N. I., 1987, Theoretical basis of breeding, (Collected works).

Vignola, M. B., Bustos, M. C. and Pérez, G. T., 2018, Comparison of quality attributes of refined and whole wheat extruded pasta, *LWT-Food Science and Technology*, 89, 329-335.

Vignola, M. B., Bustos, M. C. and Pérez, G. T., 2018, In vitro dialyzability of essential minerals from white and whole grain pasta, *Food Chemistry*, 265, 128-134.

Vincentini, O., Borrelli, O., Silano, M., Gazza, L., Pogna, N., Luchetti, R. and De Vincenzi, M., 2009, T-cell response to different cultivars of farro wheat, *Triticum turgidum* ssp. dicoccum, in celiac disease patients, *Clinical Nutrition*, 28 (3), 272-277.

Vincentini, O., Maialetti, F., Gazza, L., Silano, M., Dessi, M., De Vincenzi, M. and Pogna, N. E., 2007, Environmental factors of celiac disease: cytotoxicity of hulled wheat species *Triticum monococcum*, *T. turgidum* ssp. dicoccum and *T. aestivum* ssp. spelta, *Journal of Gastroenterology and Hepatology*, 22 (11), 1816-1822.

Vrancheva, R., Popova, A., Mihaylova, D. and Krastanov, A., 2020, Phytochemical analysis, in vitro antioxidant activity and germination capability of selected grains and seeds, *Jordan Journal of Biological Sciences*, 13 (3), 337-342.

Walker, A. F. and Kochhar, N., 1982, Effect of processing including domestic cooking on nutritional quality of legumes, *Proceedings of the Nutrition Society*, 41 (1), 41-51.

Wang, C. and Kovacs, M. I. P., 2002, Swelling index of glutenin test. I. Method and comparison with sedimentation, gel-protein, and insoluble glutenin tests, *Cereal Chemistry*, 79 (2), 183-189.

Wang, H., Zhang, B., Chen, L. and Li, X., 2016, Understanding the structure and digestibility of heat-moisture treated starch, *International Journal of Biological Macromolecules*, 88, 1-8.

Wang, N., Warkentin, T. D., Vandenberg, B. and Bing, D. J., 2014, Physicochemical properties of starches from various pea and lentil varieties, and characteristics of their noodles prepared by high temperature extrusion, *Food Research International*, 55, 119-127.

Wang, S., Wang, S., Guo, P., Liu, L. and Wang, S., 2017, Multiscale structural changes of wheat and yam starches during cooking and their effect on in vitro enzymatic digestibility, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65 (1), 156-166.

Wang, Y., He, W., Li, D., Bao, Y., Liu, C., Song, J. and Xiao, Y., 2019, Response surface optimization of culture conditions for improving lutein content in NaCl-stressed germinated corn kernels, *Journal of Food Processing and Preservation*, 43 (10), e14130.

Warle, B., Riar, C., Gaikwad, S. and Mane, V., 2015, Effect of germination on nutritional quality of soybean (*Glycine Max*), *Red*, 9 (4), 12-15.

Watanabe, M., Maeda, T., Tsukahara, K., Kayahara, H. and Morita, N., 2004, Application of pregerminated brown rice for breadmaking, *Cereal Chemistry*, 81 (4), 450-455.

Watanabe, N., 2017, Breeding opportunities for early, free-threshing and semi-dwarf *Triticum monococcum* L., *Euphytica*, 213 (8), 1-11.

Wieser, H., 2000, Comparative investigations of gluten proteins from different wheat species I. Qualitative and quantitative composition of gluten protein types, *European Food Research and Technology*, 211 (4), 262-268.

Wieser, H., Mueller, K. J. and Koehler, P., 2009, Studies on the protein composition and baking quality of einkorn lines, *European Food Research and Technology*, 229 (3), 523-532.

Wójtowicz, A., Oniszczuk, A., Kasprzak, K., Olech, M., Mitrus, M. and Oniszczuk, T., 2020, Chemical composition and selected quality characteristics of new types of precooked wheat and spelt pasta products, *Food Chemistry*, 309, 125673.

Wolf, J., 1993, Effects of climate change on wheat production potential in the European Community, *European Journal of Agronomy*, 2 (4), 281-292.

Xu, L., Chen, L., Ali, B., Yang, N. A., Chen, Y., Wu, F., Jin, Z. and Xu, X., 2017, Impact of germination on nutritional and physicochemical properties of adlay seed (*Coixlachryma-jobi* L.), *Food Chemistry*, 229, 312-318.

Yang, T. K., Basu, B. and Ooraikul, F., 2001, Studies on germination conditions and antioxidant contents of wheat grain, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 52 (4), 319-330.

Yaqoob, S., Baba, W. N., Masoodi, F. A., Shafi, M. and Bazaz, R., 2018, Effect of sprouting on cake quality from wheat-barley flour blends, *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12 (2), 1253-1265.

Yaver, E. and Bilgiçli, N., 2020, Effect of transglutaminase on quality attributes of noodle enriched with germinated mung bean flour, *Journal of Food*, 45 (6), 1097-1108.

Yetim, H., Öztürk, I., Törnük, F., Sağdıç, O. and Hayta, M., 2010, Functional properties of edible plant and seed sprouts, *Journal of Food*, 35 (3), 205-210.

Yılmaz, V. A., 2012, Siyez (*Triticum monoccum*, L.) ve durum (*Triticum durum*) buğdaylarının kalite, biyoaktif bileşenler ve antioksidan aktivitedeki değişmeler, Yüksek Lisans Tezi, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Ensititüsü*, Samsun.

Yılmaz, V. A., 2019, Effects of different cooking and drying methods on phenolic acids, carotenoids, and antioxidant activity of emmer (*Triticum turgidum* ssp. dicoccum) bulgur, *Cereal Chemistry*, 96 (6), 1093-1102.

Yılmaz, V. A., 2020, Effects of several production methods on technological, textural and sensorial properties of emmer (*Triticum turgidum* ssp. dicoccum) bulgur, *Journal of Food Science and Technology*, 57 (10), 3874-3883.

Yılmaz, V. A. and Koca, A. F., 2017, Effect of different production techniques on bioactive compounds and antioxidant capacity of Einkorn (*Triticum monococcum* L.) and durum (*Triticum turgidum* subsp. durum) bulgur, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97 (1), 269-277.

Yiğit, A., 2015, Determination of protein, aminoacid distribution and antioxidant activity of widely grown bread wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties in Turkey, Doctoral Thesis, The Graduate School of Natural and Applied Sciences of Adnan Menderes University, Aydın.

Yu, L. and Nanguet, A. L., 2013, Comparison of antioxidant properties of refined and whole wheat flour and bread, *Antioxidants*, 2 (4), 370-383.

Zaddem, M., 2014, Application de la méthode des surfaces de réponse pour l'optimisation du blanchiment du son de blé par du peroxyde d'hydrogène et son incorporation dans une farine de pain, Doctoral Thesis, Université Laval, Canada.

Zaharieva, M. and Monneveux, P., 2014, Cultivated einkorn wheat (*Triticum monococcum* L. subsp. monococcum): the long life of a founder crop of agriculture, *Genetic Resources and Crop Evolution*, 61 (3), 677-706.

Zaharieva, M., Ayana, N. G., Al Hakimi, A., Misra, S. C. and Monneveux, P., 2010, Cultivated emmer wheat (*Triticum dicoccon* Schrank), an old crop with promising future: a review, *Genetic Resources and Crop Evolution*, 57 (6), 937-962.

Zamora, A. F. and Fields, M. L., 1979, Nutritive quality of fermented cowpeas (Vigna sinensis) and chickpeas (*Cicer arietinum*), *Journal of Food Science*, 44 (1), 234-236.

Zanini, B., Caselani, F., Magni, A., Turini, D., Ferraresi, A., Lanzarotto, F., Villanacci, V., Carabellese, N., Ricci, C. and Lanzini, A., 2013, Celiac disease with mild enteropathy is not mild disease, *Clinical Gastroenterology and Hepatology*, 11 (3), 253-258.

Zengin, G., 2015, Bazı ilkel buğdaylarda kalite parametrelerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma, Yüksek Lisans Tezi*, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* Konya.

Zhou, K., Laux, J. J. and Yu, L., 2004, Comparison of Swiss red wheat grain and fractions for their antioxidant properties, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52 (5), 1118-1123.

Zhu, L., Adedeji, A. A. and Alavi, S., 2017, Effect of germination and extrusion on physicochemical properties and nutritional qualities of extrudates and tortilla from wheat, *Journal of Food Science*, 82 (8), 1867-1875.

Zhukovsky, P. M., 1964, Kulturnye rasteniya i ikh sorodichi (Cultivated plants and their relatives), Kolos, Leningrad.

Ziegler, J. U., Wahl, S., Würschum, T., Longin, C. F. H., Carle, R. and Schweiggert, R. M., 2015, Lutein and lutein esters in whole grain flours made from 75 genotypes of 5 Triticum species grown at multiple sites, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63 (20), 5061-5071.

Zieliński, H. and Kozłowska, H., 2000, Antioxidant activity and total phenolics in selected cereal grains and their different morphological fractions, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48 (6), 2008-2016.

Zieliński, H., Frias, J., Piskuła, M. K., Kozłowska, H. and Vidal-Valverde, C., 2006, The effect of germination process on the superoxide dismutase-like activity and thiamine, riboflavin and mineral contents of rapeseeds, *Food Chemistry*, 99 (3), 516-520.

Zieliński, H., Frias, J., Piskuła, M. K., Kozłowska, H. and Vidal-Valverde, C., 2005, Vitamin B1 and B2, dietary fiber and minerals content of Cruciferae sprouts, *European Food Research and Technology*, 221 (1), 78-83.

Žilić, S., Basić, Z., Hadži-Tašković Šukalović, V., Maksimović, V., Janković, M. and Filipović, M., 2014, Can the sprouting process applied to wheat improve the contents of vitamins and phenolic compounds and antioxidant capacity of the flour?, *International Journal of Food Science & Technology*, 49 (4), 1040-1047.

Zobel, H. and Kulp, K., 1996, The staling mechanism, in: R. E. Hebeda and H. F. Zobel (Eds.), Baked goods freshness: Technology, evaluation, and inhibition of staling, New York, USA, pp. 1-64.

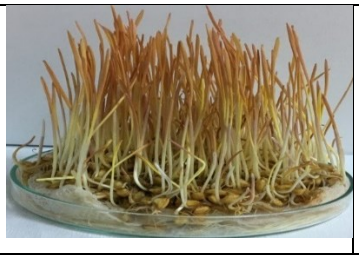
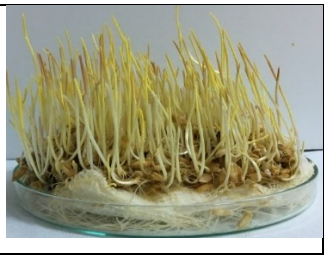
Zohary, D. and Hopf, M., 2000, Domestication of plants in the old world: The origin and spread of cultivated plants in West Asia, Europe and the Nile Valley, Oxford University Press, New York, USA.

EKLER

EK-1 1-7 Gün süreyle çimlendirilmiş Esperia, einkorn ve emmer buğday örnekleri

	Esperia	Einkorn	Emmer
1. Gün			
2. Gün			
3. Gün			
4. Gün			
5. Gün			
6. Gün			

EK-1 Devam

7. Gün			

EK-2 İşlem görmemiş, çimlenmiş ve ÇSNIU Esperia, einkorn ve emmer buğday unu kullanılarak üretilen erişte örnekleri

	%0	%15	%30	%45	%60
Esperia					
Einkorn					
Emmer					

İşlem görmemiş Esperia, einkorn ve emmer buğdayların tam unları ile hazırlanmış erişte örnekleri

	%0	%15	%30	%45	%60
Esperia					
Einkorn					
Emmer					

Çimlenmiş Esperia, einkorn ve emmer buğdayların tam unları ile hazırlanmış erişte örnekleri

EK-2 Devam

	%0	%15	%30	%45	%60
Esperia					
Einkorn					
Emmer					

ÇSNIU Esperia, einkorn ve emmer tam unları ile hazırlanmış erişte örnekleri

EK-3 İşlem görmemiş ve çimlenmiş Esperia buğday unu kullanılarak üretilen ekmek örnekleri

a-1



b-1



a-2



b-2



Esperia buğdayının işlem görmemiş unları (a-1 ve a-2) ve çimlendirilmiş unları (b-1 ve b-2) ile hazırlanmış ekmek örnekleri

EK-3 Devam

a-1



b-1



a-2



b-2



Einkorn buğdayının işlem görmemiş unları (a-1 ve a-2) ve çimlendirilmiş unları (b-1 ve b-2) ile hazırlanmış ekmek örnekleri

EK-3 Devam

a-1



b-1



a-2



b-2



Emmer buğdayının işlem görmemiş unları (a-1 ve a-2) ve çimlendirilmiş unları (b-1 ve b-2) ile hazırlanmış ekmek örnekleri