

**BAZI EKMEKLİK BUĞDAY ÇEŞİTLERİNİN
FONKSİYONEL VE TAM BUĞDAY EKMEĞİ
ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI, KALİTE VE
FONKSİYONEL ÖZELLİKLER BAKIMINDAN
İYİLEŞTİRİLME OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI**

**COMPARISON OF BREAD WHEAT CULTIVARS IN
TERMS OF FUNCTIONAL AND WHOLE WHEAT BREAD
PROPERTIES AND AN INVESTIGATION ON THE
POTENTIAL IMPROVEMENT OF QUALITY AND
FUNCTIONAL PROPERTIES**

BUKET ÇETİNER

PROF. DR HAMİT KÖKSEL

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı için Öngördüğü

DOKTORA TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2020

Hayatımın neşe ve sevgi kaynağı,
canım oğlum Mert'e ve canım kızım Asya Deniz'e
ithafen...

ÖZET

BAZI EKMEKLİK BUĞDAY ÇEŞİTLERİNİN FONKSİYONEL VE TAM BUĞDAY EKMEĞİ ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI, KALİTE VE FONKSİYONEL ÖZELLİKLER BAKIMINDAN İYİLEŞTİRİLME OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

Buket ÇETİNER

Doktora, Gıda Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hamit KÖKSEL

Ağustos 2020, 161 sayfa

Bu çalışmada, Türkiye'de yaygın olarak yetiştirilen altı ekmeklik buğday çeşidi (yeni çeşitler), 1970 yılı ve öncesinde tescil edilen dokuz farklı ekmeklik buğday çeşidi (eski çeşitler) ve Anadolu'da geçmişten günümüze yetiştirilen üç farklı yerel buğday (landraces) kullanılmıştır. Yeni çeşitlerin geliştirilmesi ve yaygınlaşması, yerel çeşitlerin üretiminde önemli ölçüde azalmaya neden olmuştur. Bu tezin temel amacı, yeni ve eski ekmeklik buğday çeşitleri ve yerel buğdayların kalite, fonksiyonel ve beslenme özelliklerini belirlemek ve karşılaştırmaktır. Buğdayların, fiziksel özellikleri (hektolitre ağırlığı, bin tane ağırlığı ve SKCS sertlik indeksi), Zeleny sedimentasyon değeri, protein, suda çözünen / toplam arabinoksilan, çözünür ve toplam besinsel lif, fitik asit, mineral madde ve fenolik madde içerikleri, safra asidi bağlama kapasiteleri belirlenmiştir. İkinci amaç, yeni ve eski ekmeklik buğday genotipleri kullanılarak üretilen tam buğday ekmeklerinin (TBE) kalite, fonksiyonel ve beslenme özelliklerini belirlemek ve

karşılaştırmaktır. Üçüncü amaç, enzimin (ksilanaz) TBE'nin kalite ve fonksiyonel özellikleri üzerindeki etkisini incelemektir. Dördüncü amaç, yeni ve eski ekmeklik buğday çeşitleri kullanılarak üretilen TBE'lerin *in vitro* tahmini glisemik indeks değerlerini belirlenmek ve karşılaştırmaktır.

Sonuçlar, eski ve yeni buğdaylar arasında fiziksel özellikler açısından büyük bir fark olmadığını göstermiştir. Bununla birlikte, eski çeşitlerin endospermeleri yeni çeşitlerinkinden daha yumuşaktır. Yerel çeşitlerin, tüm örnekler arasında en yüksek ortalama protein içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Yeni çeşitlerin ortalama sedimentasyon, modifiye sedimentasyon, Farinograf gelişme süresi, stabilite ve kalite sayısı değerlerinin eski çeşitlerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Yeni çeşitlerin en yüksek ortalama toplam besinsel lif ve toplam arabinoksilan içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Yerel çeşitlerin en yüksek ortalama çözünen besinsel lif, fenolik madde, fitik asit, Ca, K, Mg, Mn, P ve Zn içeriğine sahip olduğu, ancak tüm genotipler arasında en düşük safra asidi bağlama kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir.

Yeni çeşitlerden üretilen TBE'lerin, eski çeşitlerden üretilen TBE'lere kıyasla daha yüksek ortalama hacim ve daha düşük sertlik değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Eski buğday çeşitlerinin TBE'lerinin, yeni buğday çeşitlerine kıyasla daha yüksek ortalama çözünen besinsel lifi içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Enzim eklenen TBE'lerin (TBE-E), kontrol TBE'lere kıyasla daha yüksek hacim ve daha düşük sertlik değerlerine (1. gün) sahip olduğu belirlenmiştir. TBE-E'lerin, kontrol TBE'lere kıyasla daha yüksek WEAX (water extractable arabinoxylan; suda çözünen arabinoksilan) içeriğine sahip olduğu ortaya konulmuştur.

Yeni buğday çeşitlerinden üretilen TBE'lerin, eski buğday çeşitlerine kıyasla en yüksek ortalama Ca, Cu ve Zn içeriğine ve en düşük P içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Yeni buğday çeşitlerinden üretilen TBE'lerin, eski buğday çeşitlerine kıyasla en yüksek ortalama Cu ve S biyoyararlanımına ve en düşük ortalama Ca, Fe ve Mn biyoyararlanımına sahip olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Yeni çeşitler ve eski çeşitlere ait

TBE'lerin ortalama tahmini (*in vitro*) glisemik indeks (GI) değerleri karşılaştırıldığında, aralarındaki farklar önemli bulunmamıştır.

Bu çalışmada incelenen özellikler yönünden elde edilen sonuçlar, bazı kalite/fonksiyonel/besinsel özellikler bakımından yeni buğdayların, diğer kalite/fonksiyonel/besinsel özellikler bakımından da eski çeşitler veya yerel buğdayların öne çıktığını göstermektedir. Islah programlarında arabinoksilan içeriği özellikle WEAX içeriği, mineral madde ve fenolik madde içeriği, mineral biyoyararlanımı, safra asidi bağlama kapasitesi daha yüksek, fitik asit içeriği daha düşük olan buğday hatlarını seçecek şekilde düzenlemeler yapılmalıdır. Bu çalışmanın sonuçları, eski çeşitlerin ve yerel buğdayların öne çıkan özellikleri bakımından iyi bir gen kaynağı olabileceğini ve yeni çeşitler geliştirmek için buğday yetiştirme programlarında kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Buğday, Yerel buğdaylar, Tam buğday ekmeği, Fonksiyonel özellikler, Besinsel özellikler, Ksilinaz

ABSTRACT

COMPARISON OF BREAD WHEAT CULTIVARS IN TERMS OF FUNCTIONAL AND WHOLE WHEAT BREAD PROPERTIES AND AN INVESTIGATION ON THE POTENTIAL IMPROVEMENT OF QUALITY AND FUNCTIONAL PROPERTIES

Buket ÇETİNER

Doctor of Philosophy, Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Hamit KÖKSEL

August 2020, 161 pages

Six bread wheat varieties (modern cultivars) widely grown in Turkey, nine different bread wheat varieties registered in former years prior to 1970 (old cultivars) and three different local wheats grown in Anatolia in the past (landraces) were used in the present study. The production of the landraces significantly decreased after the introduction of modern varieties. The main aim of this thesis was to determine and compare the quality characteristics, functional properties and nutritional properties of the modern and old bread wheat varieties and landraces. Physical properties (hectoliter weight, thousand kernel weight and SKCS hardness index), Zeleny sedimentation value, protein, water extractable/total arabinoxylan, soluble and total dietary fiber, phytic acid, phenolic and mineral contents, bile acid binding capacities of wheats were determined. The second aim was to determine and compare the quality, functional and nutritional properties of whole

wheat breads (WWB) produced using modern and old bread wheat genotypes. The third aim was to investigate the effect of enzyme (xylanase) on quality and functional properties of WWB. The fourth aim was to determine and compare the glycemic index (GI) of WWB produced using modern and old bread wheat varieties.

The results indicated that there were no extreme differences between the old and new wheats in terms of physical properties. However, endosperms of the old cultivars were softer than those of the modern cultivars. Landraces had the highest average protein content among all samples. Average sedimentation and modified sedimentation values, Farinograph development time, stability, quality number of modern wheats were higher than those of the old cultivars.

Modern wheats had the highest average total dietary fiber and total arabinoxylan content. Landraces had the highest average soluble dietary fiber, phenolic content and phytic acid contents, Ca, K, Mg, Mn, P and Zn levels but the lowest bile acid binding capacity among all genotypes.

WWB of modern varieties had higher average volume and lower firmness values as compared to those of WWB produced from old varieties. WWB of old wheat varieties had higher average soluble dietary fiber content as compared to that of modern wheat varieties. Enzyme added WWBs (WWB-E) had higher volume and lower firmness values (1.day) compared to control WWBs. WWB-Es had higher WEAX content as compared to those of control WWBs.

WWBs produced from modern wheat varieties had the highest average Ca, Cu and Zn contents and the lowest P content as compared to old wheat varieties ($p < 0.05$). WWBs produced from modern wheat varieties had the highest average bioavailability of Cu and S and the lowest bioavailability of Ca, Fe and Mn as compared to those of old wheat varieties ($p < 0.05$). The differences between average estimated (*in vitro*) glycemic index values of the WWBs produced from modern and old varieties were not significant.

The results in the present study indicated that while modern varieties had better results in some of the quality/functional/nutritional parameters investigated, old varieties or landraces had better results in others. Breeding programs should be adopted to select wheat lines with higher AX, especially higher in WEAX, mineral and phenolic contents, mineral bioavailability and bile acid binding capacity, lower phytic acid content. The results of the present study indicated that the old cultivars and landraces can be a good genetic resource for the characteristics which they had better results and they might be used in wheat breeding programs to develop new cultivars.

Keywords: Wheat, Landraces, Whole wheat bread, Functional properties, Nutritional properties, Xylanase

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında bilgi, ilgi ve desteğini esirgemeyen, değerli görüş ve katkılarıyla beni yönlendiren, geliştiren değerli tez danışmanım, sevgili hocam Prof.Dr. Hamit Köksel'e,

Tez izleme komitelerimde ve tez savunma jürimde yer alan Prof.Dr. Berrin Özkaya ve Prof.Dr. Arzu Başman'a,

Tez savunma jürimde yer alan Prof.Dr. Gülüm Şumnu ve Prof.Dr. Dilek Sivri Özey'a,

Çalışmalarım sırasında her konuda destek olan Dr.Öğr.Üyesi Kevser Kahraman'a,

Yurt dışı eğitimleri kapsamında Budapest University of Technology and Economics (BUTE)'de bulunmama imkân sağlayan Tarım ve Orman Bakanlığı'na,

BUTE Hububat Bilimleri Araştırma Grubu'nda çalışma yapmama ve laboratuvar olanaklarını kullanmama imkan sağlayan Dr. Sandor Tömösközi ve tüm ekibine,

Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü yöneticisi Dr. Ayten Salantur'a, her konuda yardımcı ve destek olan arkadaşlarım Aliye Pehlivan, Dr. Asuman Kaplan Evlice, Dr. Oğuz Acar ve Seda Külen'e, Gıda Teknolojisi Bölüm Başkanı Dr. Safure Güler'e ve birlikte çalıştığım Turgay Şanal, Kazım Karaca, Dr. Tülin Özderen, Ferda Ünsal Canay, Arzu Özer, Pervin Arı Akın, Dr. Şule Keskin ve tüm mesai arkadaşlarıma, Islah ve Genetik Bölümü Başkanı Bayram Özdemir ve ekibine,

Çalışmamı TAGEM/HSGYAD/A/19/A3/P1/1183 numaralı proje kapsamında destekleyen TAGEM Hayvan Sağlığı ve Gıda-Yem Araştırmaları Dairesi Başkanlığı'na,

Her zaman desteklerini gördüğüm Hacettepe Üniversitesi'nden arkadaşlarım Aslıhan Ünüvar, Dr. Eda Aktaş Ayyıldız ve Dr. Merve Arıbaş'a,

Tez sürecinde sabır ve hoşgörü ile sevgisini ve desteğini her zaman hissettiğim sevgili eşim Ahmet Çetiner'e, kıymetlilerim oğlum Mert Çetiner ve kızım Asya Deniz Çetiner'e,

Bütün hayatım boyunca sevgi ve desteklerini her zaman hissettiğim sevgili annem Ayfer Saylık ve babam Reşit Saylık'a, hoşgörü ve desteklerini benden esirgemeyen annem Fadimana Çetiner ve babam Mehmet Çetiner'e,

Manevi destekleri için Güneş Saylık, Melda Kırıcı ve Spotify desteği için Zafer Kırıcı'ya,

teşekkürlerimi sunarım.

Buket Çetiner

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	5
2.1. Buğdayların Sınıflandırılması	5
2.2. Buğday Tanesinin Yapısı	6
2.3. Yerel Buğdaylar.....	11
2.4. Tam Buğday ve Sağlık Bileşenleri	14
2.5. Ekmek.....	16
2.6. Glisemik İndeks.....	17
2.7. Ekmeğin Bayatlaması.....	18
2.8. Buğdayın Besinsel ve Fonksiyonel Özellikleri	22
2.8.1. Besinsel Lifler	22
2.8.2. Arabinoksilanlar.....	24
2.8.3. Safra Asitleri, Metabolizması ve Sağlık Üzerine Etkileri.....	27
2.8.4. Fitik Asit	30
2.8.5. Fenolik maddeler	31
2.8.6. Mineral Madde.....	33
2.8.7. Mineral Madde Biyoyararlanımı.....	34
3. MATERYAL VE METOT.....	38
3.1. Materyal.....	38
3.1.1. Buğday Örnekleri.....	38

3.1.2. Enzim.....	40
3.2. Metot.....	40
3.2.1. Numune Temizliği.....	40
3.2.2. Bin Tane Ağırlığı.....	40
3.2.3. Hektolitreye Ağırlığı.....	41
3.2.4. Tek Tane Karakterizasyon Sistemi (SKCS).....	41
3.2.5. Öğütme.....	42
3.2.5.1. Kıırma Elde Edilmesi.....	42
3.2.5.2. Tam Buğday Unu Elde Edilmesi.....	42
3.2.6. Rutubet Tayini.....	43
3.2.7. Protein Tayini.....	43
3.2.8. Zeleny Sedimentasyon Değerinin Belirlenmesi.....	43
3.2.9. Modifiye Zeleny Sedimentasyon Değerinin Belirlenmesi.....	43
3.2.10. Farinograf Özelliklerinin Belirlenmesi.....	43
3.2.11. Tam Buğday Ekmeği Yapımı.....	44
3.2.11.1. Mikro (10 g) Boyutta Tam Buğday Ekmeği Üretimi.....	44
3.2.11.2. Makro (100 g) Tam Buğday Ekmek Üretimi.....	44
3.2.12. Ekmek Kalite Değerlendirmeleri.....	45
3.2.12.1. Ekmek Hacmi.....	45
3.2.12.2. Renk Analizi.....	45
3.2.12.3. Ekmek Kalite Değerlendirmesi.....	45
3.2.12.4. Tekstür Analizi.....	46
3.2.13. Ekmek Bayatlama Özellikleri.....	46
3.2.14. Örnek Hazırlama.....	47
3.2.15. Toplam Arabinoxylan (TOTAX) ve Suda Çözünen Arabinoxylan (WEAX) Analizleri.....	47
3.2.16. Toplam, Çözünen ve Çözünmeyen Besinsel Lif Analizi.....	49
3.2.17. Fitik Asit Analizi.....	49
3.2.18. Mineral Madde Analizi.....	51
3.2.19. Mineral Maddelerin <i>in vitro</i> Biyoyararlanımı Analizi.....	51
3.2.20. Safra Asidi Bağlama Kapasitesi Analizi.....	51
3.2.21. Toplam Fenolik Madde Miktarı Analizi.....	54
3.2.22. <i>In vitro</i> Tahmini Glisemik İndeks Tayini.....	54

3.2.23.İstatistik Analizi.....	55
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	56
4.1. Buğday Örneklerinin Fiziksel Analiz Sonuçları.....	56
4.1.1. Bin Tane Ağırlığı.....	56
4.1.2. Hektolitre Ağırlığı.....	58
4.1.3. SKCS Sonuçları.....	59
4.2. Buğday Örneklerinin Kimyasal ve Reolojik Özellikleri.....	64
4.2.1. Protein Oranı.....	64
4.2.2. Zeleny Sedimentasyon Değerleri.....	66
4.2.3. Farinograf Analiz Sonuçları.....	68
4.3. Buğday Örneklerine Ait Besinsel ve Fonksiyonel Analiz Sonuçları.....	71
4.3.1. Buğday Örneklerinin Suda Çözünen Arabinoksilan ve Toplam Arabinoksilan Sonuçları.....	71
4.3.2. Buğday Örneklerinin Fitik Asit Sonuçları.....	75
4.3.3. Buğday Örneklerinin Safra Asidi Bağlama Kapasitesi Sonuçları.....	77
4.3.4. Buğday Örneklerinin Besinsel Lif Sonuçları.....	81
4.3.5. Buğday Örneklerinin Mineral Madde Sonuçları.....	83
4.3.6. Buğday Örneklerinin Fenolik Madde Sonuçları.....	88
4.4. Tam Buğday Ekmeklerinde Kalite Özellikleri.....	91
4.4.1. Tam Buğday Ekmek Hacmi.....	92
4.4.2. Ekmek Renk Sonuçları.....	94
4.4.2.1. Tam Buğday Ekmek İçi Renk Sonuçları.....	94
4.4.2.2. Tam Buğday Ekmek Kabuk Renk Sonuçları.....	97
4.4.3. Tam Buğday Ekmek Kalite Değerlendirmesi Sonuçları.....	100
4.4.4. Tam Buğday Ekmeklerinin Bayatlama Özellikleri.....	104
4.5. Tam Buğday Ekmek Örneklerinin <i>in vitro</i> Tahmini Glisemik İndeks Değerleri	107
4.6. Tam Buğday Ekmek Örneklerine Ait Besinsel ve Fonksiyonel Analiz Sonuçları	110
4.6.1. Tam Buğday Ekmeklerinin TOTAX, WEAX ve WUAX İçerikleri.....	110
4.6.1.1. Buğdaydan Tam Buğday Ekmeğine Kadar Üretim Aşamalarında TOTAX ve WEAX İçeriklerinde Oluşan Değişimler.....	112
4.6.1.2. Temel Bileşenler Analizi (Principal Component Analysis).....	114

4.6.1.3.AX Bileşimi ve Buğdayların Fiziksel Özellikleri Arasındaki Korelasyonlar	116
4.6.2. Tam Buğday Ekmeklerinin Toplam, Çözünür ve Çözünmez Besinsel Lif İçerikleri	118
4.6.3. Tam Buğday Ekmeklerinin Mineral Madde İçerikleri	120
4.6.4. Tam Buğday Ekmeklerinin <i>in vitro</i> Mineral Madde Biyoyararlanım Oranları	123
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	128
KAYNAKLAR	132
EKLER.....	146
EK 1 - Tezden Türetilmiş Yayınlar	146
EK 2 - Tezden Türetilmiş Bildiriler.....	156
EK 3 - Tez Çalışması Orjinallik Raporu.....	157
ÖZGEÇMİŞ	158

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.	Buğday tanesinin boylamasına (solda) ve enlemesine (sağda) yapısı	7
Şekil 2.2.	Buğday tanesinin kısımları.	8
Şekil 2.3.	Bereketli hilal.	11
Şekil 2.4.	Yüksek ve düşük glisemik indeks eğrileri.	18
Şekil 2.5.	Ekmek içi bayatlama sürecinde hamur, taze ekmek ve bayat ekmek aşamalarında moleküler yapıları gösteren model.	19
Şekil 2.6.	Ekmek içi bayatlaması üzerinde, nişasta şişmesi ile nişasta ve gluten arasındaki çapraz bağların rolünü gösteren model.	20
Şekil 2.7.	Oda sıcaklığında beş gün depolanan ekmeğin sertliği üzerinde farklı sıcaklıklarda belirli bir süre için ısıtmanın etkisi (B). (A: taze ekmek)	21
Şekil 2.8.	Arabinoksilanın kimyasal yapısı.	25
Şekil 2.9.	Arabinoksilanı parçalayan enzimlerin etkisi.	27
Şekil 2.10.	Safra asidinin moleküler yapısı (Kolik asit).	28
Şekil 2.11.	Safra asitlerinin enterohepatik döngüsü.	28
Şekil 2.12.	Fitik asit.	30
Şekil 2.13.	İnce bağırsakta besin maddelerinin biyoyararlanımı.	35
Şekil 3.1.	SKCS Cihazı.	41
Şekil 3.2.	Tam buğday unu üretimi akış şeması.	42
Şekil 3.3.	Ekmek üretim ekipmanları.	45
Şekil 3.4.	Tekstür analizi.	46
Şekil 3.5.	Sertlik eğrileri.	46
Şekil 3.6.	Fitik asit kalibrasyon eğrisi.	50
Şekil 3.7.	Safra asidine ait örnek HPLC kromatogramı.	53
Şekil 3.8.	Safra asidi kalibrasyon eğrisi.	53
Şekil 4.1.	Gaz kromatografide elde edilen pik örnekleri.	72
Şekil 4.2.	Buğdaydan tam buğday ekmeğine (kontrol ve enzim katkılı) kadar olan aşamalarda TOTAX, WEAX ve WUAX içeriklerindeki değişim.	113
Şekil 4.3.	Buğday örneklerinin AX bileşenlerinin (TOTAX, WEAX ve WUAX) ve fiziksel özelliklerinin (bin tane ağırlığı, hektolitreye ağırlığı, SKCS parametreleri) temel bileşen analizi	115

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1.	Buğdayların sınıflandırılması	5
Çizelge 2.2.	Farklı yaş gruplarındaki Türk insanının günlük ekmek tüketimi.	16
Çizelge 2.3.	Günlük önerilen toplam besinsel lif tüketim miktarları.....	23
Çizelge 3.1.	Buğday örneklerinin isimleri ve tescil yılları.	38
Çizelge 3.2.	Buğday örneklerinin yetiştirme yerleri.	39
Çizelge 3.3.	SKCS sertlik indeksi ve ilgili sınıflandırma.	41
Çizelge 3.4.	Fitik asit çözeltilerinin absorbans değerleri	50
Çizelge 3.5.	Safra asidi (taurodeoksikolik asit) çözeltilerinin pik alanları.	52
Çizelge 4.1.	Buğday örneklerinin bin tane ağırlığı ve hektolitreye ağırlığı sonuçları...	57
Çizelge 4.2.	Buğday örneklerinin sertlik indeksi değerleri ve sertlik sınıflandırmaları.	61
Çizelge 4.3.	Buğday örneklerinin SKCS cihazı ile belirlenen tane rutubeti, tane çapı ve tane ağırlığı değerleri.	63
Çizelge 4.4.	Tam buğday örneklerine ait protein sonuçları.	65
Çizelge 4.5.	Tam buğday unlarının Zeleny sedimentasyon ve modifiye Zeleny sedimentasyon değerleri	67
Çizelge 4.6.	Tam buğday unlarının Farinograf analizi sonuçları.....	69
Çizelge 4.7.	Tam buğday unlarının TOTAX, WEAX ve WUAX içerikleri.....	73
Çizelge 4.8.	Buğday örneklerinin fitik asit sonuçları.....	76
Çizelge 4.9.	Buğday örneklerinin safra asidi bağlama kapasitesi sonuçları.	79
Çizelge 4.10.	Buğday örneklerinin besinsel lif (%) sonuçları.....	82
Çizelge 4.11.	Ankara lokasyonuna ait buğday örneklerinin mineral madde analiz sonuçları (mg.kg ⁻¹).	86
Çizelge 4.12.	Sivas lokasyonuna ait buğday örneklerinin mineral madde analiz sonuçları (mg.kg ⁻¹).	87
Çizelge 4.13.	Ankara ve Sivas lokasyonlarına ait buğday örneklerinin fenolik madde miktarları.....	90
Çizelge 4.14.	Tam buğday ekmek örneklerinin ekmek hacmi sonuçları.	93
Çizelge 4.15.	Tam buğday ekmeklerinin ekmek içi rengi sonuçları.	96
Çizelge 4.16.	Tam buğday ekmeklerinin kabuk rengi sonuçları.	99

Çizelge 4.17. Tam buğday ekmeklerinin ekmek kalitesi değerlendirme sonuçları.	102
Çizelge 4.18. Tam buğday ekmeklerinin sertlik değerleri ve bayatlama özellikleri. ..	106
Çizelge 4.19. Tam buğday ekmeklerinin <i>in vitro</i> tahmini glisemik indeks değerleri..	109
Çizelge 4.20. Tam buğday ekmeklerinin TOTAX, WEAX ve WUAX içerikleri.....	111
Çizelge 4.21. Buğday örneklerinin AX bileşenleri (TOTAX, WEAX ve WUAX) ve fiziksel özellikleri (bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı, SKCS parametreleri) arasındaki korelasyon matrisi.	117
Çizelge 4.22. Tam buğday ekmeklerinin toplam, çözünür ve çözünmez besinsel lif içerikleri.	119
Çizelge 4.23. Tam buğday ekmeklerinin mineral madde analiz sonuçları (mg.kg ⁻¹)..	122
Çizelge 4.24. Tam buğday ekmeklerinin <i>in vitro</i> mineral madde biyoyararlanım oranları.	125

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

a*	Kırmızılık Derecesi
b*	Sarılık Derecesi
%	Yüzde
<	Küçük
>	Büyük
µg	Mikrogram
dk	Dakika
g	Gram
kg/hl	Kilogram / Hektolit
KH ₂ PO ₄	Mono Potasyum Fosfat
L*	Parlaklık Derecesi
mg	Miligram
mm	Milimetre
°C	Santigrat Derece
sn	Saniye
α	Alfa
β	Beta

Kısaltmalar

AACCI	American Association of Cereal Chemists International (Uluslararası Amerikan Hububat Kimyacılar Birliği)
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AOAC	Association of Official Analytical Chemists (Resmi Analitik Kimyacılar Birliği)
ASTM	American Society for Testing and Materials (Amerikan Test ve Materyalleri Topluluğu)
AX	Arabinoksilan

BTA	Bin Tane Ağırlığı
CA	Kolik Asit
CA	California
CDCA	Çenodeoksikolik Asit
D	Düşük
DAD	Diode Array Dedector (Diyot Dizi Dedektörü)
DCA	Deoksikolik Asit
DCIM	Dichloroimidazole
FAO	Food and Agriculture Organization (Gıda ve Tarım Örgütü)
FID	İyonizasyon Detektörü
FKS	Farinograf Kalite Sayısı
FÖH-E	Fermentasyon Öncesi Enzim Katkılı Hamur
FÖH-K	Fermentasyon Öncesi Kontrol Hamuru
FSH-E	Fermentasyon Sonrası Enzim Katkılı Hamur
FSH-K	Fermentasyon Sonrası Kontrol Hamuru
GAE	Gallik Asit Eşdeğeri
GC	Gaz Kromatografisi
GCA	Glikolik Asit
GCDCA	Glikoçenodeoksikolik Asit
GDC	Glikodeoksikolik Asit
GI	Glisemik İndeks
HA	Hektolitre Ağırlığı
HPLC	High Performance Liquid Chromatography (Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi)
ICP OES	Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometry (İndüktif Eşleşmiş Plazma - Optik Emisyon Spektrometresi)
IOM	Food and Nutrition Board of the Institute of Medicine
ISO	International Organization for Standardization (Uluslararası Standartlar Teşkilâtı)
LDL	Low Density Lipoprotein (Düşük Yoğunluklu Lipoprotein)
MA	Massachusetts
MCA	Murikolik Asit
MN	Minnesota

MS	Monosakkarit
NE	Nebraska
O	Orta
PCA	Principal Component Analysis (Temel Bileşen Analizi)
PUFA	Polyunsaturated fatty acid (Çoklu Doymamış Yağ)
SA	Safra Asitleri
SI	Sertlik İndeksi
SKCS	Single Kernel Characterization System (Tek Tane Karakterizasyon Sistemi)
TA	Tane Ağırlığı
TARM	Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü
TBE	Tam Buğday Ekmeği
TBE-E	Enzim Katkılı Tam Buğday Ekmeği
TBE-K	Kontrol Tam Buğday Ekmeği
TBSA	Türkiye Beslenme ve Sağlık Araştırması
TCA	Taurokolik Asit
TCDC	Tauroçenodeoksikolik Asit
TÇ	Tane Çapı
TDC	Sodyum Taurodeoksikolat Hidrat
TDCA	Taurodeoksikolik Asit
TOTAX	Total Arabinoxylan (Toplam Arabinoksilan)
WEAX	Water Extractable Arabinoxylan (Suda Çözünen Arabinoksilan)
WHO	World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)
WUAX	Water Unextractable Arabinoxylan (Suda Çözünmeyen Arabinoksilan)
WWB	Whole Wheat Bread (Tam Buğday Ekmeği)
WWB-E	Enzyme Added Whole Wheat Bread (Enzim Katkılı Tam Buğday Ekmeği)
XAA	<i>Aspergillus Aculeatus</i> Kaynaklı Endoksilanaz Enzimi
XBS	<i>Bacillus Subtilis</i> Kaynaklı Endoksilanaz Enzimi
Y	Yüksek
VA	Virginia

1. GİRİŞ

Tahıllar ve tahıl ürünleri geçmişten günümüze en önemli gıdalar arasında olup buğday, Türkiye ve dünya nüfusunun beslenmesine önemli katkıda bulunmaktadır. Buğday, mikro besinler açısından zengin, temel mineraller, vitaminler ve diğer sağlıklı biyoaktif bileşenler (fitokimyasallar ve besinsel lif) açısından önemli bir besin kaynağıdır. Sağlıklı bileşenlerin çoğu embriyo ve kepek fraksiyonlarında bulunur. Tam buğday unları, embriyo ve kepek fraksiyonlarından ayrılan beyaz una kıyasla vitaminler, mineraller, çözümlü / çözünmez diyet lifi ve fitokimyasallar açısından çok daha iyi bir kaynaktır. Tam buğday ürünlerinin düzenli tüketiminin bazı hastalıklar ve bunlarla ilişkili sağlık sorunlarına karşı koruyucu etkiye sahip olduğu bilimsel çalışmalarda belirtilmektedir. Bilimsel çalışmalarda, hububat liflerini içeren gıdaların tüketilmesi ile vücut kitle indeksinin ve kan basıncının düştüğü, kardiyovasküler hastalık risklerinin azaldığı belirtilmekte olup tam tahıl ürünlerinin diyetle eklenmesi önerilmektedir (Lairon ve ark., 2005; Gaskins ve ark., 2010; He ve ark., 2010; Masters ve ark., 2010). Birçok bilimsel çalışma sonuçlarına göre, tam buğday ürünlerinin uzun süreli olarak diyetle eklenmesinin, obezite ve diyabete karşı koruma sağlama, kalp rahatsızlıkları ve bazı kanser türlerinin görülme ihtimalini azaltma gibi birçok sağlık yararı bulunmaktadır. Tam buğday ürünlerinin besinsel lif içeriği yüksek ve yağ oranı ise diğer birçok gıdaya göre düşük, bu ürünlerin tüketimi vücutta düşük enerji vermekte, tokluk hissi sağlamakta ve kilo alımını sınırlandırmaktadır. Tam buğday ürünleri ve tam buğday besinsel lifi tüketiminin kan glukoz seviyesinin kontrolünü ve kolesterol seviyesini olumlu şekilde etkilediği ve kan basıncını düşürdüğü yönünde bilimsel veriler bulunmaktadır (Jenkins ve ark., 2007; Raninen ve ark., 2011). Ayrıca tam tahıl tüketiminin toplam kolesterol, LDL kolesterol ve trigliserit seviyesini düşürdüğü belirtilmiştir (Hollænder, Ross ve Kristensen, 2015).

Son yıllarda tam buğday, kepekli ya da karışık tahıllı ekmeğin tüketimi konusunda tüketim eğilimi ve bilinç giderek artmaktadır. Yapılan bir çalışmada, genç erkekler ve kadınlar için gerekli günlük toplam besinsel lif miktarı sırasıyla 38 g ve 25 g / gün olarak belirlenmiştir (IOM, 2005; Slavin, 2005). Ancak, insanların günlük besinsel lif tüketimi genellikle önerilen seviyelerin altındadır (Drzikova ve ark., 2005). Dünya Sağlık Örgütü (WHO; World Health Organization) (WHO, 2020) tarafından “tam tahıl ürünleri tüketiminin obezite ve kilo alımını azalttığı” belirtilmekte olup besinsel lif açısından

zengin tam buğday ekmeklerinin tüketimi önemlidir. Tam buğday ekmeği üretiminde besinsel lif içeriği yüksek olan buğday çeşitlerinin tercih edilmesi ile bu ekmekleri tüketen kişilerin günlük besinsel lif alımının artırılması mümkün olabilir.

Glisemik İndeks (GI), karbonhidrat içeren gıdaların tüketimleri sonrası kandaki glukoz seviyesini yükseltici etkilerinin değerlendirilmesinde kullanılan bir kavramdır. Yapılan birçok araştırma birlikte değerlendirildiğinde tam buğday ekmeğinin glisemik indeksinin yaklaşık 70-111 aralığında olduğu görülmektedir (Foster-Powell, Holt ve Brand-Miller, 2002; Atkinson, Foster-Powell ve Brand-Miller, 2008; Nayak, Berrios ve Tang, 2014). Tam buğday ekmeğinin tüketilmesi ile sağlık açısından faydalı olan besinsel lif, protein, vitaminler, mineraller ve fitokimyasallar da vücuda alınmış olur. Ayrıca kompleks karbonhidratların sindirimi yavaş olur ve bu da uzun süreli tokluk hissedilmesini sağlar. Tam buğday ekmeği benzeri yavaş sindirilen gıdalar tüketildiği zaman kanda glukoz daha yavaş şekilde yükselir ve GI daha düşük olur. Tüketilen miktar da tokluk kan şekerinin belirlenmesinde önemli bir etkidir. Tüketilen miktar ile ilişkili kavram glisemik yük (GY) olarak adlandırılır.

Çalışmanın Amaçları;

- Bu çalışmanın birinci ve temel amacı, yeni ve eski ekmeklik buğday çeşitleri ve yerel buğdayların kalite, fonksiyonel ve beslenme özelliklerini belirlemek ve karşılaştırmaktır.
 - Buğdayların, fiziksel özellikleri (hektolitre ağırlığı, bin tane ağırlığı ve SKCS sertlik indeksi), Zeleny sedimentasyon değeri, protein, suda çözünen / toplam arabinoksilan, çözünür ve toplam besinsel lif, fenolik madde, fitik asit ve mineral madde içerikleri ile safra asidi bağlama kapasitelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.
 - Buğdayda yıllar içinde çok önemli değişiklikler olduğunu, eski ve yeni buğdaylar arasında bileşim ve kalite özellikleri bakımından büyük farklılıklar ortaya çıktığını iddia eden bazı yayınlar bulunmaktadır. Bu çalışmada eski çeşitler, yeni çeşitler ve yerel buğdayların kalite,

fonksiyonel ve besinsel özellikleri bakımından karşılaştırılması amaçlanmıştır.

- Yeni çeşitlerin geliştirilmesi ve yaygınlaşması yerel çeşitlerin üretiminde önemli ölçüde azalmaya neden olmuştur. Bu çalışmada eski çeşitler ve yerel buğdayların kalite, fonksiyonel ve besinsel özelliklerinin belirlenmesi ve yeni buğdaylara kıyasla varsa öne çıkan özelliklerinin ortaya konması amaçlanmaktadır.
- İnsan beslenmesinde öneme sahip bileşenler, özellikle de arabinoksilan ve mineral madde içeriği, mineral madde biyoyararlanımı, fenolik madde içeriği ve safra asidi bağlama kapasitesi değerleri yüksek olan buna karşılık fitik asit oranı düşük olan yeni çeşitlerin geliştirilmesi önemlidir. Bu çalışmanın sonuçlarının, ıslah programlarında fonksiyonel ve besinsel özellikler bakımından öne çıkan hatların ve çeşitlerin geliştirilebilmesi çalışmalarına veri ve katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.
- İkinci amaç, yeni ve eski ekmeklik buğday genotipleri kullanılarak üretilen tam buğday ekmeklerinin (TBE) kalite, fonksiyonel ve beslenme özelliklerini belirlemek ve karşılaştırmaktır. Tüm dünya ülkelerinde olduğu gibi ülkemizde de tam buğday ekmeklerinin tüketimi yeterli düzeyde değildir ve artırılması amaçlanmaktadır. Bu çalışmanın sonuçlarının, ıslah programlarında tam buğday ekmeği kalite özellikleri bakımından öne çıkan hatların belirlenmesi ve yeni çeşitlerin geliştirilebilmesi çalışmalarına katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.
- Genel olarak ele alındığında buğdaylarda ve onlardan üretilen tam buğday ekmeklerinde suda çözünen arabinoksilan ve çözünen besinsel lif içeriği düşüktür. Bu nedenle bu çalışmada üçüncü amaç olarak enzim (ksilanaz) kullanımı ile suda çözünen arabinoksilan ve çözünen besinsel lif içeriğini artırmak ve enzimin TBE'nin kalite ve fonksiyonel özellikleri üzerindeki etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

- Çalışmanın dördüncü amacı, yeni ve eski ekmeklik buğday çeşitleri kullanılarak üretilen tam buğday ekmeklerinin (TBE) *in vitro* tahmini glisemik indeks değerlerinin belirlenmesidir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Buğdayların Sınıflandırılması

Buğdayda temel kromozom sayısının $n=7$ olduğunun saptanmasından; doğada buğdayların 14, 28 ve 42 kromozom sayıları bulunan üç grup oluşturduklarının anlaşıldığı 1920'lerden sonra; diploid, tetraploid ve hekzaploid türler için genom formülleri belirlenmiştir (Kün, 1988). Buğdayların sınıflandırılması Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Diploid Buğdaylar: Bir genom çiftini (AA) içeren bu grupta somatik kromozom sayısı $2n=14$ 'tür. *Triticum monococcum* (Siyez), diploid grubun kavuzlu kültür formudur (Kün, 1988).

Çizelge 2.1. Buğdayların sınıflandırılması (Kün, 1988).

	Diploid Grup (AA) $2n=14$	Tetraploid Grup (AABB) $2n=28$	Hekzaploid Grup (AABBDD) $2n=42$
Yabani Form	<i>T. boeoticum</i> Boiss. em. Schiem. (<i>T. aegilopoides</i> Bal.)	<i>T. monococcum</i> (A) x <i>Aegilops speltoides</i> (B) <i>T. dicocoides</i> Körn. <i>T. timopheevi</i> Zhuk. (AAGG)	<i>T. dicocoides</i> (AABB) x <i>Aegilops squarrosa</i> (D)
Kavuzlu kültür formu	<i>T. monococcum</i> L.	<i>T. dicocum</i> Schubl.	<i>T. aestivum</i> L. em. Thell. ssp. <i>spelta</i> (L.) Thell. ssp. <i>macha</i> (Dek. et Men.) Mac. Key ssp. <i>vavilovii</i> (Tuman) Sears
Çıplak taneli kültür formu		<i>T. durum</i> Desf. <i>T. turanicum</i> Jakubz. <i>T. turgidum</i> L. <i>T. polonicum</i> L. <i>T. carthlicum</i> Nevski	<i>T. aestivum</i> L. em. Thell. ssp. <i>vulgare</i> (Vill., Host.) Mac Key ssp. <i>compactum</i> (Host) Mac Key ssp. <i>sphaerococcum</i> (Perc.) Mac Key

Tetraploid Buğdaylar: İki genom çiftini (AABB) içeren bu gruptaki buğdaylarda somatik kromozom sayısı $2n=28$ 'dir. *T. durum*, tetraploid grubun çıplak taneli kültür formlarından biridir ve makarnalık buğday olarak adlandırılır (Kün, 1988).

Hekzaploid Buğdaylar: Üç genom çiftini (AABBDD) içeren bu grup buğdaylarda somatik kromozom sayısı $2n=42$ 'dir. *T. aestivum*, grubun çıplak taneli formlarının ekonomik önemi en fazla olanıdır ve ekmeklik buğday olarak adlandırılır (Kün, 1988).

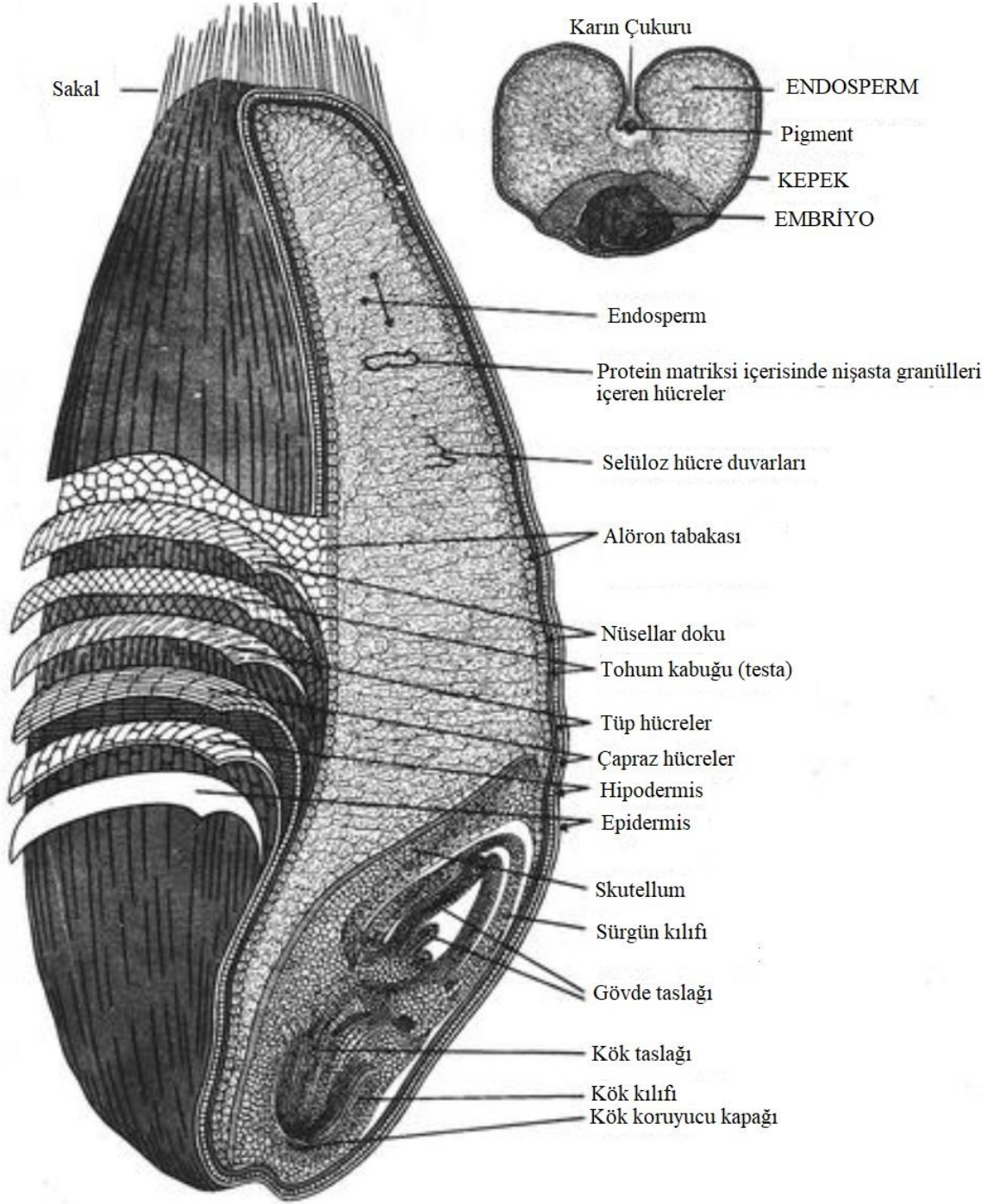
Ekonomik ve ticari önemi olan buğday türleri içinde *T. aestivum* türü, günümüzde en çok ekilen ve tür içinde en çok çeşide sahip olanıdır. Bu türe mensup çeşitler 42 kromozomludur ve özellikle ekmek yapmaya elverişli olduklarından “ekmeklik buğdaylar” olarak adlandırılırlar (Özkaya ve Özkaya, 2005). Ekmeklik buğday ıslahında ana amaç yüksek verimli, hastalıklara karşı dayanıklı ve iyi kalitede çeşit geliştirmektir. İyi kalite özellikleri buğdayın kullanım amacına göre değişiklik göstermektedir. Elde edilecek unun özelliklerini, buğdayın çeşidi, yetiştirme koşulları ve kullanılan öğütme teknolojisi belirler (Öztürk, 1998).

2.2. Buğday Tanesinin Yapısı

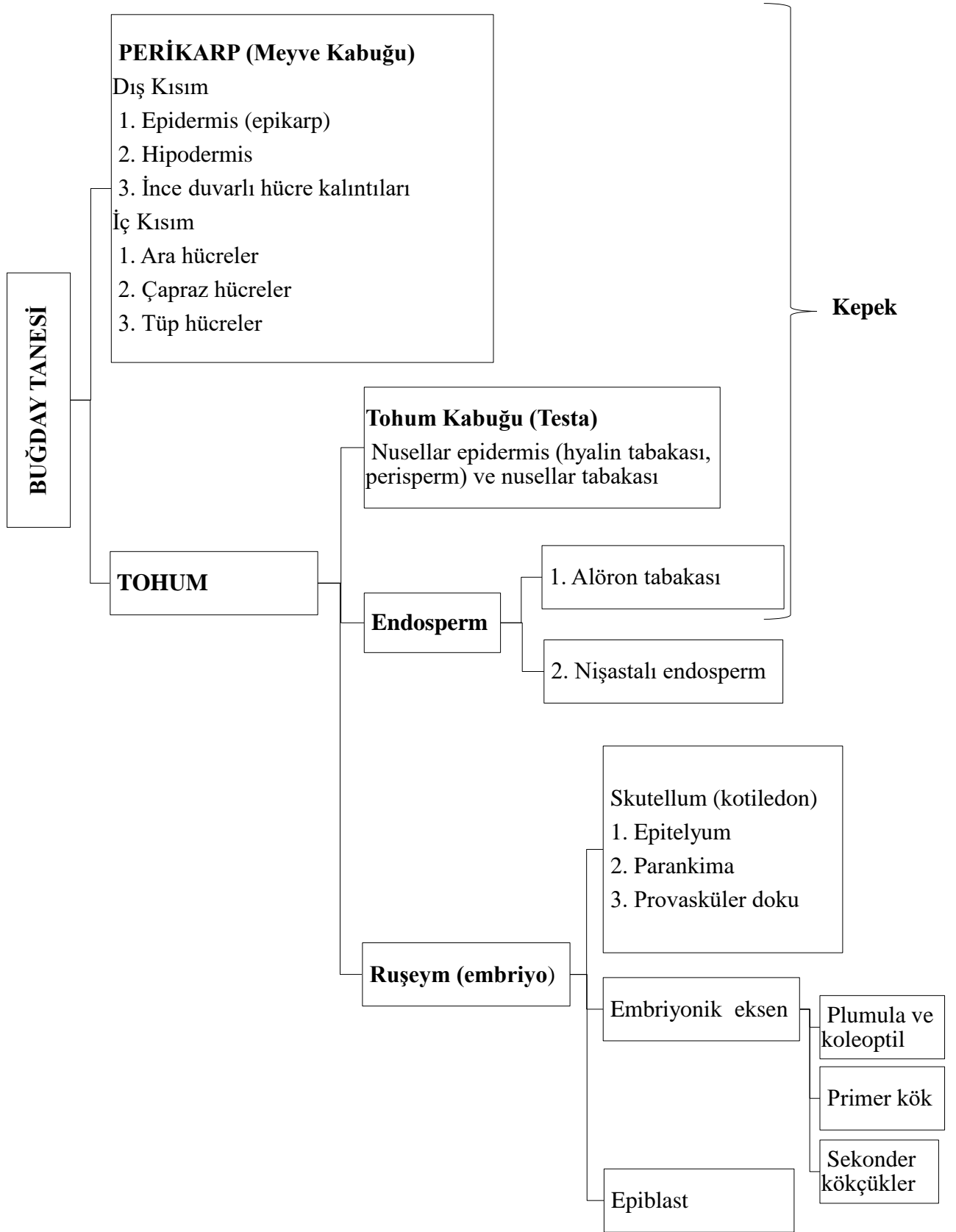
Buğday tanesi esas olarak üç kısımdan meydana gelmekte olup tanenin %13-16'sını kabuk, %83-85'ini endosperm ve %2.5-3.5'ini embriyo oluşturmaktadır (Özkaya ve Özkaya, 2005). Şekil 2.1'de buğday tanesinin boylamasına (solda) ve enlemesine (sağda) yapısı verilmiş olup buğday tanesinin kısımları ayrıntılı olarak Şekil 2.2'de verilmiştir. Kabuk tabakasında meyve kabuğu (perikarp) ve tohum kabuğu (testa) birbirine yapışık olduğu için tohum ve meyvenin aynı olduğunu belirten “karyopsis” veya “tane” ifadesi kullanılmaktadır (Akkaya, 1994).

Perikarp (Meyve Kabuğu)

Perikarp tüm taneyi kaplamakta olup birkaç katmandan oluşmaktadır (Şekil 2.2). Tanenin yaklaşık %5'ini oluşturan perikarpın yapısında yaklaşık olarak %6 protein, %2 kül, %20



Şekil 2.1. Buğday tanesinin boylamasına (solda) ve enlemesine (sağda) yapısı (Delcour ve Hosney, 2010).



Şekil 2.2. Buğday tanesinin kısımları (Özkaya ve Özkaya, 2005).

selüloz, %5 yağ bulunmakta ve geri kalanını nişasta dışı polisakkaritler oluşturmaktadır. Perikarpın en dış tabakası değirmenciler tarafından arı kanadı (beeswing) olarak adlandırılır. Arı kanadı; taşıma, aktarma, temizleme gibi, işlemler sırasında taneden kısmen ayrılır, bu tavlama sırasında suyun perikarpın içine doğru taşınmasını kolaylaştırır. İç perikarpıda farklı tipte hücreler (ara, çapraz ve tüp hücreler) bulunur ve bunlar taneyi tümüyle kaplamaz (Delcour ve Hosenev, 2010).

Tohum Kabuğu ve Nuseller Epidermis

Tohum kabuğunun (testa) dış kısmı perikarpın iç tabakası ile, iç kısmı ise nuseller epidermis ile birleşmiş şekildedir. Tohum kabuğu, üç tabakadan oluşur: kalın dış kütiküla, pigment içeren tabaka (renkli buğdaylar için) ve ince iç kütiküla. Beyaz buğdaylarda 3 yerine 2 tabaka bulunur, pigment hiç bulunmaz veya çok azdır. Tohum kabuğu kalınlığı 5 - 8 µm aralığındadır. Nuseller epidermis ya da hiyalin tabakasının kalınlığı yaklaşık olarak 7 µm'dir ve tohum kabuğu ve alöron tabakasının ikisine de sıkıca bağlıdır (Delcour ve Hosenev, 2010).

Endosperm

Endosperm, alöron tabakası ve nişastalı endosperm olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır (Dexter ve Sarkar, 2003).

Alöron Tabakası

Alöron tabakası, genellikle tek hücre kalınlığındadır ve hem nişastalı endosperm hem de rüşeymi sararak taneyi tümüyle kaplar. Botanik olarak endospermin en dış tabakasıdır. Ancak, öğütme sırasında nuseller epidermis, tohum kabuğu, perikarp ve alöron birlikte ayrılır ve tümü kepek olarak adlandırılır. Nişastalı endospermi kaplayan alöron hücreleri kalın duvarlıdır ve olgun halde iken nişasta içermez (Delcour ve Hosenev, 2010).

Alöron tabakasında ortalama hücre boyutu 50 µm'dir. 3-4 µm kalınlığında olan alöron hücre duvarının, büyük oranda selülozik yapıda olduğu ifade edilmektedir. Alöron tabakasında enzim aktivitesi (lipaz, proteaz), kül, protein, toplam fosfor, fitat fosforu ve

yağ içeriği nispeten daha fazladır. Ayrıca, niyasin, tiamin ve riboflavin vitaminleri alöronda diğer kepek tabakalarına göre daha yüksek konsantrasyonda bulunmaktadır (Delcour ve Hosenev, 2010).

Nişastalı Endosperm

Nişastalı endosperm (alöron tabakası hariç), şekil, büyüklük ve tane içindeki konumları farklı üç tipte hücreden oluşmaktadır: periferal, prizmatik ve merkezi. Periferal nişastalı endosperm hücreleri, alöron tabakasının iç tarafındaki ilk hücre sırasındır. Daha sonra birkaç sıra halinde uzunca şekilli prizmatik nişastalı endosperm hücreleri vardır. Ondan sonra merkezi nişastalı endosperm hücreleri bulunur, bu hücrelerin şekil ve büyüklükleri diğer hücrelere göre daha düzensizdir (Delcour ve Hosenev, 2010).

Buğday endosperm hücre duvarları esas olarak arabinoksilanlardan oluşur. Az miktarda β -glukan ve diğer hemiselülozları da içerir, fakat selüloz içermez. Hücre duvarlarının kalınlığı, tane içinde bulunduğu yere göre değişir ve alöron yakınında daha kalındır. Endosperm hücreleri bir protein matriksi içinde gömülü çok sayıda nişasta granülü içerir. Bu protein büyük oranda buğday depo proteini olan glutendir. Buğday olgunlaşırken gluten sentezlenir ve protein partikülleri (protein bodies) olarak depolanır. Fakat tane olgunlaşması ilerledikçe, protein partikülleri sıkışarak bir bütün haline gelir ve protein matriksini oluşturur (Delcour ve Hosenev, 2010).

Nişasta granülleri büyük lentiküler granüller (çapları 40 μm 'ye kadar çıkar) ve küçük küresel granüller (çapları 2-8 μm) olmak üzere iki farklı tiptedir. Bunların arasında farklı büyüklükte granüller bulunsa da hem miktarları görece azdır hem de bu iki şekil ve büyüklük daha baskındır (Delcour ve Hosenev, 2010).

Rüşeym (Embriyo, Germ)

Buğday rüşeymi tanenin yaklaşık %2.5-3.5'ini oluşturmakta ve embriyonik eksen, skutellum ve epiblast olmak üzere üç ana kısımdan meydana gelmektedir. Rüşeymin, protein (25%), şeker (18%), yağ (embriyonik ekseninde %16; skutellumda %32) ve kül (5%) oranları göreceli yüksektir. Rüşeym hiç nişasta içermez, B vitaminleri yüksektir ve

birçok enzimleri içerir. Rüşeymin vitamin E (total tokoferol) içeriği yüksek olup yaklaşık 500 ppm'e kadar çıkabilmektedir. İçerdiği başlıca şekerler, sakaroz ve rafinozdur (Delcour ve Hosoney, 2010).

Buğday kepeği ve embriyo besinsel lif, yağ, antioksidan aktivite ve fenolik bileşikler, mineral maddeler, vitaminler ve lignan bakımından önemli besinsel içeriğe sahiptir. Bu nedenle, tam tane ya da tam buğday ürünlerinin tüketimi önerilmektedir (Khalid, Ohm ve Simsek, 2017).

2.3. Yerel Buğdaylar

Buğdayın anavatanının, Türkiye, İran, Irak ve Suriye'nin bazı bölümlerini de kapsayan "Bereketli Hilal" olduğu düşünülmektedir (Şekil 2.3). Yerel buğdaylar, morfolojik ve genetik bileşimi birçok nesil boyunca çiftçilerin seçimi ve doğal seleksiyon ile şekillenen buğdaylardır (Belay ve ark., 1995; Smale, Bellon ve Aguirre, 2001). Yeni (modern) çeşitler ise çeşitli ıslah yöntemleriyle geliştirilmiştir (Kruzich ve Meng, 2006). Yerel buğdaylar, uzun yıllar doğal ve beşerî seçim yoluyla çiftçiler tarafından geliştirilen geleneksel çeşitlerinden oluşur ve yerel çevre koşullarına ve uygulamalarına uyum sağlarlar. Yerel çeşitler kültürel bir mirastır ve ülke olarak zenginliğin bir göstergesidir (FAO, 2015).



Şekil 2.3. Bereketli hilal (Özberk ve ark., 2016).

Salantur (2018) tarafından bitkilerin ıslahı için gerekli varyasyonun geliştirilmiş ticari çeşitlerden, üstün özelliğe sahip hatlardan, köy çeşitlerinden ve yabancı akrabalardan sağlanabileceği bildirilmiştir. Hem ülkemizde hem de dünyada 1900'lü yıllardan başlayarak yoğun olarak köy çeşitleri toplanmış, tanımlanmış ve ıslah programlarında gen kaynağı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Cumhuriyetin kuruluşunun ardından 1925'li yıllardan itibaren köy çeşitlerinden seleksiyon ıslahı yapılmaya başlanmıştır ve Sivas 111-33, Ak 702, Sertak 52, Ankara 093-44, Yayla 305, ve Köse 220-39 gibi ekmeklik buğday çeşitleri geliştirilmiştir. Ülkemiz tarımına 1960'lı yıllarda traktörün girmesi ve gübre kullanımının yaygınlaşması ile uzun yıllar üretimde yer alan ve gübresiz ortamlara uyum sağlamış uzun boylu çeşitler şartların iyileşmesi sonucunda yatmaları nedeni ile tane ve verim kayıpları yaşanmış, yoğun tarım yapılan alanlarda köy çeşitleri hızla üretimden kaldırılmıştır. Köy çeşitlerinin üretimine az sayıda çiftçilerin elinde ve sadece dağ köylerinde devam edilmiştir. Bu köy çeşitleri ekmeklik buğday ıslah çalışmalarında anaç olarak kullanılmıştır. Melez-13 çeşidinin anaçlarından biri Kızıldil 706, Kıraç 66 çeşidinin anaçlarından biri Yayla 305, Zencirci 2002, Tosunbey ve Kenanbey ekmeklik buğday çeşitlerinin anaçlarından birisi de Kıraç 66, Seval çeşidinin anaçlarından biri ise Bolal 2973 çeşidi olmuştur (Salantur, 2018). Daha sonraki yıllarda yerel çeşitler ıslahta fazla kullanılmamış, yabancı kökenli buğday çeşitleri Türkiye'deki melezleme çalışmalarında yer almıştır. Bu değişiklikler ekmeklik buğday çeşitlerindeki genetik çeşitliliği daraltmıştır (FAO, 2015).

Özberk ve ark. (2016) tarafından yayınlanan raporda, Türkiye'de buğday çeşitlerinin ıslah çalışmaları 1926 yılından günümüze kadar iki aşamada değerlendirilmiştir. 1926-1970 dönemi, yerel buğdaylardan seçilme, melezleme ve saf hatların karışımıyla geliştirilen çeşitler dönemi olarak tanımlanmıştır. Ayrıca, bu dönemde yabancı ot ilacı, gübre, tohumluk ve ekipman olmadığı ifade edilmiştir. 1970 yılı ve sonrası ise yerel buğday çeşitlerinden yüksek verimli modern buğday çeşitlerine geçilen dönem olarak tanımlanmıştır. Bu dönemde gübreleme, tarımsal mekanizasyon, ilaç vb. uygulamaların başladığı belirtilmiştir.

Bazı yerel buğdayların üretimine dağ köylerindeki geçimlik işletmelerde, kıraç, engebeli ve yamaç arazilerde devam edilmekle birlikte; birçoklarının yerini modern kültür çeşitleri

almıştır (Karagöz ve Özberk, 2010; Özberk ve ark., 2016). 2009 yılında yapılan çalışma, modern buğday çeşitlerinin Türkiye tarımındaki payının çok yüksek olduğu ve ülkedeki toplam buğday üretimi içerisinde yerel buğdayların payının çok düşük olduğunu göstermiştir (Mazid ve ark., 2009, FAO, 2015, Kan ve ark., 2016). Bilindiği üzere, modern buğday çeşitleri, yerel çeşitlerden daha iyi verim potansiyeline ve daha yüksek reolojik kalite özelliklerine sahiptir.

Yerel çeşitler daha çok büyük yerleşimlerden uzak, sarp, engebeli, eğimli ve henüz modern tarım sistemleri kullanılmayan bölgelerde yetiştirilmektedir. Bu çeşitlerin verimleri genel olarak yeni geliştirilmiş çeşitlerden daha düşüktür. Ancak, alışkanlıklar, alışlagelmiş gıda ürünü yapımına uygunluk, damak zevki, marjinal koşullara ve düşük girdi kullanımına uygunluk, kurağa ve bazı hastalıklara dayanıklılık gibi nedenlerle yetiştirilmektedir (Karagöz ve Özberk, 2016). Yerel buğdaylar, Türkiye'deki marjinal alanlarda üretim yapan, küçük ölçekli çiftçilerin geçiminde hala önemli bir rol oynamaktadır (Karagöz, 2014). Ülkemizde, özellikle son 50 yıllık zaman diliminde yeni buğday çeşitlerinin yaygınlaşması, yerel popülasyonların üretimdeki paylarının giderek azalmasına yol açmıştır. Ancak, son yıllarda üretim sistemleri ve talepteki yeni yönelmeler nedeniyle, yerel buğday çeşitlerimiz üretim için yeniden güncel duruma gelmiştir (Kaplan Evlice ve Akkaya, 2020). Karagöz ve Özberk (2016), ülkemizin genetik potansiyeli bilinen zengin buğday gen kaynaklarının hızla buğday ıslahı programlarına dahil edilmesi ve ıslah programlarında genetik seleksiyonun olağan hale getirilmesinin gerekli olduğunu belirtmiştir.

Yerel çeşitlerin genetik kaynak olarak korunması önemlidir. Biyoçeşitliliğin korunmasına yönelik evrensel farkındalık giderek daha fazla artış göstermektedir. Ancak modern çeşitlerin giderek daha yaygın hale gelmesi sonucu yerel buğdaylar (landraces) giderek yok olma tehlikesi ile karşı karşıyadır (Villa ve ark., 2005; FAO, 2015). Modern çeşitler yerel buğdaylara kıyasla hastalıklara, zararlılara ve abiyotik streslere daha az dayanıklıdır (FAO, 2015).

Yerel buğdaylar ile ilgili ilk kapsamlı çalışma 20. yüzyılın ilk çeyreğinde Türkiye'nin dört bir yanından yerel buğdayları toplayıp temel özellikleri açısından değerlendiren öncü

Türk bilim insanı Mirza Gököl tarafından yapılmıştır. “Türkiye Buğdayları” adlı kitabında 18.000 civarında buğday tanımlanmıştır. Bu materyalin analizi ile dünyada mevcut olan buğdayların çoğunun Türkiye’de bulunduğu ortaya konmuş olup Türk topraklarının yetiştiricilere sonsuz bir hazine sağladığı belirtilmiştir (FAO, 2015).

2.4. Tam Buğday ve Sağlık Bileşenleri

Tam buğday ürünleri mineral, vitamin, besinsel lifler ve fitokimyasal bileşikler bakımından zengin olduğu için buğday Türkiye ve dünya nüfusunun beslenmesine önemli katkıda bulunmaktadır. Tam tahıl ürünlerinde bulunan çeşitli bileşenlerin sağlık üzerine birçok olumlu etkisi bulunmaktadır (Okarter ve Liu, 2010). Bu faydalı bileşenler büyük oranda kepek ve embriyo kısımlarında yer almaktadır. Birçok araştırma, tam tahıl ürünleri tüketiminin kronik hastalıkları önleyici etkilerini ve çeşitli sağlık yararlarını ortaya koymaktadır.

Tam buğday ürünlerinin sağlık bileşenleri aşağıda özetlenmiştir (Köksel, Çetiner ve Şanal, 2016):

- Mineraller: Buğday demir, magnezyum, bakır, fosfor ve çinko gibi minerallerin kaynağıdır.
- Vitaminler: Buğday iyi bir karotenoid, E ve B vitaminleri kaynağıdır.
- Fitokimyasallar: Tam buğday ürünleri sağlık açısından faydası olan bazı fitokimyasallar içermektedir.
 - Lignanlar: Koroner kalp rahatsızlığı riski ve kanser oluşumu riski üzerinde azaltıcı etkileri vardır.
 - Fitik asit: Gıdaların glisemik indeksini düşürücü ve kolon kanserine karşı koruyucu etkileri vardır.
 - Fitosteroller, tokotrienoller, sekualen, saponinler ve orizanol: Serum kolesterolünü düşürücü etkileri vardır.
 - Fenolik maddeler: Antioksidan etkisi bulunmaktadır.
- Besinsel lifler:
 - Buğday yüksek oranda çözünür/çözünmez arabinoksilan ve çözünür/çözünmez besinsel lif içerir.

- Buğdayın doymuş yağ içeriği düşüktür. Protein ve çoklu doymamış yağ (PUFA; omega-3, linolenik asit) kaynağıdır.

Tam buğday ürünlerinin düzenli tüketiminin bazı hastalıklar (obezite, koroner kalp hastalıkları) ve bunlarla ilişkili sağlık sorunlarına karşı koruyucu etkiye sahip olduğu bilimsel çalışmalarda belirtilmektedir. Bilimsel çalışmalarda, hububat liflerini içeren gıdaların tüketilmesi ile vücut kitle indeksinin ve kan basıncının düştüğü, kardiyovasküler hastalık risklerinin azaldığı belirtilmekte olup tam tahıl ürünlerinin diyetle eklenmesi önerilmektedir (Lairon ve ark., 2005; Gaskins ve ark., 2010; He ve ark., 2010; Masters ve ark., 2010).

Dünya Sağlık Örgütü (WHO: World Health Organization), “Tam tahıl ürünleri, baklagiller, meyve, sebze, ceviz, fındık vb. gıdaların tüketiminin obezite ve kilo alımını azalttığını” belirtmektedir (WHO, 2020). Birçok bilimsel çalışma sonuçlarına göre, tam buğday ürünlerinin uzun süreli olarak diyetle eklenmesinin, obezite ve diyabete karşı koruma sağlama, kalp rahatsızlıkları ve bazı kanser türlerinin görülme ihtimalini azaltma gibi birçok sağlık yararı bulunmaktadır. Tam buğday ürünlerinin besinsel lif içeriği yüksek ve yağ oranı düşüktür, bu ürünlerin tüketimi vücuda düşük enerji vermekte, tokluk hissi sağlamakta ve kilo alımını sınırlandırmaktadır (Köksel, Çetiner ve Şanal, 2016).

Tam buğday ürünleri ve tam buğday besinsel lifi tüketiminin kan glukoz seviyesinin kontrolünü ve kolesterol seviyesini olumlu şekilde etkilediği ve kan basıncını düşürdüğü yönünde bilimsel veriler bulunmaktadır (Jenkins ve ark., 2007; Raninen ve ark., 2011). Bir meta-analiz çalışmasında, çok sayıda (6000’den fazla) bilimsel çalışma değerlendirilmiş ve tam tahıl tüketimi ile kolesterol seviyesi arasındaki ilişki incelenmiştir. Değerlendirmeye alınan bilimsel çalışmaların sonuçlarına göre tam tahıl ürünleri tüketimi ile toplam kolesterol, LDL kolesterol ve trigliserit seviyesininin düştüğü belirtilmiştir (Hollænder, Ross ve Kristensen, 2015). Bu etkilerin büyük ölçüde tam tahıl ürünlerinde bulunan lifler (arabinoksilan ve beta-glukan), fitokimyasal maddeler (steroller, fenolik bileşenler, tokoller) ve vitaminlerle ilişkili olduğu ifade edilmektedir (Köksel, Çetiner ve Şanal, 2016).

2.5. Ekmek

Karbonhidratlar, insan beslenmesinde en önemli enerji kaynağı olup günlük enerji ihtiyacının yaklaşık %45-70'ini karşılamaktadırlar (Lafiandra, Riccardi ve Shewry, 2014). Buğday ise, ülkemiz insanının beslenmesinde ve günlük enerji ihtiyacının karşılanmasında en önemli karbonhidrat kaynağını oluşturmaktadır. Türkiye’de buğdayın büyük kısmı ekmek olarak tüketilmekte olup, 19-64 yaş grubunda kadın ve erkeklerin ekmek tüketim miktarları sırasıyla 150.9-157.4 g ve 221.6-248.8 g arasında değişmektedir (Çizelge 2.2) (TBSA, 2014; Köksel ve Çetiner, 2015).

Çizelge 2.2. Farklı yaş gruplarındaki Türk insanının günlük ekmek tüketimi (TBSA, 2014; Köksel ve Çetiner, 2015).

Yaş Aralığı	Erkek (g)	Kadın (g)
2 - 11	87.9 - 162.6	80.7 - 159.1
12 - 18	224.6 - 266.4	157.9 - 165.1
19 - 64	221.6 - 248.8	150.9 - 157.4
>65	179.4 - 200.0	138.2 - 158.8

Türkiye’de üretilen ekmeklerin önemli bir kısmı beyaz ekmektir. Ankara ilinde Taşcı ve ark. (2017) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmanın sonuçlarına göre, tüketicilerin %63.3’ü normal beyaz ekmek tüketirken, %24.3’ü tam buğday ekmeği tüketmektedir. Son yıllarda ülkemizde tam buğday, karışık tahıllı ya da kepek katkılı ekmek tüketimi konusunda tüketim eğilimi ve bilinç giderek artmaktadır. 2012 yılında revize edilen Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği (No:2012/2) ile Türk insanının tam buğday/kepek katkılı ekmek tüketimi konusunda eğiliminin artması amaçlanmıştır. Türk Gıda Kodeksi Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği’nde (Tebliğ No: 2012/2) tam buğday ekmeği “Tam buğday unundan tekniğine uygun olarak üretilen ekmek çeşidi” şeklinde tanımlanmaktadır. Tam buğday ekmeği, buğdayın bütün olarak öğütülmesiyle elde edilen unundan yapılmaktadır. Tüketicilerin çoğunluğunun ekmek alırken ekmeğin tat, lezzet,

yenilebilirlik, görünüm gibi özelliklerinin yanında ekmek kabuk rengi, iç rengi ve geç bayatlamayı çok önemli gördükleri bildirilmiştir (Taşçı ve ark., 2017).

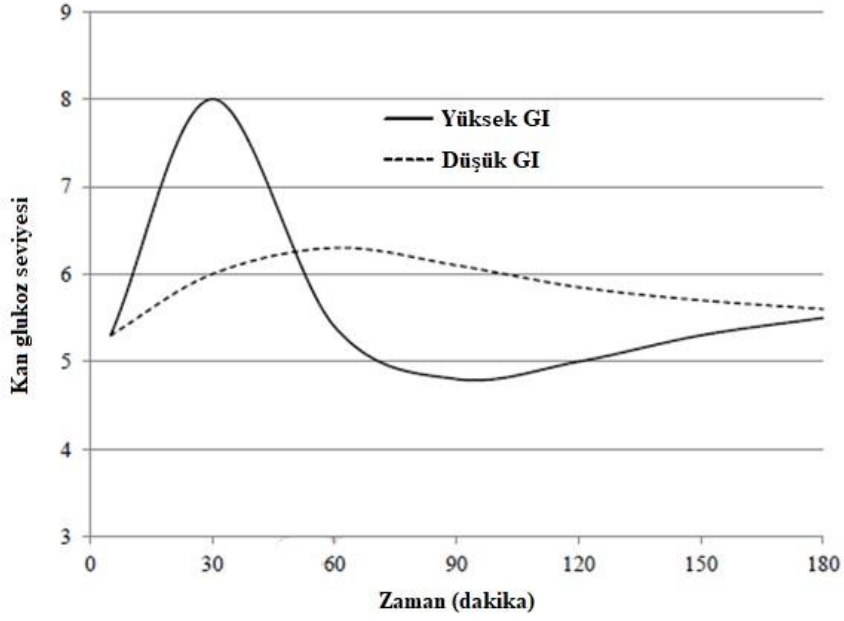
2.6. Glisemik İndeks

Glisemik indeks (GI) kavramı ilk defa Kanadalı Profesör Dr. David Jenkins tarafından 1980'li yılların başında ortaya konmuştur. Glisemik indeks 50 gram karbonhidrat içeren gıdanın iki saat içerisinde oluşturduğu kan glukozu artış alanının, aynı miktarda karbonhidrat içeren referans gıdanın oluşturduğu kan glukozu artış alanına kıyaslanmasıdır (Gagne, 2008; Kumar ve Prabhasankar, 2014). Glisemik indeks hesaplanırken, referans gıda olarak glukoz ya da beyaz ekmek kullanılır. Gıdaların glisemik indeks sınıflandırması aşağıda belirtilmiştir (Gagne, 2008; Kumar ve Prabhasankar, 2014).

≤ 55	Düşük GI'li gıdalar
56 - 69	Orta GI'li gıdalar
≥ 70	Yüksek GI'li gıdalar

Bu sınıflandırmaya göre gıdalar düşük, orta ve yüksek GI'li gıdalar olarak üç gruba ayrılırlar. Düşük GI'e sahip gıdalar kan glukozunu yavaş yükseltirken, yüksek GI'li gıdalar kan glukozunu hızlı yükseltirler. Düşük ve yüksek glisemik indeksli gıdaların kan glukoz seviyesine etkileri Şekil 2.4'te verilmiştir (Nayak, Berrios ve Tang, 2014).

Kan glukoz seviyesi sadece glisemik indekse bağlı değildir, aynı zamanda tüketilen karbonhidrat miktarı çok önemlidir (Nayak, Berrios ve Tang, 2014). Tüketilen miktar da tokluk kan şekerinin belirlenmesinde önemli bir etkidir. Bu nedenle glisemik yük (GY) kavramı da dikkate alınmalıdır. GY, bir porsiyon gıdada bulunan karbonhidrat miktarının kan glukozunu ne kadar etkileyebileceğini ifade etmektedir.

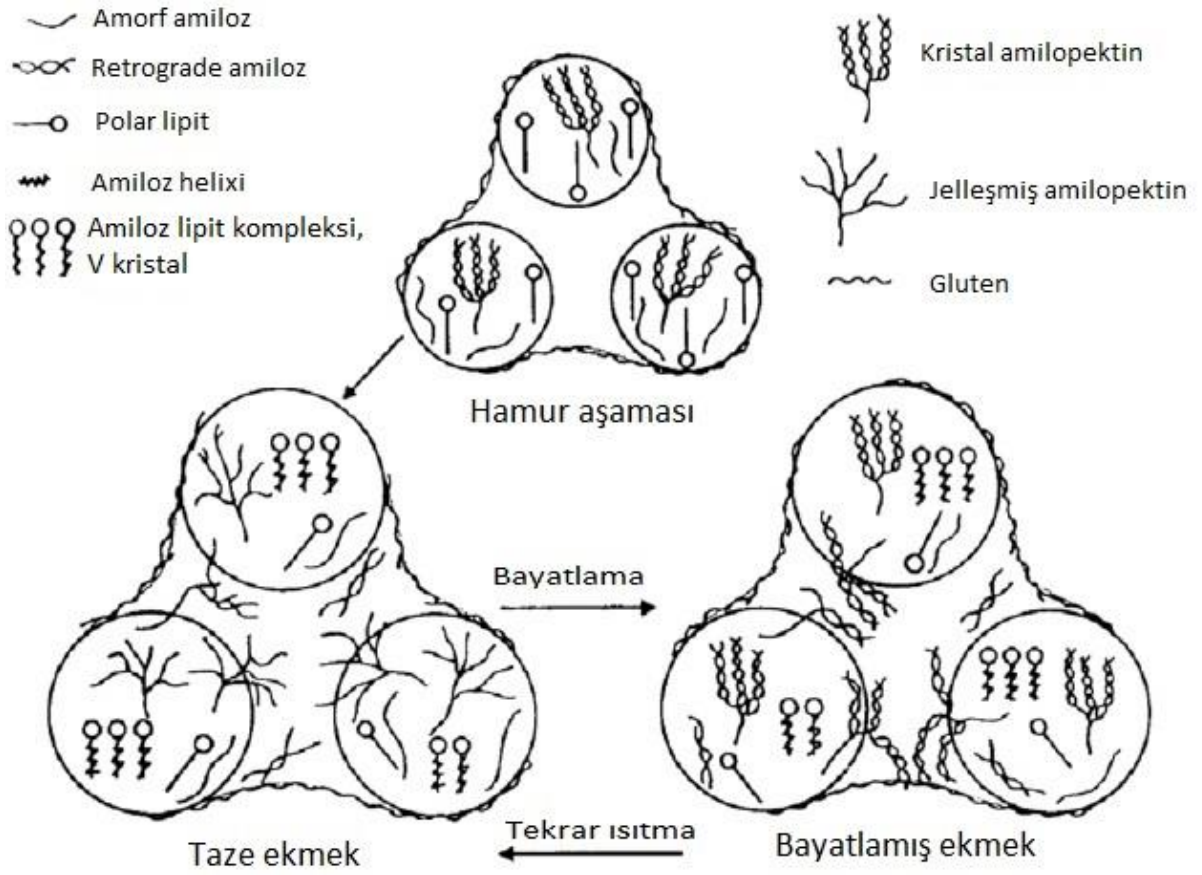


Şekil 2.4. Yüksek ve düşük glisemik indeks eğrileri (Nayak, Berrios ve Tang, 2014).

2.7. Ekmeğin Bayatlaması

Tanık (2006) tarafından yapılan anket çalışması sonuçlarına göre tüketicilerin %62'si ekmeğin geç bayatlaması hususunu çok önemli olarak değerlendirmişlerdir. Ekmek pişirildikten sonra soğurken şişmiş ve deforme olmuş nişasta granüllerinin çözülmüş amiloz içinde gömülü halde birbirine bağlandığı sürekli bir ağ yapısı oluşturur. Amiloz ekmeğin temel bir yapısal elementidir ve hızlı retrogradasyonu nedeniyle ekmeğin başlangıç sertliği üzerinde belirleyici bir faktördür (Eliasson ve Larsson, 1993). Depolama sırasında ekmek yavaş yavaş tazeliğini kaybeder ve bayatlar. Ekmek içi bayatlama sürecinde hamur, taze ekmek, bayat ekmek aşamalarında moleküler yapıları gösteren bir model (Zobel ve Kulp, 1996; Choi ve ark., 2008) Şekil 2.5'te verilmiştir.

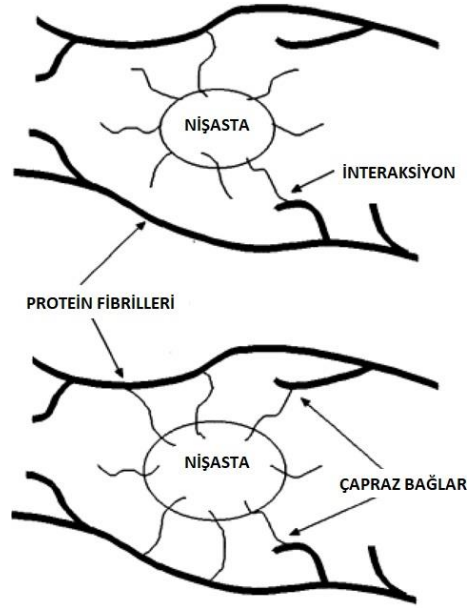
Ekmeğin Kabuğundaki Değişimler: Kabukta meydana gelen değişiklikler ekmek içinden farklıdır. Ekmek pişirildikten hemen sonra, kabuk sadece %2-5 oranında nem içerir. Bu koşullar altında, kabuk gevrek ve serttir. Su ekmek içinden dışarı doğru difüze oldukça, kabuk kırılabilirliğini kaybeder ve sertleşir, camsı durumdan plastik (şekil verilebilir) duruma geçer (Delcour ve Hosney, 2010).



Şekil 2.5. Ekmek içi bayatlama sürecinde hamur, taze ekmek ve bayat ekmek aşamalarında moleküler yapıları gösteren model (Zobel ve Kulp, 1996; Choi ve ark., 2008).

Ekmek İçindeki Değişimler: Ekmek içinde meydana gelen değişiklikler çok daha karmaşıktır. Yaklaşık 170 yıl önce ekmek içinin sertleşmesinin kurumaya bağlı olmadığı gösterilmiştir. Nem kaybı hiç olmasa bile sertleşme oluşabilir (Delcour ve Hosney, 2010). Ekmek bayatlaması genellikle ekmek içi sertlik ölçümü ile değerlendirilir. Bayatlama, ekmek hacmi ve ekmek iç yapısından etkilenir. Ekmeğin bayatlaması birçok etken ve mekanizmanın rol aldığı kompleks bir yapıdır (Gray ve BeMiller, 2003). Su göçü, nişasta fraksiyonlarındaki dönüşüm ve gluten-nişasta etkileşimleri bu süreci etkileyen en önemli faktörler arasında ifade edilmektedir (Martin, Zelaznak ve Hosney, 1991; Every ve ark., 1998). Martin, Zelaznak ve Hosney (1991) farklı bir ekmek sertleştirme modeli önermişlerdir (Şekil 2.6). Bu modelde, şişmiş nişasta granülleri ve gluten arasındaki çapraz bağlantıların rolü vurgulanmaktadır. Nişasta ve gluten arasındaki

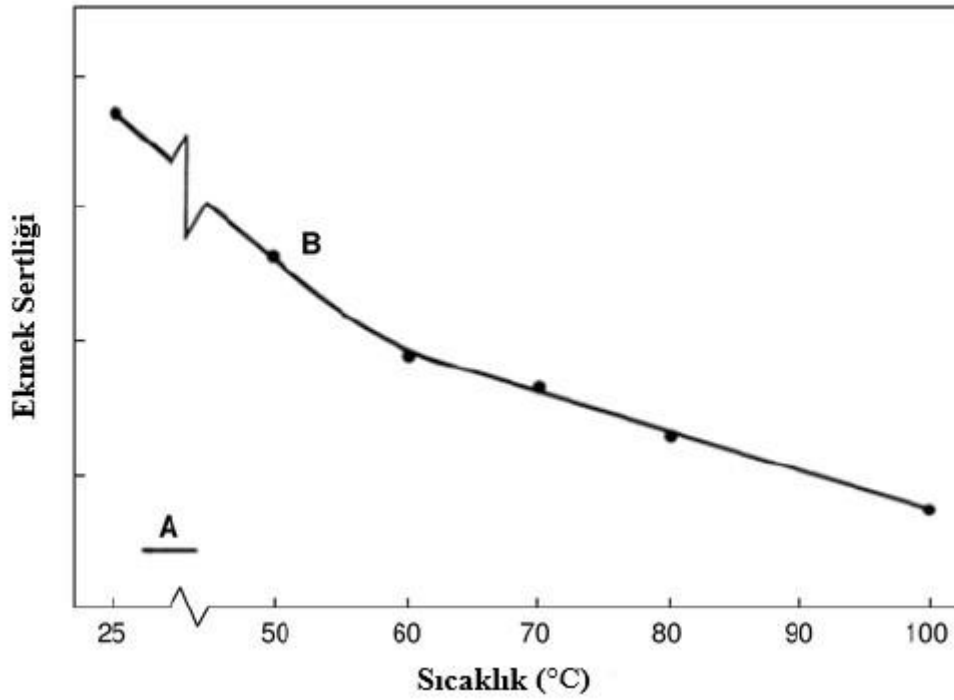
çapraz bağların ekmek içi sertliğini ortaya çıkardığı ileri sürülmektedir. Bu teoriye göre; daha az şişmiş nişasta daha düşük yüzey alanına sahiptir bu nedenle glutenle etkileşimi göreceli olarak azalır. Gluten ile daha az ya da daha zayıf çapraz bağlar meydana getirir, dolayısıyla sertlik oranı yani bayatlama azalır. Tamamen şişmiş nişasta granülü gluten ile daha çok ve daha güçlü çapraz bağlantılar oluşur ve bu süreç ekmek içi sertliğini yani bayatlamayı hızlandırır (Choi ve ark., 2008).



Şekil 2.6. Ekmek içi bayatlaması üzerinde, nişasta şişmesi ile nişasta ve gluten arasındaki çapraz bağların rolünü gösteren model (Martin, Zelaznak ve Hosenev, 1991).

Birçok bayatlama modelinde, depolama sırasında ekmek içi sertliğinin, genellikle amilopektin retrogradasyonu sırasında özellikle çift sarmal yapıların ve kristal bölgelerin oluşumundan kaynaklandığı düşünülmektedir (Zobel ve Kulp, 1996; Gray ve BeMiller, 2003). Ekmek soğuma aşamasında, amiloz neredeyse tamamen retrograde olduğu için, ekmek içi sertliğine etkisinin çok az olduğu söylenebilir. Amilopektin yan zincirinin yeniden organizasyonu sırasında, şişmiş granüllerin sertliğinin artmasına yol açar. Bununla birlikte, granüllerin merkezinde sıralı amiloz yapılarının oluşumunun da granül sertliğine katkıda bulunabileceği ifade edilmiştir (Hug-Iten, Escher ve Conde-Petit, 2003). Ek olarak, nişasta amorf bir yapıdan yavaşça kısmi kristal (semi-crystalline) bir yapıya dönüşür ve B tipi X-ışını kırınım deseni gözlenir. Bununla birlikte, genellikle

nişastanın kristal yapı düzeyi ile ekmeğin sertliği arasında zayıf bir korelasyon gözlenir. Bu durumun ekmeğin sertliğinde, büyük nişasta moleküllerinin (amilopektin ve / veya amiloz) birden fazla kristal ve amorf bölgelerden geçmesi gibi, yapılandırılmış bir ağ oluşumunun, kristal kalitesi ve büyüklüğünden daha önemli bir faktör olabileceğini gösterdiği belirtilmiştir (Zobel ve Kulp, 1996).



Şekil 2.7. Oda sıcaklığında beş gün depolanan ekmeğin sertliği üzerinde farklı sıcaklıklarda belirli bir süre için ısıtmanın etkisi (B). (A: taze ekmeğin sertliği) (Delcour ve Hosney, 2010).

Nişasta granüllerindeki amilopektin ve amiloz bakımından zengin bölgelerin moleküller olarak yeniden organizasyonu ile, birbirine bağlı kristalitlerden oluşan yapılandırılmış bir ağ oluşumunun granül sertliğinin artmasına neden olduğu da ileri sürülmektedir (Hug-Itten, Escher ve Conde-Petit, 2003).

Bu bağlamda, son çalışmalarda mantıksal bir model tanımlanmaktadır. Bu model, amilozun kristalleştirilmesinin granül sertliğini ve birbirine bağlı kristalitler ve glutenden oluşan yapılandırılmış ağın oluşumunu arttırmasıdır. Böyle bir ağ yapısı ekmeğin başlangıç sertliğini belirler.

Depolama sırasında, amilopektin kristalleşmesinin bir sonucu olarak karşılaşılabilecek olgular ekmeğin sertliğine katkıda bulunur. Bu görüşün kanıtı, bayat ekmeğin en az 50-60 °C'ye ısıtıldığında geçici olarak taze ekmeğin özelliklerini tekrar kazanabilmesidir. Bu durum, amilopektin kristalitlerinin erimesinden kaynaklanır (Goesaert ve ark., 2005; Delcour ve Hosney, 2010). Bununla birlikte, ekmeğin daha fazla ısıtıldığında sertliğini kaybetmeye devam eder (Şekil 2.7). Şekil 2.7'de beş gün önce üretilen ekmeğin 100 °C'ye ısıtılarak sertliğinin neredeyse taze ekmeğin (A) sertlik seviyesine kadar azaltılabileceği görülmektedir (Delcour ve Hosney, 2010).

2.8. Buğdayın Besinsel ve Fonksiyonel Özellikleri

Sağlığa faydalı bileşenler büyük oranda tahılların embriyo ve kepek kısımlarında yer almakta olup tam tahıllı ürünlerin tüketilmesi kronik hastalıkların önlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Tam buğday ekmeği, beyaz ekmeğin ile karşılaştırıldığında fenolik asit, antioksidan aktivite, vitamin, mineral, çözünür/çözünmez arabinoksilan/besinsel lif bakımından daha zengin bir kaynaktır. Yapılan birçok çalışma, tam buğday ürünleri tüketiminin sağlık yararlarını ortaya koymaktadır.

2.8.1. Besinsel Lifler

Doğal olarak oluşan besinsel lifler, insanlarda ince bağırsakta enzimatik sindirime ve emilmeye dirençli, kalın bağırsakta kısmi veya tam fermentasyona maruz kalan ve dışkı kütlelerine eklenen yenilebilir karbonhidratlardır (Phillips ve Cui, 2011; Butardo ve Sreenivasulu, 2016). Besinsel lifler suda çözünürlüklerine göre suda çözünen ve suda çözünmeyen besinsel lif diye kategorize edilirler. Genel olarak değerlendirildiğinde çözünür besinsel lifler çoğunlukla pektinlerden, çözünmez olanlar ise selüloz, hemiselüloz ve ligninlerden oluşurlar (Butardo ve Sreenivasulu, 2016).

Suda çözünen ve çözünmeyen besinsel lifler insan sağlığı üzerinde farklı fizyolojik etki gösterir (Vasanthan ve ark., 2002). Önemli bir besinsel lif kaynağı olan hububat kepeklerinin genelde çözünmez besinsel lif içerikleri yüksek fakat çözünen besinsel lif içerikleri düşüktür. Çözünür besinsel lif, suyu bağlayarak jel yapısı oluşturmaktadır. Çözünmeyen besinsel lif ise çok fazla su absorbe etmekte, ancak viskoz yapı

oluşturmamaktadır. Çözünmeyen besinsel lif bağırsak sağlığı ile ilgiliyken, çözünür besinsel lif, temel olarak kandaki kolesterolün düşürülmesi ve glukozun bağırsaktaki absorpsiyonunun azaltılması ile ilişkilidir. Sağlık açısından birçok faydası olan besinsel liflerin, günlük beslenme programına dahil edilmesi önerilmektedir (Ktenioudaki, 2012). Amerikan Tıp Enstitüsü Gıda ve Beslenme Kurulu (Food and Nutrition Board of the Institute of Medicine (IOM)) tarafından koroner kalp hastalığına karşı koruduğu gözlemlenen besinsel lif alım düzeyleri yaş gruplarına göre belirlenmiştir (Çizelge 2.3). Genç erkekler ve kadınlar için yeterli günlük toplam besinsel lif alımı sırasıyla 38 ve 25 g / gün olarak belirlenmiştir (IOM, 2005; Slavin, 2005).

Çizelge 2.3. Günlük önerilen toplam besinsel lif tüketim miktarları (IOM, 2005; Slavin, 2005).

Gruplar	Önerilen yeterli tüketim miktarı (g/gün)	
	Erkek	Kadın
1 - 3 yaş	19	19
4 - 8 yaş	25	25
9 - 13 yaş	31	26
14 - 18 yaş	38	26
19 - 30 yaş	38	25
31 – 50 yaş	38	25
51 – 70 yaş	30	21
>70 yaş	30	21
Hamileler		28
Emziren anneler		29

Besinsel liflerin insan sağlığı üzerinde farklı birçok etkisi bulunmaktadır. Birincisi besinsel liflerin bağırsak fonksiyonları üzerine etkileridir. Besinsel lif tüketiminin artması ile dışkı miktarının arttığı ve transport süresinin kısaldığı belirtilmektedir. Dışkı ağırlığındaki artış esas olarak besinsel liflerin su bağlama özellikleri ile ilgilidir (McBurney, 2010; Köksel, 2014)

Besinsel liflerin insan sağlığı üzerine ikinci etkisi karbonhidrat metabolizması üzerine etkileridir. Yüksek oranda besinsel lif tüketimi serum glukoz düzeyini ve insülin gereksinimini düşürerek sağlık için olumlu etkiler yapmaktadır. Besinsel lif içeriği bakımından zengin bir diyet yerini yağ ve Őeker bakımından zengin bir diyete bıraktığında, fazla kilo alımına neden olmaktadır (Köksel, 2014).

Besinsel liflerin insan sağlığı üzerine üçüncü etkisi mineral absorpsiyonu üzerine etkileridir. Besinsel lif içeriği yüksek gıdalar besinsel lif içeriği düşük gıdalara göre daha yüksek oranda mineral madde içerirler ve bu nedenle vücuda alınan mineral madde miktarını arttırlar. Ancak, kepektaki yüksek fitik asit seviyesi mineral biyoyararlanım değerleri üzerinde olumsuz etki yapabilir (Köksel, 2014). Fitik asit seviyesi ve mineral biyoyararlanım arasındaki ilişkiler bu literatür araŐtırmasının ilgili bölümünde ele alınmıştır.

Besinsel liflerin dördüncü ve son etkisi ise serum lipitleri üzerine olumlu etkileridir. znr lifler bağırsaktaki safra asitlerini ya da kolesterolü bağlayarak vücutta yeniden emilimini önleyebilirler. Karaciğer böylece kan dolaŐımından daha fazla LDL kolesterol alır ve kandaki LDL kolesterol konsantrasyonunu düşürür (Sharma, Yadav ve Ritika, 2008). znmez besinsel lifler bağırsak hareketini iyileŐtirmeye ve safra asidi atılımını arttırmaya yardımcı olurken, çözünür besinsel lifler ise glikoz emilimini yavaŐlatabilir ve böylece kan insülin seviyelerini düzenlemeye yardımcı olurlar (Moore, Park ve Tsuda, 1998; Ragae ve ark, 2012; Köksel, 2014).

Tahıl tanelerindeki besinsel liflerin önemli kısmını nişasta dışı polisakkaritler, oligosakkaritler (OS) ve ligninler oluşturur. Besinsel lifler, çoğunlukla endosperm ve alöron'un hücre duvarındaki materyalden oluşur (Butardo ve Sreenivasulu, 2016).

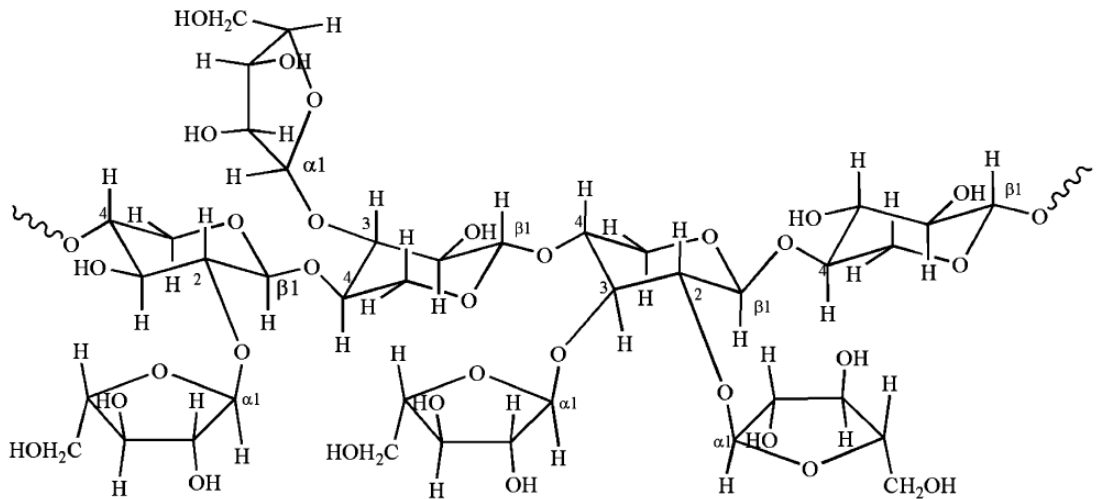
2.8.2. Arabinoksilanlar

Hububat tanelerinin yapısında yer alan arabinoksilanlar (AX) nişasta dışı polisakkaritlerdir ve pentozan olarak da ifade edilirler (Şekil 2.8). Arabinoksilanlar esas olarak ksiloz ve arabinozdan oluŐmakta olup yapısal olarak, β -1,4 ksiloz omurgasının 2.

ve/veya 3. karbon atomuna bağlı arabinoz birimlerinden oluşmaktadır. Bu da esneklik derecelerinin değişmesi ile düzensiz bir sarmal konformasyonu oluşturur (Ramseyer, Bettge ve Morris, 2011).

Arabinoksilanlar buğday, çavdar, arpa, yulaf, pirinç ve sorgumda ve diğer bazı bitkilerde tanımlanmıştır. Bu polisakkaritler, tahıl tanelerinin minör bileşenleri olmasına rağmen, bitki hücresi duvarlarının önemli bir parçasını oluştururlar (Izydorczyk ve Biliaderis, 1995; Bajpai, 2014).

AX molekülleri, ekstrakte edilebilirliklerine göre suda çözünen (water extractable arabinoxylan; WEAX) ve suda çözünmeyen (water unextractable arabinoxylan; WUAX) arabinoksilanlar olmak üzere iki gruba ayrılırlar (Delcour, Win ve Grobet, 1999; Gebruers, Courtin ve Delcour, 2009). WUAX ve WEAX farklı fizikokimyasal özelliklere sahiptir (Ramseyer, Bettge ve Morris, 2011). Suda çözünen arabinoksilanlar çözeltilerde viskoz yapı oluşturabilme kabiliyetlerinin yanı sıra oksidatif ajanlarla muamele edildiklerinde jel oluşturabilme kapasitesine de sahiptir. Yüksek düzeydeki su bağlama kapasiteleriyle ekmek yapım kalitesi, nişasta retrogradasyonu ve hamur reolojik özelliklerinde önemli rol oynarlar (Boz, 2015).



Şekil 2.8. Arabinoksilanın kimyasal yapısı (Ahuja, Bhatia ve Saini, 2016).

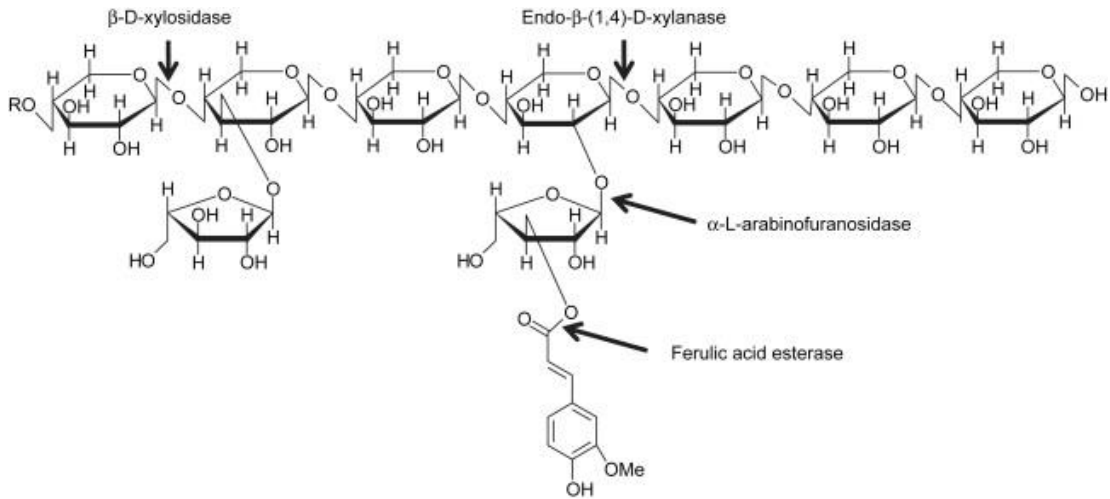
Buğdayın yapısında %4.1 - 9.0 arasında değişen oranlarda arabinoksilan bulunmaktadır (Rosicka-Kaczmarek ve ark., 2016). Arabinoksilan konsantrasyonu buğday çeşitlerine göre farklılık göstermektedir (Ramseyer, Bettge ve Morris, 2011) ve ayrıca çevre de arabinoksilan konsantrasyonu üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Izydorczyk, Biliaderis ve Bushuk, 1991; Finnie, Bettge ve Morris, 2006; Gebruers ve ark., 2010).

Arabinoksilanlar ile ilişkili birçok sağlık faydası olduğu bilinmektedir. Bazı sağlık faydaları, bağışıklık sistemini güçlendirmesi, antitümör aktivitesi, dışkı hacminin artması, kolesterol seviyelerinin düşürmesi, bazı minerallerin emilimini artırması ve prebiyotik etkisi şeklinde bildirilmiştir (Courtin ve Delcour, 2002; Mendis ve Şimşek, 2014; Chen ve ark., 2019). Ek olarak, arabinoksilanlar postprandiyal glikoz ve insülin tepkileri üzerinde iyileştirici etkiye de sahiptir (Lu ve ark., 2000).

Garcia ve ark. (2007) tarafından yedi kadın ve dört erkek yetişkin üzerinde yapılan klinik çalışmalarda, kişilerde günlük 15 gram arabinoksilan içeren ekmek tüketimi ile postprandiyal metabolik yanıtların iyileştiği ve toplam “ghrelin” yanıtının azaldığı tespit edilmiştir. Aynı ekip tarafından yapılan bir diğer çalışmada, günlük 15 gram arabinoksilan içeren ekmek tüketimi ile bozulmuş glikoz toleransı olan kişilerde açlık serum glikozu ve trigliseritlerde iyileşme sağlandığı belirtilmiştir (Garcia ve ark., 2006).

Buğday unu içinde az miktarda bulunmasına rağmen, AX'ler benzersiz fizikokimyasal özellikleri nedeniyle hamur özelliklerini büyük ölçüde etkilerler (Dervilly ve ark., 2000). Arabinoksilanlar, retrogradasyon sürecini yavaşlatarak, bayatlama sırasında nişasta jellerinin sertleşmesini geciktirici etki göstermektedir (Kim ve D'Appolonia, 1977). Sert buğday ürünlerinde özellikle mayalı ekmeklerde yüksek oranda suda çözünen arabinoksilan varlığı daha yüksek ekmek hacmi ve kalitesi ile ilişkilendirilmekte olup, suda çözünmeyen arabinoksilanın yüksek olması ise tam tersi etkiye sahiptir (Courtin ve Delcour, 2002). Hem suda çözünen hem de suda çözünmeyen arabinoksilanların su tutma kapasitelerinin oldukça yüksek olduğu ve özellikle suda çözünmeyen fraksiyonun kendi ağırlığının 6.7 - 9.9 katı kadar su tutabildiği bildirilmektedir (Boz, 2015).

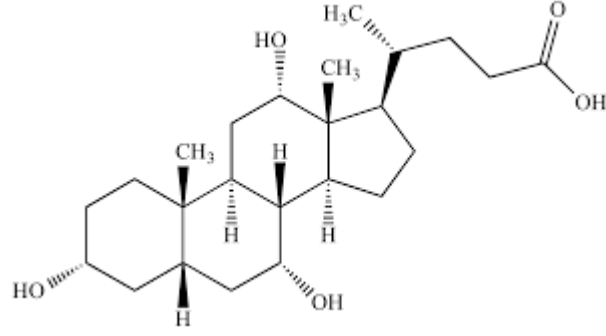
Ksilanaz, arabinoksilan yapısı ve fonksiyonelliği üzerinde büyük etkiye sahiptir. Arabinoksilanları parçalayan enzimlerin etki mekanizması Şekil 2.9’da verilmiştir (Dornez ve ark., 2009). Endoksilanaz, ksilan zincirini rasgele parçalar, polimerizasyon derecesinde düşüğe sebep olur ve ksiloz, ksilobiyoz ve oligomerlerin konfigürasyonlarını koruyarak, serbest bırakır (Courtin ve Delcour, 2002). Hububat işleme endüstrisinde sıklıkla kullanılan endoksilanaz; WUAX’ı çözünür yaparak, WEAX’ı parçalayarak, AX’i çözünür yaparak ve düşük moleküler ağırlıklı AX’e dönüştürerek, işleme ve ürün kalitesini iyileştirmek için kullanılmaktadır (Gebruers, Courtin ve Delcour, 2009). Spesifik ksilanaz eklenmesi suda çözünmeyen arabinoksilanları çözünen arabinoksilanlara dönüştürmektedir. Ekmek kalitesini artırmak için genellikle ksilanazlar ekmek formülasyonlarına eklenir (Dornez ve ark., 2008; Kiszona, Fuerst ve Morris, 2013).



Şekil 2.9. Arabinoksilanı parçalayan enzimlerin etkisi (Dornez ve ark., 2009).

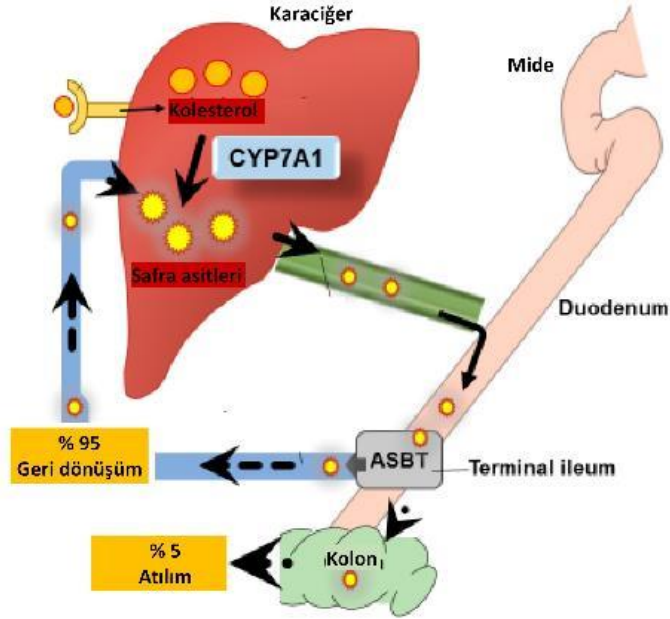
2.8.3. Safra Asitleri, Metabolizması ve Sağlık Üzerine Etkileri

Safra asitleri (SA) karaciğerde sadece kolesterolden sentezlenen ve safraya salgılanan, safra kanalı yolu ile ince bağırsağa geçen, kolesterol metabolizmasının son ürünleridir (Engelking, 2015). Başlıca safra asitlerinden biri olan kolik asitin moleküler yapısı Şekil 2.10’da verilmiştir.



Şekil 2.10. Safra asidinin moleküler yapısı (Kolik asit).

SA yağların ince bağırsakta sindirimi için gereklidir. SA normalde ileumda pratik olarak tamamen emilir ve enterohepatik döngü yoluyla karaciğere gönderilirler. Yağ metabolizmasında rol oynayan safra asitleri ve safra tuzları karaciğerde kolesterolden sentezlenmektedir. Safra asitlerinin vücuttaki döngüsü Şekil 2.11’de verilmiştir (Chambers ve ark., 2019).



Şekil 2.11. Safra asitlerinin enterohepatik döngüsü (Chambers ve ark., 2019).

Glikolik asit (GCA) ve taurokolik asit (TCA) gibi safra tuzları, besinsel yağları safra asidi ve trigliserollerin karışımına dönüştüren biyolojik deterjanlar olarak işlev gören bileşiklerdir (Sharma, 2012). Safra tuzlarının çoğunluğu ince bağırsaktan difüzyon ve

aktif transportla emilirler. Salgılanan safra asitleri bağırsakta, çoğunlukla ileumda yeniden emilir. Absorbe edilen safra asitleri kana girerek tamamına yakını karaciğer hücrelerine geçerek safrayla salgılanırlar. Bu duruma safra tuzlarının enterohepatik döngüsü denilmektedir (Üçok ve ark., 2010).

İnsan vücudunda genel olarak bulunan safra asitleri glikolik (GCA), glikodeoksikolik (GDC), glikoçenodeoksikolik (GCDCA), taurokolik (TCA), taurodeoksikolik (TDCA), tauroçenodeoksikolik (TCDCA) asitlerdir (Gowda ve ark., 2009; Yang, Jayaprakasha ve Patil, 2017). İnsan vücudunda kolik asit (CA), çenodeoksikolik asit (CDCA) ve deoksikolik asit (DCA) yaklaşık 4: 4: 2 oranında bulunur. İnsanlarda safra asidi havuzunda glisin: taurin safra asitleri oranı 3: 1 iken taurokolik asit (TCA) ve taumurikolik asit (tauro- α -MCA plus tauro- β -MCA) yaklaşık 1: 1 oranında bulunur (Chiang ve Ferrell, 2019).

Normalde safra asitlerinin % 95'i enterohepatik döngü ile karaciğere geri döner, % 5'i ise dışkı ile atılır (Chambers ve ark., 2019). Safra asitlerinin oluşturduğu yaklaşık 2-4 g havuz, yemek büyüklüğü ve sıklığına bağlı olarak, günde ortalama 6-8 kere dolaşıma girer. Vücutta günde ortalama olarak 0.6 g safra asidi üretilir (Üçok ve ark., 2010).

Lifli gıdalar tüketilince, lifler ince bağırsakta safra asitlerini bağlarlar ve geri emilimi azaltıp kalın bağırsağa gönderimini arttırarak daha fazla safra asidi salgılanmasını sağlarlar. Safra asitleri lifler tarafından tutulursa, geriye dönemeyip dışkı ile atılmaktadır. Safra asiti miktarındaki azalma, kandaki kolesterolün karaciğerde safra asitlerine dönüştürülmesi ile karşılanmakta ve serum kolesterol seviyesini düşürmektedir (Gallaher ve Hassel, 1995; Dongowski, 2007; Kusters ve Karpen, 2008; Köksel, 2014). Birçok çalışmada besinsel liflerin safra asidi ve kolesterol metabolizmasına olumlu etkileri olduğu gösterilmiştir.

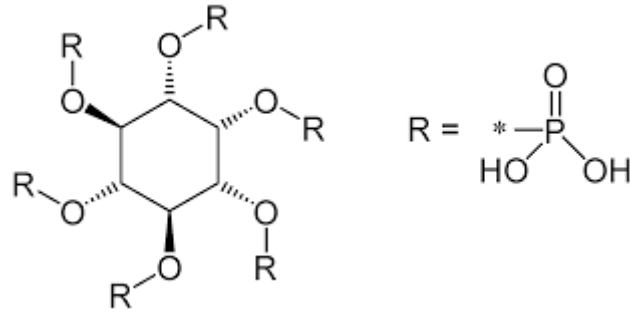
Zacherl, Eisner ve Engel (2011) yaptıkları çalışmada 3 farklı safra asidi ile (taurokolik asit, taurodeoksikolik asit, glikolik asit) yulaf lifinin safra bağlamasını

değerlendirmişlerdir. Kolestiramine oranla taurokolik asit, taurodeoksikolik asit ve glikolik asitin safra bağlama değerleri sırasıyla %61, %65 ve %67 olarak bulunmuştur.

2.8.4. Fitik Asit

Fitik asit tahıllar başta olmak üzere kabuklu meyveler, baklagiller, bazı yumru ve kök bitkilerinde bulunan, 6 fosfat grubu içeren basit halkalı yapıda bir bileşiktir (Şekil 2.12). Tahılların tane ağırlığının yaklaşık %1-2'sini fitik asit oluşturmakta ve bu oran bazen %3-6'ya kadar çıkabilmektedir (Febles ve ark., 2002). Tahıllar yaklaşık %1.5-2.5 oranlarında mineral madde içermekte ve mineral maddeler arasında en yüksek konsantrasyonda bulunan mineralin fosfor olduğu belirtilmektedir (Bock, 2000). Fitik asit, tanede yer alan fosforun yaklaşık %65-80'lik kısmını oluşturmaktadır (Raboy, 1997).

Genellikle fitik asidin %90'ı alöron tabakasında ve sadece %10'u embriyoda bulunmaktadır. Tahıllarda fitik asit içeriğini etkileyen birçok genetik ve çevresel faktörler (çeşit, lokasyon, toprak tipi ve gübre uygulaması gibi) bulunmaktadır (Dost ve Tokul, 2006).



Şekil 2.12. Fitik asit.

Bitki fizyolojisi bakımından önemi bilinen bu bileşiğin insan sağlığı açısından da olumlu ve olumsuz etkileri olduğu bildirilmektedir. Ulusal Kanser Enstitüsü tarafından ilk defa fitik asidin antikanserojen yönü değerlendirilmiş ve kolon kanseri riskini azaltabileceği belirtilmiştir (Graf ve Eaton, 1993). Fitik asitin demir ile kelat oluşturması serbest radikallerin, aktif oksijen türlerinin ve lipid peroksidasyonunun oluşumunu, protein ve DNA'da hasar meydana gelmesini engellemektedir (Zhou ve Erdman, 1995).

Fitik asidin gıdalarımızdan tamamen uzaklaştırmanın gerekli olmadığı, fakat kabul edilebilir seviyelerde tutulması gerektiği bildirilmektedir. Bireysel ihtiyaçlara göre, örneğin 6 yaş altı çocuklar, hamile kadınlar veya ciddi hastalığı olanlar mümkün olduğunca düşük fitik asit içeren gıdaları tüketmelidir (Coulibaly, Kouakou ve Chen, 2011). Fitik asidin bu olumsuz özelliklerini gidermek için çeşitli gıda üretim metotlarından yararlanılmaktadır (Bilgiçli, 2002).

2.8.5. Fenolik maddeler

Bütün bitkiler metabolizmalarında, sekonder metabolit olarak ve büyük bir olasılıkla kendilerini bazı zararlılara karşı korumada rolleri olduğu düşünülen çok sayıda fenolik madde içermektedir. Bu nedenle, bitkisel kökenli bütün gıdalarda daima farklı nitelikte ve miktarda çeşitli fenolik bileşikler bulunmaktadır. Fenolik bileşikler meyve ve sebzelerin kendilerine özgü buruk tadını verirler. Bu algılama, fenolik bileşiklerin ağız mukozasındaki protein ve polisakkaritlerle gerçekleşen tepkimelere bağlanmaktadır (Acar ve Gökmen, 2014).

Gıda bileşeni olarak fenolik bileşikler; insan sağlığı açısından işlevleri, renk oluşumu ve değişimine katılmaları, koku ve tat oluşumundaki etkileri, enzim inhibisyonuna neden olmaları, antimikrobiyel ve antioksidatif etki göstermeleri ve değişik gıdalarda saflık kontrol kriteri olmaları gibi birçok açıdan önem taşımaktadır (Naczki ve Shahidi, 2004; Shadidi ve Liyana-Pathirana, 2008; Acar ve Gökmen, 2014). Fenolik bileşikler gıdalarda renk maddesi olarak buldukları gibi, renk değişimlerine de neden olurlar. Renk değişimleri arasında en önemlisi enzimatik esmerleşmelerdir. Fenolik bileşiklerin oksidasyonuna neden olan bu reaksiyonları katalize eden enzimlere genel olarak polifenoloksidaz enzimleri (PPO) adı verilmektedir. Gıdalarda yaşanan enzimatik esmerleşme durumu, kalite kaybı olarak değerlendirilmekte olup bu sebeple meyve ve sebzelerin işlenmeleri aşamasında fenolik maddelerin oksidasyonları farklı yöntemlerle engellenmeye çalışılmaktadır.

Fenolik bileşiklerin diğer bir özelliği de antioksidan etkileridir. Gıdaların aroma, lezzet ve renk gibi özellikleri üzerinde oldukça etkili olan fenolik bileşikler, son yıllarda bu

özelliklerin yanında iyi birer antioksidan, enflamasyonlara karşı koruyucu, anti-kanserojen ve hücrelerdeki bazı önemli enzimler üzerinde önemli fonksiyonlara sahip bileşenler olarak önem kazanmışlardır (Shadidi ve Liyana-Pathirana, 2008; Tacer, 2008). Doğada çok sayıda farklı doğal antioksidan bileşiği varolmasına karşın, fenolik asitler, güçlü antioksidanlar olarak bunların aralarında en fazla araştırılan bileşiklerdir (Gallardo, Jimenez ve Garcia-Conesa, 2006). Antioksidan etki, fenol halkasında –OH grubunun sayısı arttıkça artmakta ve aynı bileşikte ise bu etki, meta-, ortot-, ve para- sırası ile yükselmektedir. Serbest radikalleri nötralize etme özelliği bulunan antioksidanlar, hastalıklarının önlenmesinde çok önemli rol oynamaktadır. Sağlık üzerine birçok faydası bulunan fenolik bileşiklerin vücut tarafından kullanılabilmesi için daha çok serbest/çözünen formda olması gerekmektedir.

Gıdaların polifenol içeriği, çeşit, iklim, coğrafi bölge, toprak, olgunluk derecesi gibi faktörlerden etkilenmektedir (Irmak, Jonnala ve MacRitchie, 2008). Fenolik maddeler, bitkilerde homojen şekilde dağılmamaktadır. Suda çözünmeyen fenolikler hücre duvarının bileşeni iken, suda çözünenler bitki hücresinin içinde yer alırlar. Bitkisel dokuda bitkinin dış tabakasında iç tabakasına kıyasla daha fazla fenolik madde bulunmaktadır (Shadidi ve Liyana-Pathirana, 2008). Fenolik bileşikler, fenolik asitler, flavonoidler ile küçük moleküllü bileşikleri kapsarlar. Bunların arasından, gıdaların yapılarında yer alan flavonoidler ve fenolik asitler öne çıkmaktadır (Acar ve Gökmen, 2014).

Fenolik asitler hidroksisinnamik asit ve hidroksibenzoik asit olmak üzere iki ana gruba ayrılabilir (Kim ve ark., 2006; Li, Shewry ve Ward, 2008; Ward ve ark., 2008). Bunların dışında, kumarinler, stilbenler, hidrolize ve kondense tanenler, kalkonlar, lignan ve ligninler de bulunmaktadır. Hidroksisinnamik asitler esas olarak türev olarak bulunurlar. En yaygın olanları, p-kumarik, kafeik, ferulik ve sinapik asitlerdir ve meyve ve sebzelerde yaygın fenoliklerdir. Çeşitli meyvelerde bulunan ve çoğunlukla esterler olarak ortaya çıkan hidroksibenzoik asitler ise şunları içerir: salisilik asit (2-hidroksibenzoik asit), 4-hidroksibenzoik asit, gentsik asit (2,4-dihidroksibenzoik asit), protokateşuik asit (3,4-dihidroksibenzoik asit), gallik asit (3,4,5-trihidroksibenzoik asit), vanilik asit (3-metoksi-

4-hidroksibenzoik asit), ellajik asit (hekzahidroksidifenik asidin dilaktonu) ve srinjik asit (Verma, Hucl ve Chibbar, 2009; Zhang ve ark., 2012).

Fenolik asitler en çok buğdayın kepek bölümünde bulunmaktadır. Bu asitler genellikle hücre duvarı yapısında yer alan selüloz, lignin ve proteinlere ester bağı ile bağlı formda bulunurlar (Parker, Ng ve Waldron, 2005). Dykes and Rooney (2007) tarafından yapılan çalışmada buğday tanesi ve kepeğinin toplam fenolik madde miktarı sırasıyla 1342 ve 4527 µg/ g olarak belirlenmiştir.

2.8.6. Mineral Madde

Vücut tarafından çok miktarda ihtiyaç duyulan mineraller makro mineraller, az miktarlarda ihtiyaç duyulan mineraller ise mikro mineraller (iz mineraller) olarak adlandırılır. Kalsiyum, fosfor, sodyum, potasyum, klor, magnezyum ve kükürt (Ca, P, Na, K, Cl, Mg, S) makro elementler (temel elementler) olarak adlandırılırlar. Demir, iyot, bakır, mangan, çinko, kobalt, molibden, selenyum (Fe, I, Cu, Mn, Zn, Co, Mo, Se) ise mikro elementler (eser ya da iz elementler) olarak sınıflandırılır (Topçu, Saldamlı ve Sağlam, 2014).

Mineral maddelerin buğday tanesi içerisinde dağılımı düzenli şekilde değildir. Genellikle mineral maddelerin miktarı merkezden endospermin dışına doğru gittikçe artmaktadır. Kabuk ve embriyoda bulunan mineral madde miktarı buğday tanesinde bulunan mineral madde miktarının yaklaşık 2-5 katı kadardır (Ekinci ve Ünal, 2002). Demir, potasyum, kalsiyum, mangan, çinko ve fosfor mineralleri, yüksek konsantrasyonda buğdayın alöron ve skutellum tabakalarında yer alırken, endospermde düşük konsantrasyonda bulunurlar (Borg, 2009). Buğdaydaki mineral madde kompozisyonu üzerine etkili olan başlıca faktörler çeşit, lokasyon, toprak özellikleri ve iklimdir (Anglani, 1998).

Hussain ve ark. (2010) tarafından yapılan bir çalışmada farklı lokasyonlardan 321 yazlık ve kışlık buğday genotipleri 12 önemli mineral bakımından analiz edilmiştir. Genotipler, hat, eski yerel çeşitler, ilkel buğdaylar, eski çeşitler ve çeşitlerden oluşmaktadır. Genotipler arasında mineral madde konsantrasyonuna en fazla etki eden faktör çevre

olarak bulunmuştur. Modern buğday çeşitleri ile karşılaştırıldığında eski çeşitlerin ve ilkel buğdayların bazı mineralleri daha yüksek konsantrasyonda içerdiği tespit edilmiştir.

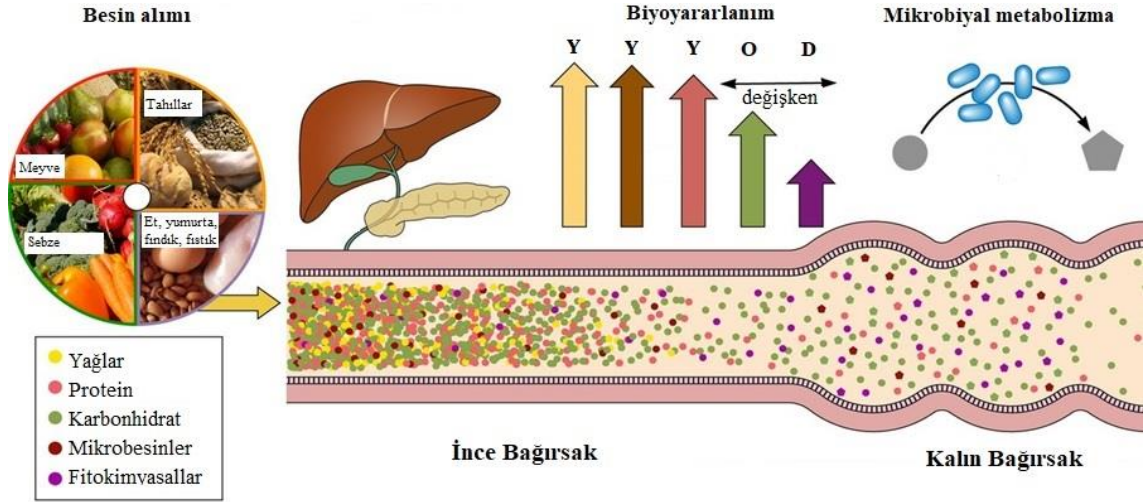
Akcura ve Kokten (2017) tarafından yürütülen çalışmada, 100 ekmeklik buğday genotipi (86 yerel çeşit, 14 modern çeşit) dokuz mineral madde içeriği açısından değerlendirilmiştir. Yerel ve modern çeşitler karşılaştırıldığında, birçok yerel çeşidin Fe, Zn ve Mn içeriği bakımından daha zengin olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada; yerel çeşitler, buğday ıslah programlarında mineral madde açısından zengin yeni çeşit geliştirme amacıyla gen kaynağı olarak kullanılabilir sonucuna varılmıştır.

2.8.7. Mineral Madde Biyoyararlanımı

Bir elementin bir gıda kaynağında veya diyetdeki toplam miktarını belirlemek, besinsel değeri hakkında sınırlı bir bilgi elde etmemizi sağlar. Elementin vücuttaki yararlanımının bilinmesi bu nedenle çok önemlidir. Biyoyararlılık, bir gıda ürününde bulunan bileşenin vücudumuzda sindirildikten sonra fizyolojik fonksiyonlara katılması için kullanılan ya da depolanan miktarın başlangıç değerine oranı şeklinde ifade edilir. Genellikle, biyoyararlanım, tüketilen bir besin maddesinin veya bileşiğin bağırsakta emilerek sistemik dolaşıma ulaşan, fizyolojik fonksiyonlar ve / veya depolama için kullanılabilen kısmıdır (Turnlund, 1991; Archetti, 2006; Bohn, 2014; Angelino ve ark., 2017). İnsan vücudunda ince bağırsakta gerçekleşen besinlerin biyoyararlanımı Şekil 2.13'te verilmiştir (Reese ve Carmody, 2019).

Minerallerin biyoyararlanımlarının saptanmasında kullanılan metotlar; kimyasal denge çalışmaları, *in vitro* testler, insanlarda *in vivo* ölçümler, radyoaktif testler ve hayvan denemeleri gibi yöntemlerdir (Topçu, Saldamlı ve Sağlam, 2014). Mineral maddelerin biyoyararlılığının *in vitro* olarak tahmininde sindirim sistemi simülasyonu kullanılmaktadır. Biyoyararlanım, ideal olarak insanlarda *in vivo* ölçümlerle belirlenmelidir. Bununla birlikte, bu tür çalışmalar zordur, yüksek maliyetlidir ve sınırlı veri sağlar. Hayvan deneyleri daha ucuz olmakla birlikte, hayvanlar ve insanlar arasındaki metabolik farklar konusundaki belirsizlikler ile bir ölçüde sınırlıdır. İnsan ve hayvan

çalışmalarına (*in vivo*) bir alternatif olarak son yıllarda basit, hızlı ve ekonomik olan *in vitro* yöntemler kullanılmaya başlanmıştır (Amalraj ve Pius, 2015a).



Şekil 2.13. İnce bağırsakta besin maddelerinin biyoyararlanımı (Reese ve Carmody, 2019).

(Y:yüksek, O:orta, D:düşük)

Buğdayın yapısında bulunan hemiselüloz, selüloz ve lignin bazı minerallerin bağlanmasını etkileyebilir. Lignin bazı mineralleri (Ca, Zn, Fe ve Mg) büyük oranlarda bağlayabilirken, selüloz sadece küçük miktarlara bağlayabilir (Camire ve Clydesdale, 1981). Bir çalışmada, buğdaydan izole edilen toplam besinsel lif ve lif bileşenlerinin Zn ve Cu minerallerini bağlaması belirlenmiştir. Toplam besinsel lif bakırı daha fazla bağlarken, hemiselüloz, lignoselüloz ve lignin gibi lif bileşenlerinin çinkoyu daha fazla bağladığı görülmüştür. Ayrıca protein, hemiselüloz ve lignin kombinasyonu ile Zn bağlama kapasitesi arasında güçlü bir korelasyon bulunmuştur (Claye, Idouraine ve Weber, 1996; Anglani, 1998).

Tahıl ürünlerindeki fitatlar gibi besinsel liflerle ilişkili bileşikler insanlarda minerallerin (kalsiyum, magnezyum, çinko ve manganez gibi) emilimini azaltmaktadır. Çözünür

liflerin mineral emilimi üzerindeki etkilerinin karakterize edilmesi daha zordur. Bu çözünür lif formlarının tüketilmesi ile bağırsakta viskoziteyi arttırdığı, fermentasyonu ve kalın bağırsağın giriş bölümünde (cecum) uçucu yağ asitlerinin üretimini arttırdığı çeşitli çalışmalarda bulunmuştur. Bu nedenle, diyetle çözünür besinsel lif formlarının ilave edilmesinin, minerallerin emilimini arttırdığı bulunmuştur (Greger, 1999). Minerallerin vücutta emilimi %1 ile %90 arasında değişmektedir. Diyetin yeterli olup olmadığını belirlerken diyetle yer alan minerallerinin biyoyararlanımı dikkate alınmalıdır (Turnlund, 1991). Minerallerin vücutta biyoyararlanımı bir dizi faktöre bağlıdır. Potasyum ve sodyum minerallerinin biyoyararlanımı genellikle yüksektir. Diğer minerallerin biyoyararlanımı ise genellikle değişkendir. Biyoyararlanımı etkileyen faktörler, diyetteki miktarı, mineralin oksidasyon durumu, kimyasal formu, diyetteki diğer besinlerin varlığı (mineraller, karbonhidratlar, yağlar, proteinler, vitaminler), fitat, besinsel lif ve oksalat içeriğidir (Turnlund, 1991).

Bazı bitkisel gıdaların yapısında bulunan fitik asit, demir ve çinkonun biyoyararlanımını önemli ölçüde azaltmaktadır (Hunt, 2003). Baklagiller, tam buğday, kabuklu yemişler ve diğer tahıllar gibi çinko bakımından zengin bitkisel gıdalarda çinko biyoyararlanımının engelleyen fitik asit miktarı da yüksektir (Harland ve Oberleas, 1987; Hunt, 2003). Tam buğday ekmeğindeki yüksek fitat vücut tarafından kullanılabilir çinko oranını düşürmesine rağmen, beyaz ekmeğe kıyasla çok daha yüksek oranda çinko içermektedir. Sandström ve ark. (1980) tarafından yapılan bir çalışmada, bir porsiyon tam buğday ekmeği tüketilerek bir porsiyon beyaz ekmeğe kıyasla yaklaşık %50 (tam buğday ekmeğinden ve beyaz ekmeğinden çinko emilimi sırasıyla 0.22 ve 0.15 mg) daha fazla çinkonun vücut tarafından alındığı tespit edilmiştir. Tam buğday ekmeğinin tüketimi ile vücutta çinko emilimi beyaz ekmeğe kıyasla daha az oranda olmasına rağmen (%16.6 ve %38.2), tam buğday ekmeğinde beyaz ekmeğe kıyasla daha yüksek miktarda çinko (1.3 ve 0.4 mg) bulunduğu için vücutta emilim miktarı daha fazla olmuştur (Sandström ve ark., 1980; Hunt, 2003). Ayrıca, tam buğday ekmeği üretimi sırasında kullanılan mayadaki fitazın, fitik asidi parçalama özelliği bulunmaktadır. Ekmek üretiminde fermentasyon aşamasında fitik asit parçalanmaktadır. Tam buğday ekmeği üretiminde daha uzun süreli fermentasyon yapılarak, fitik asit miktarı daha fazla azaltılabilir. Fermentasyon ile fitik asit miktarının azaltılması sonucunda, tam buğday ekmeğinin tüketilmesi ile vücut tarafından alınan minerallerin biyoyararlanımı artmaktadır. Mineral

biyoyararlanımı yüksek olan buğday çeşitleri ile üretilen fermente bir ürün, sağlık problemi olan bireylerin beslenmesinde değerli bir mineral kaynağı olabilir (Regula ve ark, 2018).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Buğday Örnekleri

Bu tez çalışmasında, Türkiye’de yaygın olarak ekimi yapılan ve tescil ettirilmiş bazı buğday çeşitleri (yeni çeşitler), eski yıllarda tescil ettirilmiş (1970 yılı ve öncesi) ancak günümüzde üretimi sınırlı olan (Bezostaja 1 çeşidi hariç) bazı çeşitler (eski çeşitler) ve ülkemiz topraklarında geçmişten bu yana var olan bazı buğdaylar (yerel buğdaylar) kullanılmıştır.

Çizelge 3.1. Buğday örneklerinin isimleri ve tescil yılları.

Materyal	Tescil Yılı
<i>Yeni çeşitler</i>	
Esperia	2011
Kenanbey	2009
Tosunbey	2004
Bayraktar 2000	2000
Demir 2000	2000
İkizce 96	1996
<i>Eski Çeşitler</i>	
Kıraç 66	1970
Bolal 2973	1970
Bezostaja 1	1968
Yektay 406	1968
Sürak 1593/51	1951
Ankara 093/44	1944
Köse 220/39	1939
Sivas 111/33	1933
Ak 702	1931
<i>Yerel Buğdaylar</i>	
Siyez	-
Karakılçık	-
Sünter	-

Çalışmada, altı farklı (yeni) ekmeklik buğday çeşidi (İkizce 96, Bayraktar 2000, Tosunbey, Kenanbey, Demir 2000 ve Esperia), dokuz farklı eski ekmeklik buğday çeşidi (Ak 702, Sivas 111/33, Köse 220/39, Ankara 093/44, Sürak 1593 / 51, Yektay 406, Bezostaja 1, Bolal 2973, Kıraç 66) ve üç yerel buğday (Siyez, Karakılçık, Sünter) kullanılmıştır. Tez çalışmasında kullanılan materyal 2015-2016 yetiştirme sezonunda üretilmiş olup Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (TARM, Ankara) tarafından sağlanmıştır. Eski buğday çeşitleri Ak 702, Sivas 111/33, Köse 220/39, Ankara 093/44, Sürak 1593/51, Yektay 406, Bezostaja 1, Bolal 2973 ve Kıraç 66 sırasıyla 1931, 1933, 1939, 1944, 1951, 1968, 1968, 1970 ve 1970 yıllarında tescil ettirilmiştir.

Çizelge 3.2. Buğday örneklerinin yetiştirme yerleri.

No	Materyal	Yetiştirme Yeri
1	İkizce 96	İkizce / Ankara
2	Bayraktar 2000	İkizce / Ankara
3	Tosunbey	İkizce / Ankara
4	Kenanbey	İkizce / Ankara
5	Demir 2000	İkizce / Ankara
6	Esperia	İkizce / Ankara
7	İkizce 96	Ulaş / Sivas
8	Bayraktar 2000	Ulaş / Sivas
9	Tosunbey	Ulaş / Sivas
10	Kenanbey	Ulaş / Sivas
11	Demir 2000	Ulaş / Sivas
12	Esperia	Ulaş / Sivas
13	Ak 702	İkizce / Ankara
14	Sivas 111/33	İkizce / Ankara
15	Köse 220/39	İkizce / Ankara
16	Ankara 093/44	İkizce / Ankara
17	Sürak 1593/51	İkizce / Ankara
18	Yektay 406	İkizce / Ankara
19	Bezostaja 1	İkizce / Ankara
20	Bolal 2973	İkizce / Ankara
21	Kıraç 66	İkizce / Ankara
22	Siyez	İkizce / Ankara
23	Karakılçık	İkizce / Ankara
24	Sünter	İkizce / Ankara

Yerel buğdaylardan Siyez (Einkorn) 14 kromozomlu diploid (*Triticum monococcum*), Karakılıçık 28 kromozomlu (*Triticum durum*) tetraploid ve Sünter ise 42 kromozomlu (*Triticum aestivum*) heksaploid buğdaylardır. Buğday örneklerinin çeşit isimleri ve tescil yılları Çizelge 3.1’de verilmiştir. Yerel buğday örneklerinin miktarı az olduğu için hektolitre ağırlığı, Zeleny sedimentasyon ve Farinograf analizleri, ekmek üretimi ve ekmekte yapılan analizlerde (ekmek hacim, ekmek içi ve kabuk rengi, ekmek kalite değerlendirmesi, tekstür/bayatlama özellikleri, ekmekte arabinoksilan, besinsel lif, mineral madde ve glisemik indeks) kullanılmamıştır.

Yeni çeşitler iki lokasyondan (İkizce / Ankara ve Ulaş / Sivas), eski çeşitler ve yerel buğdaylar ise tek lokasyondan (İkizce / Ankara) temin edilmiştir (Çizelge 3.2).

3.1.2. Enzim

Tez çalışmasında kullanılan ksilanaz Artı Gıda (İstanbul) tarafından sağlanmıştır. Fungal özellikli ksilanaz kullanılmış olup çalışmalarda üretici tarafından önerilen maksimum miktarda enzim kullanılmıştır (3.0 mg enzim / 100 g un).

3.2. Metot

3.2.1. Numune Temizliği

Çalışmada öncelikli olarak örneklerin yabancı maddeleri dokaj (temizleme) cihazı (Labofix 90, Buhler, Almanya) ile temizlenmiştir. Bu cihazda silindirik elek sistemi ile iri, cılız ve kırık taneler; hava akımı kullanılarak da toz ve kavuzları ayrılmıştır.

3.2.2. Bin Tane Ağırlığı

Bin tane ağırlığı, TS EN ISO 520 (2010) yöntemine göre Tripette ve Renaud Numigral II cihazı (Villeneuve, Fransa) kullanılarak belirlenmiş olup sonuçlar kuru madde üzerinden gram (g) olarak verilmiştir.

3.2.3. Hektolitre Ağırlığı

Hektolitre ağırlığı, Vasiljevic ve Banasik'e (1980) göre 1 litrelik hektolitre aleti (Ohaus, Chicago, ABD) kullanılarak belirlenmiştir. Sonuçlar kilogram / hektolitre (kg/hl) olarak verilmiştir.

3.2.4. Tek Tane Karakterizasyon Sistemi (SKCS)

Buğdayların sertliği, single kernel characterization system (SKCS; Tek Tane Karakterizasyon Sistemi) (SKCS 4100, Perten Instruments, Stockholm, İsveç) kullanılarak tespit edilmiştir. SKCS 4100 cihazı her bir tane için analiz eder. Analiz sırasında bir örnek için 300 tane test edilir ve her bir tane için sertlik indeksi, ağırlık, çap ve nem verileri hesaplanır. Sonuçlar dört parametrenin her biri için ortalama değerler olarak elde edilir. Cihaz, buğdayı sertlik indeksine (HI) göre sınıflandırır. Sertlik sınıflandırması AACCI Metot No: 55.31 (AACCI, 2000)' e göre yapılmıştır (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. SKCS sertlik indeksi ve ilgili sınıflandırma.

SKCS Sertlik İndeksi	Sınıflandırma
<10	Aşırı Yumuşak
10-24	Çok Yumuşak
25-34	Yumuşak
35-44	Orta Yumuşak
45-64	Orta Sert
65-80	Sert
81-90	Çok Sert
90<	Aşırı Sert



Şekil 3.1. SKCS Cihazı.

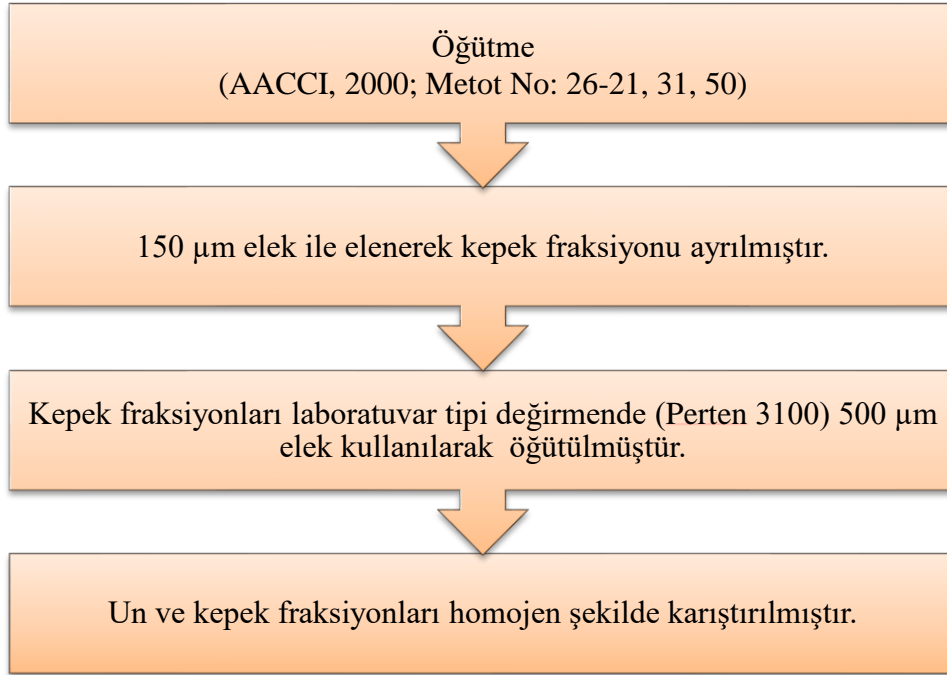
3.2.5. Öğütme

3.2.5.1. Kıрма Elde Edilmesi

Buğday örnekleri, 500 µm elek ile santrifüjlü Retsch ZM 200 (Haan, Almanya) değirmeninde kırma olarak öğütülmüştür.

3.2.5.2. Tam Buğday Unu Elde Edilmesi

Arabinoksilan analizi için buğday örnekleri AACCI Metot No: 26-50'ye (AACCI, 2000) göre Brabender Junior laboratuvar tipi değirmen (Duisburg, Almanya) kullanılarak öğütülmüş, un ve kepeği ayırmak için 150 mikron gözenek açıklığında elek kullanılmıştır. Kepek örnekleri 500 µm elek ile Perten 3100 laboratuvar tipi değirmen kullanılarak tekrar öğütülmüştür. Arabinoksilan analizi dışındaki analizler için, buğday örnekleri AACCI Metodu No:26-21 ve 26-31'e (AACCI, 2000) göre Buhler MLU 202 pnömatik laboratuvar tipi değirmen (Uzwil, İsveç) kullanılarak öğütülmüştür. Elde edilen kepek fraksiyonları 150 µm elek ile elenmiş ve içindeki un kısmı ayrılmıştır. Kepek kısmı 500 µm elek ile Perten 3100 laboratuvar tipi değirmen kullanılarak tekrar öğütülmüştür.



Şekil 3.2. Tam buğday unu üretimi akış şeması.

Tam buğday unu elde etmek için, her numunenin kepeği ve unu, pantolon tipi karıştırıcı kullanılarak homojen bir şekilde karıştırılmıştır. Tam buğday unları kullanımdan önce en az 2 hafta dinlendirilmiştir. Öğütme akış şeması Şekil 3.2’de verilmiştir.

3.2.6. Rutubet Tayini

Örneklerin rutubet içeriği, AACCI Metot No: 44-15A (AACCI, 2000)’ya göre belirlenmiştir.

3.2.7. Protein Tayini

Protein oranı tayini, Dumas azot analiz cihazı ile (Velp Scientifica NDA-701, İtalya) ham protein / yakma metodu, AACCI Metot No:46-30 (AACCI, 2000)’a uygun olarak yapılmıştır. Sonuçlar kuru madde üzerinden % olarak verilmiştir.

3.2.8. Zeleny Sedimentasyon Değerinin Belirlenmesi

Tam buğday un örneklerinde Zeleny sedimentasyon değerleri ICC Standart No.116/1 (ICC, 2008)’e göre belirlenmiştir.

3.2.9. Modifiye Zeleny Sedimentasyon Değerinin Belirlenmesi

Tam buğday un örneklerinde modifiye (beklemeli) Zeleny sedimentasyon değeri Greenaway, Neustadt ve Zeleny (1965) ve Köksel ve ark. (2000)’na göre belirlenmiştir.

3.2.10. Farinograf Özelliklerinin Belirlenmesi

Tam buğday un örneklerinde Farinograf özellikleri AACCI Metot No:54-21 (AACCI, 2000)’e göre 50-g yoğuruculu Farinograf (Brabender Farinograf-AT, Duisburg, Germany) cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Farinograf eğrisi kullanılarak, gelişme süresi (dk:sn), su absorpsiyonu (%), stabilite (dk:sn), yumuşama derecesi (tepe noktasından itibaren 12. dk) (BU) ve Farinograf kalite sayısı belirlenmiştir.

3.2.11. Tam Buğday Ekmeği Yapımı

3.2.11.1.Mikro (10 g) Boyutta Tam Buğday Ekmeği Üretimi

Németh ve ark. (2018) tarafından modifiye edilen ICC Standart Yöntem No. 131 (ICC, 2008) yöntemine göre mikro boyutta tam buğday ekmeği (10 g) üretimi yapılmıştır. Formül, 50 g un (%14 km), sakaroz çözeltisi (%1.86), kuru maya (Dr. Oetker) çözeltisi (%0.7), askorbik asit (0.005), iyotsuz tuz (%1.5) ve su (Farinograf su absorpsiyon değerine göre) içermektedir. Hamurlar, 50 g yoğurma kabı olan Farinograf (Brabender Farinograph-E, Duisburg, Almanya) kullanılarak maksimum tepe noktasına kadar yoğrulmuştur. Yoğrulan hamur beş parçaya bölünmüş ve dört tanesi kullanılmıştır. Hamur parçaları elde yuvarlanmış ve 30 °C'de 30 dakika fermentasyon için bırakılmıştır. İlk fermentasyondan sonra hamur, Shogren ve Finney (1984) tarafından belirtilen yönteme göre önce inceltilmiş, katlanmış, tekrar tabaka halinde inceltilmiş ve rulo haline getirilip tavaya alınmıştır. Son fermentasyon süresi 50 dakikadır. Ekmekler, fırında (WIESHEU Wolfen GmbH, Wolfen, Almanya) 210 °C'de 15 dakika süreyle pişirilmiştir. Ekmek üretimi iki tekrarlı olarak yapılmıştır. Öncelikle kontrol örnekleri üretilmiştir. Kontrol örneklerine ek olarak, enzim (ksilanaz) ilavesi ile tam buğday ekmekleri de üretilmiştir. Enzim, suda çözündürüldükten sonra yoğurma aşamasında (3.0 mg enzim / 100 g un) ilave edilmiştir. Hamur örnekleri fermentasyondan önce ve fermentasyondan sonra alınmıştır. Hamur ve ekmek örnekleri gece boyunca -18 °C'de derin dondurucuda bekletildikten sonra aşağıda belirtildiği gibi dondurularak kurutulmuştur. Mikro ekmekler toplam ve suda çözünen arabinoksilan analizinde kullanılmıştır. Ekmek örneklerinde yapılan diğer tüm analizlerde makro ekmekler kullanılmıştır.

3.2.11.2.Makro (100 g) Tam Buğday Ekmek Üretimi

Tam buğday ekmekleri, modifiye edilen AACCI Metodu 10-10B'ye (AACC International, 2000) göre üretilmiştir. Ekmek üretim ekipmanları Şekil 3.3'te verilmiştir. Formül 100 g un (%14 km), 25 ml tuz çözeltisi (iyotsuz, %6.0), 25 ml maya çözeltisi (%8.0) ve su (Farinograf su absorpsiyon değerine göre) içermektedir. Formülasyona göre hazırlanan hamur yoğrulmuştur (National Mfg, Lincoln, NE, ABD). Ekmek hamurları iki defa 30 dakikalık fermentasyona bırakılmıştır. Daha sonra hamura şekil verilmiş ve tavaya yerleştirilmiştir. 45 dakika süren son fermentasyon sonrası ekmekler 25 dakika

boyunca 230°C’de laboratuvar tipi döner fırında (Despatch, Minneapolis, MN, ABD) pişirilmiştir. Ekmek üretimi iki tekrarlı yapılmış olup ortalama değerler verilmiştir.



National MFG Co.
Karıştırıcı



National MFG Co. Şekil
Verme Ünitesi



National MFG Co.
Fermentasyon Kabini



Despatch Fırın

Şekil 3.3. Ekmek üretim ekipmanları.

3.2.12. Ekmek Kalite Değerlendirmeleri

3.2.12.1. Ekmek Hacmi

Ekmekler üretildikten sonra 2 saat oda sıcaklığında soğutulmuş ve hacim ölçüm cihazı (National Mfg, Lincoln, NE, ABD) kullanılarak hacimleri belirlenmiştir. Hacim ölçüm cihazı, kolza tohumu ile yer değiştirme prensibine göre çalışmaktadır.

3.2.12.2. Renk Analizi

Ekmeklerin L*, a*, b* renk değerleri (D65, 10°) renk ölçüm cihazı (MiniScan XE PLUS Associates Laboratory Inc, Reston, VA, ABD) ile belirlenmiştir (ASTM Metot No: E 1164, 2002).

3.2.12.3. Ekmek Kalite Değerlendirmesi

Tam buğday ekmeklerinin kalite değerlendirmesi Basman, Köksel ve Ng (2002) tarafından belirtilen metoda göre yapılmıştır. Tam buğday ekmeklerinin simetri ve kabuk

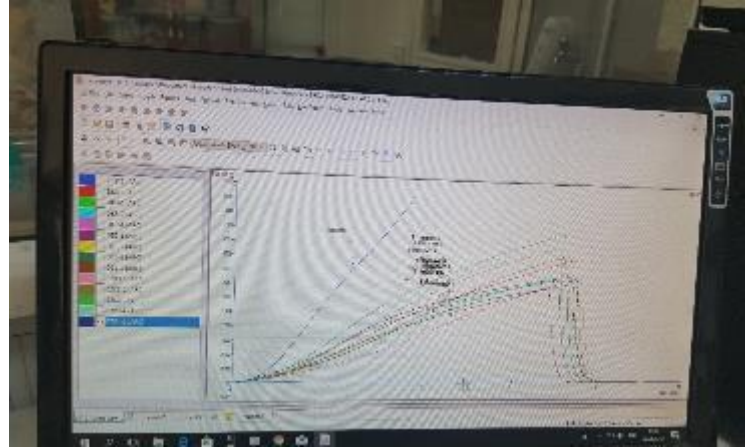
rengi 5 puan (1 = kötü ve 5 = çok iyi); gözenek yapısı, ekmek iç rengi ve yumuşaklık değerleri 10 puan (1 = zayıf ve 10 = çok iyi) ölçekleri kullanılarak değerlendirilmiştir.

3.2.12.4. Tekstür Analizi

Üretilen tam buğday ekmekleri 2 saat oda sıcaklığına geldikten sonra plastik torbalara konularak bekletilmiştir. Tekstür analizi, AACCI Metot No:74-09 (AACCI, 2000)'a göre TA-XT Plus Texture Analyzer (Stable Micro Systems, İngiltere) cihazı ile yapılmıştır (Şekil 3.4). Cihaz üzerinde 5 kg yük hücresi ve 36 mm silindirik prob kullanılarak tekstür analizi gerçekleştirilmiş ve sertlik değeri belirlenmiştir. Sertlik analizinde, 1.25 cm kesilen iki dilim ekmek üst üste konularak 1.7 mm/ sn test hızında %40 sıkıştırma yapabilmek için gereken kuvvet (sertlik, gram-kuvvet (g-k)) ölçülmüştür (Şekil 3.5).



Şekil 3.4. Tekstür analizi.



Şekil 3.5. Sertlik eğrileri.

3.2.13. Ekmek Bayatlama Özellikleri

Kontrol ve enzim katkılı (ksilanaz) tam buğday ekmeklerinin bayatlama özellikleri, 0., 1. ve 3. günlerde yapılan tekstür analizi ile belirlenmiştir. Ekmek bayatlama özelliklerinin belirlenmesi amacıyla farklı günlerde (0., 1. ve 3. günler) yapılan tekstür analizleri için

farklı ekmekler üretilmiş olup, her çeşit için 6 adet kontrol tam buğday ekmeği ve 6 adet enzim katkılı tam buğday ekmeği (yeni çeşitler için) üretilmiştir.

3.2.14. Örnek Hazırlama

Arabinoksilan analizi için:

Hamur ve ekmek örnekleri 24 saat süreyle dondurularak kurutulmuştur (Christ, Alfa 1-4, LDC-1M, Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH, Osterode am Harz, Almanya). Hem ekmek hem de hamur numuneleri laboratuvar tipi öğütücü (GrindoMix GM200, Retsch GmbH, Haan, Almanya) kullanılarak öğütülmüştür. Daha sonra öğütülen örnekler 500 µm elekten geçirilmiş ve elek altında kalan kısım analizlerde kullanılmıştır.

Diğer analizler için:

Ekmek örnekleri 48 saat süreyle dondurularak kurutulmuştur (Christ, Alfa 1-4 LDplus, Osterode am Harz, Almanya) ve su soğutmalı değirmen (FOSS, KNIFETEC 1095 Sample Mill, Hilleroed, Denmark) ile öğütülmüştür. Daha sonra öğütülen örnekler 500 µm gözenek açıklığına sahip elekten geçirilmiş ve elek altında kalan kısım analizlerde kullanılmıştır.

3.2.15. Toplam Arabinoxylan (TOTAX) ve Suda Çözünen Arabinoxylan (WEAX) Analizleri

Buğday, hamur ve ekmek örneklerinin suda çözünen arabinoksilan (WEAX) ve toplam arabinoksilan (TOTAX) içerikleri Gebruers, Courtin ve Delcour (2009) metoduna göre gaz kromatografisi (GC) yöntemi ile belirlenmiştir. Ekmek örnekleri gluten kalitesi açısından seçilerek yüksek, orta ve orta-düşük gluten kalitesinde üç çeşide (Tosunbey, İkizce 96 ve Bayraktar 2000) ait mikro tam buğday ekmeklerinde analiz gerçekleştirilmiştir. Analizde, her örnek için iki ekstraksiyon yapılmış, her ekstraksiyon için HPLC aşamasında iki analiz yapılmış ve toplam dört sonuç elde edilmiştir.

İlk olarak, karbonhidratların hidrolizi ve elde edilen monosakkaritlerin (MS) alditol asetatlara türevlenmesi dahil olmak üzere örnekler hazırlanmıştır. Arabinoksilan

içerikleri, gaz kromatografi ile analiz yapılarak elde edilen sonuçlar üzerinden hesaplanma yapılarak tespit edilmiştir.

Hidroliz: TOTAX içeriklerinin belirlenmesi için, numuneler (35 mg) 5.0 mL 2.0 M trifloroasetik asit ile hidrolize edilmiştir. WEAX içeriklerinin belirlenmesi için, numuneler (1000 mg) deiyonize su (7 °C) (w/v 1: 5) ile ekstrakte edilmiştir. Santrifüj sonrası (10 dakika, 4000 *xg*, 4 °C), 1.25 mL ekstrakt alınmış ve 1.25 mL 4.0 M trifloroasetik asit ile inkübe edilerek (60 dakika, 110 °C) hidroliz yapılmıştır.

Derivatizasyon: Alditol asetatlar, Englyst ve Cummings (1984) yöntemine göre hazırlanmıştır. Derivatizasyon sonrası elde edilen karışım, N-metilimidazol ve asetik anhidrit ile karıştırılmıştır. 10 dakika bekledikten sonra saf etanol, distile su ve bromofenol mavi çözeltisi (%0.04) ilave edilmiştir. 7.5 M potasyum hidroksit ve DCIM ilave edilmiştir. Tüpler karıştırılmış ve faz ayrılmasından sonra, tabandaki sarı organik faz (~1000 µl) bir pipetle alınmıştır. Organik faz, kolonun zarar görmesini önlemek için GC ile analizden önce bir Eppendorf tüpünde susuz sodyum sülfat kullanılarak kurutulmuştur.

Gaz Kromatografisi: Alditol asetatlar, Perkin Elmer Elite-17 kolon (boyutlar: 60 m, 0.25 ID, 0.25 DF) (Connecticut, ABD) kullanılarak Perkin Elmer Ins Clarus 500 Gaz Kromatografi cihazı (Connecticut, ABD) ile ayrılmıştır. Fırın sıcaklığı olarak 250 °C ve tespit (detection) sıcaklığı olarak 300 °C ayarlanmıştır. Bileşenleri tespit edebilmek için alev iyonizasyon detektörü (FID) kullanılmıştır. Enjeksiyon 1 µL ayarlanmış ve taşıyıcı gaz olarak He gazı 1 mL / dakika akış hızı ile kullanılmıştır. Analiz süresi 14 dakikadır. İğne temizliği için DCIM kullanılmıştır.

Hesaplamalar: Kalibrasyon çözeltisi hazırlamak için arabinoz, ksiloz, mannoz, galaktoz ve glikoz kullanılmıştır. Alkoz, tüm GC kromatogram pik alanlarını normalleştirmek için dahili standart olarak kullanılmıştır. TOTAX ve WEAX içerikleri, kuru madde bazında $0.88 \times (\% \text{ Ara} + \% \text{ Xyl})$ formülü ile ayrı ayrı hesaplanmıştır. Sonuçlar iki tekrarın ortalaması alınarak bulunmuştur. Suda çözünmeyen arabinoksilan (WUAX)

konsantrasyonu, TOTAX ve WEAX konsantrasyonları arasındaki fark olarak hesaplanmıştır.

3.2.16. Toplam, Çözünen ve Çözünmeyen Besinsel Lif Analizi

Buğday ve ekmek örneklerinin toplam, çözünen ve çözünmeyen besinsel lif analizi test kiti kullanılarak AOAC'nin enzimatik ve gravimetrik yöntemine göre belirlenmiştir (AOAC Metot No: 991.43, 1998).

3.2.17. Fitik Asit Analizi

Örneklerin fitik asit içeriği Vaintrauband ve Lapteva (1988) ve Aktas-Akyildiz ve ark. (2017)'na göre belirlenmiştir. Örneklerde, 0.6 N HCl çözeltisi kullanılarak oda sıcaklığında 2 saat süreyle fitik asit ekstraksiyonu yapılmıştır. Santrifüj (18550 *xg*, 30 dakika) ile süpernatant ayrılmış ve 0.75 ml süpernatanta %0.03 FeCl₃.6H₂O içeren 0.25 ml "wade reagent" maddesi ilave edilmiş ve karışım kısa bir süre vorteks ile karıştırılmıştır. Karışım, 6600 *xg*'de 10 dakika süreyle santrifüj edilmiş ve spektrofotometre cihazı kullanılarak 500 nm'de suya karşı absorbands değerleri ölçülmüştür.

Fitik asit standardı kullanılarak farklı konsantrasyonlarda çözeltiler hazırlanmış ve bu çözeltilerin absorbands değerleri kullanılarak bir kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur. Kalibrasyon eğrisi kullanılarak, örneklerin fitik asit miktarı yüzde (%) olarak hesaplanmıştır. Fitik asit standardı kullanılarak farklı konsantrasyonlarda çözeltiler hazırlanmıştır. Çözeltilerin spektrofotometrede suya karşı elde edilen absorbands değerleri Çizelge 3.4'te verilmiştir.

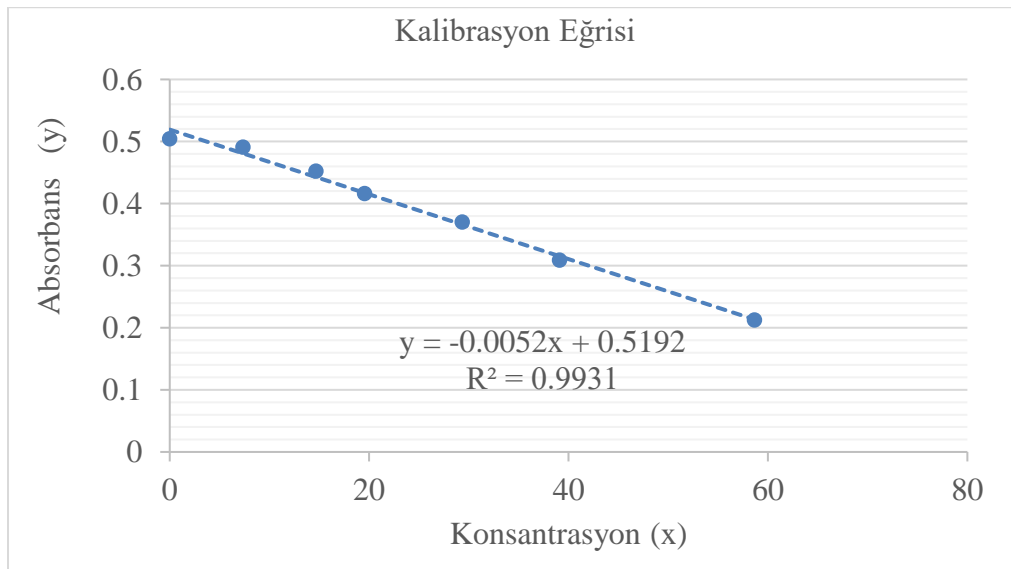
Çizelge 3.4. Fitik asit çözeltilerinin absorbans değerleri

Konsantrasyon (x)	Absorbans (y)
0.0	0.505
7.3	0.491
14.7	0.452
19.6	0.416
29.3	0.370
39.1	0.309
58.7	0.213

Fitik asit konsantrasyonu ve absorbans değerleri kullanılarak kalibrasyon eğrisi oluşturulmuş olup Şekil 3.6'da verilmiştir. Kalibrasyon denklemi;

$$\text{Absorbans (y)} = -0.0052 * [\text{Konsantrasyon (x)}] + 0.5192$$

olarak belirlenmiş olup R^2 değeri 0.9931 olarak bulunmuştur. Oluşturulan kalibrasyon eğrisi kullanılarak örneklerin fitik asit miktarları hesaplanmıştır.



Şekil 3.6. Fitik asit kalibrasyon eğrisi.

3.2.18. Mineral Madde Analizi

Buğday ve tam buğday ekmeği örnekleri basınçlı mikrodalga yaş yakma yöntemi ile yakılmış ve bazı mineral madde içerikleri (Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, P, Zn, Al, S) Kaçar ve İnal (2008) metoduna göre ICP OES cihazı (Perkin Elmer Optima 8000, Waltham, MA, ABD) ile belirlenmiştir.

3.2.19. Mineral Maddelerin *in vitro* Biyoyararlanımı Analizi

Çalışmada kullanılan buğdaylardan elde edilen tam buğday unları ile yapılan tam buğday ekmeklerinin *in vitro* mineral madde biyoyararlanım analizi için tam buğday ekmeklerinin Suliburska ve Krejpcio (2014)'e göre enzimatik sindirimi yapılmıştır. Tam buğday ekmeklerinin mineral madde biyoyararlanımı, sindirim sonrasında kalan mineral madde miktarının tam buğday ekmeğindeki başlangıç mineral madde miktarına oranıdır.

1 g örnek içerisine 10 mL deiyonize su eklenerek vorteks ile karıştırılmıştır. 0.1 N HCl eklenerek pH 2.0' ye ayarlanmıştır. Pepsin solüsyonu eklenerek örnekler 37°C'de çalkamalı su banyosunda 2 saat boyunca inkübasyona bırakılmıştır. Sonrasında NaHCO₃ (%6) ile pH 6.8 – 7.0 aralığında olacak şekilde ayarlanmıştır. Pankreatin solüsyonu ilave edilerek 37 °C'de çalkamalı su banyosunda 4 saat inkübasyona bırakılmıştır. Örnekler, 20 dakika santrifüj edilmiş (10000 rpm) ve sonrasında süpernatant alınıp ayrı bir tüpe konulmuştur. Bu örneklerde bazı mineral madde içerikleri (Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, P, Zn, Al, S) Kaçar ve İnal (2008) metoduna göre ICP OES cihazı (Perkin Elmer Optima 8000, Waltham, MA, ABD) ile belirlenmiştir.

3.2.20. Safra Asidi Bağlama Kapasitesi Analizi

Örneklerin (buğday) safra asidi (SA) bağlama kapasiteleri Zacherl, Eisner ve Engel (2011) ve Cornfine ve ark. (2010) metotlarında bazı modifikasyonlar yapılarak belirlenmiştir. 50 mg kırma, 100 µL deiyonize su ile karıştırılarak örneğin nemlenmesi sağlanmış ve oda sıcaklığında 10 dakika bekletilmiştir. Mide sindirimi simülasyonu için, 1 ml 0.01 N HCl çözeltisi ilave edilmiş ve vorteks karıştırıcıda 10 saniye karıştırılmıştır. Numuneler 1 saat boyunca 37 °C'de çalkamalı su banyosuna konulmuştur. Bağırsak sindirimi simülasyonu için, 1 ml pankreatin-safra asidi karışımına (Sodyum

Taurodeoksikolat hidrat-TDC) ve 0.1 ml NaOH çözeltisi (0.1 N, pH = 6.3) ilave edilmiş ve vorteks karıştırıcıda 10 saniye karıştırılmıştır. Numuneler 1 saat boyunca 37 °C'de çalkalamalı suyu banyosuna konulmuş ve her 15 dakikada bir 10 saniye boyunca vorteks karıştırıcıda karıştırılmıştır.

Numuneler, 20 °C sıcaklıkta 10000 rpm hızda santrifüj edilmiş, sindirim enzimlerini inaktive etmek için 90 °C'de 5 dakika kaynatılmıştır. Süpernatant, metanol ile karıştırılmış ve oda sıcaklığında 10 dakika bekletilmiştir. 5 mM KH₂PO₄ çözeltisi ilave edilmiş ve vorteks karıştırıcıda karıştırılmıştır.

Bağlı olmayan safra asitlerinin ölçümü C18 kolonu kullanılarak HPLC cihazı (Agilent HPLC 1200, Foster City, CA) ile gerçekleştirilmiştir. Mobil faz olarak, metanol-sodyum fosfat-su çözeltisi kullanılmıştır. Numuneler 0.45 µm'lik şırınga ucu filtreden süzölmüş ve HPLC enjeksiyonu için kullanılmıştır. Safra asidinin (Sodyum Taurodeoksikolat) ölçümü için öncelikle kalibrasyon eğrisi hazırlanmış ve sonuçlar bu kalibrasyon eğrisine göre hesaplanmıştır. Analiz, 40 °C kolon sıcaklığında, 0.8 mL / dakika akış hızında 20 µL örnek enjekte edilerek yapılmıştır. Toplam analiz süresi 15 dakika olup 7. dakikadan sonra 200 nm dalga boyunda Diode Array Dedector (DAD) kullanılarak sonuç elde edilmiştir. Analizde, selüloz negatif kontrol örneği, kolestiramin ise pozitif kontrol örneği olarak kullanılmıştır. Safra asidi (Sodyum Taurodeoksikolat-TDC) standardı kullanılarak farklı konsantrasyonlarda çözeltiler hazırlanmıştır. Çözeltilerin HPLC'de elde edilen pik alanları Çizelge 3.5'te verilmiştir.

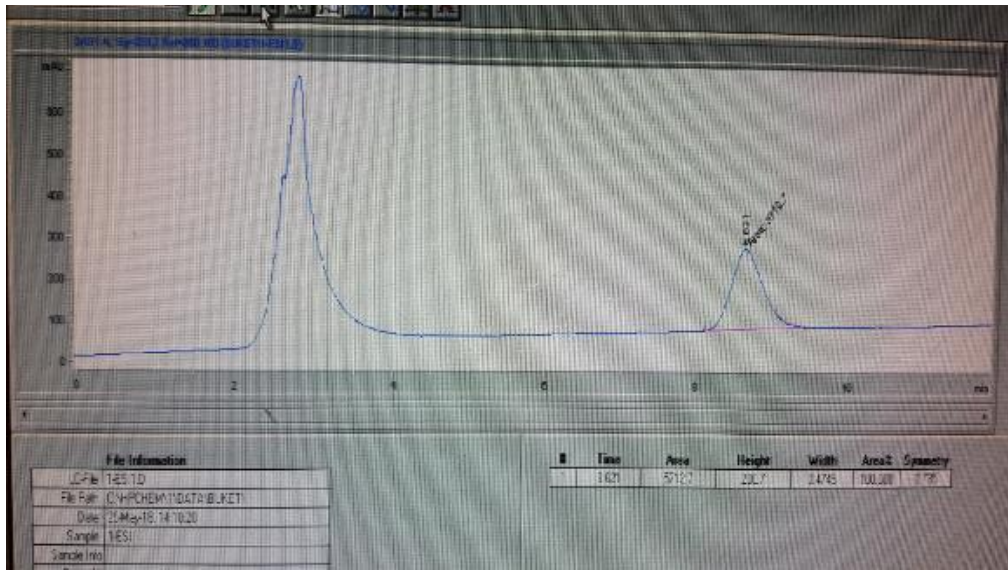
Çizelge 3.5. Safra asidi (taurodeoksikolik asit) çözeltilerinin pik alanları.

Konsantrasyon (mg/ml)	HPLC Pik Alanı
3.773	65114.1
1.886	32060.0
0.943	15339.4
0.472	6740.6
0.236	2510.3
0.118	1172.5
0.059	556.9

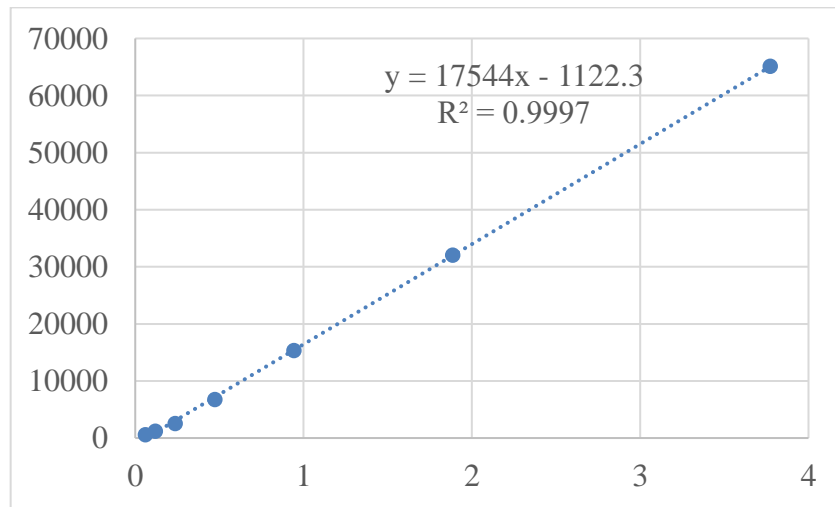
Safra asit konsantrasyonu ve pik alanı (Şekil 3.7) değerleri kullanılarak kalibrasyon eğrisi oluşturulmuş olup Şekil 3.8’de verilmiştir. Kalibrasyon denklemi;

$$\text{Pik Alanı (y)} = 17544 * [\text{Konsantrasyon (x)}] - 1122.3$$

olarak belirlenmiş olup R^2 değeri 0.9997 olarak bulunmuştur. Oluşturulan kalibrasyon eğrisi kullanılarak örneklerin safra asidi bağlama kapasiteleri hesaplanmıştır.



Şekil 3.7. Safra asidine ait örnek HPLC kromatogramı



Şekil 3.8. Safra asidi kalibrasyon eğrisi.

HPLC'deki analiz sonunda elde edilen grafikte pik değeri altında kalan alan, örnek tarafından bağlanamamış SA miktarını (serbest SA miktarı) vermektedir. Bu değer, örneğe ilave edilen toplam SA miktarından çıkarılarak örneğin SA bağlama kapasitesi değeri bulunmuştur. SA bağlama kapasitesi 2 farklı şekilde, $\mu\text{mol}/100\text{g}$ ve kolestimine göre % olarak ifade edilmiştir.

3.2.21. Toplam Fenolik Madde Miktarı Analizi

Buğday örneklerinin toplam fenolik madde miktarları Singleton ve Rossi (1965) ve Gao ve ark. (2002) metotlarına göre Folin-Ciocalteu kullanılarak spektrofotometrik olarak belirlenmiştir.

3.2.22. *In vitro* Tahmini Glisemik İndeks Tayini

Tam buğday ekmeklerinin *in vitro* glisemik indeks değerleri Englyst, Kingman ve Cummings (1992) ve Goñi, Garcia-Alonso ve Saura-Calixto (1997) metotlarına göre belirlenmiştir. Referans olarak beyaz ekmek kullanılmıştır. 100 mg örnek 50 ml tüp içerisine tartılmış ve 10 adet cam boncuk (4 mm çapında) ilave edilmiştir. Tüplere 0.05 M HCl içeren 2 ml pepsin çözeltisi ilave edilmiş ve tüpler çalkalamalı su banyosunda 37 °C'de 30 dk inkübasyona bırakılmıştır. Sodyum asetat (4 ml, 0.5 M) ilavesinin ardından 0. dk için 100 μl alınarak 1 ml etanol (%50) içeren Eppendorf tüplere aktarılmıştır. Tüplere α -amilaz ve amiloglukozidaz içeren enzim çözeltisi (1 ml) ilave edilerek çalkalamalı su banyosunda inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyonun 90. dakikasında 0.1 ml örnek alınarak enzimatik reaksiyonu bitirmek için 1 ml etanol (%50) içeren Eppendorf tüplere ilave edilmiştir. Tüpler 800 g hızında 10 dk santrifüj edildikten sonra süpernatant kısmından glukoz oksidaz/peroksidaz (GOPOD) kullanılarak spektrofotometrik olarak glukoz miktarı belirlenmiştir.

Hidroliz indeksi (HI) yukarıda belirtildiği gibi inkübasyon süresince belirlenen glukoz konsantrasyon değerlerinin grafiğe alınması ile elde edilen eğrinin altında kalan alanın, referans materyalin (beyaz ekmek) eğrisinin altında kalan alana bölünmesiyle elde edilmiştir. Tahmini glisemik indeks (GI) değeri de hidroliz indeks değerinden

yararlanılarak aşağıda belirtilen formüle göre hesaplanmıştır (Goñi, Garcia-Alonso ve Saura-Calixto, 1997).

$$GI = 39.71 + 0.549 * HI$$

3.2.23. İstatistik Analizi

Bütün analizler en az 2 tekrarlı olarak yapılmış ve ortalamaları alınmıştır. Analiz sonuçları JMP yazılımı (Version 11.0.0, SAS Institute Inc., 2013) kullanılarak varyans analizi (ANOVA) ile değerlendirilmiştir. Farklar önemli bulunduğunda ($p<0.05$), ortalamalar LSD testi ve t testi kullanılarak karşılaştırılmıştır. GenStat yazılımı (14. baskı, VSN International Ltd., Hemel Hempstead, İngiltere) kullanılarak, temel bileşen analizi (PCA) yapılmıştır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Buğday Örneklerinin Fiziksel Analiz Sonuçları

4.1.1. Bin Tane Ağırlığı

Çalışmada kullanılan çeşitlerin bin tane ağırlığı sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Yeni çeşitlerin bin tane ağırlığı, Ankara ve Sivas lokasyonlarında sırasıyla 27.8 - 39.8 g ve 28.8 - 33.8 g arasında değişim göstermiştir. Eski çeşitlerin Ankara lokasyonundaki bin tane ağırlığı 27.5 - 38.8 g arasında değişim göstermiştir. Yerel buğdaylardan Siyez, Karakılıç ve Sünter’e ait bin tane ağırlığı değerleri sırasıyla 29.6, 43.5 ve 22.3 g olarak saptanmıştır. Çalışmada kullanılan çeşitler arasında bin tane ağırlığı bakımından istatistiksel olarak önemli farklar olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Çalışmada kullanılan yeni çeşitler arasında bin tane ağırlığı bakımından Ankara lokasyonunda, Bayraktar 2000 çeşidinde en yüksek değer (39.8 g), Esperia ve İkizce 96 çeşitlerinde ise en düşük değerler (27.8 ve 27.9 g) saptanmıştır. Sivas lokasyonunda ise en yüksek bin tane ağırlığı değeri Demir 2000 çeşidinde (33.8 g), en düşük değer ise Tosunbey çeşidinde (28.8 g) tespit edilmiştir. Çalışmada kullanılan eski çeşitler arasında bin tane ağırlığı bakımından, Ankara 093/44 ve Sürak 1593/51 çeşitlerinde en yüksek değer (38.6 ve 38.8 g), Ak 702 çeşidinde ise en düşük değer (27.5 g) tespit edilmiştir.

Bin tane ağırlığı bakımından yeni ve eski çeşitler Ankara lokasyonunda beraber değerlendirildiğinde, Bayraktar 2000 çeşidinde en yüksek değer (39.8 g), Ak 702, Esperia ve İkizce 96 çeşitlerinde ise en düşük değerler (27.5, 27.8, 27.9 g) saptanmıştır. Tüm buğday örnekleri arasında Ankara lokasyonunda en düşük bin tane ağırlığı yerel buğdaylardan biri olan Sünter’de (22.3 g) saptanmıştır.

Buğdayın kalitesinin belirlenmesinde ilk olarak fiziksel özellikleri dikkate alınır. Bin tane ağırlığı ve hektolitre ağırlığı, buğday kalitesinin belirlenmesinde en temel analizlerdendir ve ıslah çalışmalarında seleksiyon amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Bin tane ağırlığı, tane yoğunluğu ve büyüklüğüne bağlı olarak değişmekte olup buğday

Çizelge 4.1. Buğday örneklerinin bin tane ağırlığı ve hektolitreye ağırlığı sonuçları.

Çeşitler	Bin Tane Ağırlığı (g)		Hektolitreye Ağırlığı (kg/hl)	
	Ankara	Sivas	Ankara	Sivas
<i>Yeni çeşitler</i>				
Esperia	27.8 k	30.1 e	74.4 l	75.6 c
Kenanbey	32.5 e	31.6 c	76.1 k	75.0 d
Tosunbey	31.6 g	28.8 f	80.7 cd	77.4 b
Bayraktar 2000	39.8 b	30.8 d	81.7 a	77.3 b
Demir 2000	29.7 i	33.8 a	76.6 j	77.5 b
İkizce 96	27.9 k	32.7 b	79.6 g	80.0 a
<i>Eski çeşitler</i>				
Kıraç 66	31.7 fg		80.7 c	
Bolal 2973	29.1 j		80.4 de	
Bezostaja 1	33.4 d		78.6 i	
Yektay 406	30.7 h		80.3 e	
Sürak 1593/51	38.8 c		81.0 b	
Ankara 093/44	38.6 c		81.3 b	
Köse 220/39	32.2 ef		79.9 f	
Sivas 111/33	28.6 j		78.8 i	
Ak 702	27.5 k		79.3 h	
<i>Yerel buğdaylar</i>				
Siyez	29.6 i		-	
Karakılçık	43.5 a		-	
Sünter	22.3 l		-	
Yeni çeşitler ^a	31.5	31.3	78.2 *	77.1
Eski çeşitler ^a	32.3		80.0 *	
Yerel buğdaylar ^a	31.8			

Aynı sütunda farklı küçük harflerle işaretlenmiş değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.05$).

^aOrtalama değerler.

Aynı sütunda "*" ile işaretlenmiş ortalama değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.05$). Farklar önemsiz olduğunda harflendirme yapılmamıştır.

tanesindeki endosperm miktarı hakkında fikir vermektedir. Bin tane ağırlığının yüksek olması, endospermin tanenin diğer kısımlarına göre daha fazla olduğu ve dolayısıyla un verimi potansiyelinin daha yüksek olduğunu ifade eder (Köksel ve ark., 2000; Özkaya ve Özkaya, 2005).

Çöl (2017) tarafından yapılan çalışmada geçmişten günümüze ekmeklik buğday çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerindeki gelişmeler araştırılmıştır. Çalışmada, Bolal-2973, Lancer, Kıraç-66, Gerek-79, Karasu-90, Doğu-88, Dağdaş-94, Demir-2000, Karahan-99 ve Bağcı-2002 olmak üzere toplam 10 tane ekmeklik buğday çeşidi kullanılmış olup bin tane ağırlığının 26.7-32.0 g arasında değiştiği bildirilmiştir. Şahin ve ark. (2019) tarafından yürütülen çalışmada, 20 adet çeşit ve hatlardan oluşan ekmeklik buğday genotiplerinin kalite ve teknolojik özellikleri değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, bin tane ağırlığı değerlerinin 31.94 – 38.65 g arasında değiştiği tespit edilmiştir.

4.1.2. Hektolitre Ağırlığı

Buğday çeşitlerinin hektolitre ağırlığı sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Yeni çeşitlerin hektolitre ağırlığı Ankara ve Sivas lokasyonlarında sırasıyla 74.4 - 81.7 kg/hl ve 75.0 - 80.0 kg/hl arasında değişim göstermiştir. Ankara lokasyonunda eski çeşitlerin hektolitre ağırlığı 78.6 - 81.3 kg/hl arasında değişim göstermiştir. Çalışmada kullanılan çeşitler arasında hektolitre ağırlığı bakımından istatistiksel olarak önemli farklar olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Ankara lokasyonunda yeni çeşitler arasında, Bayraktar 2000 çeşidinde en yüksek değer (81.7 kg/hl), Esperia çeşidinde ise en düşük değer (74.4 kg/hl) saptanmıştır. Sivas lokasyonunda yeni buğday çeşitleri arasında İkizce 96 çeşidinde en yüksek hektolitre ağırlığı değeri (80.0 kg/hl), Kenanbey çeşidinde ise en düşük değer (75.0 kg/hl) saptanmıştır. Eski çeşitler arasında, Ankara 093/44 ve Sürak 1593/51 çeşitlerinde en yüksek hektolitre ağırlığı değerleri (81.3 ve 81.0 kg/hl), Bezostaja 1 ve Sivas 111/33 çeşitlerinde ise en düşük hektolitre ağırlığı değerleri (78.6 ve 78.8 kg/hl) tespit edilmiştir.

Ankara lokasyonunda yeni ve eski çeşitler beraber değerlendirildiğinde, Bayraktar 2000 çeşidinde en yüksek değer (81.7 kg/hl), Esperia çeşidinde ise en düşük değer (74.4 kg/hl) saptanmıştır.

Çöl (2017) tarafından yapılan çalışmada geçmişten günümüze ekmeklik buğday çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerindeki gelişmeler araştırılmıştır. Çalışmada, Bolal-2973, Kıraç-66, Lancer, Doğu-88, Gerek-79, Karasu-90, Karahan-99, Dağdaş-94, Bağcı-2002 ve Demir-2000 olmak üzere toplam 10 tane ekmeklik buğday çeşidi kullanılmış olup hektolitre ağırlığının 69.6-80.2 kg/hl arasında değiştiği bildirilmiştir. Şahin ve ark. (2019) tarafından yürütülen çalışmada, 20 adet çeşit ve hatlardan oluşan ekmeklik buğday genotiplerinin kalite ve teknolojik özellikleri değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, hektolitre ağırlığı değerlerinin 73.13 – 78.18 kg/hl arasında değiştiği tespit edilmiştir.

4.1.3. SKCS Sonuçları

Buğday tane sertliğini ölçmek için birçok yöntem geliştirilmiş olup, SKCS son zamanlarda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. SKCS sertlik indeksi yüksek olan çeşitler sert, düşük olanlar ise yumuşak tane yapılı olarak kabul edilmektedir (Williams, 2011).

SKCS'den elde edilen buğdayların sertlik indeksi ve sertlik sınıflandırılması Çizelge 4.2'de verilmiştir. Yeni çeşitlerin sertlik indeksi, Ankara ve Sivas lokasyonlarında sırasıyla 30.1 - 78.0 ve 25.5 - 74.8 arasında değişim göstermiştir. Eski çeşitlerin Ankara lokasyonundaki sertlik indeksi 37.9 - 71.5 arasında değişim göstermiştir. Yerel buğdaylardan Siyez, Karakılçık ve Sünter'e ait sertlik indeksi değerleri sırasıyla -5.0, 66.9 ve 70.1 olarak saptanmıştır. Çalışmada kullanılan çeşitler arasında sertlik indeksi bakımından istatistiksel olarak önemli farklar olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Ankara lokasyonunda yeni buğday çeşitleri arasında Kenanbey ve Tosunbey çeşitlerinde en yüksek (78.0 ve 77.5), Bayraktar 2000 çeşidinde ise en düşük sertlik indeksi (30.1) saptanmıştır. Sivas lokasyonunda yeni buğday çeşitleri arasında Tosunbey, Kenanbey ve

Esperia çeşitlerinde en yüksek sertlik indeksi değerleri (74.8, 69.5 ve 68.5), Bayraktar 2000 çeşidinde ise en düşük değer (25.5) saptanmıştır. Eski çeşitler arasında, Kırac 66 çeşidinde en yüksek sertlik indeksi değeri (71.5), Sivas 111/33 çeşidinde ise en düşük sertlik indeksi değeri (37.9) saptanmıştır.

Sadece yeni çeşitler göz önüne alındığında, SKCS sertlik sınıfları bakımından Ankara lokasyonunda beş çeşit sert ve bir çeşit yumuşak olarak sınıflandırılmış olup, genelde çeşitlerin her iki lokasyonda da benzer sertlik sınıfında oldukları tespit edilmiştir. Sadece İkizce 96 ve Demir 2000 çeşitleri Ankara lokasyonunda sert, Sivas lokasyonunda orta sert olarak sınıflandırılmıştır.

Ankara lokasyonunda yeni çeşitler ve eski çeşitler beraber değerlendirildiğinde, Kenanbey ve Tosunbey çeşitlerinde en yüksek sertlik indeksi değerleri (78.0 ve 77.5), Sivas 111/33 çeşidinde ise en düşük sertlik indeksi değeri (37.9) saptanmıştır. Tüm buğday örnekleri arasında Ankara lokasyonunda en düşük sertlik indeksi değeri yerel buğdaylardan biri olan Siyez buğdayında (-5.0) saptanmıştır.

Eski çeşitler sınıflandırılırken ikisi sert, dördü orta sert, üçü ise orta yumuşak olarak sınıflandırılmıştır. Genellikle, eski çeşitler yeni çeşitlerden daha yumuşaktır. Öte yandan, yerel buğdaylardan iki tanesi (Karakılçık ve Sünter) sert olarak sınıflandırılmış, bir tanesi (Siyez) ise -5 sertlik indeksi değeri ile ekstra yumuşak olarak sınıflandırılmıştır. SKCS cihazı, Siyez'den çok daha sert yapıda olan yeni ıslah edilmiş buğdayların sertliğini ölçmek için geliştirilmiş bir cihazdır ve Siyez gibi çok yumuşak yapıda olan yerel buğdaylar cihazın kalibrasyon aralığı dışında kalabilmektedir. Bu nedenle negatif değerler elde edilmiş olup literatürde de benzer negatif sertlik değerlerine rastlanmıştır. Corbellini ve ark. (1999) Siyez numunelerinin SKCS sertlik indeksinin -14.8 ila 4.0 arasında değiştiğini bildirmiştir.

Şahin ve ark. (2019) tarafından yürütülen çalışmada, 20 adet çeşit ve hatlardan oluşan ekmeçlik buğday genotiplerinin kalite ve teknolojik özellikleri değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, SKCS cihazı ile elde edilen sertlik değerleri %29.78 - 87.66

Çizelge 4.2. Buğday örneklerinin sertlik indeksi değerleri ve sertlik sınıflandırmaları.

Çeşitler	Ankara		Sivas	
	SKCS Sertlik İndeksi	Sertlik Sınıflandırması	SKCS Sertlik İndeksi	Sertlik Sınıflandırması
<i>Yeni çeşitler</i>				
Esperia	71.1 b	Sert	68.5 a	Sert
Kenanbey	78.0 a	Sert	69.5 a	Sert
Tosunbey	77.5 a	Sert	74.8 a	Sert
Bayraktar 2000	30.1 k	Yumuşak	25.5 c	Yumuşak
Demir 2000	68.4 cde	Sert	60.9 b	Orta Sert
İkizce 96	68.6 cd	Sert	60.2 b	Orta Sert
<i>Eski çeşitler</i>				
Kıraç 66	71.5 b	Sert		
Bolal 2973	42.9 i	Orta Yumuşak		
Bezostaja 1	66.7 e	Sert		
Yektay 406	44.9 h	Orta Sert		
Sürak 1593/51	43.9 hi	Orta Yumuşak		
Ankara 093/44	44.8 h	Orta Sert		
Köse 220/39	47.4 g	Orta Sert		
Sivas 111/33	37.9 j	Orta Yumuşak		
Ak 702	50.4 f	Orta Sert		
<i>Yerel buğdaylar</i>				
Siyez	-5.0 l	Aşırı Yumuşak		
Karakılçık	66.9 de	Sert		
Sünter	70.1 bc	Sert		
Yeni çeşitler ^a	65.6		59.9	
Eski çeşitler ^a	50.1			
Yerel buğdaylar ^a	44.0			

Aynı sütunda farklı küçük harflerle belirtilmiş değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.05$).

^aOrtalama değerler.

(SKCS: Single Kernel Characterization System - Tek Tane Karakterizasyon Sistemi).

arasında tespit edilmiştir. Kaplan Evlice ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışmada, 2010-2011 üretim sezonunda altı bölgede yetiştirilen ve dokuz denemeden elde edilen ekmeklik buğdaylarda, ekmek hacmi ve bazı kalite kriterleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, örneklerin SKCS sertlik değerleri %6.5-87.4 arasında değişmiş olup, sonuçlar büyük bir varyasyon göstermiştir.

Buğday çeşitleri arasında sertlik, bin tane ağırlığı ve hektolitreye ağırlığı bakımından geniş bir varyasyon tespit edilmiştir ve tez çalışması için seçilen materyalin ülkemiz topraklarında yetiştirilen yeni çeşitleri, eski çeşitleri ve yerel buğdayları temsil ettiği sonucuna varılabilmektedir. Sonuçlar örneklerin sağlam olduğunu ve ticari değeri olan zarar görmemiş buğdayları temsil ettiğini göstermiştir.

Buğday örneklerinin SKCS cihazından elde edilen tane rutubeti, tane çapı ve tane ağırlığı sonuçları Çizelge 4.3'te sunulmuştur. Buğdayların tane rutubetleri Ankara ve Sivas lokasyonlarında sırasıyla % 9.21 - 11.08 ve % 10.17 - 11.13 arasında değişmiştir. Buğdayların tane çapları Ankara ve Sivas lokasyonlarında sırasıyla 2.32 - 3.20 mm ve 2.65 - 2.92 mm arasında değişmiştir. SKCS cihazı ile yapılan analizde buğdayların tane ağırlıkları, Ankara ve Sivas lokasyonlarında sırasıyla 25.9 - 43.9 mg ve 30.3 - 35.6 mg aralığında tespit edilmiştir. Çalışmada kullanılan çeşitler arasında tane ağırlığı, rutubeti ve çapı bakımından önemli farklar olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Son zamanlarda dünya çapında, buğdayın değiştiğini, eski ve yeni buğdaylar arasında büyük farklılıklar olduğunu iddia eden yayımlar vardır. Bu çalışmada yapılan fiziksel analiz sonuçları, örnek grupları arasında (eski ve yeni) bin tane ağırlığı ve hektolitreye ağırlığı açısından büyük farklılık olmadığını göstermiştir. Ancak, eski çeşitler genellikle yeni çeşitlerden daha yumuşak olarak bulunmuştur. Son yıllarda geliştirilen çeşitlerin daha sert olması, ekmeklik buğday ıslah çalışmalarında yeni çeşit geliştirilirken daha iyi ekmeklik kalitesi ile ilişkilendirilen sertliğin önemli bir seleksiyon kriteri olarak kabul edilmesi ve sert buğdayların daha çok seçilmesinden kaynaklanıyor olabilir.

Çizelge 4.3. Buğday örneklerinin SKCS cihazı ile belirlenen tane rutubeti, tane çapı ve tane ağırlığı değerleri.

Çeşitler	SKCS Tane Rutubeti (%)		SKCS Tane Çapı (mm)		SKCS Tane Ağırlığı (mg, KM)	
	Ankara	Sivas	Ankara	Sivas	Ankara	Sivas
<i>Yeni çeşitler</i>						
Esperia	10.81 b	10.38 cd	2.63 g	2.65 d	30.5 hi	31.6 cd
Kenanbey	10.15 de	11.13 a	2.76 def	2.83 b	31.9 ef	32.7 bc
Tosunbey	10.02 fg	10.17 e	2.78 de	2.67 cd	32.1 ef	30.3 d
Bayraktar 2000	11.08 a	10.85 b	2.97 b	2.73 c	40.3 b	32.5 bc
Demir 2000	10.51 c	10.50 c	2.75 ef	2.92 a	31.0 fgh	35.6 a
İkizce 96	10.49 c	10.26 de	2.73 f	2.87 ab	30.8 ghi	33.4 b
<i>Eski çeşitler</i>						
Kıraç 66	9.50 hi		2.85 c		32.9 de	
Bolal 2973	9.58 hi		2.65 g		29.9 hij	
Bezostaja 1	10.45 c		2.80 d		33.9 d	
Yektay 406	10.25 d		2.73 f		31.7 fg	
Sürak 1593/51	10.20 de		2.93 b		39.2 c	
Ankara 093/44	10.13 ef		2.96 b		39.0 c	
Köse 220/39	10.00 g		2.73 f		33.3 d	
Sivas 111/33	9.21 k		2.63 g		29.0 j	
Ak 702	9.36 j		2.67 g		28.9 j	
<i>Yerel buğdaylar</i>						
Siyez	9.60 h		2.32 i		29.9 ij	
Karakılçık	10.01 g		3.20 a		43.9 a	
Sünter	9.47 ij		2.47 h		25.9 k	
Yeni çeşitler ^a	10.51	10.55	2.77	2.78	32.8	32.7
Eski çeşitler ^a	9.85		2.77		33.1	
Yerel buğdaylar ^a	9.69		2.66		33.2	

Aynı sütunda farklı küçük harflerle belirtilmiş değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.05$). ^aOrtalama değerler. (SKCS: Single Kernel Characterization System - Tek Tane Karakterizasyon Sistemi).

4.2. Buğday Örneklerinin Kimyasal ve Reolojik Özellikleri

4.2.1. Protein Oranı

Protein miktarı iklim koşullarından ve yetiştirme tekniğinden en çok etkilen kriterlerden biri olmasına rağmen (Bushuk, 1982; Aktan, 1992), buğday çeşitlerinin kalitesinin belirlenmesinde en etkili kriterlerden biridir (Williams ve ark., 1986). Çalışmada kullanılan buğdaylardan elde edilen kırma örneklerinin protein oranları Çizelge 4.4'te verilmiştir. Yeni çeşitlerin protein oranı, Ankara ve Sivas lokasyonlarında sırasıyla %12.0 - 14.6 ve %10.1 - 16.9 arasında değişim göstermiştir. Eski çeşitlerin Ankara lokasyonundaki protein oranı %10.8 - 15.6 arasında değişim göstermiştir. Yerel buğdaylardan Siyez, Karakılçık ve Sünter'e ait protein oranı değerleri sırasıyla %16.8, 16.0 ve 13.9 olarak saptanmıştır. Çalışmada kullanılan çeşitler arasında protein oranı bakımından istatistiksel olarak önemli farklar olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Çöl (2017) tarafından yapılan çalışmada geçmişten bugüne kadar ekmeklik buğday çeşitlerinin bazı özelliklerindeki gelişmeler araştırılmıştır. Çalışmada, Kırac-66, Lancer, Bolal-2973, Doğu-88, Gerek-79, Karasu-90, Karahan-99, Bağcı-2002, Dağdaş-94 ve Demir-2000 olmak üzere toplam 10 tane ekmeklik buğday çeşidi kullanılmış olup protein oranının %8.7-11.6 arasında değiştiği bildirilmiştir. Şahin ve ark. (2019) tarafından yürütülen çalışmada, 20 adet çeşit ve hatlardan oluşan ekmeklik buğday genotiplerinin kalite ve teknolojik özellikleri değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, protein oranının %12.29 -14.10 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Çalışmada kullanılan yeni çeşitler arasında protein oranı bakımından Ankara lokasyonunda, Esperia ve Tosunbey çeşitlerinde en yüksek değer (%14.5 ve 14.6), Bayraktar 2000 çeşidinde ise en düşük değer (%12.0) saptanmıştır. Sivas lokasyonunda ise en yüksek protein oranı İkizce 96 çeşidinde (%16.9), en düşük değer ise Kenanbey çeşidinde (%10.1) tespit edilmiştir.

Çalışmada kullanılan eski çeşitler arasında protein oranı bakımından, Sivas 111/33 çeşidinde en yüksek değer (%15.6), Ankara 093/44 çeşidinde ise en düşük değer (%10.8) tespit edilmiştir.

Çizelge 4.4. Tam buğday örneklerine ait protein sonuçları.

Örnekler	Protein Oranı (% , km)	
	Ankara	Sivas
<i>Yeni çeşitler</i>		
Esperia	14.5 d	14.1 d
Kenanbey	13.1 h A	10.1 f B
Tosunbey	14.6 d	14.6 c
Bayraktar 2000	12.0 k B	12.6 e A
Demir 2000	13.6 g B	15.4 b A
İkizce 96	12.5 j B	16.9 a A
<i>Eski çeşitler</i>		
Kıraç 66	11.4 l	
Bolal 2973	13.2 h	
Bezostaja 1	14.1 e	
Yektay 406	12.6 j	
Sürak 1593/51	12.8 i	
Ankara 093/44	10.8 m	
Köse 220/39	13.2 h	
Sivas 111/33	15.6 c	
Ak 702	12.2 k	
<i>Yerel buğdaylar</i>		
Siyez	16.8 a	
Karakılçık	16.0 b	
Sünter	13.9 f	
Yeni çeşitler ^a	13.38 Y	13.95
Eski çeşitler ^a	12.88 Y	
Yerel buğdaylar ^a	15.56 X	

Aynı sütunda farklı küçük harflerle işaretlenmiş değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.05$).

Aynı satırda farklı büyük harflerle işaretlenmiş değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.05$).

^aOrtalama değerler.

Aynı sütunda koyu renkli “XY” ile işaretlenmiş olan ortalama değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.05$).

Protein oranı bakımından Ankara lokasyonunda yeni ve eski çeşitler beraber değerlendirildiğinde, Sivas 111/33 çeşidinde en yüksek değer (%15.6), Ankara 093/44 çeşidinde ise en düşük değer (%10.8) saptanmıştır. Tüm buğday örnekleri arasında en yüksek protein oranı yerel buğdaylardan biri olan Siyez buğdayında (%16.8), en düşük protein oranı eski çeşitlerden biri olan Ankara 093/44 çeşidinde (%10.8) saptanmıştır. Brandolini, Hidalgo ve Moscaritolo (2008) tarafından yapılan çalışmada siyez (*Triticum monococcum*) buğdaylarının ekmeklik buğdaylara kıyasla daha yüksek protein oranına sahip olduğu belirtilmiş olup sonuçlar bu tez çalışması ile uyumludur.

Ortalama protein oranı bakımından yeni çeşitler, eski çeşitler ve yerel buğdaylar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ortalama protein oranı bakımından yerel buğdaylar, yeni çeşitler ve eski çeşitler karşılaştırıldığında, yerel buğdayların en yüksek protein oranına sahip olduğu tespit edilmiştir.

4.2.2. Zeleny Sedimentasyon Değerleri

Çalışmada yer alan yeni ve eski çeşitlere ait tam buğday unlarının Zeleny sedimentasyon ve modifiye Zeleny sedimentasyon değerleri Çizelge 4.5'te verilmiştir. Yeni çeşitlerin Zeleny sedimentasyon değerleri 12 - 19 ml, modifiye Zeleny sedimentasyon değerleri ise 23 - 32 ml arasında değişmiş ve sırasıyla ortalamaları 16 ve 28 ml olarak belirlenmiştir. Eski çeşitlerin Zeleny sedimentasyon değerleri 10 - 20 ml, modifiye Zeleny sedimentasyon değerleri ise 15-33 ml arasında değişmiş ve sırasıyla ortalama değerleri 15 ve 23 ml olarak belirlenmiştir. Bütün çeşitler arasındaki farklar sedimentasyon analizleri bakımından istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Çalışmada yer alan yeni çeşitler arasında, Demir 2000 çeşidinde en yüksek Zeleny sedimentasyon değeri (19 ml), Demir 2000 ve Esperia çeşitlerinde ise en yüksek modifiye Zeleny sedimentasyon (32 ve 32 ml) değeri saptanmıştır. Bayraktar 2000 çeşidinde en düşük Zeleny sedimentasyon ve modifiye Zeleny sedimentasyon değeri (12 ve 23 ml) tespit edilmiştir. Eski çeşitler arasında, Bezostaja 1 çeşidinde en yüksek Zeleny sedimentasyon ve modifiye Zeleny sedimentasyon değeri (20 ve 33 ml), Ak 702 çeşidinde

Çizelge 4.5. Tam buğday unlarının Zeleny sedimentasyon ve modifiye Zeleny sedimentasyon değerleri

Çeşitler	Zeleny Sedimentasyon Değeri (ml)	Modifiye Zeleny Sedimentasyon Değeri (ml)
<i>Yeni çeşitler</i>		
Esperia	16 cd	32 a
Kenanbey	18 abc	28 c
Tosunbey	16 cd	31 b
Bayraktar 2000	12 efg	23 ef
Demir 2000	19 ab	32 a
İkizce 96	13 ef	26 d
<i>Eski çeşitler</i>		
Kıraç 66	18 bc	23 e
Bolal 2973	11 gh	20 h
Bezostaja 1	20 a	33 a
Yektay 406	17 bc	19 h
Sürak 1593/51	16 cd	26 d
Ankara 093/44	14 de	22 fg
Köse 220/39	11 fgh	21 g
Sivas 111/33	20 a	25 d
Ak 702	10 h	15 i
Yeni çeşitler ^a	16	28 *
Eski çeşitler ^a	15	23 *

Sonuçlar %14 rutubet esasına göre verilmiştir.

Aynı sütunda farklı küçük harflerle belirtilmiş değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.05$).

^aOrtalama değerler

Aynı sütunda "*" ile işaretlenmiş ortalama değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.05$).

ise en düşük Zeleny sedimentasyon ve modifiye Zeleny sedimentasyon değeri (10 ve 15 ml) bulunmuştur.

Çalışmada yer alan tüm buğday örnekleri beraber değerlendirildiğinde (yeni ve eski çeşitler), en yüksek Zeleny sedimentasyon değeri Bezostaja 1 ve Sivas 111/33 çeşitlerinde (20 ve 20 ml), en yüksek modifiye Zeleny sedimentasyon değerleri ise Demir 2000, Esperia ve Bezostaja 1 (32, 32 ve 33 ml) çeşitlerinde tespit edilmiştir. En düşük Zeleny sedimentasyon ve modifiye Zeleny sedimentasyon değeri ise Ak 702 çeşidinde (10 ve 15 ml) saptanmıştır.

Cansız ve ark. (2020) tarafından yürütülen çalışmada tam buğday ununun Zeleny sedimentasyon değeri ortalama 17 ml olarak bildirilmiştir. Paşa (2010) tarafından yapılan tez çalışmasında tam buğday ununun Zeleny sedimentasyon değeri 10> olarak verilmiştir.

4.2.3. Farinograf Analiz Sonuçları

Çalışmada yer alan yeni ve eski çeşitlere ait tam buğday unlarının Farinograf gelişme süresi (dk:sn), Farinograf su absorpsiyonu (%) (neme göre düzeltilmiş), Farinograf stabilite (dk:sn), yumuşama derecesi (tepe noktasından itibaren 12. dk) (BU), Farinograf kalite sayısı (FKS) sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Yeni çeşitlere ait tam buğday un örneklerinin gelişme süresi 3.6 - 13.8 dk, su absorpsiyon değerleri % 57.3 - 67.0, stabilite değeri 6.2 - 19.7 dk, yumuşama derecesi 26 - 81 BU, Farinograf kalite sayısı 71 - 268; eski çeşitlere ait tam buğday un örneklerinin gelişme süresi 1.5 - 5.5 dk, su absorpsiyon değerleri % 58.9 - 65.0, stabilite değeri 1.8 - 7.7 dk, yumuşama derecesi 67 - 98 BU, Farinograf kalite sayısı 27 - 106 arasında değişmiştir. Farinograf analizinde elde edilen bütün parametrelerde çalışmada yer alan tüm çeşitler arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Çalışmada yer alan yeni çeşitler arasında, Kenanbey çeşidinde en yüksek Farinograf su absorpsiyonu değeri (67 ml), Esperia çeşidinde en yüksek gelişme süresi (13.8 dk),

Çizelge 4.6. Tam buğday unlarının Farinograf analizi sonuçları.

Çeşitler	Farinograf Gelişme Süresi (dk)	Farinograf Su Absorpsiyonu (% , neme göre düzeltilmiş)	Farinograf Stabilite (dk)	Yumuşama Derecesi (BU, tepe noktasından itibaren 12. dk)	Farinograf Kalite Sayısı
<i>Yeni çeşitler</i>					
Esperia	13.8 a	63.9 e	19.7 a	26 h	268 a
Kenanbey	5.3 c	67.0 a	8.4 c	44 g	110 c
Tosunbey	6.2 b	65.8 b	11.5 b	52 fg	137 b
Bayraktar 2000	3.6 de	57.3 l	7.0 de	57 ef	71 e
Demir 2000	4.1 d	64.3 de	6.2 e	81 bc	84 d
İkizce 96	5.6 bc	59.4 j	7.8 c	68 d	108 c
<i>Eski çeşitler</i>					
Kıraç 66	3.2 ef	64.6 cd	4.1 f	86 bc	56 f
Bolal 2973	1.9 hi	62.6 f	2.0 hi	98 a	31 ij
Bezostaja 1	5.5 c	65.0 c	7.7 cd	67 de	106 c
Yektay 406	2.5 gh	61.2 h	2.8 gh	87 b	40 ghi
Sürak 1593/51	2.7 fg	62.7 f	2.6 ghi	76 cd	41 gh
Ankara 093/44	2.5 gh	60.3 i	3.3 fg	81 bc	44 g
Köse 220/39	3.1 ef	61.9 g	3.1 g	89 ab	44 g
Sivas 111/33	2.3 gh	60.6 i	2.2 hi	86 bc	35 hi
Ak 702	1.5 i	58.9 k	1.8 i	91 ab	27 j
Yeni çeşitler ^a	6.4 *	62.9	10.1 *	55 *	130 *
Eski çeşitler ^a	2.8 *	62.0	3.3 *	84 *	47 *

Aynı sütunda farklı küçük harflerle belirtilmiş değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.05$).

^aOrtalama değerler.

Aynı sütunda "*" ile işaretlenmiş ortalama değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.01$) ve gelişme süresi, stabilite, yumuşama derecesi, kalite sayısı için t değerleri sırasıyla 3.45, 4.72, 5.18, 4.04 olarak belirlenmiştir.

stabilite (19.7 dk), Farinograf kalite sayısı deęeri (268) ve en dūşük yumuřama deęeri (26 BU) saptanmıřtır. Bayraktar 2000 eřidinde en dūřük su absorpsiyonu (%57.3) ve Farinograf kalite sayısı deęeri (71) deęeri, Demir 2000 eřidinde en dūřük stabilite (6.2 dk) ve en yūksek yumuřama derecesi (81 BU) tespit edilmiřtir. Eski eřitler arasında, Bezostaja 1 eřidinde en yūksek Farinograf su absorpsiyonu (%65.0), stabilite (7.7 dk), Farinograf kalite sayısı (106) ve en dūřük yumuřama derecesi (67 BU) saptanmıřtır. Ak 702 eřidinde ise en dūřük Farinograf su absorpsiyonu (%58.9), stabilite (1.8 dk), Farinograf kalite sayısı (27), Bolal 2973 eřidinde ise en yūksek yumuřama derecesi (98 BU) bulunmuřtur.

Çalıřmada yer alan tūm buęday örneklere beraber deęerlendirildięinde (yeni ve eski çeřitler), en yūksek stabilite, en dūřük yumuřama deęeri ve en yūksek Farinograf kalite sayısı deęerleri Esperia eřidinde (19.7 dk, 26 BU, 268) tespit edilmiřtir.

Ekmek üretiminde tercih edilen unların su absorpsiyonun yūksek, yoęurma sūresinin ise çok uzun olmaması istenir. Yoęurma sūresinin çok uzun olması, zaman ve enerji açısından kayıplara yol açacaęı için ekmek üreticileri için istenmeyen bir durumdur. Dięer taraftan, çok kısa yoęurma sūresi olan unların ekmeklik kalitesi de genellikle iyi deęildir (Köksel ve ark., 2000; Aydoęan ve ark., 2012). Cansız ve ark. (2020) tarafından yūrütūlen çalıřmada tam buęday ununun Farinograf su absorpsiyonu deęeri 61.06 ± 0.46 ml olarak bildirilmiř olup bu tez çalıřması ile uyumludur. Pařa (2010) tarafından yapılan tez çalıřmasında tam buęday ununun Farinograf su absorpsiyonu deęeri %65.5, geliřme sūresi 2.1 dk, stabilitesi 3.5 dk, yumuřama derecesi 61 BU olarak verilmiřtir. Bu tez çalıřmasının sonuçları, Pařa (2010) tarafından belirtilen sonuçlar ile karřılařtırıldıęında, su absorpsiyonu deęerinin daha dūřük, geliřme sūresi ve stabilitesinin daha yūksek, yumuřama derecesinin ise yakın deęerlere sahip olduęu grūlmūřtur.

Ankara lokasyonunda yetiştirilen yeni ve eski çeşitlere ait tam buğday unlarının ortalama Farinograf değerleri karşılaştırıldığında su absorpsiyonu hariç diğer parametreler (gelişme sūresi, yumuşama derecesi, stabilite, Farinograf kalite sayısı) için aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.01$). Yeni eřitler ve eski çeşitler ortalama Farinograf değerleri bakımından karşılaştırıldığında, yeni çeşitlerin daha yūksek

gelişme süresi, stabilite, Farinograf kalite sayısı; daha düşük yumuşama derecesi değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.6).

4.3. Buğday Örneklerine Ait Besinsel ve Fonksiyonel Analiz Sonuçları

4.3.1. Buğday Örneklerinin Suda Çözünen Arabinoksilan ve Toplam Arabinoksilan Sonuçları

Buğday örneklerine ait toplam arabinoksilan (Total Arabinoxylan: TOTAX), suda çözünen arabinoksilan (Water Extractable Arabinoxylan: WEAX) ve suda çözünmeyen arabinoksilan (Water Unextractable Arabinoxylan: WUAX) sonuçları Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Örneklerin metoda uygun olarak ekstraksiyonu yapıldıktan sonra gaz kromatografide bu polisakkaritleri oluşturan şekerlere ait pikler elde edilmiştir. TOTAX, WEAX ve WUAX miktarları hesaplanırken aşağıda belirtilen formüller kullanılmıştır. Formüldeki arabinoz ve ksiloz değerleri gaz kromatografide elde edilen piklerin alanları kullanılarak belirlenmiştir. Gaz kromatografide elde edilen piklere ait ekran görüntüsü Şekil 4.1’de verilmiştir.

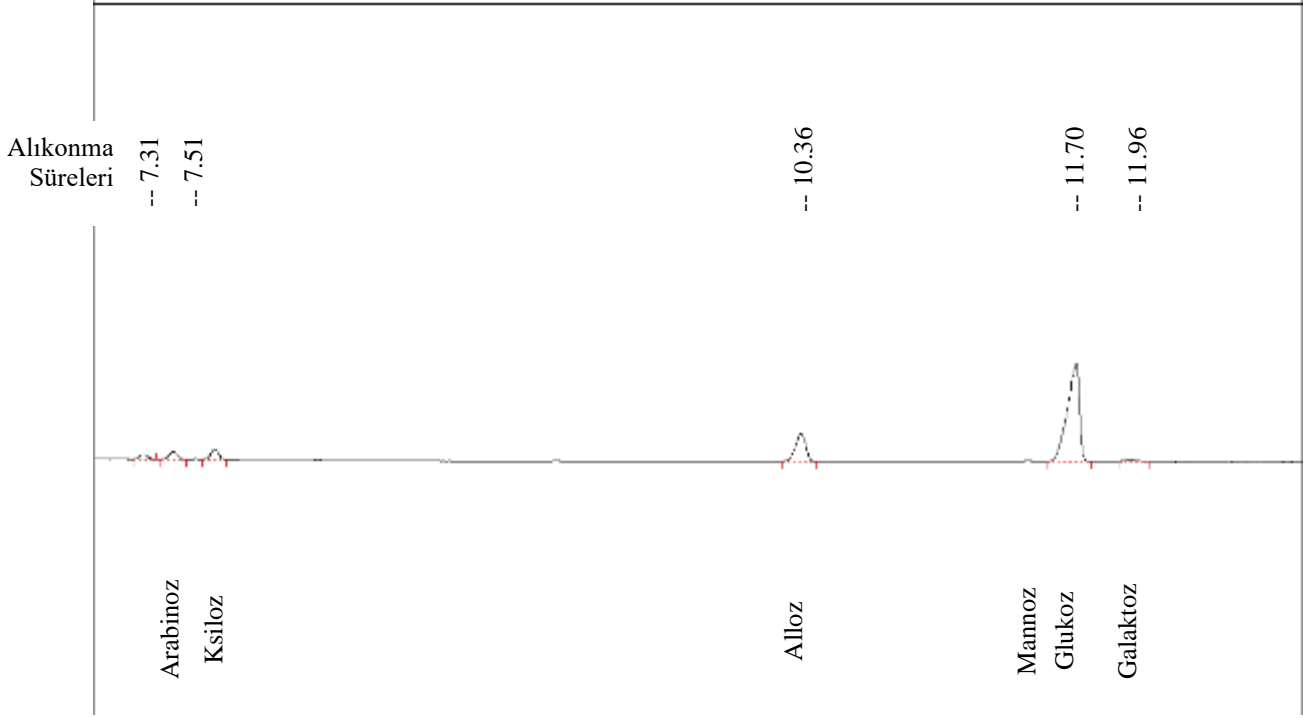
$$\text{TOTAX} = 0.88 \times (\% \text{ Arabinoz}_{\text{TOTAX}} + \% \text{ Ksiloz}_{\text{TOTAX}})$$

$$\text{WEAX} = 0.88 \times (\% \text{ Arabinoz}_{\text{WEAX}} + \% \text{ Ksiloz}_{\text{WEAX}})$$

$$\text{WUAX} = \text{TOTAX} - \text{WEAX}$$

TOTAX, WEAX ve WUAX içerikleri açısından her iki lokasyonda da çeşitler arasında istatistiksel olarak bazı önemli farklılıklar bulunmuştur ($p < 0.05$). Çalışmada yer alan ve Ankara lokasyonunda yetiştirilen yeni buğday çeşitlerine ait TOTAX, WEAX ve WUAX sonuçları sırasıyla %7.41 - 8.48, %0.64 - 0.95 ve %6.62 - 7.53 arasında değişim göstermiştir. Andersson ve ark. (2013) tarafından HEALTHGRAIN projesi kapsamında yapılan çalışmada 129 kışlık buğday çeşidinde arabinoksilan içeriğinin %5.53 - 7.42 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Ordaz-Ortiz, Devaux ve Saulnier (2005), 20 buğday çeşidine ait kırmalarda TOTAX içeriklerinin %4.79 - 6.92, unda yapılan analiz sonucunda

ise WEAX içeriklerinin ise %0.26 - 0.75 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Ejderoğlu Tabban ve Ercan (2002) tarafından yürütülen çalışmada, ülkemizde yetiştirilen başlıca sert ve yumuşak buğday çeşitlerinin pentozan içerikleri belirlenmiş olup ekmeklik buğdaylarda toplam pentozan miktarının %5.2 - 8.2 arasında değiştiği tespit edilmiştir.



Şekil 4.1. Gaz kromatografide elde edilen pik örnekleri.

Eski çeşitlerin Ankara lokasyonundaki TOTAX, WEAX ve WUAX sonuçları sırasıyla %6.40 - 8.10, %0.68 - 1.04 ve %5.72 - 7.18 arasında değişim göstermiştir. Yerel buğdaylardan Siyez, Karakılçık ve Sünter'e ait TOTAX, WEAX ve WUAX sonuçları sırasıyla %5.74, 5.61, 7.88; %0.61, 0.74, 0.67 ve %5.13, 4.87, 7.21 olarak saptanmıştır.

Çalışmada yer alan bütün çeşitler değerlendirildiğinde, TOTAX sonuçları bakımından Esperia çeşidinde en yüksek (%8.48), Karakılçık ve Siyez buğdaylarında en düşük değerler (%5.61 ve 5.74); WEAX sonuçları bakımından Ankara 093/44 çeşidinde en yüksek değer (%1.04), Siyez buğdayında en düşük WEAX değeri (%0.61) tespit edilmiştir.

Çizelge 4.7. Tam buğday unlarının TOTAX, WEAX ve WUAX içerikleri.

Çeşitler	TOTAX (% ,km)			WEAX (% ,km)			WUAX (% ,km)		
	Ankara	Sivas	Ortalama	Ankara	Sivas	Ortalama	Ankara	Sivas	Ortalama
<i>Yeni çeşitler</i>									
Esperia	8.48 a A	6.06 c B	7.27 bc	0.95 b	0.80 a	0.87 a	7.53 a A	5.27 c B	6.40 b
Kenanbey	8.08 ab	7.12 b	7.60 ab	0.64 hi	0.57 b	0.60 c	7.44 a	6.56 b	7.00 a
Tosunbey	8.22 ab	7.57 b	7.89 a	0.70 efg	0.71 a	0.70 b	7.52 a	6.86 b	7.19 a
Bayraktar 2000	7.41 cd	8.53 a	7.97 a	0.79 de	0.68 ab	0.73 b	6.62 b	7.85 a	7.24 a
İkizce 96	7.97 abcA	5.73 c B	6.85 c	0.86 cd	0.78 a	0.82 a	7.11 ab A	4.95 c B	6.03 b
<i>Eski çeşitler</i>									
Kıraç 66	7.88 abc			0.79 de			7.09 ab		
Bolal 2973	7.90 abc			0.78 def			7.12 ab		
Bezostaja 1	7.74 bc			0.69 fgh			7.05 ab		
Yektay 406	7.87 abc			0.74 efg			7.13 ab		
Sürak 1593/51	6.81 de			0.96 ab			5.85 c		
Ankara 093/44	8.10 ab			1.04 a			7.06 ab		
Köse 220/39	7.83 bc			0.90 bc			6.93 ab		
Sivas 111/33	6.40 e			0.68 ghi			5.72 cd		
Ak 702	7.89 abc			0.71 efg			7.18 ab		
<i>Yerel buğdaylar</i>									
Siyez	5.74 f			0.61 i			5.13 de		
Karakılçık	5.61 f			0.74 efg			4.87 e		
Sünter	7.88 abc			0.67 ghi			7.21 ab		
Yeni çeşitler ^a	8.03 A	7.00 B	7.51	0.79 A	0.71 B	0.75	7.24 A	6.30 B	6.77
Eski çeşitler ^a	7.60			0.81			6.79		
Yerel buğdaylar	6.41			0.67			5.74		

Aynı sütunda farklı küçük harflerle işaretlenmiş değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.05$).

Aynı satırda farklı büyük harflerle işaretlenmiş farklı lokasyonlara ait değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.05$). Farklar önemsiz olduğunda harflendirme yapılmamıştır.

^a Ortalama değerler.

(TOTAX: toplam arabinoksilan; WEAX: suda çözünen arabinoksilan; WUAX: suda çözünmeyen arabinoksilan).

Çalışmada yer alan ve Sivas lokasyonunda yetiştirilen yeni buğday çeşitlerine ait TOTAX, WEAX ve WUAX sonuçları sırasıyla %5.73 - 8.53, %0.57 - 0.80 ve %4.95 - 7.85 arasında değişim göstermiştir. TOTAX sonuçları bakımından Bayraktar 2000 çeşidinde en yüksek (%8.53), İkizce 96 ve Esperia çeşitlerinde en düşük değerler (%5.73 ve 6.06); WEAX sonuçları bakımından Esperia çeşidinde en yüksek değer (%0.80), Kenanbey çeşidinde en düşük WEAX değerleri (%0.57) tespit edilmiştir. Bu çalışmanın bulgularına benzer şekilde Kiszonas, Fuerst ve Morris (2013), yaptıkları çalışmada ticari buğday çeşitlerini kullanmış ve TOTAX ve WEAX moleküllerinin içeriğinin öncelikli olarak genetik farklılıklardan etkilendiğini bildirmiştir. Saeed ve ark. (2014) ise 19 yazlık buğday çeşidinde yaptıkları çalışmada, çeşitler arasında önemli varyasyonlar bulunduğunu belirtmişlerdir. Toole ve ark. (2011), seçilen 26 çeşitte yaptıkları analizler sonucunda, undaki toplam arabinoksilan ve suda çözünen arabinoksilan içeriğinin yüksek oranda kalıtsal olduğunu belirtmişlerdir.

TOTAX ve WUAX içerikleri bakımından iki lokasyon arasındaki fark sadece Esperia ve İkizce 96 çeşitleri için istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Her iki lokasyonda yetiştirilen yeni buğday çeşitlerinin ortalama TOTAX, WEAX ve WUAX içerikleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Ankara ve Sivas lokasyonlarında yeni buğday çeşitlerinin ortalama TOTAX, WEAX ve WUAX içeriği sırasıyla %8.03 ve 7.00, %0.79 ve 0.71, %7.24 ve 6.30 olarak tespit edilmiştir. Kiszonas, Fuerst ve Morris (2013) TOTAX içerikleri üzerinde çevresel etkilerin olduğuna dair kanıtlar bulunduğunu belirtmiştir.

Ortalama TOTAX değeri bakımından, yeni çeşitler (%8.03), eski çeşitler (%7.60) ve yerel buğdaylar (%6.41) karşılaştırıldığında yeni çeşitlerin en yüksek değere, yerel buğdayların ise en düşük değere sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçları, eski buğdayların besinsel lif içeriğinin modern buğday türlerinden daha düşük olabileceğini belirten Shewry ve Hey (2015) ile uyumludur. Ayrıca, eski çeşitler en yüksek ve yerel buğdaylar en düşük ortalama WEAX değerine (%0.81 ve 0.67) sahip olarak tespit edilmiştir.

Arabinoksilanlar, buğday tanesinin yapısında yer alan besinsel liflerin en önemli bileşenidir ve birçok sağlık faydası ile ilişkilendirilmektedir (Mendis ve Şimşek, 2014; Chen ve ark., 2019). Lu ve ark. (2004) yaptıkları klinik araştırmada günlük 15 gram arabinoksilan tüketiminin tip 2 diyabetli hastalarda glisemik kontrolü iyileştirdiğini belirtmişlerdir. İnsanların günlük beslenmesinde istenilen düzeyde arabinoksilan tüketilebilmesi için yüksek arabinoksilan içeriğine sahip buğday çeşitlerine ihtiyaç bulunmaktadır. Dolayısıyla, ıslah programlarında yüksek arabinoksilan içeriğine sahip buğday çeşitlerinin geliştirilmesine yönelik olarak çalışmalar yapılması önerilmektedir. Bu çalışmanın sonuçları eski çeşitlerin iyi bir suda çözünen arabinoksilan kaynağı olabileceğini ve ıslah programlarında arabinoksilan içeriği bakımından daha yüksek yeni çeşitler geliştirmek için kullanılabileceğini göstermiştir.

4.3.2. Buğday Örneklerinin Fitik Asit Sonuçları

Çalışmada kullanılan buğdaylardan elde edilen kırma örneklerinin fitik asit analiz sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir. Yeni çeşitlerin fitik asit sonuçları, Ankara ve Sivas lokasyonlarında sırasıyla %0.53 - 1.10 ve %0.81 - 1.17 arasında değişim göstermiştir. Eski çeşitlerin Ankara lokasyonundaki fitik asit analiz sonuçları %0.74 - 1.13 arasında değişim göstermiştir. Yerel buğdaylardan Siyez, Karakılçık ve Sünter’e ait fitik asit analiz değerleri sırasıyla %1.12, 1.61 ve 1.43 olarak saptanmıştır. Çalışmada kullanılan çeşitler arasında fitik asit içeriği bakımından istatistiksel olarak önemli farklar olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Febles ve ark. (2002) tarafından yapılan çalışmada 100 adet tam buğday unu örneğinde fitik asit analizi yapılmıştır. Tam buğday unlarının fitik asit sonuçlarının 6 - 10 mg/g aralığında değiştiği bildirilmiştir. Bu tez çalışmasında Ankara lokasyonundaki yeni çeşitlerin fitik asit içeriğinin %0.53 - 1.10 aralığında değişmiş olduğu tespit edilmiş olup sonuçlar ilgili literatür ile uyumludur.

Çalışmada kullanılan yeni çeşitler arasında fitik asit analiz sonuçları bakımından Ankara lokasyonunda Demir 2000 çeşidinde en yüksek değer (%1.10), İkizce 96 çeşidinde ise en düşük değer (%0.53) saptanmıştır. Sivas lokasyonunda ise en yüksek fitik asit sonucu

Çizelge 4.8. Buğday örneklerinin fitik asit sonuçları.

Çeşitler	Fitik Asit Yüzdesi (% , km)	
	Ankara	Sivas
<i>Yeni çeşitler</i>		
Esperia	0.65 m B	0.97 b A
Kenanbey	0.82 ijk A	0.81 c B
Tosunbey	0.80 jkl B	1.04 b A
Bayraktar 2000	0.82 ij B	1.17 a A
Demir 2000	1.10 cd A	0.87 c B
İkizce 96	0.53 n B	1.05 b A
<i>Eski çeşitler</i>		
Kıraç 66	1.05 de	
Bolal 2973	0.96 fg	
Bezostaja 1	0.83 hij	
Yektay 406	1.13 c	
Sürak 1593/51	0.90 gh	
Ankara 093/44	0.75 kl	
Köse 220/39	0.74 l	
Sivas 111/33	1.02 ef	
Ak 702	0.88 hi	
<i>Yerel buğdaylar</i>		
Siyez	1.12 c	
Karakılçık	1.61 a	
Sünter	1.43 b	
Yeni çeşitler ^a	0.79 Z	0.98
Eski çeşitler ^a	0.92 Y	
Yerel buğdaylar ^a	1.39 X	

Aynı sütunda farklı küçük harflerle işaretlenmiş değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.05$).

Aynı satırda farklı büyük harflerle işaretlenmiş iki farklı lokasyona ait değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.05$).

^a Ortalama değerler.

Aynı sütunda koyu renkli "XYZ" ile işaretlenmiş ortalama değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.05$).

Bayraktar 2000 çeşidinde (%1.17), en düşük değer ise Kenanbey ve Demir 2000 çeşitlerinde (%0.81 ve 0.87) tespit edilmiştir. Çalışmada kullanılan eski çeşitler arasında fitik asit bakımından, Yektay 406 çeşidinde en yüksek değer (%1.13), Köse 220/39 çeşidinde ise en düşük değer (%0.74) tespit edilmiştir.

Fitik asit bakımından Ankara lokasyonunda yeni ve eski çeşitler birlikte değerlendirildiğinde, Yektay 406 çeşidinde en yüksek değer (%1.13), İkizce 96 çeşidinde ise en düşük değer (%0.53) saptanmıştır. Tüm buğday örnekleri arasında en yüksek fitik asit yüzdesi yerel buğdaylardan biri olan Karakılçık'da (%1.61), en düşük fitik asit sonucu yeni çeşitlerden biri olan İkizce 96 çeşidinde (%0.53) saptanmıştır ($p<0.05$).

Ortalama fitik asit içeriği bakımından yeni çeşitler, eski çeşitler ve yerel buğdaylar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ortalama fitik asit içeriği bakımından, yerel buğdaylar, yeni çeşitler ve eski çeşitler karşılaştırıldığında, yerel buğdayların en yüksek, yeni çeşitlerin en düşük miktarda fitik asit içerdiği tespit edilmiştir.

4.3.3. Buğday Örneklerinin Safra Asidi Bağlama Kapasitesi Sonuçları

Çalışmada kullanılan buğdaylardan elde edilen kırma örneklerinin safra asidi bağlama kapasitesi sonuçları $\mu\text{mol}/100\text{ mg}$ ve kolestimamine bağlı % olarak olmak üzere iki farklı şekilde Çizelge 4.9'da verilmiştir. Çalışmada kullanılan çeşitler arasında safra asidi bağlama kapasitesi sonuçları bakımından istatistiksel olarak bazı önemli farklar olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Yeni çeşitlerin safra asidi bağlama kapasitesi sonuçları, Ankara ve Sivas lokasyonlarında sırasıyla %7.3 - 14.0 ve %9.1 - 12.5 (2.92 - 5.57 $\mu\text{mol}/100\text{ mg}$ ve 3.62 - 4.97 $\mu\text{mol}/100\text{ mg}$) arasında değişim göstermiştir. Eski çeşitlerin Ankara lokasyonundaki safra asidi bağlama kapasitesi sonuçları %5.2 - 13.3 (2.05 - 5.29 $\mu\text{mol}/100\text{ mg}$) arasında değişim göstermiştir. Yerel buğdaylardan Siyez, Karakılçık ve Sünter'e ait safra asidi bağlama kapasitesi değerleri sırasıyla %8.4, 4.5 ve 7.4 (3.35, 1.79 ve 2.94 $\mu\text{mol}/100\text{ mg}$) olarak saptanmıştır.

Kahlon ve Chow (2000) tarafından yürütülen çalışmada, pirinç kepeği, yulaf kepeği, buğday kepeği ve mısır kepeğinin safra asidi bağlama kapasiteleri analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda; pirinç, yulaf, buğday ve mısır kepeklerinin safra asidi bağlama kapasiteleri sırasıyla %25.0, 5.0, 20.0 ve 2.9 olarak bulunmuştur (referans olarak kolestiramin 100 kabul edildiğinde, %). Kahlon ve arkadaşları (2006) tarafından yürütülen çalışmada kolestiramine göre buğday kepeğinin *in vitro* safra asidi bağlama kapasitesi %14 - 23 olarak belirlenmiştir. Bu tez çalışmasında ilgili iki literatüre kıyasla daha düşük değerler elde edilmiş olup nedeni muhtemelen ilgili kaynaklarda buğday kepeği, bu tez çalışmasında buğday tanesi üzerinde çalışma yapılmış olmasıdır.

Dongowski (2007) yaptığı çalışmada buğday ununda glikolik asit (GCA), glikoçenodeoksikolik asit (GCDCA) ve glikodeoksikolik asit (GDCA) safra asitlerini kullanarak safra asidi bağlama kapasitesini belirlemiştir. Buğday ununun safra asidi bağlama kapasite sonuçları 1.44, 1.65 ve 1.57 $\mu\text{mol}/100\text{ mg}$ olarak verilmiştir. Bu tez çalışmasında buğday kırmasında elde edilen sonuçlar, buğday ununu analiz eden literatüre kıyasla daha yüksek bulunmuş olup nedeninin kepek fraksiyonundan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Sayar ve ark. (2005) tarafından yürütülen bir çalışmada yulaf unlarının safra asidi bağlama kapasiteleri kolestiramine göre %7.5 - 14.8 arasında tespit edilmiş olup yulaf unların literatürdeki bir çok tahıl ve bitkiye kıyasla daha yüksek safra asidi bağlama kapasitesine sahip olduğu belirtilmiştir.

Adam ve ark. (2003) tarafından fareler üzerinde yapılan bir çalışmada, kontrol diyeti ile beslenen farelere kıyasla tam buğday unu ile beslenen farelerin dışkılarında %40 daha fazla safra asidi bulunurken, tam buğday ekmeği ile beslenen farelerin dışkılarında kontrol diyeti ile beslenen farelere kıyasla %150 daha fazla safra asidi bulunduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak, tam buğday unu ve ekmeğinin kanda ve karaciğerde kolesterolü düşürücü etkisi olduğu belirtilmiştir.

Çizelge 4.9. Buğday örneklerinin safra asidi bağlama kapasitesi sonuçları.

Çeşitler	Ankara		Sivas	
	Safra Asidi Bağlama Kapasitesi (µmol/100 mg, KM)	Kolestiramine Göre Safra Asidi Bağlama Kapasitesi (%)	Safra Asidi Bağlama Kapasitesi (µmol/100 mg, KM)	Kolestiramine Göre Safra Asidi Bağlama Kapasitesi (%)
<i>Yeni çeşitler</i>				
Esperia	4.93 ab	12.4 ab	3.62 c	9.1 c
Kenanbey	4.05 cde	10.2 cde	4.40 ab	11.1 ab
Tosunbey	3.51 def	8.8 def	4.53 ab	11.4 ab
Bayraktar 2000	5.57 a	14.0 a	3.89 bc	9.8 bc
Demir 2000	3.50 def	8.8 def	4.17 bc	10.5 bc
İkizce 96	2.92 f	7.3 f	4.97 a	12.5 a
<i>Eski çeşitler</i>				
Kıraç 66	3.74 cde	9.4 cde		
Bolal 2973	3.67 cde	9.2 cde		
Bezostaja 1	2.89 f	7.3 f		
Yektay 406	4.37 bc	11.0 bc		
Sürak 1593/51	2.05 g	5.2 g		
Ankara 093/44	4.09 cd	10.3 cd		
Köse 220/39	5.29 a	13.3 a		
Sivas 111/33	3.84 cde	9.7 cde		
Ak 702	4.27 bc	10.7 bc		
<i>Yerel buğdaylar</i>				
Siyez	3.35 ef	8.4 ef		
Karakılçık	1.79 g	4.5 g		
Sünter	2.94 f	7.4 f		
Yeni çeşitler ^a	4.08 X	10.3 X	4.3	10.7
Eski çeşitler ^a	3.80 X	9.6 X		
Yerel buğdaylar ^a	2.69 Y	6.8 Y		

Aynı sütunda farklı küçük harflerle işaretlenmiş değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.05$).

^aOrtalama değerler

Aynı sütunda koyu renkli "XY" ile işaretlenmiş ortalama değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.05$).

Çalışmada kullanılan yeni çeşitler arasında safra asidi bağlama kapasitesi sonuçları bakımından Ankara lokasyonunda, Bayraktar 2000 çeşidinde en yüksek değer (%14.0 / 5.57 $\mu\text{mol}/100\text{ mg}$), İkizce 96 çeşidinde ise en düşük değer (%7.3 / 2.92 $\mu\text{mol}/100\text{ mg}$) saptanmıştır. Sivas lokasyonunda ise en yüksek safra asidi bağlama kapasitesi sonucu İkizce 96 çeşidinde (%12.5 / 4.97 $\mu\text{mol}/100\text{ mg}$), en düşük değer ise Esperia çeşidinde (%9.1 / 3.62 $\mu\text{mol}/100\text{ mg}$) tespit edilmiştir.

Çalışmada kullanılan eski çeşitler arasında safra asidi bağlama kapasitesi bakımından, en yüksek değer Köse 220/39 çeşidinde (%13.3 / 5.29 $\mu\text{mol}/100\text{ mg}$), en düşük değer ise Sürak 1593/51 çeşidinde (%5.2 / 2.05 $\mu\text{mol}/100\text{ mg}$) tespit edilmiştir.

Safra asidi bağlama kapasitesi bakımından Ankara lokasyonunda yeni ve eski çeşitler beraber değerlendirildiğinde, en yüksek değer Bayraktar 2000 (%14.0 / 5.57 $\mu\text{mol}/100\text{ mg}$) ve Köse 220/39 çeşitlerinde (%13.3 / 5.29 $\mu\text{mol}/100\text{ mg}$), en düşük değer Sürak 1593/51 çeşidinde ise (%5.2 / 2.05 $\mu\text{mol}/100\text{ mg}$) saptanmıştır.

Tüm buğday örnekleri arasında en yüksek safra asidi bağlama kapasitesi yeni çeşitlerden biri olan Bayraktar 2000 (%14.0 / 5.57 $\mu\text{mol}/100\text{ mg}$) ve eski çeşitlerden biri olan Köse 220/39 (%13.3 / 5.29 $\mu\text{mol}/100\text{ mg}$) çeşitlerinde, en düşük safra asidi bağlama kapasitesi sonucu yerel buğdaylardan biri olan Karakılçık'da (%4.5 / 1.79 $\mu\text{mol}/100\text{ mg}$) saptanmıştır.

Ankara lokasyonunda safra asidi bağlama kapasitesi bakımından yeni çeşitler, eski çeşitler ve yerel buğdayların ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ortalama safra asidi bağlama kapasitesi bakımından yeni çeşitler, eski çeşitler ve yerel buğdaylar karşılaştırıldığında yeni çeşitlerin en yüksek (%10.3 / 4.08 $\mu\text{mol}/100\text{ mg}$), yerel buğdayların en düşük safra asidi bağlama kapasitesi ortalamasına (%6.8 / 2.69 $\mu\text{mol}/100\text{ mg}$) sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.9).

4.3.4. Buğday Örneklerinin Besinsel Lif Sonuçları

Örneklerin toplam besinsel lif, çözümler besinsel lif ve çözümler besinsel lif içerikleri Çizelge 4.10'da verilmiştir. Besinsel lif içerikleri açısından her iki lokasyonda çeşitler arasında istatistiksel olarak önemli bazı farklar bulunmuştur ($p < 0.05$). Çalışmada yer alan ve Ankara lokasyonunda yetiştirilen yeni buğday çeşitlerine ait toplam, çözümler ve çözümler besinsel lif sonuçları sırasıyla %17.54 - 19.06, %2.97 - 3.58 ve %13.95 - 15.81 arasında değişim göstermiştir. Eski çeşitlerin Ankara lokasyonundaki toplam, çözümler ve çözümler besinsel lif sonuçları sırasıyla %15.99 - 17.82, %3.11 - 4.00 ve %12.60 - 14.59 arasında değişim göstermiştir. Yerel buğdaylardan Siyez, Karakılçık ve Sünter'e ait toplam, çözümler ve çözümler besinsel lif sonuçları sırasıyla %13.84, 17.36, 19.82; %3.95, 3.99, 4.23 ve %9.89, 13.37, 15.59 olarak saptanmıştır. Gebruers ve ark. (2008) tarafından yapılan çalışmada ekmeklik buğdayların besinsel lif içeriğinin %11.5 - 18.3 arasında değiştiği bulunmuş olup bu sonuç bu tez çalışmasının sonuçları ile uyumludur. Ayrıca Gebruers ve ark. (2008) ekmeklik buğdaylar ile karşılaştırıldığında Siyez buğdayların daha düşük miktarda toplam besinsel lif içerdiğini (%7.2 - 12.8) belirtmiş olup bu tez çalışmasında analiz edilen Siyez buğdayının (einkorn) besinsel lif içeriği de ekmeklik buğdaylardan daha düşük (%13.84) olarak tespit edilmiştir.

Çalışmada yer alan ve Ankara lokasyonunda yetiştirilen yeni ve eski çeşitler ile yerel buğdaylar birlikte değerlendirildiğinde, toplam besinsel lif sonuçları bakımından yerel buğdaylardan biri olan Sünter'de en yüksek (%19.82), Siyez'de en düşük değer (%13.84); çözümler besinsel lif sonuçları bakımından yerel buğdaylardan biri olan Sünter'de en yüksek (%4.23), İkizce 96, Bezostaja 1 ve Sivas 111/33 çeşitlerinde en düşük değerler (%2.97, 3.11, 3.12) tespit edilmiştir.

Çalışmada yer alan ve Sivas lokasyonunda yetiştirilen yeni buğday çeşitlerine ait toplam, çözümler ve çözümler besinsel lif sonuçları sırasıyla %16.82 - 18.47, 2.65 - 3.41 ve 13.41 - 15.16 arasında değişim göstermiştir. Toplam besinsel lif sonuçları bakımından Demir 2000 çeşidinde en yüksek (%18.47), Bayraktar 2000 ve Kenanbey çeşitlerinde en düşük değerler (%16.82 ve 16.98); çözümler besinsel lif sonuçları bakımından Bayraktar 2000 ve İkizce 96 çeşitlerinde en yüksek değer (%3.41 ve 3.40), Kenanbey çeşidinde en düşük değer (%2.65) tespit edilmiştir.

Çizelge 4.10. Buğday örneklerinin besinsel lif (%) sonuçları.

Çeşitler	Toplam Besinsel Lif (%)			Çözünür Besinsel Lif (%)			Çözünmez Besinsel Lif (%)		
	Ankara	Sivas	Ortalama	Ankara	Sivas	Ortalama	Ankara	Sivas	Ortalama
<i>Yeni çeşitler</i>									
Esperia	19.06 b A	17.85 b B	18.46 a	3.25 efg	3.09 ab	3.17 abc	15.81 a	14.76 ab	15.28 a
Kenanbey	17.87 c A	16.98 c B	17.42 cd	3.34 defg	2.65 c	3.00 c	14.53 c	14.33 b	14.43 b
Tosunbey	18.64 b	17.93 b	18.28 ab	3.35 defg	2.95 bc	3.15 bc	15.29 b	14.98 a	15.14 a
Bayraktar 2000	17.54 cdef	16.82 c	17.18 d	3.58 bcde	3.41 a	3.50 a	13.95 d	13.41 c	13.68 c
Demir 2000	18.85 b	18.47 a	18.66 a	3.56 cdef	3.30 ab	3.43 ab	15.29 b	15.16 a	15.23 a
İkizce 96	17.74 cde	18.03 b	17.88 bc	2.97 g	3.40 a	3.18 abc	14.77 c	14.63 ab	14.70 b
<i>Eski çeşitler</i>									
Kıraç 66	16.33 gh			3.17 fg			13.16 fg		
Bolal 2973	17.82 cd			3.36 defg			14.46 c		
Bezostaja 1	17.69 cde			3.11 g			14.59 c		
Yektay 406	16.53 g			3.93 abc			12.60 h		
Sürak 1593/51	17.11 f			3.26 efg			13.84 de		
Ankara 093/44	17.31 ef			4.00 ab			13.32 fg		
Köse 220/39	17.18 f			3.70 bcd			13.48 ef		
Sivas 111/33	15.99 h			3.12 g			12.87 gh		
Ak 702	16.39 gh			3.71 bcd			12.69 h		
<i>Yerel</i>									
Siyez	13.84 i			3.95 abc			9.89 i		
Karakılçık	17.36 def			3.99 ab			13.37 f		
Sünter	19.82 a			4.23 a			15.59 ab		
Yeni çeşitler ^a	18.28 A	17.68 B	17.98	3.34 A	3.13 B	3.24	14.94 A	14.55 B	14.74
Eski çeşitler ^a	16.93			3.48			13.45		
Yerel	17.01			4.06			12.95		

Aynı sütunda farklı küçük harflerle işaretlenmiş değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.05$).

Aynı satırda farklı büyük harflerle işaretlenmiş iki farklı lokasyona ait değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.05$). Farklar önemsiz olduğunda harflendirme yapılmamıştır.

^a Ortalama değerler

Her iki lokasyonun ortalama toplam, çözüner ve çözüner besinsel lif sonuçları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ankara ve Sivas lokasyonlarının ortalama toplam besinsel lif içeriği sırasıyla %18.28 ve 17.68 olarak bulunmuştur. Toplam besinsel lif içerikleri bakımından iki lokasyon arasındaki fark sadece Kenanbey ve Esperia çeşitleri için istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Ortalama toplam besinsel lif değeri bakımından, yeni çeşitler (%18.28), eski çeşitler (%16.93) ve yerel buğdaylar (%17.01) karşılaştırıldığında, yeni çeşitlerin ortalamasının en yüksek değere sahip olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonuçları, eski buğdayların besinsel lif içeriğinin modern buğdaylardan daha düşük olabileceğini belirten Shewry ve Hey (2015) ile uyumludur. Ayrıca, yerel buğdayların en yüksek, yeni çeşitlerin ise en düşük ortalama çözüner besinsel lif değerine (%4.06 ve 3.34) sahip olduğu tespit edilmiştir.

4.3.5. Buğday Örneklerinin Mineral Madde Sonuçları

Çalışmada kullanılan buğdaylardan elde edilen kırma örneklerinin Ankara lokasyonuna ait mineral madde analiz sonuçları Çizelge 4.11’de; Sivas lokasyonuna ait mineral madde analiz sonuçları Çizelge 4.12’de verilmiştir. Yeni çeşitlerin Ankara lokasyonunda kalsiyum (Ca), bakır (Cu), demir (Fe), potasyum (K), magnezyum (Mg), manganez (Mn), fosfor (P), çinko (Zn), alüminyum (Al), kükürt (S) değerleri sırasıyla 354.6 - 501.3, 3.47 - 5.11, 34.40 - 39.07, 3609.2 - 4379.3, 1077.5 - 1328.0, 33.02 - 44.06, 2296.1 - 2724.5, 11.44 - 24.61, 2.45 - 5.33, 1627.0 - 2220.0 mg.kg⁻¹ arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.11). Yeni çeşitlerin Sivas lokasyonunda Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, P, Zn, Al ve S değerleri sırasıyla 471.9 - 618.0, 3.27 - 5.48, 28.97 - 38.11, 3531.2 - 4475.1, 1128.5 - 1376.5, 29.94 - 54.29, 2407.3 - 2892.9, 10.03 - 20.46, 1.46 - 6.56 ve 1184.0 - 1804.0 mg.kg⁻¹ arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.12). Eski çeşitlerin Ankara lokasyonundaki Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, P, Zn, Al ve S değerleri sırasıyla 287.3 - 367.9, 3.57 - 5.35, 31.16 - 40.64, 3657.1 - 4493.9, 1158.5 - 1462.0, 38.28 - 52.45, 2489.6 - 3498.4, 12.04 - 20.11, 2.50 - 4.85 ve 1330.0 - 2182.5 mg.kg⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Yerel buğdaylardan Siyez, Karakılçık ve Sünter’e ait Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, P, Zn, Al ve S değerleri sırasıyla 362.2 - 1247.7 - 410.1, 5.68 - 5.62 - 3.09, 35.78 - 44.48 - 29.39, 4290.4 - 4825.6 - 4949.9, 1416.5

- 1530.5 - 1330.5, 50.72 - 49.06 - 41.32, 3357.7 - 4684.8 - 4225.4, 26.96 - 27.55 - 33.59, 3.13 - 3.08 - 3.84, 1928.0 - 1798.0 - 1272.0 mg.kg⁻¹ olarak saptanmıştır. Çalışmada kullanılan tüm çeşitler arasında Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, P, Zn, Al ve S içeriği bakımından istatistiksel olarak önemli farklar olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$) (Çizelge 4.11).

Akhter ve arkadaşları (2012) tarafından yürütülen çalışmada, 12 buğday çeşidinin mineral madde içerikleri analiz edilmiştir. Kalsiyum, demir, çinko, bakır ve fosfor içerikleri için sırasıyla 25.1 - 53.5, 3.41 - 5.55, 0.71 - 3.00, 0.65 - 1.32 ve 298 - 314 mg/100 gram olarak tespit edilmiştir. Akhter ve arkadaşları tarafından elde edilen verilerin, bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlar ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Hussain, Maqsood ve Miller (2011) tarafından yapılan çalışmada Pakistan'da 65 buğday çeşidinin çinko içeriği değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda; buğday tanesindeki çinko konsantrasyon aralığı 24 - 36 $\mu\text{g.g}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Bu tez çalışmasında tüm materyalde çinko içeriği 11.44 - 33.59 mg.kg⁻¹ aralığında değişmiş olup sonuç ilgili literatür ile uyumludur. Lazarte ve ark. (2015) buğday tanesinin çinko, demir ve kalsiyum içeriklerini 2.27 - 2.98, 2.19 - 5.16 ve 45 - 74 mg/100 g olarak tespit etmiş olup bu tez çalışmasının sonuçları ile uyumlu olduğu saptanmıştır. Murphy, Reeves ve Jones (2008) tarafından yapılan çalışmada, eski (1842 - 1965) ve modern (2003) buğdayların mineral madde konsantrasyonları karşılaştırılmıştır. Mineral konsantrasyonları bakımından (kalsiyum, bakır, demir, magnezyum, mangan, fosfor, selenyum ve çinko) eski çeşitlerin modern çeşitlerden daha yüksek konsantrasyona sahip olduğu görülmüştür. Murphy, Reeves ve Jones tarafından yapılan çalışmada değerlendirilen tüm mineraller bakımından eski çeşitler daha yüksek değer vermiş olup bu tez çalışmasında magnezyum, mangan ve fosfor bakımından eski çeşitler yeni çeşitlere göre daha yüksek değer verirken, yerel buğdaylar yeni çeşitlere kıyasla kalsiyum, potasyum, magnezyum, fosfor ve çinko bakımından daha yüksek değerler vermiştir. Zhao ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmada 150 adet ekmeçlik buğday demir ve çinko içerikleri bakımından analiz edilmiş olup demir içeriği 28.8 - 50.8 mg/kg ve çinko içeriği 13.5 - 34.5 mg/kg arasında değişmiş olup bu tez çalışmasının sonuçları ile uyumlu olduğu saptanmıştır.

Çalışmada kullanılan yeni çeşitler arasında Ankara lokasyonunda en yüksek Ca (501.3 mg.kg⁻¹), Cu (5.11 mg.kg⁻¹), Mn (44.06 mg.kg⁻¹) ve Zn (24.61 mg.kg⁻¹) miktarı Demir 2000 çeşidinde, en yüksek Fe (39.07 mg.kg⁻¹), K (4379.3 mg.kg⁻¹) ve S (2220.0 mg.kg⁻¹) miktarı Esperia çeşidinde, en yüksek Mg (1328.0 mg.kg⁻¹), P (2724.5 mg.kg⁻¹) ve Al (5.33 mg.kg⁻¹) miktarı İkizce 96 çeşidinde saptanmıştır. En düşük Ca (354.6 mg.kg⁻¹), Mn (33.02 mg.kg⁻¹), P (2296.1 mg.kg⁻¹), Zn (11.44 mg.kg⁻¹) ve S (1627.0 mg.kg⁻¹) miktarı Kenanbey çeşidinde, en düşük Cu (3.47 ve 3.57 mg.kg⁻¹) miktarı Bayraktar 2000 ve İkizce 96 çeşitlerinde, en düşük Fe (34.40 mg.kg⁻¹) miktarı Demir 2000 çeşidinde, en düşük K (3609.2 mg.kg⁻¹) miktarı Bayraktar 2000 çeşidinde, en düşük Mg (1077.5 mg.kg⁻¹) miktarı Esperia çeşidinde, en düşük Al (2.45, 2.53 ve 2.68 mg.kg⁻¹) miktarları Demir 2000, Kenanbey ve Bayraktar 2000 çeşitlerinde tespit edilmiştir (Çizelge 4.11).

Çalışmada kullanılan eski çeşitler arasında en yüksek Ca (367.9 mg.kg⁻¹) miktarı Bezostaja 1 çeşidinde, Cu (5.35 mg.kg⁻¹) ve S (2182.5 mg.kg⁻¹) miktarı Sivas 111/33 çeşidinde, Fe (40.64, 40.61 ve 40.30 mg.kg⁻¹) miktarı Bolal 2973, Sivas 111/33 ve Köse 220/39 çeşitlerinde, K (4493.9 mg.kg⁻¹) miktarı Köse 220/39 çeşidinde, Mg (1462.0 mg.kg⁻¹), Mn (52.45 mg.kg⁻¹), P (3498.4 mg.kg⁻¹), Zn (20.11 mg.kg⁻¹) ve Al (4.85 mg.kg⁻¹) miktarı Yektay 406 çeşidinde tespit edilmiştir (Çizelge 4.11).

Mineral madde içeriği bakımından Ankara lokasyonunda yeni ve eski çeşitler beraber değerlendirildiğinde, en yüksek Ca ve Zn (501.3 ve 24.61 mg.kg⁻¹) miktarı Demir 2000 çeşidinde, Cu (5.35 mg.kg⁻¹) miktarı Sivas 111/33 çeşidinde, Fe (40.64, 40.61 ve 40.30 mg.kg⁻¹) miktarı Bolal 2973, Sivas 111/33 ve Köse 220/39 çeşitlerinde, K (4493.9 mg.kg⁻¹) miktarı Köse 220/39 çeşidinde, Mg (1462.0 mg.kg⁻¹), Mn (52.45 mg.kg⁻¹) ve P (3498.4 mg.kg⁻¹) miktarı Yektay 406 çeşidinde, Al (5.33 mg.kg⁻¹) miktarı İkizce 96 çeşidinde ve S (2222.0 mg.kg⁻¹) miktarı Esperia çeşidinde saptanmıştır. En düşük Ca (287.3 mg.kg⁻¹) ve S (1330.0 mg.kg⁻¹) miktarı Kıraç 66 çeşidinde, Cu (3.47, 3.57 ve 3.57 mg.kg⁻¹) miktarı Bayraktar 2000, İkizce 96 ve Ankara 093/44 çeşidinde, Fe (31.16 mg.kg⁻¹) miktarı Ak 702 çeşidinde, K (3609.2 mg.kg⁻¹) miktarı Bayraktar 2000 çeşidinde, Mg (1077.5 ve 1087.0 mg.kg⁻¹) miktarı Esperia ve Tosunbey çeşidinde, Mn (33.02 mg.kg⁻¹), P (2296.1 mg.kg⁻¹) miktarı Kenanbey çeşidinde, Zn (11.44 ve 12.04 mg.kg⁻¹) miktarı Kenanbey ve

Çizelge 4.11. Ankara lokasyonuna ait buğday örneklerinin mineral madde analiz sonuçları (mg.kg⁻¹).

Çeşitler	Ca		Cu		Fe		K		Mg		Mn		P		Zn		Al		S		
<i>Yeni çeşitler</i>																					
Esperia	460.4	c	5.07	c	39.07	bc	4379.3	bc	1077.5	l	36.49	k	2655.8	ij	23.27	d	4.08	abcd	2220.0	a	
Kenanbey	354.6	efg	3.95	gh	35.70	def	3753.5	ghi	1303.0	fgh	33.02	l	2296.1	m	11.44	n	2.53	d	1627.0	ef	
Tosunbey	444.4	c	4.94	c	37.03	cd	3666.2	ij	1087.0	l	42.72	efg	2520.6	kl	22.13	e	3.84	abcd	1961.5	bcd	
Bayraktar 2000	370.3	e	3.47	j	36.04	de	3609.2	j	1288.0	gh	40.51	hi	2589.3	jk	15.81	hij	2.68	d	1943.5	cd	
Demir 2000	501.3	b	5.11	bc	34.40	efg	4038.5	de	1182.5	jk	44.06	e	2586.0	jk	24.61	c	2.45	d	1808.0	de	
İkizce 96	416.6	d	3.57	j	35.65	def	3919.3	ef	1328.0	ef	43.83	ef	2724.5	hi	13.08	m	5.33	a	1925.0	cd	
<i>Eski çeşitler</i>																					
Kıraç 66	287.3	i	4.22	ef	34.00	fgh	4057.3	d	1233.0	i	47.82	cd	2976.8	fg	15.40	ijk	2.50	d	1330.0	gh	
Bolal 2973	320.8	h	3.84	hi	40.64	b	3810.5	fgh	1307.0	efg	47.92	cd	3038.9	f	16.26	hi	4.55	abc	1535.5	fg	
Bezostaja 1	367.9	e	4.39	de	36.67	d	3868.6	fg	1158.5	k	42.07	fgh	2489.6	l	13.67	lm	3.21	bcd	2054.0	abc	
Yektay 406	340.5	g	4.16	efg	37.33	cd	3770.0	ghi	1462.0	b	52.45	a	3498.4	c	20.11	f	4.85	ab	1939.0	cd	
Sürak 1593/51	349.0	fg	4.47	d	33.37	gh	4387.9	bc	1283.5	gh	42.02	fgh	2734.3	hi	14.52	kl	3.37	bcd	1907.5	cd	
Ankara 093/44	321.2	h	3.57	j	32.13	hi	4313.2	c	1277.0	h	39.98	ij	2933.2	g	14.96	jk	3.42	bcd	1605.5	ef	
Köse 220/39	296.2	i	4.09	fg	40.30	b	4493.9	b	1419.5	cd	46.15	d	3152.3	e	17.58	g	4.52	abc	1781.0	de	
Sivas 111/33	350.9	fg	5.35	b	40.61	b	3738.6	hi	1446.5	bc	43.54	ef	3014.4	fg	16.35	h	4.58	abc	2182.5	ab	
Ak 702	302.1	i	3.60	ij	31.16	ij	3657.1	ij	1194.0	j	38.28	jk	2789.9	h	12.04	n	3.88	abcd	1580.5	ef	
<i>Yerel buğdaylar</i>																					
Siyez	362.2	ef	5.68	a	35.78	def	4290.4	c	1416.5	d	50.72	ab	3357.7	d	26.96	b	3.13	cd	1928.0	cd	
Karakılıçık	1247.7	a	5.62	a	44.48	a	4825.6	a	1530.5	a	49.06	bc	4684.8	a	27.55	b	3.08	cd	1798.0	de	
Sünter	410.1	d	3.09	k	29.39	j	4949.9	a	1330.5	e	41.32	ghi	4225.4	b	33.59	a	3.84	abcd	1272.0	h	
Yeni çeşitler*	424.6	Y	4.35		36.31		3894.3	Y	1211.0	Z	40.11	Y	2562.0	Z	18.39	Y	3.49		1914.2		
Eski çeşitler*	326.2	Y	4.19		36.24		4010.8	Y	1309.0	Y	44.47	X	2958.6	Y	15.65	Y	3.88		1768.4		
Yerel buğdaylar*	673.3	X	4.80		36.55		4688.6	X	1425.8	X	47.04	X	4089.3	X	29.37	X	3.35		1666.0		

Aynı sütunda farklı küçük harflerle işaretlenmiş değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.05$).

*Ortalama değerler.

Aynı sütunda koyu renkli "**XYZ**" ile işaretlenmiş ortalama değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.05$). Farklar önemsiz olduğunda harflendirme yapılmamıştır.

Çizelge 4.12. Sivas lokasyonuna ait buğday örneklerinin mineral madde analiz sonuçları (mg.kg⁻¹).

Çeşitler	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	P	Zn	Al	S
<i>Yeni çeşitler</i>										
Esperia	471.9 e	4.70 b	37.78 a	4475.1 a	1128.5 d	44.23 cd	2846.0 ab	17.67 b	3.54 bc	1605.5 c
Kenanbey	479.0 de	3.27 d	28.97 d	3738.1 b	1140.5 d	29.94 e	2447.6 c	20.46 a	1.46 c	1184.0 e
Tosunbey	513.9 bc	5.48 a	38.11 a	3744.9 b	1198.5 c	54.29 a	2835.1 b	16.75 c	2.33 bc	1638.0 c
Bayraktar 2000	528.6 b	4.17 c	34.39 c	4447.7 a	1322.5 b	45.19 bc	2892.9 a	16.10 d	1.98 c	1549.5 d
Demir 2000	495.7 cd	4.13 c	35.34 bc	3531.2 c	1151.5 d	42.82 d	2407.3 c	10.03 f	6.56 a	1696.5 b
İkizce 96	618.0 a	4.75 b	36.68 ab	3579.0 bc	1376.5 a	46.90 b	2882.5 ab	12.29 e	5.62 a	1804.0 a
Yeni çeşitler ^a	517.8	4.42	35.21	3919.3	1219.7	43.89	2718.6	15.55	3.58	1579.6

Aynı sütunda farklı küçük harflerle işaretlenmiş değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.05$).

^aOrtalama değerler

Ak çeşitlerinde, Al (2.45, 2.50, 2.53 ve 2.68 mg.kg⁻¹) miktarı Demir 2000, Kıraç 66, Kenanbey ve Bayraktar 2000 çeşidinde saptanmıştır (Çizelge 4.11).

Tüm buğday örnekleri arasında genellikle en yüksek mineral madde içeriği yerel buğdaylarda saptanmıştır. Yerel buğdaylardan biri olan Karakılçık buğdayında Ca (1247.7 mg.kg⁻¹), Cu (5.62 mg.kg⁻¹), Fe (44.48 mg.kg⁻¹), K (4825.6 mg.kg⁻¹), Mg (1530.5 mg.kg⁻¹) ve P (4684.8 mg.kg⁻¹) değerleri en yüksek miktarda tespit edilmiştir. Yerel buğdaylardan biri olan Siyez buğdayında en yüksek Cu (5.68 mg.kg⁻¹), Sünter buğdayında ise en yüksek K (4949.9 mg.kg⁻¹) ve Zn (33.59 mg.kg⁻¹) miktarı saptanmıştır (Çizelge 4.11).

Ankara lokasyonunda ortalama Ca, K, Mg, Mn, P ve Zn miktarları bakımından yeni çeşitler, eski çeşitler ve yerel buğdaylar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Ortalama mineral madde miktarları bakımından, yerel buğdaylar, yeni çeşitler ve eski çeşitler ile karşılaştırıldığında, yerel buğdayların en yüksek Ca, K, Mg, Mn, P ve Zn (673.3, 4688.6, 1425.8, 47.04, 4089.3 ve 29.37 mg.kg⁻¹) miktarına sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.11).

Çalışmada kullanılan buğdaylardan elde edilen kırma örneklerinin Sivas lokasyonuna ait mineral madde analiz sonuçları Çizelge 4.12’de verilmiştir. Çalışmada kullanılan yeni çeşitler arasında Sivas lokasyonunda en yüksek Ca (618.0 mg.kg⁻¹), Mg (1376.5 mg.kg⁻¹) ve S (1804.0 mg.kg⁻¹) miktarı İkişce 96 çeşidinde, Cu (5.48 mg.kg⁻¹) ve Mn (54.29 mg.kg⁻¹) miktarı Tosunbey çeşidinde, Fe (38.11 ve 37.78 mg.kg⁻¹) miktarı Tosunbey ve Esperia çeşitlerinde, K (4447.7 ve 4475.1 mg.kg⁻¹) miktarı Bayraktar 2000 ve Esperia çeşitlerinde, P (2892.9 mg.kg⁻¹) miktarı Bayraktar 2000 çeşidinde, Zn (20.46 mg.kg⁻¹) miktarı Kenanbey çeşidinde ve Al (6.56 ve 5.62 mg.kg⁻¹) miktarı Demir 2000 ve İkişce 96 çeşidinde saptanmıştır.

4.3.6. Buğday Örneklerinin Fenolik Madde Sonuçları

Çalışmada kullanılan buğdaylardan elde edilen kırma örneklerinin fenolik madde miktarları mg Gallik Asit Eşdeğeri (GAE) / kg kuru örnek olarak Çizelge 4.13’te

verilmiştir. Çalışmada kullanılan çeşitler arasında fenolik madde miktarları bakımından istatistiksel olarak bazı önemli farklar olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Yeni çeşitlerin fenolik madde miktarları, Ankara ve Sivas lokasyonlarında sırasıyla 814 – 1174 mg GAE/kg kuru örnek ve 798 – 1084 mg GAE/kg kuru örnek arasında değişim göstermiştir. Eski çeşitlerin Ankara lokasyonundaki fenolik madde miktarları 672 – 1089 mg GAE/kg kuru örnek arasında değişim göstermiştir. Yerel buğdaylardan Siyez, Karakılçık ve Sünter'e ait fenolik madde miktarları sırasıyla 913, 1282, 892 mg GAE/kg kuru örnek olarak saptanmıştır.

Shewry ve Ward (2008) tarafından yayınlanan makalede HEALTHGRAIN projesinde bulunan buğdayların fenolik içerikleri belirtilmiştir. Çalışmada, 130 adet kışlık ekmeklik buğdayın toplam fenolik içeriğinin 292 -1184 $\mu\text{g/g}$ arasında değiştiği bulunmuştur. Bu tez çalışmasında ekmeklik buğdayların fenolik madde içeriği 798 – 1174 mg GAE/kg kuru örnek arasında değişmiş olup literatür ile uyumlu olduğu görülmüştür. Shewry ve Ward (2008) yapılan çalışmada beş adet diploid einkorn (*T. monococcum*) buğdayın fenolik içeriğinin 375 – 950 $\mu\text{g/g}$ arasında değiştiği ve diğer türlere göre diploid buğdayların daha düşük değerlere sahip olduğu ifade edilmiştir. Tetraploid emmer (*T. turgidum* var. *dicoccum*) buğdaylarının fenolik içeriğinin göreceli olarak yüksek olduğu ve 507 – 1185 $\mu\text{g/g}$ arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Çalışmada kullanılan yeni çeşitler arasında fenolik madde miktarları bakımından Ankara lokasyonunda, Demir 2000 çeşidinde en yüksek değer (1174 mg GAE/kg kuru örnek), İkizce 96 ve Bayraktar 2000 çeşitlerinde ise en düşük değer (814 ve 831 mg GAE/kg kuru örnek) saptanmıştır. Sivas lokasyonunda ise en yüksek fenolik madde miktarı Tosunbey çeşidinde (1084 mg GAE/kg kuru örnek), en düşük değer ise Kenanbey çeşidinde (798 mg GAE/kg kuru örnek) tespit edilmiştir.

Çalışmada kullanılan eski çeşitler arasında fenolik madde miktarları bakımından, en yüksek değer Yektay 406 çeşidinde (1089 mg GAE/kg kuru örnek), en düşük değer ise Ak 702 çeşidinde (672 mg GAE/kg kuru örnek) tespit edilmiştir. Fenolik madde miktarları bakımından Ankara lokasyonunda yeni ve eski çeşitler beraber

Çizelge 4.13. Ankara ve Sivas lokasyonlarına ait buğday örneklerinin fenolik madde miktarları.

Çeşitler	Fenolik Madde Miktarı (mg GAE/kg kuru örnek)	
	Ankara	Sivas
<i>Yeni çeşitler</i>		
Esperia	986 cdef	998 ab
Kenanbey	985 cdef *	798 c *
Tosunbey	1063 cd	1084 a
Bayraktar 2000	831 ghi	865 bc
Demir 2000	1174 b *	860 bc *
İkizce 96	814 ghi	879 bc
<i>Eski çeşitler</i>		
Kıraç 66	769 ij	
Bolal 2973	1010 cde	
Bezostaja 1	795 hi	
Yektay 406	1089 bc	
Sürak 1593/51	1032 cd	
Ankara 093/44	861 ghi	
Köse 220/39	975 def	
Sivas 111/33	1034 cd	
Ak 702	672 j	
<i>Yerel buğdaylar</i>		
Siyez	913 efg	
Karakılçık	1282 a	
Sünter	892 fgh	
Yeni çeşitler ^a	976	914
Eski çeşitler ^a	915	
Yerel buğdaylar ^a	1029	

Aynı sütunda farklı küçük harflerle işaretlenmiş değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır (Ankara lokasyonunda $p < 0.05$; Sivas lokasyonunda $p < 0.1$).

Aynı satırda "*" ile işaretlenmiş iki lokasyona ait değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.05$); Kenanbey ve Demir 2000 çeşitleri için t değerleri sırasıyla -12.5308 ve -133.88 olarak belirlenmiştir. Farklar önemsiz olduğunda işaretleme yapılmamıştır.

^a Ortalama değerler

Ortalama değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmadığında harflendirme yapılmamıştır.

değerlendirildiğinde, en yüksek değer Demir 2000 çeşidinde (1174 mg GAE/kg kuru örnek), en düşük değer Ak 702 çeşidinde ise (672 mg GAE/kg kuru örnek) saptanmıştır.

Tüm buğday örnekleri arasında en yüksek fenolik madde miktarı yerel buğdaylardan biri olan Karakılçık'da (1282 mg GAE/kg kuru örnek), en düşük fenolik madde miktarı ise eski çeşitlerden biri olan Ak 702 çeşidinde ise (672 mg GAE/kg kuru örnek) saptanmıştır.

Ankara lokasyonunda fenolik madde miktarları bakımından yeni çeşitler, eski çeşitler ve yerel buğdayların ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Ortalama fenolik madde miktarları bakımından yeni çeşitler, eski çeşitler ve yerel buğdaylar karşılaştırıldığında yerel buğdayların en yüksek (1029 mg GAE/kg kuru örnek), eski çeşitlerin ise en düşük fenolik madde ortalamasına (915 mg GAE/kg kuru örnek) sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.13).

Her iki lokasyonun ortalama fenolik madde miktarları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Ankara ve Sivas lokasyonlarının ortalama fenolik madde miktarları sırasıyla 976 ve 914 mg GAE/kg kuru örnek olarak bulunmuştur. Fenolik madde miktarları bakımından iki lokasyon arasındaki fark sadece Kenanbey ve Demir 2000 çeşitleri için istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

4.4. Tam Buğday Ekmeklerinde Kalite Özellikleri

Çalışmada yer alan yeni ve eski çeşitlerden elde edilen tam buğday unları ile tam buğday ekmekleri (kontrol) üretilmiştir. Üretilen ekmekler oda sıcaklığında 2 saat bekletilip hacim ve ağırlık tayini yapılmıştır. Ayrıca kalite değerlendirmesi yapılmış ve ekmek içi ve kabuk olmak üzere iki kısımdan renk analizi yapılmıştır. Ekmek üretiminin 0., 1. ve 3. günlerinde tekstür analizi yapılmış, ekmeklerin sertlik değerleri belirlenerek bayatlama özellikleri incelenmiştir.

Çalışmada kontrol ekmek formülasyonuna ksilanaz eklenerek, yeni çeşitlere ait tam buğday unları ile tam buğday ekmekleri üretilmiştir. Enzim ilavesi ile üretilen ekmeklerde

kontrol ekmekleri ile aynı analizler yapılmıştır. Kontrol ve enzim ilaveli ekmekler karşılaştırılarak, enzimin ekmek hacim, tekstür, renk ve bayatlama özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir.

4.4.1. Tam Buğday Ekmek Hacmi

Çalışmada yer alan yeni ve eski çeşitlerden elde edilen tam buğday unları ile üretilen kontrol tam buğday ekmekleri ve yeni çeşitler ile üretilen enzim (ksilanaz) katkılı tam buğday ekmeklerinin hacim sonuçları Çizelge 4.14'te verilmiştir. Yeni çeşitlere ait kontrol ve enzim (ksilanaz) katkılı tam buğday ekmeklerin hacmi sonuçları sırasıyla 293 - 402 ml ve 327 - 430 ml arasında değişim göstermiştir. Eski buğdayların kontrol tam buğday ekmeklerine ait hacim sonuçları 237 - 337 ml arasında değişim göstermiştir. Çalışmada kullanılan yeni ve eski çeşitlerin tam buğday unları ile üretilen kontrol tam buğday ekmeklerinin hacimleri arasında istatistiksel olarak önemli farklar olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Ayrıca, çalışmada kullanılan yeni çeşitlerin tam buğday unları ile üretilen enzim katkılı tam buğday ekmeklerinin hacimleri arasında da istatistiksel olarak önemli farklar olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Çalışmada kullanılan yeni çeşitlere ait kontrol ve enzim (ksilanaz) katkılı tam buğday ekmeklerine ait hacim sonuçları bakımından Esperia (398 ve 423 ml) ve Tosunbey (402 ve 430 ml) çeşitlerinde en yüksek değerler saptanmıştır. Bayraktar 2000 çeşidinde ise en düşük kontrol ve enzim (ksilanaz) katkılı tam buğday ekmek hacmi sonuçları (293 ve 327 ml) tespit edilmiştir. Çalışmada kullanılan eski çeşitlerden üretilen tam buğday ekmeklerinin hacim sonuçları bakımından en yüksek değer Bezostaja 1 çeşidinde (337 ml) saptanmıştır. Ak 702 çeşidinde ise en düşük hacim sonucu (237 ml) tespit edilmiştir.

Ekmek hacmi bakımından yeni ve eski çeşitlerden üretilen tam buğday ekmekleri beraber değerlendirildiğinde, en yüksek hacim değeri yeni çeşitlerde (Esperia ve Tosunbey; 398 ve 402 ml), en düşük hacim ise eski çeşitlerden birinde (Ak 702; 237 ml) saptanmıştır.

Ankara lokasyonunda yetiştirilen yeni ve eski çeşitler tam buğday ekmeklerinin ortalama hacim değerleri bakımından karşılaştırıldığında aralarındaki fark istatistiksel olarak

Çizelge 4.14. Tam buğday ekmek örneklerinin ekmek hacmi sonuçları.

Çeşitler	Tam Buğday Ekmek Hacimleri (ml)			
	Kontrol		Enzim Katkılı (Ksilanaz)	
<i>Yeni çeşitler</i>				
Esperia	398	a B	423	a A
Kenanbey	327	e B	390	b A
Tosunbey	402	a B	430	a A
Bayraktar 2000	293	f B	327	d A
Demir 2000	355	c	365	c
İkizce 96	363	b B	380	b A
<i>Eski çeşitler</i>				
Kıraç 66	252	h		
Bolal 2973	252	h		
Bezostaja 1	337	d		
Yektay 406	250	h		
Sürak 1593/51	260	g		
Ankara 093/44	245	h		
Köse 220/39	262	g		
Sivas 111/33	262	g		
Ak 702	237	i		
Yeni çeşitler ^a	356	* **	386	**
Eski çeşitler ^a	262	*		

Aynı sütunda farklı küçük harflerle işaretlenmiş değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.05$).

Aynı satırda farklı büyük harflerle işaretlenmiş değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.05$). Farklar önemsiz olduğunda harflendirme yapılmamıştır.

^aOrtalama değerler.

Aynı sütunda "*" ile işaretlenmiş ortalama değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($t=8.77$; $p < 0.01$).

Aynı satırda "***" ile işaretlenmiş ortalama değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($t=6.92$; $p < 0.01$).

önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Yeni çeşitler ve eski çeşitler ortalama tam buğday ekmek hacmi bakımından karşılaştırıldığında yeni çeşitlerin daha yüksek ortalama hacim (356 ml) değerine sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.14).

Enzimin ekmek hacmine olan etkisi incelendiğinde, enzim katkılı tam buğday ekmeklerinin hepsinin kontrol tam buğday ekmeklerine kıyasla daha yüksek hacim değerine sahip olduğu görülmüş olup bu fark Demir 2000 çeşidi hariç tüm çeşitlerde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Shah, Shah ve Madamwar (2006) tarafından yapılan çalışmada, tam buğday ekmek formülasyonuna saflaştırılmış ksilanaz eklenmiş ve ekmek hacminde %50 iyileştirme sağlandığı belirtilmiştir. Indrani ve ark. (2003) tarafından yapılan bir çalışmada, ekmek formülasyonuna fungal alfa amilaz, glukoz oksidaz, proteaz ve ksilanaz ayrı ayrı katılarak denemeler yapılmış, ekmek hacmi ve genel ekmek kalite puanı yönünden en iyi sonucun ksilanaz ile elde edildiği bildirilmiştir.

4.4.2. Ekmek Renk Sonuçları

4.4.2.1. Tam Buğday Ekmek İçi Renk Sonuçları

Çalışmada yer alan yeni ve eski çeşitlerden elde edilen tam buğday unları ile üretilen kontrol tam buğday ekmekleri ve yeni çeşitler ile üretilen enzim (ksilanaz) katkılı tam buğday ekmeklerinin ekmek içi renk sonuçları Çizelge 4.15'te verilmiştir.

Yeni çeşitlere ait kontrol tam buğday ekmeklerinin ekmek içi L^* , a^* , b^* renk değerleri sırasıyla 53.5 – 64.7, 4.70 – 6.50, 19.4 – 25.2 arasında değişim göstermiştir. Yeni çeşitlere ait enzim (ksilanaz) katkılı tam buğday ekmeklerinin ekmek içi L^* , a^* , b^* renk değerleri sırasıyla 53.4 – 64.8, 4.83 – 6.57, 19.4 – 25.2 arasında değişim göstermiştir. Eski çeşitlere ait tam buğday ekmeklerinin ekmek içi L^* , a^* , b^* renk değerleri sırasıyla 53.4 – 63.7, 5.11 – 6.86, 19.2 - 25.3 arasında değişim göstermiştir. Çalışmada kullanılan çeşitlerden üretilen ekmekler arasında ekmek içi L^* , a^* , b^* renk değerleri bakımından istatistiksel olarak önemli farklar olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Çalışmada kullanılan yeni çeşitlere ait kontrol tam buğday ekmeklerinin ekmek içi L*, a*, b* renk değerleri arasında, en yüksek L* değeri Bayraktar 2000 ve Tosunbey çeşitlerinde (64.6 ve 64.7), en düşük L* değeri Demir 2000 çeşidinde (53.5); en yüksek a* değeri İkizce 96 çeşidinde (6.50), en düşük a* değeri Tosunbey ve Bayraktar 2000 çeşitlerinde (4.70 ve 4.81); en yüksek b* değeri Kenanbey (25.2) çeşidinde, en düşük b* değeri Demir 2000 çeşidinde (19.4) saptanmıştır.

Yeni çeşitlere ait enzim katkılı tam buğday ekmeklerinin ekmek içi L*, a*, b* renk değerleri arasında, en yüksek L* değeri Bayraktar 2000 çeşidinde (64.8), en düşük L* değeri Demir 2000 çeşidinde (53.4); en yüksek a* değeri Demir 2000 ve İkizce 96 çeşidinde (6.55 ve 6.57), en düşük a* değeri Bayraktar 2000, Tosunbey ve Kenanbey çeşitlerinde (4.83, 4.84 ve 4.95); en yüksek b* değeri Kenanbey (25.2) çeşidinde, en düşük b* değeri Demir 2000 çeşidinde (19.4) saptanmıştır.

Çalışmada kullanılan eski çeşitlere ait tam buğday ekmeklerinin ekmek içi L*, a*, b* renk değerleri arasında, en yüksek L* değeri Kırış 66, Köse 220/39 ve Ankara 093/44 çeşitlerinde (63.5, 63.7 ve 63.7), en düşük L* değeri Bezostaja 1 ve Bolal 2973 çeşitlerinde (53.4 ve 53.8); en yüksek a* değeri Bolal 2973 çeşidinde (6.86), en düşük a* değeri Sürak 1593/51 çeşidinde (5.11); en yüksek b* değeri Kırış 66 çeşidinde (25.3) çeşitlerinde, en düşük b* değeri Bezostaja 1 çeşidinde (19.2) saptanmıştır.

Yeni ve eski çeşitlerden üretilen tam buğday ekmekleri beraber değerlendirildiğinde, en yüksek ekmek içi L* değeri Bayraktar 2000 ve Tosunbey çeşitlerinde (64.6 ve 64.7), en düşük L* değeri Bezostaja 1, Demir 2000 ve Bolal 2973 çeşitlerinde (53.4, 53.5 ve 53.8); en yüksek a* değeri Bolal 2973 çeşidinde (6.86), en düşük a* değeri Tosunbey ve Bayraktar 2000 çeşitlerinde (4.70 ve 4.81); en yüksek b* değeri Kırış 66 (25.3) çeşitlerinde, en düşük b* değeri Bezostaja 1 çeşidinde (19.2) saptanmıştır.

Cansız ve ark. (2020) tarafından yürütölen çalışmada tam buğday ekmeğinin L*, a*, b* ekmek içi renk değerleri sırasıyla 57.79 ± 0.63 , 3.06 ± 0.07 ve 24.70 ± 0.17 olarak

Çizelge 4.15. Tam buğday ekmeklerinin ekmek içi rengi sonuçları.

Çeşitler	Ekmek İç Rengi											
	Kontrol Tam Buğday Ekmekleri						Enzim Katkılı Tam Buğday Ekmekleri					
	L*		a*		b*		L*		a*		b*	
<i>Yeni çeşitler</i>												
Esperia	59.3	c	6.08	c	21.5	d	60.3	c	6.02	b	21.5	c
Kenanbey	62.7	b	5.03	g	25.2	ab	63.4	b	4.95	c	25.2	a
Tosunbey	64.7	a	4.70	h	24.6	c	63.9	ab	4.84	c	24.8	b
Bayraktar 2000	64.6	a	4.81	h	24.5	c	64.8	a	4.83	c	24.5	b
Demir 2000	53.5	e	6.45	b	19.4	fg	53.4	e	6.55	a	19.4	e
İkizce 96	57.1	d	6.50	b	20.0	f	56.6	d	6.57	a	20.9	d
<i>Eski çeşitler</i>												
Kıraç 66	63.5	ab	5.50	d	25.3	a						
Bolal 2973	53.8	e	6.86	a	20.7	e						
Bezostaja 1	53.4	e	5.96	c	19.2	g						
Yektay 406	56.1	d	6.59	b	21.3	d						
Sürak 1593/51	63.2	b	5.11	fg	24.5	c						
Ankara 093/44	63.7	ab	5.23	ef	24.6	bc						
Köse 220/39	63.7	ab	5.39	de	25.2	ab						
Sivas 111/33	60.1	c	5.35	de	24.5	c						
Ak 702	63.3	b	5.21	efg	24.5	c						
Yeni çeşitler ^a	60.3		5.59		22.5		60.4		5.63		22.7	
Eski çeşitler ^a	60.1		5.69		23.3							

Aynı sütunda farklı küçük harflerle işaretlenmiş değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.05$).

^aOrtalama değerler

bildirilmiştir. Bu tez çalışmasında elde edilen L* ve b* değerleri literatür ile uyumlu, a değeri literatüre göre daha yüksek olarak tespit edilmiştir.

Ortalama ekmek içi L*, a*, b* renk değerleri bakımından yeni çeşitler ve eski çeşitler karşılaştırıldığında, aralarındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Enzimin (ksilanaz) ekmek içi L*, a*, b* renk değerlerine olan etkisi incelendiğinde her bir çeşit için kontrol ve enzim katkılı tam buğday ekmekleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca kontrol ve enzim katkılı tam buğday ekmeklerinin ortalama ekmek içi L*, a*, b* renk değerleri karşılaştırıldığında aralarında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmadığı tespit edilmiştir.

Tam buğday ekmek tüketim tercihleri bireyler arasında farklılık gösterebilmekte olup bazı tüketiciler rengi açık ve parlak tam buğday ekmeği tercih ederken, bazı tüketiciler daha koyu renkte tam buğday ekmeği tercih edebilmektedir. Çalışma sonuçlarına göre, beyaz buğdaylardan üretilen tam buğday ekmeklerinin ekmek içi L (parlaklık) ve b (sarılık) değerleri kırmızı buğdaylara kıyasla genelde daha yüksek, a (kırmızılık) değerleri ise daha düşüktür. Tam tahıl ürünlerinin tüketiminin artırılmasında tüketici tercihlerine göre farklı renklerdeki buğdayların kullanılması yararlı olabilir.

4.4.2.2. Tam Buğday Ekmek Kabuk Renk Sonuçları

Çalışmada yer alan yeni ve eski çeşitlerden elde edilen tam buğday unları, üretilen kontrol tam buğday ekmekleri ve yeni çeşitler ile üretilen enzim katkılı (ksilanaz) tam buğday ekmeklerine ait ekmek kabuk rengi sonuçları Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Yeni çeşitlere ait kontrol tam buğday ekmeklerinin ekmek kabuğu L*, a*, b* renk değerleri sırasıyla 47.8 – 60.1, 8.80 – 11.78, 22.1 – 26.8 arasında değişim göstermiştir. Yeni çeşitlere ait enzim (ksilanaz) katkılı tam buğday ekmeklerinin ekmek kabuğu L*, a*, b* renk değerleri sırasıyla 44.1 - 58.1, 9.56 – 11.56, 20.8 - 27.0 arasında değişim göstermiştir. Eski çeşitlere ait tam buğday ekmeklerinin ekmek kabuğu L*, a*, b* renk

değerleri sırasıyla 52.4 – 64.9, 6.88 – 9.61, 21.4 - 26.2 arasında değişim göstermiştir. Çalışmada kullanılan çeşitlerden üretilen ekmeklerin kabuk L*, a*, b* renk değerleri arasında istatistiksel olarak önemli farklar olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Bu tez çalışmasında kullanılan yeni çeşitlere ait kontrol tam buğday ekmeklerinin ekmek kabuğu L*, a*, b* renk değerleri arasında, en yüksek L* değeri Bayraktar 2000 (60.1) çeşidinde, en düşük L* değeri Esperia (47.8) ve Tosunbey (48.9) çeşitlerinde; en yüksek a* değeri Tosunbey (11.54) ve Kenanbey (11.78) çeşitlerinde, en düşük a* değeri Bayraktar 2000 (8.80) çeşidinde; en yüksek b* değeri Bayraktar 2000 (26.8) çeşidinde, en düşük b* değeri Demir 2000 (22.1) çeşidinde saptanmıştır.

Çalışmada kullanılan yeni çeşitlere ait enzim katkılı tam buğday ekmeklerinin ekmek kabuğu L*, a*, b* renk değerleri arasında, en yüksek L* değeri Bayraktar 2000 çeşidinde (58.1), en düşük L* değeri Esperia (44.1) çeşidinde; en yüksek a* değeri Kenanbey (11.10) ve Tosunbey (11.56) çeşitlerinde, en düşük a* değeri Esperia (9.97), Demir 2000 (9.67), İkizce 96 (9.76) ve Bayraktar 2000 (9.56) çeşitlerinde; en yüksek b* değeri Bayraktar 2000 (27.0) çeşidinde, en düşük b* değeri Esperia ve Demir (20.8 ve 21.6) çeşitlerinde saptanmıştır.

Eski çeşitlere ait tam buğday ekmeklerinin ekmek kabuğu L*, a*, b* renk değerleri arasında, en yüksek L* değeri Ak 702 (64.2) ve Ankara 093/44 (64.9) çeşitlerinde, en düşük L* değeri Yektay 406 (52.4) çeşidinde; en yüksek a* değeri Yektay 406 (9.55), Sivas 111/33 (9.61) ve Kıraç 66 (9.58) çeşitlerinde, en düşük a* değeri Ak 702 (6.88) çeşidinde; en yüksek b* değeri Köse 220/39 (26.2) çeşidinde, en düşük b* değeri Bolal 2973 (21.4) çeşidinde saptanmıştır.

Yeni ve eski çeşitlerden üretilen tam buğday ekmekleri beraber değerlendirildiğinde en yüksek ekmek kabuğu L* değeri Ak 702 (64.2) ve Ankara 093/44 (64.9) çeşitlerinde, en düşük L* değerleri Esperia (47.8) ve Tosunbey (48.9) çeşitlerinde; en yüksek a* değeri Tosunbey (11.54) ve Kenanbey (11.78) çeşitlerinde, en düşük a* değeri Ak 702 (6.88)

Çizelge 4.16. Tam buğday ekmeklerinin kabuk rengi sonuçları.

Çeşitler	Ekmek Kabuk Rengi											
	Kontrol Tam Buğday Ekmekleri						Enzim Katkılı Tam Buğday Ekmekleri					
	L*		a*		b*		L*		a*		b*	
<i>Yeni çeşitler</i>												
Esperia	47.8	i **	9.69	b	22.5	fgh **	44.1	d **	9.97	b	20.8	d **
Kenanbey	49.8	hi	11.78	a	25.4	abcd	49.9	c	11.10	a	24.6	b
Tosunbey	48.9	i	11.54	a	24.5	cde	48.5	c	11.56	a	24.6	b
Bayraktar 2000	60.1	b	8.80	cd	26.8	a	58.1	a	9.56	b	27.0	a
Demir 2000	51.1	gh	9.49	bc	22.1	gh	49.5	c	9.67	b	21.6	d
İkizce 96	53.0	fg	9.52	bc	23.9	def	51.8	b	9.76	b	23.5	c
<i>Eski çeşitler</i>												
Kıraç 66	56.1	de	9.58	b	24.3	cde						
Bolal 2973	56.1	de	7.72	ef	21.4	h						
Bezostaja 1	53.0	fg	9.33	bc	22.5	fgh						
Yektay 406	52.4	g	9.55	b	23.3	efg						
Sürak 1593/51	58.7	bc	8.11	de	25.1	bcd						
Ankara 093/44	64.9	a	7.00	fg	24.2	de						
Köse 220/39	57.5	cd	9.31	bc	26.2	ab						
Sivas 111/33	54.8	ef	9.61	b	25.8	abc						
Ak 702	64.2	a	6.88	g	25.0	bcd						
Yeni çeşitler ^α	51.8	*	10.14	*	24.2		50.3		10.3		23.7	
Eski çeşitler ^α	57.5	*	8.57	*	24.2							

Aynı sütunda farklı küçük harflerle işaretlenmiş değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.05$).

Aynı satırda "***" ile işaretlenmiş L değerleri arasında ve b değerleri arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.05$). L ve b için t değeri sırasıyla 9.82 ve 16.26 olarak belirlenmiştir. Farklar önemsiz olduğunda işaretleme yapılmamıştır.

^αOrtalama değerler.

Aynı sütunda "*" ile işaretlenmiş ortalama değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.01$), L ve a için t değeri sırasıyla 3.56 ve 3.59 olarak belirlenmiştir. Farklar önemsiz olduğunda işaretleme yapılmamıştır.

çeşidinde; en yüksek b* değeri Bayraktar 2000 (26.8) çeşidinde, en düşük b* değeri Bolal 2973 (21.4) çeşidinde tespit edilmiştir.

Cansız ve ark. (2020) tarafından yürütülen çalışmada tam buğday ekmeğinin L*, a*, b* kabuk renk değerleri sırasıyla 45.32 ± 0.79 , 9.57 ± 0.18 , 28.04 ± 0.54 olarak bildirilmiştir. Bu tez çalışmasında elde edilen L* değerleri literatüre göre yüksek, a* değerleri literatür ile uyumlu ve b* değerleri ise literatüre göre daha düşük olarak tespit edilmiştir.

Ortalama ekmek kabuğu L*, a*, b* renk değerleri bakımından yeni çeşitler ve eski çeşitler karşılaştırıldığında, aralarındaki farklar L* ve a* renk değerleri için istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.01$).

Enzimin (ksilanaz) ekmek kabuğu L*, a*, b* renk değerlerine olan etkisi incelendiğinde kontrol ve enzim katkılı tam buğday ekmekleri arasında sadece Esperia çeşidinde L* ve b* renk değerleri için istatistiksel olarak önemli bir fark bulunduğu tespit edilmiştir ($p < 0.01$). Esperia dışındaki çeşitlerde kontrol ve enzim katkılı tam buğday ekmekleri arasında ekmek kabuğu L*, a*, b* renk değerleri bakımından istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamaktadır. Ayrıca kontrol ve enzim katkılı tam buğday ekmeklerinin ortalama ekmek kabuk L*, a*, b* renk değerleri karşılaştırıldığında aralarında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmadığı tespit edilmiştir.

4.4.3. Tam Buğday Ekmek Kalite Değerlendirmesi Sonuçları

Çalışmada yer alan yeni ve eski çeşitlerden elde edilen tam buğday unları ile üretilen kontrol tam buğday ekmekleri ve yeni çeşitler ile üretilen enzim (ksilanaz) katkılı tam buğday ekmeklerinin kalite değerlendirme sonuçları Çizelge 4.17'de verilmiştir. Simetri ve kabuk rengi 5 puan üzerinden, gözenek yapısı, ekmek iç rengi ve yumuşaklık değerleri 10 puan üzerinden değerlendirilmiştir.

Yeni çeşitlere ait kontrol tam buğday ekmeklerinin simetri, kabuk rengi, gözenek yapısı, ekmek iç rengi, yumuşaklık değerleri sırasıyla 3.50 – 5.00, 4.00 – 5.00, 7.00 – 8.00, 8.00

– 10.00, 6.50 – 9.00 arasında değişim göstermiştir. Yeni çeşitlere ait enzim (ksilanaz) katkılı tam buğday ekmeklerinin simetri, kabuk rengi, gözenek yapısı, ekmek iç rengi, yumuşaklık değerleri sırasıyla 3.75 – 5.00, 3.75 – 5.00, 7.50 – 10.00, 8.25 – 10.00, 7.25 – 10.00 arasında değişim göstermiştir. Eski çeşitlere ait tam buğday ekmeklerinin simetri, kabuk rengi, gözenek yapısı, ekmek iç rengi, yumuşaklık değerleri sırasıyla 2.00 – 4.00, 4.00 – 5.00, 5.00 – 7.00, 9.00 – 10.00, 5.50 – 8.00 arasında değişim göstermiştir. Çalışmada kullanılan çeşitlerden üretilen ekmekler arasında simetri, kabuk rengi, gözenek yapısı, ekmek iç rengi, yumuşaklık değerleri bakımından istatistiksel olarak önemli farklar olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$).

Çalışmada kullanılan yeni çeşitlere ait kontrol tam buğday ekmeklerinde en yüksek simetri değeri Esperia (5.00) çeşidinde, en düşük simetri değeri Kenanbey (3.50) ve Bayraktar 2000 (3.50) çeşitlerinde; en yüksek kabuk rengi değeri İkizce 96 (5.00), Demir 2000 (5.00), Tosunbey (5.00) ve Esperia (5.00) çeşitlerinde, en düşük kabuk rengi değeri Kenanbey çeşidinde (4.00); en yüksek gözenek yapısı değeri Kenanbey (8.00) ve Esperia (8.00) çeşitlerinde, en düşük gözenek yapısı değeri Bayraktar 2000 (7.00) ve Tosunbey (7.00) çeşitlerinde; en yüksek ekmek iç rengi değeri İkizce 96 (10.00), Demir 2000 (10.00), Tosunbey (10.00) ve Esperia (10.00) çeşitlerinde, en düşük ekmek iç rengi değeri Bayraktar 2000 (8.00) çeşidinde; en yüksek yumuşaklık değeri Demir 2000 (9.00) ve Tosunbey (9.00) çeşitlerinde, en düşük yumuşaklık değeri Bayraktar 2000 (6.50) çeşidinde saptanmıştır.

Yeni çeşitlere ait enzim katkılı tam buğday ekmeklerinin en yüksek simetri değeri Tosunbey (5.00) ve Esperia (5.00) çeşitlerinde, en düşük simetri değeri Bayraktar 2000 (3.75) çeşidinde; en yüksek kabuk rengi değeri İkizce 96 (5.00), Demir 2000 (5.00), Tosunbey (5.00) ve Esperia (5.00) çeşitlerinde, en düşük kabuk rengi değeri Kenanbey (3.75) çeşidinde; en yüksek gözenek yapısı değeri Esperia (10.00) çeşidinde, en düşük gözenek yapısı değeri Bayraktar 2000 (7.50) çeşidinde; en yüksek ekmek iç rengi değeri İkizce 96 (10.00), Demir 2000 (10.00), Tosunbey (10.00) ve Esperia (10.00) çeşitlerinde, en düşük ekmek iç rengi değeri Bayraktar 2000 (8.25) çeşidinde; en yüksek yumuşaklık değeri Tosunbey (10.00) ve Esperia (10.00) çeşitlerinde, en düşük yumuşaklık değeri Bayraktar 2000 (7.25) çeşidinde saptanmıştır.

Çizelge 4.17. Tam buğday ekmeklerinin ekmek kalitesi değerlendirme sonuçları.

Çeşitler	Kalite Değerlendirme																			
	Kontrol Tam Buğday Ekmekleri					Enzim Katkılı Tam Buğday Ekmekleri														
	Simetri	Kabuk Rengi	Gözenek Yapısı	Ekmek İç Rengi	Yumuşaklık	Simetri	Kabuk Rengi	Gözenek Yapısı	Ekmek İç Rengi	Yumuşaklık										
<i>Yeni çeşitler</i>																				
Esperia	5.00	a	5.00	a	8.00	a	10.00	a	8.00	b	5.00	a	5.00	a	10.00	a	10.00	a	10.00	a
Kenanbey	3.50	bc	4.00	c	8.00	a	9.00	c	8.00	b	4.00	b	3.75	c	9.00	b	9.00	b	9.00	b
Tosunbey	4.00	b	5.00	a	7.00	b	10.00	a	9.00	a	5.00	a	5.00	a	8.00	c	10.00	a	10.00	a
Bayraktar 2000	3.50	bc	4.50	b	7.00	b	8.00	d	6.50	d	3.75	b	4.50	b	7.50	c	8.25	c	7.25	c
Demir 2000	4.00	b	5.00	a	7.50	ab	10.00	a	9.00	a	4.00	b	5.00	a	8.00	c	10.00	a	9.00	b
İkizce 96	4.00	b	5.00	a	7.50	ab	10.00	a	8.00	b	4.00	b	5.00	a	8.00	c	10.00	a	9.00	b
<i>Eski çeşitler</i>																				
Kıraç 66	2.50	ef	5.00	a	6.00	c	10.00	a	8.00	b										
Bolal 2973	2.50	ef	4.50	b	7.00	b	10.00	a	5.50	e										
Bezostaja 1	4.00	b	5.00	a	7.00	b	10.00	a	8.00	b										
Yektay 406	2.75	de	4.50	b	6.00	c	9.75	b	6.25	d										
Sürak 1593/51	2.00	f	4.50	b	6.00	c	10.00	a	7.00	c										
Ankara 093/44	3.75	bc	4.00	c	5.00	d	9.00	c	7.00	c										
Köse 220/39	3.25	cd	4.50	b	7.00	b	10.00	a	8.00	b										
Sivas 111/33	2.50	ef	5.00	a	6.00	c	10.00	a	7.00	c										
Ak 702	2.50	ef	4.00	c	5.00	d	9.00	c	5.50	e										
Yeni çeşitler ^a	4.00	*	4.75		7.50	* **	9.50		8.08	* **	4.29		4.71		8.42	**	9.54		9.04	**
Eski çeşitler ^a	2.86	*	4.56		6.11	*	9.75		6.92	*										

Aynı sütunda farklı küçük harflerle işaretlenmiş değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.05$). ^a Ortalama değerler. Aynı sütunda “**” ile işaretlenmiş ilgili parametreye ait ortalama değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.01$), simetri, gözenek yapısı ve yumuşaklık için t değerleri sırasıyla 5.06, 5.94 ve 3.36 olarak belirlenmiştir. Aynı satırda “***” ile işaretlenmiş kontrol ve enzim katkılı ekmeklerde ilgili parametreye ait ortalama değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.01$), gözenek yapısı ve yumuşaklık için t değeri 4.75 ve 4.82 olarak belirlenmiştir. Farklar önemsiz olduğunda işaretleme yapılmamıştır.

Eski çeşitlere ait tam buğday ekmeklerinin en yüksek simetri değeri Bezostaja 1 (4.00) çeşidinde, en düşük simetri değeri Sürak 1593/51 (2.00) çeşidinde; en yüksek kabuk rengi değeri Sivas 111/33 (5.00), Bezostaja 1 (5.00) ve Kıraç 66 (5.00) çeşitlerinde, en düşük kabuk rengi değeri Ak 702 (4.00) ve Ankara 093/44 (4.00) çeşitlerinde; en yüksek gözenek yapısı değeri Köse 220/39 (7.00), Bezostaja 1 (7.00) ve Bolal 2973 (7.00) çeşitlerinde, en düşük gözenek yapısı değeri Ak 702 (5.00) ve Ankara 093/44 (5.00) çeşitlerinde; en yüksek ekmek içi rengi değeri Sivas 111/33 (10.00), Köse 220/39 (10.00), Sürak 1593/51 (10.00), Bezostaja 1 (10.00), Bolal 2973 (10.00) ve Kıraç 66 (10.00) çeşitlerinde, en düşük ekmek içi rengi değeri Ak 702 (9.00) ve Ankara 093/44 (9.00) çeşitlerinde; en yüksek yumuşaklık değeri Köse 220/39 (8.00), Bezostaja 1 (8.00) ve Kıraç 66 (8.00) çeşitlerinde, en düşük yumuşaklık değeri Ak 702 (5.50) ve Bolal 2973 (5.50) çeşitlerinde tespit edilmiştir.

Yeni ve eski çeşitlerden üretilen tam buğday ekmekleri beraber değerlendirildiğinde en yüksek simetri değeri Esperia (5.00) çeşidinde, en düşük simetri değeri Sürak 1593/51 (2.00) çeşidinde; en yüksek kabuk rengi değeri İkizce 96 (5.00), Demir 2000 (5.00), Tosunbey (5.00), Esperia (5.00), Sivas 111/33 (5.00), Bezostaja 1 (5.00) ve Kıraç 66 (5.00) çeşitlerinde, en düşük kabuk rengi değeri Kenanbey (4.00), Ak 702 (4.00) ve Ankara 093/44 (4.00) çeşitlerinde; en yüksek gözenek yapısı değeri Kenanbey (8.00) ve Esperia (8.00) çeşitlerinde, en düşük gözenek yapısı değeri Ak 702 (5.00) ve Ankara 093/44 (5.00) çeşitlerinde, en yüksek ekmek içi rengi değeri İkizce 96 (10.00), Demir 2000 (10.00), Tosunbey (10.00), Esperia (10.00), Sivas 111/33 (10.00), Köse 220/39 (10.00), Sürak 1593/51 (10.00), Bezostaja 1 (10.00), Bolal 2973 (10.00) ve Kıraç 66 (10.00) çeşitlerinde, en düşük ekmek içi rengi değeri Bayraktar 2000 (8.00) çeşidinde; en yüksek yumuşaklık değeri Demir 2000 (9.00) ve Tosunbey (9.00) çeşitlerinde, en düşük yumuşaklık değeri Ak 702 (5.50) ve Bolal 2973 (5.50) çeşitlerinde tespit edilmiştir.

Ortalama simetri, kabuk rengi, gözenek yapısı, ekmek içi rengi, yumuşaklık değerleri bakımından yeni çeşitler ve eski çeşitler karşılaştırıldığında, aralarındaki farklar sadece simetri, gözenek yapısı ve yumuşaklık değerleri için istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Enzimin (ksilanaz) simetri, kabuk rengi, gözenek yapısı, ekmek iç rengi, yumuşaklık değerlerine olan etkisi incelendiğinde, enzim katkısı ile gözenek yapısı ve yumuşaklık değerlerinde yükselme olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca kontrol ve enzim katkılı tam buğday ekmeklerinin ortalama simetri, kabuk rengi, gözenek yapısı, ekmek iç rengi, yumuşaklık değerleri karşılaştırıldığında, sadece ortalama gözenek yapısı ve yumuşaklık değerleri arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunduğu tespit edilmiştir ($p<0.01$).

4.4.4. Tam Buğday Ekmeklerinin Bayatlama Özellikleri

Çalışmada yer alan yeni ve eski çeşitlerden elde edilen tam buğday unları ile tam buğday ekmekleri (kontrol) üretilmiştir. Ekmeklerde bayatlama özellikleri belirlenmiştir. Ekmek üretiminin 0., 1. ve 3. günlerinde tekstür analizi yapılarak, ekmeklerin sertlik değerleri belirlenmiş ve günler içindeki değişimi incelenmiştir. Çalışmada kontrol ekmek formülasyonuna ksilanaz eklenerek, yeni çeşitlere ait tam buğday unları ile enzim katkılı tam buğday ekmekleri üretilmiştir. Enzim ilavesi ile üretilen ekmeklerde kontrol ekmekleri ile aynı analizler yapılmıştır. Kontrol ve enzim ilaveli ekmekler karşılaştırılarak, enzimin tekstür ve bayatlama üzerine etkileri belirlenmiştir.

Çalışmada yer alan yeni ve eski çeşitlerden elde edilen tam buğday unları ile üretilen kontrol tam buğday ekmekleri ve yeni çeşitler ile üretilen enzim katkılı (ksilanaz) tam buğday ekmeklerinin 0., 1. ve 3. gün sertlik değerleri Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Yeni çeşitlere ait kontrol tam buğday ekmeklerinin sertlik değerleri 0., 1. ve 3. gün sırasıyla 631 - 2552 gram-kuvvet (g-k), 1564 - 4669 g-k ve 2303 - 6101 g-k arasında değişim göstermiştir. Yeni çeşitlere ait enzim katkılı (ksilanaz) tam buğday ekmeklerinin sertlik değerleri 0., 1. ve 3. gün sırasıyla 478 - 2401 g-k, 1165 - 4546 g-k ve 2038 - 6440 g-k arasında değişim göstermiştir. Eski çeşitlere ait tam buğday ekmeklerinin sertlik değerleri 0., 1. ve 3. gün sırasıyla 1971 - 4451 g-k, 3769 - 7435 g-k ve 4216 - 11289 g-k arasında değişim göstermiştir. Çalışmada kullanılan çeşitlerden üretilen ekmeklerin 0., 1. ve 3. gün sertlik değerleri ayrı ayrı değerlendirildiğinde çeşitler arasında istatistiksel olarak önemli farklar olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Çalışmada kullanılan çeşitlerden üretilen kontrol ve enzim katkılı tam buğday ekmeklerinin sertlik değerleri her çeşit için

ayrı ayrı değerlendirildiğinde günler arasında istatistiksel olarak önemli farklar olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Çalışmada kullanılan yeni çeşitlere ait kontrol tam buğday ekmeklerinin 0. gün sertlik değerleri karşılaştırıldığında, Tosunbey çeşidinde en düşük sertlik değeri (631 g-k), Bayraktar 2000 çeşidinde en yüksek sertlik değeri (2552 g-k) saptanmıştır. Enzim katkılı (ksilanaz) tam buğday ekmeklerinin 0. gün sertlik değerleri karşılaştırıldığında, Esperia çeşidinde en düşük sertlik değeri (478 g-k), Bayraktar 2000 çeşidinde en yüksek sertlik değeri (2401 g-k) saptanmıştır. Çalışmada kullanılan yeni çeşitlere ait kontrol tam buğday ekmeklerinin 1. gün sertlik değerleri karşılaştırıldığında, Esperia ve Tosunbey çeşitlerinde en düşük sertlik değeri (1564 ve 1831 g-k), Bayraktar 2000 çeşidinde en yüksek sertlik değeri (4669 g-k) saptanmıştır. Enzim katkılı (ksilanaz) tam buğday ekmeklerinin 1. gün sertlik değerleri karşılaştırıldığında, Tosunbey çeşidinde en düşük sertlik değeri (1165 g-k), Bayraktar 2000 çeşidinde en yüksek sertlik değeri (4546 g-k) saptanmıştır. Çalışmada kullanılan yeni çeşitlere ait kontrol tam buğday ekmeklerinin 3. gün sertlik değerleri karşılaştırıldığında, Esperia, Tosunbey ve İkizce 96 çeşitlerinde en düşük sertlik değeri (2303, 2495 ve 3190 g-k), Bayraktar 2000 çeşidinde en yüksek sertlik değeri (6101 g-k) saptanmıştır. Enzim katkılı (ksilanaz) tam buğday ekmeklerinin 3. gün sertlik değerleri karşılaştırıldığında, Esperia ve Tosunbey çeşitlerinde en düşük sertlik değerleri (2038 ve 2050 g-k), Bayraktar 2000 çeşidinde en yüksek sertlik değeri (6440 g-k) saptanmıştır.

Çalışmada kullanılan eski çeşitlere ait tam buğday ekmeklerinin 0. gün sertlik değerleri karşılaştırıldığında, Bezostaja 1 çeşidinde en düşük sertlik değeri (1971 g-k), Ak 702 çeşidinde en yüksek sertlik değeri (4451 g-k) saptanmıştır. Çalışmada kullanılan eski çeşitlere ait tam buğday ekmeklerinin 1. gün sertlik değerleri karşılaştırıldığında, Bezostaja 1 çeşidinde en düşük sertlik değeri (3769 g-k), Ak 702 çeşidinde en yüksek sertlik değeri (7435 g-k) saptanmıştır. Çalışmada kullanılan eski çeşitlere ait tam buğday ekmeklerinin 3. gün sertlik değerleri karşılaştırıldığında, Bezostaja 1 çeşidinde en düşük sertlik değeri (4216 g-k), Ak 702 ve Bolal 2973 çeşitlerinde en yüksek sertlik değeri (11289 ve 11192 g-k) saptanmıştır. Eski çeşitlere ait tam buğday ekmekleri bekledikçe sertlik değerlerinin arttığı, 3. gün olunca yüksek değerlere ulaştığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.18. Tam buğday ekmeklerinin sertlik değerleri ve bayatlama özellikleri.

Çeşitler	Bayatlama Sertlik Değerleri (gram-kuvvet; g-k)																	
	Kontrol Tam Buğday Ekmekleri									Enzim Katkılı Tam Buğday Ekmekleri								
	0. Gün			1. Gün			3. Gün			0. Gün		1. Gün		3. Gün				
<i>Yeni çeşitler</i>																		
Esperia	848	ij	C	1564	h	B	2303	h	A	478	e	D	1309	cd	B	2038	d	A
Kenanbey	2097	g	C	3418	e	B	4470	g	A	1445	b	D	1583	c	CD	3836	b	B
Tosunbey	631	j	D	1831	h	B	2495	h	A	847	d	CD	1165	d	C	2050	d	B
Bayraktar 2000	2552	f	C	4669	d	B	6101	f	A	2401	a	C	4546	a	B	6440	a	A
Demir 2000	1325	h	E	2928	f	C	4221	g	A	1368	bc	E	2264	b	D	3631	b	B
İkizce 96	1233	hi	C	2497	g	B	3190	h	AB	1261	c	C	1690	c	C	3299	c	A
<i>Eski çeşitler</i>																		
Kıraç 66	3004	e	C	4630	d	B	7805	e	A									
Bolal 2973	3783	cd	C	7307	ab	B	11192	a	A									
Bezostaja 1	1971	g	B	3769	e	A	4216	g	A									
Yektay 406	3988	bc	C	6113	c	B	10389	ab	A									
Sürak 1593/51	3438	d	C	6930	b	B	10520	ab	A									
Ankara 093/44	4231	ab	C	6945	b	B	9417	cd	A									
Köse 220/39	3632	cd	C	6031	c	B	8934	d	A									
Sivas 111/33	3881	bc	C	5961	c	B	9982	bc	A									
Ak 702	4451	a	C	7435	a	B	11289	a	A									
Yeni çeşitler ^a	1448	*	D	2818	*	BC	3797	*	A	1300		D	2093		CD	3549		AB
Eski çeşitler ^a	3598	*	C	6125	*	B	9305	*	A									

^aAynı sütunda farklı küçük harflerle işaretlenmiş değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.05$).

^aAynı satırda farklı büyük harflerle işaretlenmiş değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.05$).

^aOrtalama değerler.

Aynı sütunda "*" ile işaretlenmiş ortalama değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.01$); 0.gün, 1.gün ve 3. gün için t değerleri sırasıyla 7.94, 7.78 ve 8.48 olarak belirlenmiştir.

0. gün sertlik değerleri bakımından yeni ve eski çeşitlerden üretilen tam buğday ekmekleri beraber değerlendirildiğinde, en dşk sertlik değeri yeni çeşitlerden birinde (Tosunbey; 631 g-k), en yüksek sertlik değeri ise eski çeşitlerden birinde (Ak 702; 4451 g-k) saptanmıştır ($p<0.05$).

Ortalama sertlik değerleri (0., 1. ve 3. gün) bakımından yeni çeşitler ve eski çeşitler arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.01$). 3 günlük analiz sonuçlarına göre, yeni çeşitler ve eski çeşitler karşılaştırıldığında her gün için tam buğday ekmek ortalama sertlik değerleri bakımından, yeni çeşitlerin daha dşk sertlik ortalamasına (1448, 2818, 3797 g-k) sahip olduğu belirlenmiştir (izelge 4.18).

Enzimin ekmek sertliğine olan etkisi incelendiğinde tam buğday ekmekleri bekletildike sertlik değerlerinin arttığı görülmüş olup kontrole kıyasla enzim ilaveli ekmeklerde 0. Ve 1. Gün genellikle daha dşk sertlik değerleri olduğu tespit edilmiştir. 3. Gün ise kontrole kıyasla enzim ilaveli örneklerin yarısında daha dşk yarısında benzer sertlik değerleri tespit edilmiştir.

Cansız ve ark. (2020) tarafından yrtlen çalışmada, tam buğday ekmeğinin sertlik değeri 12633.90 ± 510.69 g olarak bildirilmiştir. Shah, Shah ve Madamwar (2006) tarafından yapılan çalışmada, tam buğday ekmek formülasyonuna saflaştırılmış ksilanaz eklenmiş ve ekmek tekstür analizi yapılmıştır. Tekstür analizinde elde edilen sonuçlara göre enzim katkılı ekmeklerde ekmek sertliği değerinin kontrol ekmeklerine kıyasla 4 kat daha dşk olduğu tespit edilmiştir. Jiang ve ark. (2005) tarafından yrtlen çalışmada, ksilanaz eklenen beyaz ekmeklerde tekstür analizi yapılmış ve bayatlama süreci takip edilmiştir. Çalışma sonucunda, başlangıç ekmek sertlik değerinin kontrole kıyasla daha dşk olduğu ve enzimin ekmek bayatlamasını geciktirdiği ortaya konmuştur.

4.5. Tam Buğday Ekmek rneklerinin *in vitro* Tahmini Glisemik İndeks Değerleri

Çalışmada yer alan eski ve yeni çeşitlerden üretilen tam buğday ekmeklerinin *in vitro* tahmini glisemik indeks değerleri izelge 4.19’da verilmiştir. Çalışmada kullanılan çeşitler arasında tahmini glisemik indeks değerleri bakımından istatistiksel olarak önemli

farklar olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Yeni buğday çeşitleri ile üretilen tam buğday ekme örneklerinin tahmini glisemik indeks değerleri 77.0 - 82.3 arasında değişmiştir. Eski buğday çeşitleri ile üretilen tam buğday ekme örneklerinin tahmini glisemik indeks değerleri 77.6 – 82.5 arasında değişmiştir.

Atkinson, Foster-Powell ve Brand-Miller (2008) tarafından, 1981-2007 yılları arasında yayınlanan 205 makale incelenerek hazırlanan tabloda tam buğday ekmeğinin glisemik indeks değerleri 74 ± 2 ve 75 ± 2 olarak belirtilmiştir. Bu tez çalışmasında yeni çeşitlerin ve eski çeşitlerin ortalama glisemik indeks değerleri sırasıyla 79.6 ve 80.4 olarak tespit edilmiş olup literatüre göre biraz yüksek olduğu görülmüştür. Scazzino ve arkadaşları (2016), İtalya’da ticari 141 gıdanın glisemik indeksini belirlemek için çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada, 18-69 yaş arası sağlıklı bireylere bu gıdalar yedirilerek, kan glukoz seviyesi tayini ile gıdaların glisemik indeksi belirlenmiştir. Tam buğday ekmeğinin glisemik indeksinin 36 – 84 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Çalışmada kullanılan yeni çeşitlere ait tam buğday ekmeğinin tahmini glisemik indeks değerleri Bayraktar 2000 çeşidinde en yüksek (82.3), Tosunbey ve Esperia çeşitlerinde ise en düşük değerler (77.1 ve 77.0) olarak saptanmıştır. Eski çeşitlere ait tam buğday ekmeğinin tahmini glisemik indeks değerleri bakımından, en yüksek değerler Kırac 66, Ak 702, Ankara 093/44 ve Köse 220/39 çeşitlerinde (82.5, 82.3, 81.6 ve 81.5), en düşük değer ise Bezostaja 1 çeşidinde (77.6) tespit edilmiştir.

Tahmini glisemik indeks değerleri bakımından yeni ve eski çeşitler beraber değerlendirildiğinde, Kırac 66, Ak 702, Bayraktar 2000, Ankara 093/44 ve Köse 220/39 çeşitlerinde (82.5, 82.3, 82.3 81.6 ve 81.5) çeşitlerinde en yüksek değerler, Tosunbey ve Esperia çeşitlerinde ise en düşük değerler (77.1 ve 77.0) saptanmıştır.

Yeni çeşitler ve eski çeşitlere ait tam buğday ekmeğinin ortalama tahmini glisemik indeks değerleri karşılaştırıldığında, aralarındaki farklar önemli bulunmamıştır. Eski çeşitlerin ortalama tahmini glisemik indeks değeri 80.4; yeni çeşitlerin ise 79.6 olarak saptanmıştır.

Çizelge 4.19. Tam buğday ekmeklerinin *in vitro* tahmini glisemik indeks değerleri.

Çeşitler	Glisemik İndeks
<i>Yeni çeşitler</i>	
Esperia	77.0 d
Kenanbey	81.1 ab
Tosunbey	77.1 d
Bayraktar 2000	82.3 a
Demir 2000	79.3 bc
İkizce 96	81.0 ab
<i>Eski çeşitler</i>	
Kıraç 66	82.5 a
Bolal 2973	79.3 bc
Bezostaja 1	77.6 cd
Yektay 406	79.6 b
Sürak 1593/51	79.6 b
Ankara 093/44	81.6 a
Köse 220/39	81.5 a
Sivas 111/33	79.4 bc
Ak 702	82.3 a
Yeni çeşitler ^a	79.6
Eski çeşitler ^a	80.4

Aynı sütunda farklı küçük harflerle işaretlenmiş değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.05$).
^aOrtalama.

Yeni ve eski çeşitlerin ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmadığı için harflendirme yapılmamıştır.

4.6. Tam Buğday Ekmek Örneklerine Ait Besinsel ve Fonksiyonel Analiz Sonuçları

4.6.1. Tam Buğday Ekmeklerinin TOTAX, WEAX ve WUAX İçerikleri

Bayraktar 2000, İkizce 96 ve Tosunbey çeşitlerinden üretilen kontrol ekmeklerinde ve enzim katkılı (ksilanaz) ekmeklerde yapılan TOTAX, WEAX ve WUAX analiz sonuçları Çizelge 4.20’de verilmiştir. Kontrol ekmek örneklerinin TOTAX değerleri %7.61 - 8.05, WEAX değerleri %0.62 - 0.81, WUAX değerleri %6.80 - 7.42 arasında değişmiştir. Enzim katkılı ekmek örneklerinin TOTAX değerleri %7.23 - 7.92, WEAX değerleri %0.81 - 1.12, WUAX değerleri %6.13 - 7.11 arasında değişmiştir. Bütün çeşitlere ait enzim katkılı ekmeklerin kontrol ekmeklerine kıyasla WEAX içeriğinde artış görülmüş olup yalnızca Bayraktar 2000 çeşidine ait ekmekte artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Courtin, Gelders ve Delcour (2001) tarafından yürütülen bir çalışmada, iki farklı una WUAX hidrolizinde yüksek seçici olan bir endoksilanaz (*Bacillus subtilis* kaynaklı; XBS) ve WEAX hidrolizinde yüksek seçici olan bir endoksilanaz (*Aspergillus aculeatus* kaynaklı; XAA) eklenmiştir. Yapılan ekmek denemeleri sonucunda, WUAX, ekmek kalitesini bozucu etkiye; orta ila yüksek moleküler ağırlıklı WEAX ise ekmek hacmi üzerinde olumlu bir etkiye sahip olarak belirlenmiştir.

Gebruers ve ark. (2002) tarafından yapılan bir çalışmada, 19 farklı buğday çeşidinin ve öğütme fraksiyonlarının, farklı endoksilanazlara karşı inhibisyon aktivitesi test edilmiştir. Buğday çeşitlerinin farklı enzimlere karşı inhibisyon aktivitesinin de farklı seviyelerde olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlar, farklı endoksilanaz enzimlerinin, farklı buğday çeşitlerinde veya bunların fraksiyonlarında kullanıldığında işlevselliğinin farklı olabileceğini göstermiştir.

Izydorczyk ve Biliaderis (1995) tarafından yürütülen çalışma sonucunda, arabinoksilanların ekmekte nem içeriğini arttırdığı ve bu artıştan kaynaklı olarak ekmek içi tekstürü üzerinde pozitif etkileri olduğu belirtilmiştir. Bunun suyun plastikleştirici (plastisizer) olarak davranarak gluten-nişasta kompozit matriksinde sertleşmeyi azaltıcı etki yaratmasından kaynaklandığı ifade edilmiştir.

Çizelge 4.20. Tam buğday ekmeklerinin TOTAX, WEAX ve WUAX içerikleri.

Çeşitler	TOTAX (% , km)		WEAX (% , km)		WUAX (% , km)	
	Kontrol Tam Buğday Ekmekleri	Enzim Katkılı (ksilanaz) Tam Buğday Ekmekleri	Kontrol Tam Buğday Ekmekleri	Enzim Katkılı (ksilanaz) Tam Buğday Ekmekleri	Kontrol Tam Buğday Ekmekleri	Enzim Katkılı (ksilanaz) Tam Buğday Ekmekleri
Tosunbey	8.05	7.92	0.62	0.81 b	7.42	7.11
Bayraktar 2000	7.64	7.23	0.80 B	1.10 a A	6.84	6.13
İkizce 96	7.61	7.87	0.81	1.12 a	6.80	6.76

Aynı sütunda farklı küçük harflerle işaretlenmiş değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.05$). Farklar önemsiz olduğunda harflendirme yapılmamıştır. Aynı satırda farklı büyük harflerle işaretlenmiş aynı parametreye ait değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.05$). Farklar önemsiz olduğunda harflendirme yapılmamıştır.

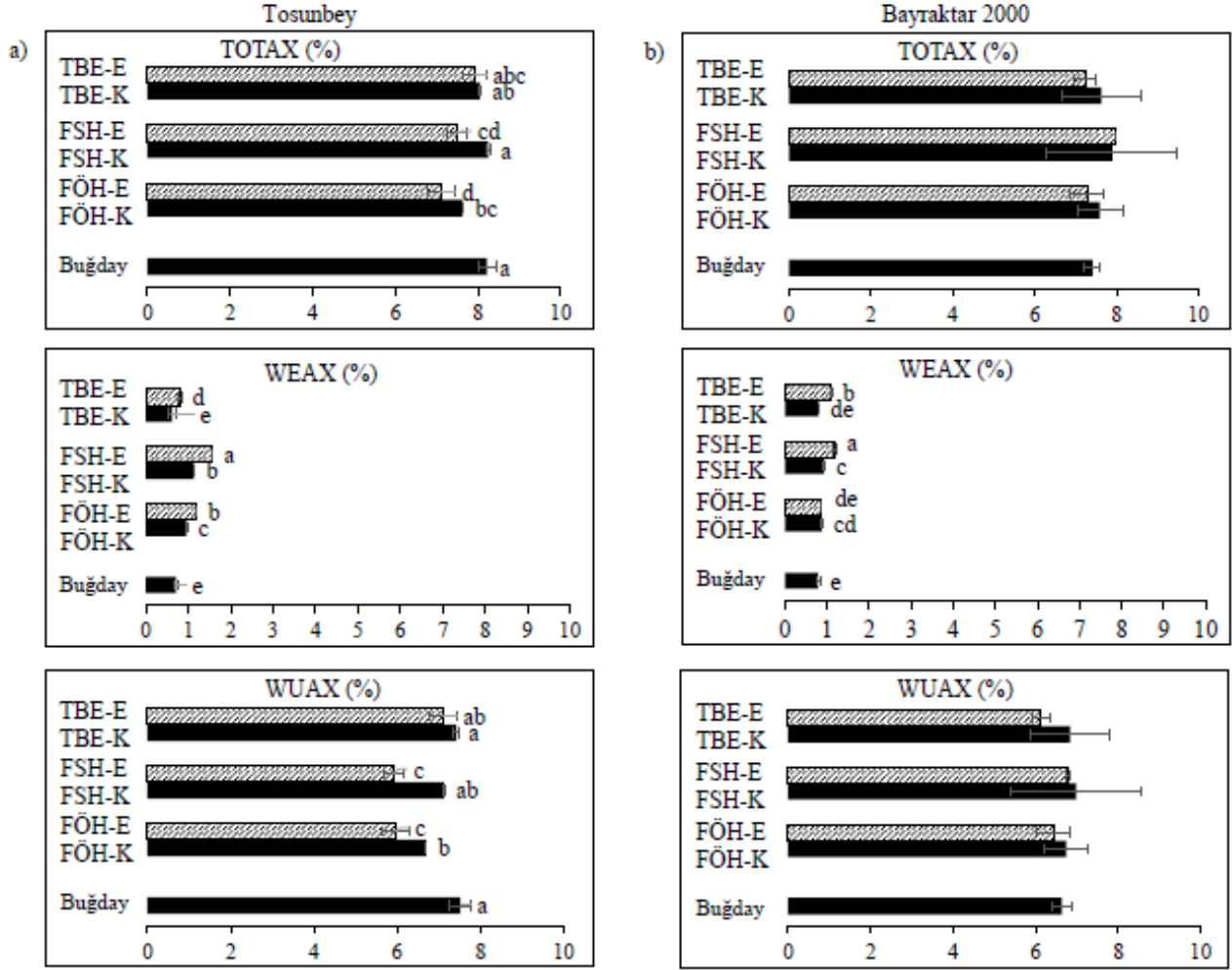
(TOTAX: toplam arabinoksilan; WEAX: suda çözünen arabinoksilan; WUAX: suda çözünmeyen arabinoksilan)

4.6.1.1. Buğdaydan Tam Buğday Ekmeğine Kadar Üretim Aşamalarında TOTAX ve WEAX İçeriklerinde Oluşan Değişimler

Çalışmada kullanılan buğday örnekleri arasından seçilen iki buğday çeşidinin (Tosunbey ve Bayraktar) AX bileşimleri, buğdaydan tam buğday ekmeğine kadar pişirme işlemi sırasında dört farklı aşamada analiz edilmiş ve sonuçlar Şekil 4.2’de verilmiştir. Tam buğday kontrol ekmeği (TBE-K) üretimi sırasında, hamur örnekleri fermentasyondan önce ve fermentasyondan sonra olmak üzere iki aşamada alınmıştır. Bu şekilde hazırlanan hamurlar pişirilmiş ve tam buğday ekmeği kontrol örnekleri olarak kullanılmıştır. Ayrıca enzim (ksilanaz) ilavesi (TBE-E) ile de tam buğday ekmekleri üretilmiş ve kontrol ekmeği üretimi ile aynı aşamalarda hamur ve ekmek örnekleri alınmıştır.

WEAX içeriği, hamurunun yoğurulması sırasında (tam buğday unundan fermentasyon öncesi kontrol hamuruna (FÖH-K) geçişte) ve hamurun fermentasyonu sırasında (FÖH-K 'den fermentasyondan sonrası kontrol hamuruna (FSH-K) geçişte) artış göstermiştir. WEAX'taki artış muhtemelen buğdayın yapısında yer alan endoksilanazlardan kaynaklanmaktadır. Daha sonra, WEAX içeriği fermentasyondan sonrası kontrol hamurdan (FSH-K) kontrol ekmeğine (TBE-K) geçişte azalış göstermiştir. Tosunbey ve Bayraktar çeşitleri ayrı ayrı değerlendirildiğinde her birinin kontrol tam buğday ekmeği ve tam buğday ununun WEAX içeriği arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Bu çalışmanın sonuçları, Kiszona, Fuerst ve Morris (2013) tarafından yapılan çalışma ile uyusmaktadır. İlgili çalışmada, “pankek” hazırlığı süresince arabinoksilan içeriğindeki değişim incelenmiş olup WEAX içeriğinin genellikle undan pankeke geçişte değişmediğini, hamur aşamasında hafif bir artış gösterip pankeke geçişte azaldığını ve sonuçta panekteki WEAX içeriğinin, unda gözlemlenen seviyelere geldiği bildirilmiştir.

Tosunbey çeşidine ait tam buğday ununa ksilanaz ilavesiyle, hamur yoğurma sırasında (tam buğday unundan fermentasyon öncesi enzim ilaveli hamura (FÖH-E'ye) geçişte) ve fermentasyon aşamasında (FÖH-E'den fermentasyon sonrası enzim ilaveli hamura (FSH-E'ye) geçişte) WEAX içeriği önemli ölçüde artış göstermiş ve pişirme sırasında (FSH-E'den TBE-E'ye geçişte) önemli ölçüde azalmıştır. Öte yandan, Bayraktar çeşidine ait tam buğday ununa ksilanaz ilavesiyle, hamur yoğurma sırasında (tam buğday unundan



Şekil 4.2. Buğdaydan tam buğday ekmeğine (kontrol ve enzim katkılı) kadar olan aşamalarda TOTAX, WEAX ve WUAX içeriklerindeki değişim.

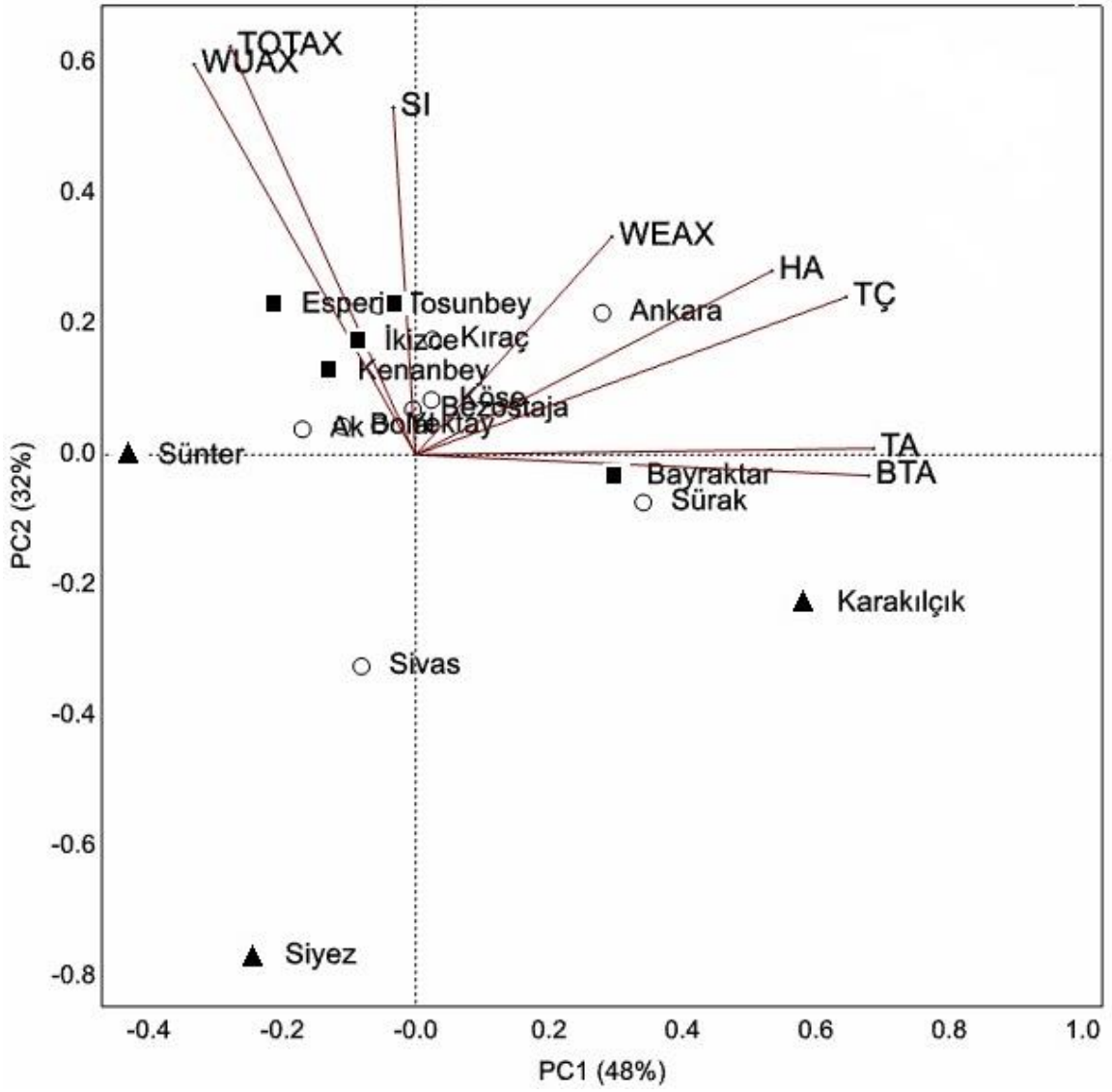
(TBE-K: kontrol tam buğday ekmeği; TBE-E: enzim katkılı tam buğday ekmeği; FÖH-K: fermentasyon öncesi kontrol hamuru, FÖH-E: fermentasyon öncesi enzim katkılı hamur, FSH-K: fermentasyon sonrası kontrol hamuru, FSH-E: fermentasyon sonrası enzim katkılı hamur; TOTAX: toplam arabinoksilan; WEAX: suda çözünen arabinoksilan; WUAX: suda çözünmeyen arabinoksilan).

fermentasyon öncesi enzim ilaveli hamura (FÖH-E'ye geçişte) WEAX içeriği önemli ölçüde değişmemiş ve fermentasyon aşamasında (FÖH-E'den FSH-E'ye geçişte) WEAX içeriği önemli ölçüde artış göstermiş ve pişirme sırasında (FSH-E'den TBE-E'ye geçişte) önemli ölçüde azalmıştır. Her iki çeşitte de ortak olarak, WEAX içeriği tam buğday unundan TBE-E'ye geçişte önemli ölçüde artmıştır. Frederix, Courtin ve Delcour (2003), ksilanaz ilavesiyle, hamur yoğurma, dinlendirme ve pişme öncesi hamurda WUAX'ın çözünürlüğünün arttığını bildirmiştir. Ekmek formülasyonuna ksilanaz ilavesiyle, ekmekte suda çözünen arabinoksilanın arttığını bildiren başka çalışmalar da vardır (Gebruers, Courtin and Delcour, 2009; Kiszonas, Fuerst ve Morris, 2013).

4.6.1.2. Temel Bileşenler Analizi (Principal Component Analysis)

Buğday örneklerinin AX içeriğindeki (TOTAX, WEAX ve WUAX) ile fiziksel özelliklerindeki (bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı, SKCS sertlik indeksi, SKCS tane çapı, SKCS tane ağırlığı) varyasyonun daha net anlaşılmasını sağlamak için temel bileşen analizi yapılmıştır.

Verilerin analizi, ilk iki temel bileşenin (PC 1 ve 2) sonuçlarının, tüm örnekler ve parametreler arasındaki toplam varyasyonun yaklaşık %80'ini (PC1, %48 ve PC2, %32) açıkladığını göstermiştir (Şekil 4.3). Temel bileşenler analizi sonuçları, yerel buğdaylar (Siyez, Sünter ve Karakılçık) ve Sivas 111/33 çeşidinin (eski buğday) diğer genotiplerden açıkça ayrıldığını göstermiştir. Öte yandan, yeni ve eski buğday genotipleri arasında AX içeriği ve fiziksel özellikleri açısından net bir ayrım gözlenmemiştir. Eski ve yeni buğdaylar arasında önemli farklılıklar olduğunu belirten son iddiaların aksine, temel bileşenler analizi sonuçları örnek grupları (eski ve yeni çeşitler) arasında büyük bir fark olmadığını göstermiştir.



Şekil 4.3. Buğday örneklerinin AX bileşenlerinin (TOTAX, WEAX ve WUAX) ve fiziksel özelliklerinin (bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı, SKCS parametreleri) temel bileşen analizi

- Yeni çeşitler
- Eski çeşitler
- ▲ Yerel buğdaylar

(TOTAX: toplam arabinoksilan; WEAX: suda çözünen arabinoksilan; WUAX: suda çözünmeyen arabinoksilan; BTA: bin tane ağırlığı; HA: hektolitre ağırlığı; SI: sertlik indeksi; TÇ: tane çapı; TA: tane ağırlığı).

4.6.1.3. AX Bileşimi ve Buğdayların Fiziksel Özellikleri Arasındaki Korelasyonlar

Çalışmada yer alan tüm buğdaylar korelasyon analizinde kullanıldığında TOTAX içeriği ile SKCS sertlik indeksi ($r = 0.53$) arasında, WUAX içeriği ile SKCS sertlik indeksi ($r = 0.54$) ve bin tane ağırlığı ($r = -0.45$) arasında önemli ($p < 0.05$) korelatif ilişkiler tespit edilmiştir. Yerel buğdaylar ve bir eski çeşit (Sivas), yukarıda belirtilen temel bileşenler analizine göre aykırı değerler göstermiştir. Bu nedenle, aykırı değerler çıkarıldıktan sonra AX bileşenleri (TOTAX, WEAX ve WUAX) ile fiziksel özellikler (bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı, SKCS parametreleri) arasında korelasyon analizi yapılmış ve sonuçlar Çizelge 4.21'de sunulmuştur.

TOTAX içeriği ile SKCS sertlik indeksi ($r = 0.57$) arasında önemli pozitif korelasyon ($p < 0.05$) değeri saptanmış olup korelasyon sonucu sert buğdayların yumuşak olanlara kıyasla daha yüksek TOTAX içeriğine sahip olma eğiliminde olduğunu göstermiştir. Gebruers ve ark. (2010) tarafından yapılan çalışmada buğday kırmalarının TOTAX değeri ile buğday tanelerinin sertlik indeksi arasında önemli korelasyon olduğu bildirilmiş olup bu çalışmanın sonuçları ile benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. TOTAX içeriği ile bin tane ağırlığı ($r = -0.62$), hektolitre ağırlığı ($r = -0.54$), SKCS tane ağırlığı ($r = -0.61$) ve SKCS tane çapı ($r = -0.57$) arasında önemli negatif korelasyon ($p < 0.05$) görülmüştür.

WUAX içeriği ve SKCS sertlik indeksi, $p < 0.05$ düzeyinde önemli korelasyon göstermiştir ($r = 0.62$). Sert buğday çeşitlerinin daha yüksek WUAX içeriğine sahip olma eğiliminde olduğu saptanmıştır. WUAX içeriği, bin tane ağırlığı ($r = -0.66$), hektolitre ağırlığı ($r = -0.53$), SKCS tane ağırlığı ($r = -0.70$) ve SKCS tane çapı ($r = -0.62$) ile önemli negatif korelasyon göstermiştir ($p < 0.05$).

WEAX içeriği ile SKCS sertlik indeksi ve diğer fiziksel özelliklerle arasında önemli korelasyon saptanmamıştır. TOTAX ve WUAX, fiziksel parametrelerle (SKCS sertlik indeksi, SKCS tane çapı, SKCS tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı, bin tane ağırlığı) benzer bir ilişki sergilerken, WEAX'ın fiziksel parametrelerle ilişkisi TOTAX ve WUAX ile karşılaştırıldığında tam tersi bir durum olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.21. Buğday örneklerinin AX bileşenleri (TOTAX, WEAX ve WUAX) ve fiziksel özellikleri (bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı, SKCS parametreleri) arasındaki korelasyon matrisi.

	TOTAX (%)	WEAX (%)	WUAX (%)	SKCS Sertlik İndeksi	SKCS Tane Çapı (mm)	SKCS Tane Ağırlığı (mg, KM)	Hektolitre Ağırlığı (kg/hl)	Bin Tane Ağırlığı (g)
TOTAX (%)	1.00							
WEAX (%)	-0.12	1.00						
WUAX (%)	0.96*	-0.39	1.00					
SKCS Sertlik İndeksi	0.57*	-0.34	0.62*	1.00				
SKCS Tane Çapı (mm)	-0.57*	0.30	-0.62*	-0.34	1.00			
SKCS Tane Ağırlığı (mg, KM)	-0.61*	0.46	-0.70*	-0.51	0.94*	1.00		
Hektolitre Ağırlığı (kg/hl)	-0.54*	0.13	-0.53*	-0.59*	0.59*	0.50	1.00	
Bin Tane Ağırlığı (g)	-0.62*	0.32	-0.66*	-0.48	0.94*	0.98*	0.50	1.00

$r_{5\%} = 0.5324^*$, $n=13$

(TOTAX: toplam arabinoksilan; WEAX: suda çözünen arabinoksilan; WUAX: suda çözünmeyen arabinoksilan; SKCS: Single Kernel Characterization System - Tek Tane Karakterizasyon Sistemi)

4.6.2. Tam Buğday Ekmeklerinin Toplam, Çözünür ve Çözünmez Besinsel Lif İçerikleri

Çalışmada yer alan eski ve yeni çeşitlerden üretilen kontrol tam buğday ekmekleri ve enzim katkılı (ksilanaz) tam buğday ekmeklerine ait toplam, çözünür ve çözünmez besinsel lif sonuçları Çizelge 4.22’de verilmiştir.

Çalışmada kullanılan çeşitler arasında toplam, çözünür ve çözünmez besinsel lif içerikleri bakımından istatistiksel olarak önemli farklar olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Yeni buğday çeşitleri ile üretilen kontrol tam buğday ekmek örneklerinin toplam besinsel lif içerikleri %15.97 - 18.72, çözünür besinsel lif içerikleri % 2.95 - 4.03, çözünmez besinsel lif içerikleri %12.69 - 15.35 arasında değişmiştir. Enzim katkılı tam buğday ekmek örneklerinin toplam besinsel lif içerikleri %15.95 - 18.68, çözünür besinsel lif içerikleri %3.14 - 4.28, çözünmez besinsel lif içerikleri %12.81 - 14.67 arasında değişim göstermiştir. Eski buğday çeşitleri ile üretilen tam buğday ekmek örneklerinin toplam besinsel lif içerikleri %17.01 - 19.69, çözünür besinsel lif içerikleri %3.14 - 4.45, çözünmez besinsel lif içerikleri %13.12 - 15.24 arasında değişmiştir.

Çalışmada kullanılan yeni çeşitlere ait kontrol ve enzim katkılı tam buğday ekmeklerinde aynı çeşitler en yüksek ve en düşük toplam ve çözünür besinsel lif içerikleri göstermiştir. Kontrol ve enzim katkılı ekmeklerin toplam besinsel lif içerikleri Esperia, Demir 2000 ve Tosunbey çeşitlerinde en yüksek (%18.72, 18.61, 18.40 / %18.68, 18.39, 18.19), Kenanbey çeşidinde ise en düşük (%15.97 / %15.95) olarak saptanmıştır. Çalışmada kullanılan yeni çeşitlere ait kontrol ve enzim katkılı ekmeklerin çözünür besinsel lif içerikleri Demir 2000 çeşidinde en yüksek (%4.03 ve 4.28), Kenanbey çeşidinde ise en düşük (%2.95 ve 3.14) olarak saptanmıştır.

Çalışmada kullanılan eski çeşitlere ait tam buğday ekmeklerinin toplam besinsel lif içerikleri bakımından, en yüksek içerik Bolal 2973 çeşidinde (%19.69), en düşük içerik ise Sivas 111/33 çeşidinde (%17.01) tespit edilmiştir. Çözünür besinsel lif değerleri bakımından, en yüksek içerik Bolal 2973 ve Yektay 406 çeşitlerinde (%4.45, 4.35), en düşük içerik ise Bezostaja 1 çeşidinde (%3.14) tespit edilmiştir.

Çizelge 4.22. Tam buğday ekmeklerinin toplam, çözümlü ve çözünmez besinsel lif içerikleri.

Çeşitler	Toplam Besinsel Lif (% , km)				Çözünür Besinsel Lif (% ,km)				Çözünmez Besinsel Lif (% , km)			
	Kontrol		Enzim katkılı (ksilanaz)		Kontrol		Enzim katkılı (ksilanaz)		Kontrol		Enzim katkılı (ksilanaz)	
<i>Yeni çeşitler</i>												
Esperia	18.72	b	18.39	a	3.37	efg	3.72	bc	15.35	a	14.67	a
Kenanbey	15.97	h	15.95	d	2.95	g	3.14	d	13.03	ij	12.81	c
Tosunbey	18.40	b	18.19	a	3.55	def	3.86	ab	14.85	abc	14.34	b
Bayraktar 2000	16.40	g	16.53	c	3.70	cde	3.72	bc	12.69	j	12.81	c
Demir 2000	18.61	b	18.68	a	4.03	abc	4.28	a	14.58	cd	14.39	b
İkizce 96	17.24	ef	17.47	b	3.12	fg	3.20	cd	14.12	def	14.27	b
<i>Eski çeşitler</i>												
Kıraç 66	17.93	c			4.00	abcd			13.93	efg		
Bolal 2973	19.69	a			4.45	a			15.24	ab		
Bezostaja 1	17.91	c			3.14	fg			14.77	bc		
Yektay 406	18.70	b			4.35	a			14.35	cde		
Sürak 1593/51	17.61	cde			4.09	abc			13.52	ghi		
Ankara 093/44	17.69	cd			4.04	abc			13.65	fgh		
Köse 220/39	17.45	de			4.26	ab			13.19	hij		
Sivas 111/33	17.01	f			3.89	bcd			13.12	hij		
Ak 702	17.64	cde			4.03	abc			13.61	fgh		
Yeni çeşitler ^a	17.56		17.54		3.45	*	3.65		14.07		13.88	
Eski çeşitler ^a	17.96				4.03	*			13.93			

Aynı sütunda farklı küçük harflerle işaretlenmiş değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.05$).

^aOrtalama

Aynı sütunda “**” ile işaretlenmiş ilgili parametreye ait ortalama değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.01$; $t=3.69$). Farklar önemsiz olduğunda işaretleme yapılmamıştır.

Toplam besinsel lif bakımından yeni ve eski çeşitler beraber değerlendirildiğinde, Bolal 2973 çeşidinde en yüksek içerik (%19.69), Kenanbey çeşidinde ise en düşük içerik (%15.97) saptanmıştır. Çözünür besinsel lif bakımından ise Bolal 2973 (%4.45) ve Yektay 406 (%4.35) çeşitlerinde en yüksek içerikler, Kenanbey çeşidinde en düşük içerik (%2.95) saptanmıştır.

Enzimin besinsel lif içeriği üzerine olan etkisi incelendiğinde enzim katkılı ekmeklerin çözünür besinsel lif içeriklerinde kontrol ekmeklerine kıyasla artış olduğu tespit edilmiştir. Toplam, çözünür ve çözünmez besinsel lif içerikleri bakımından yeni çeşitler ve eski çeşitlerin ortalamaları karşılaştırıldığında, aralarındaki farklar sadece çözünür besinsel lif içerikleri için istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Eski çeşitlerin (%4.03) ortalama çözünür besinsel lif içeriği yeni çeşitlere (%3.45) kıyasla daha yüksek olarak saptanmıştır.

İnsanların günlük besinsel lif tüketimi genellikle önerilen seviyelerin altındadır (Drzikova ve ark., 2005). Dünya Sağlık Örgütü (WHO; World Health Organization) (WHO, 2020) tarafından “tam tahıl ürünleri tüketiminin obezite ve kilo alımını azalttığı” belirtilmekte olup besinsel lif açısından zengin tam buğday ekmeklerinin tüketimi önemlidir. Tam buğday ekmeği üretiminde besinsel lif içeriği yüksek olan buğday çeşitlerinin tercih edilmesi ile bu ekmekleri tüketen kişilerin günlük besinsel lif alımının artırılması mümkün olabilir.

4.6.3. Tam Buğday Ekmeklerinin Mineral Madde İçerikleri

Çalışmada kullanılan buğdaylardan elde edilen tam buğday unları ile yapılan tam buğday ekmeklerine ait mineral madde analiz sonuçları Çizelge 4.23'te verilmiştir. Yeni çeşitlerden üretilen tam buğday ekmeklerinde kalsiyum (Ca), bakır (Cu), demir (Fe), potasyum (K), magnezyum (Mg), manganez (Mn), fosfor (P), çinko (Zn), alüminyum (Al), kükürt (S) miktarları sırasıyla 347.1 - 520.7, 3.32 - 5.92, 32.75 - 39.58, 3709.6 - 4800.5, 1200.5 - 1317.0, 31.24 - 46.36, 2430.7 - 3105.4, 12.50 - 27.84, 4.20 - 12.25, 1569.0 - 1873.5 mg.kg⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Eski çeşitlerden üretilen tam buğday ekmeklerinde Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, P, Zn, Al ve S değerleri sırasıyla 267.6 -

378.8, 3.07 - 4.80, 33.61 - 42.26, 3622.9 - 4490.8, 1203.5 - 1439.5, 36.64 - 48.40, 2710.8 - 3543.3, 14.84 - 19.25, 5.47 - 11.15, 1651.0 - 1936.5 mg.kg⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Çalışmada kullanılan tüm yeni ve eski çeşitlere ait tam buğday ekmekleri arasında Ca, Cu, Fe, K, Mn, P, Zn, Al ve S içeriği bakımından istatistiksel olarak önemli farklar olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$) (Çizelge 4.23).

Çalışmada kullanılan yeni çeşitlerden üretilen tam buğday ekmekleri arasında en yüksek Ca (520.7 mg.kg⁻¹), Cu (5.92 mg.kg⁻¹), Fe (39.58 mg.kg⁻¹), K (4800.5 mg.kg⁻¹), P (3105.4 mg.kg⁻¹) ve Zn (27.84 mg.kg⁻¹) miktarı Esperia çeşidinde, en yüksek Mg (1317.0 mg.kg⁻¹) miktarı Kenanbey çeşidinde, en yüksek Mn (46.36 mg.kg⁻¹) miktarı Tosunbey çeşidinde, en yüksek Al (12.25 mg.kg⁻¹) miktarı Bayraktar 2000 çeşidinde, en yüksek S (1843.5, 1866.0 ve 1873.5 mg.kg⁻¹) miktarı Tosunbey, Demir 2000 ve Esperia çeşitlerinde saptanmıştır. En düşük Ca (347.1 mg.kg⁻¹), Cu (3.32 mg.kg⁻¹), Mn (31.24 mg.kg⁻¹), P (2430.7 mg.kg⁻¹), Zn (12.50 mg.kg⁻¹) miktarı Kenanbey çeşidinde, en düşük Fe (32.75 mg.kg⁻¹) miktarı Demir 2000 çeşidinde, en düşük K (3709.6 mg.kg⁻¹) miktarı Bayraktar 2000 çeşidinde, en düşük Mg (1200.5, 1210.0 ve 1216.5 mg.kg⁻¹) miktarı Esperia, Tosunbey ve Demir 2000 çeşitlerinde, en düşük Al (4.20 ve 4.29 mg.kg⁻¹) miktarları Demir 2000 ve Kenanbey çeşitlerinde, en düşük S (1569.0 mg.kg⁻¹) miktarı Bayraktar 2000 çeşidinde tespit edilmiştir (Çizelge 4.23).

Çalışmada kullanılan eski çeşitlerden üretilen tam buğday ekmekleri arasında en yüksek Ca (378.8 mg.kg⁻¹) ve Cu (4.80 mg.kg⁻¹) miktarı Bezostaja 1 çeşidinde, Fe (41.28 ve 42.26 mg.kg⁻¹) miktarı Sivas 111/33 ve Bezostaja 1 çeşitlerinde, K (4422.6, 4451.7 ve 4490.8 mg.kg⁻¹) miktarı Ankara 093/44, Sürak 1593/51 ve Bolal 2973 çeşitlerinde, Mg (1439.5 mg.kg⁻¹) ve Zn (19.25 mg.kg⁻¹) miktarı Yektay 406 çeşidinde, Mn (47.80 ve 48.40 mg.kg⁻¹) miktarı Yektay 406 ve Kıracı 66 çeşitlerinde, P (3471.7 ve 3543.3 mg.kg⁻¹) miktarı Yektay 406 ve Bolal 2973 çeşitlerinde ve S (1929.0 ve 1936.5 mg.kg⁻¹) miktarı Bolal 2973 ve Sivas 111/33 çeşitlerinde tespit edilmiştir. En düşük Ca (267.6 mg.kg⁻¹) miktarı Köse 220/39 çeşidinde, Cu (3.07 mg.kg⁻¹), Fe (33.61 mg.kg⁻¹) miktarı Bolal 2973 çeşidinde, K (3622.9 mg.kg⁻¹) ve Mn (36.64 mg.kg⁻¹) miktarı Sivas 111/33 çeşidinde, Mg (1203.5) miktarı Bezostaja 1 çeşidinde, P (2710.8, 2759.3, 2780.6 mg.kg⁻¹) miktarı Sürak

Çizelge 4.23. Tam buğday ekmeklerinin mineral madde analiz sonuçları (mg.kg⁻¹).

Tam Buğday Ekmekleri	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	P	Zn	Al	S
<i>Yeni çeşitler</i>										
Esperia	520.7 a	5.92 a	39.58 abc	4800.5 a	1200.5 c	39.00 f	3105.4 bc	27.84 a	8.41 bcdef	1873.5 ab
Kenanbey	347.1 ef	3.32 gh	37.54 bcde	3963.2 ef	1317.0 abc	31.24 h	2430.7 e	12.50 i	4.29 g	1614.5 ef
Tosunbey	463.5 c	5.44 ab	37.42 bcde	4002.5 ef	1210.0 c	46.36 ab	2993.7 c	26.30 ab	9.29 abcd	1843.5 ab
Bayraktar 2000	351.5 e	3.84 defg	36.29 cdefg	3709.6 gh	1293.0 bc	38.66 fg	2719.0 d	18.29 cd	12.25 a	1569.0 f
Demir 2000	491.6 b	5.22 b	32.75 g	4210.0 d	1216.5 c	43.17 de	2753.9 d	24.94 b	4.20 g	1866.0 ab
İkizce 96	367.4 de	4.15 cde	34.04 efg	3829.8 fg	1279.5 bc	38.88 f	2704.8 d	14.02 hi	10.22 abc	1646.5 ef
<i>Eski çeşitler</i>										
Kıraç 66	298.2 h	4.40 cd	39.16 abcd	4393.0 bc	1327.0 abc	48.40 a	3255.8 b	17.71 cde	6.16 efg	1692.5 de
Bolal 2973	367.1 de	3.07 h	33.61 fg	4490.8 b	1294.5 bc	46.57 ab	3543.3 a	17.04 def	9.77 abcd	1929.0 a
Bezostaja 1	378.8 d	4.80 bc	42.26 a	4024.8 e	1203.5 c	43.96 cd	2759.3 d	15.97 fg	5.47 fg	1805.0 bc
Yektay 406	314.4 gh	4.01 def	35.68 defg	3996.3 ef	1439.5 a	47.80 a	3471.7 a	19.25 c	8.77 bcde	1805.0 bc
Sürak 1593/51	302.8 h	4.09 de	34.37 efg	4451.7 b	1245.0 bc	37.30 fg	2710.8 d	14.84 gh	8.59 bcde	1888.5 ab
Ankara 093/44	315.6 gh	3.39 fgh	38.96 abcd	4422.6 b	1283.5 bc	38.07 fg	2981.7 c	15.30 gh	11.15 ab	1651.0 ef
Köse 220/39	267.6 i	3.52 efgh	40.13 ab	4352.0 bcd	1298.0 bc	41.70 e	3008.4 c	16.10 efg	6.94 defg	1801.5 bc
Sivas 111/33	306.2 h	4.10 de	41.28 a	3622.9 h	1275.0 bc	36.64 g	2780.6 d	15.49 fgh	9.08 bcde	1936.5 a
Ak 702	328.2 fg	3.80 defg	36.79 bcdef	4225.4 cd	1354.0 ab	45.55 bc	3215.0 b	17.85 cd	7.99 cdef	1749.5 cd
Yeni çeşitler ^a	423.6 *	4.65 *	36.27	4086.0	1252.8	39.55	2784.6 *	20.65 *	8.11	1735.5
Eski çeşitler ^a	319.9 *	3.91 *	38.02	4219.9	1302.2	42.89	3080.7 *	16.62 *	8.21	1806.5

Aynı sütunda Ca, Cu, Fe, K, Mn, P, Zn, Al ve S için farklı küçük harflerle işaretlenmiş değerler arasında $p < 0.05$, Mg için farklı küçük harflerle işaretlenmiş değerler arasında $p < 0.1$ düzeyinde istatistiksel olarak önemli fark vardır.

^aOrtalama değerler.

Aynı sütunda "*" ile işaretlenmiş ilgili parametreye ait ortalama değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.05$); Ca, Cu, P, Zn için t değerleri sırasıyla 4.55, 2.35, 3.00 ve 2.17 olarak belirlenmiştir. Farklar önemsiz olduğunda işaretleme yapılmamıştır.

(Ca: kalsiyum; Cu: bakır; Fe: demir; K: potasyum; Mg: magnezyum; Mn: manganez; P: fosfor; Zn: çinko; Al: alüminyum; S: kükürt).

1593/51, Bezostaja 1, Sivas 111/33 çeşitlerinde, Zn (14.84 mg.kg⁻¹) miktarı Sürak 1593/51 çeşidinde, S (1651.0 mg.kg⁻¹) miktarı Ankara 093/44 çeşidinde tespit edilmiştir.

Mineral madde içeriği bakımından yeni ve eski çeşitlerden üretilen tam buğday ekmekleri beraber değerlendirildiğinde, en yüksek Ca (520.7 mg.kg⁻¹), Cu (5.92 mg.kg⁻¹), K (4800.5 mg.kg⁻¹) ve Zn (27.84 mg.kg⁻¹) miktarı Esperia çeşidinde, Fe (41.28 ve 42.26 mg.kg⁻¹) miktarı Sivas 111/33 ve Bezostaja 1 çeşitlerinde, Mg (1439.5 mg.kg⁻¹) miktarı Yektay 406 çeşidinde, Mn (47.80 ve 48.40 mg.kg⁻¹) miktarı Yektay 406 ve Kırac 66 çeşitlerinde, P (3471.7 ve 3543.3 mg.kg⁻¹) miktarı Yektay 406 ve Bolal 2973 çeşitlerinde, S (1929.0 ve 1936.5 mg.kg⁻¹) miktarı Bolal 2973 ve Sivas 111/33 çeşitlerinde saptanmıştır. En düşük Ca (267.6 mg.kg⁻¹) miktarı Köse 220/39 çeşidinde, Cu (3.07 mg.kg⁻¹) miktarı Bolal 2973 çeşidinde, en düşük Fe (32.75 mg.kg⁻¹) miktarı Demir 2000 çeşidinde, K (3622.9 mg.kg⁻¹) miktarı Sivas 111/33 çeşidinde, en düşük Mg (1200.5, 1203.5, 1210.0, 1216.5 mg.kg⁻¹) miktarı Esperia, Bezostaja 1, Tosunbey ve Demir 2000 çeşitlerinde, Mn (31.24 mg.kg⁻¹) ve Zn (12.50 mg.kg⁻¹) miktarı Kenanbey çeşidinde, P (2430.7 mg.kg⁻¹) miktarı Kenanbey çeşidinde, en düşük S (1569.0 mg.kg⁻¹) miktarı Bayraktar 2000 çeşidinde tespit edilmiştir (Çizelge 4.23).

Yeni ve eski çeşitlere ait tam buğday ekmeklerinin mineral madde miktarlarının çeşit ortalamaları hesaplandığında, Ca, Cu, P ve Zn miktarları bakımından iki grup ekmek arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Yeni ve eski çeşitler mineral madde içerikleri açısından karşılaştırıldığında, yeni çeşitlerden üretilen ekmeklerde Ca, Cu ve Zn miktarları bakımından daha yüksek, P bakımından daha düşük sonuçlar elde edilmiştir (Çizelge 4.23).

4.6.4. Tam Buğday Ekmeklerinin *in vitro* Mineral Madde Biyoyararlanım Oranları

Çalışmada kullanılan buğdaylardan elde edilen tam buğday unları ile yapılan tam buğday ekmeklerinin *in vitro* mineral biyoyararlanım analiz sonuçları Çizelge 4.24'te verilmiştir. Yeni çeşitlerden üretilen tam buğday ekmeklerinin Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, P, Zn, S minerallerine ait biyoyararlanım miktarları sırasıyla %11.9 - 33.0, %11.5 - 24.8, %4.9 -

15.4, %60.8 - 66.6, %32.9 - 51.1, %2.6 - 14.7, %33.8 - 45.5, %7.7 - 20.9, %53.9 - 60.8 arasında değişim göstermiştir. Eski çeşitlerden üretilen tam buğday ekmeklerine ait biyoyararlanım miktarları sırasıyla Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, P, Zn ve S değerleri sırasıyla %28.8 - 48.8, %5.4 - 12.5, %12.0 - 16.6, %58.5 - 75.4, %42.0 - 51.8, %9.3 - 19.3, %36.7 - 43.7, %8.0 - 23.2, %47.2 - 57.9 arasında değişim göstermiştir. Çalışmada kullanılan tüm yeni ve eski çeşitlere ait tam buğday ekmeklerinin biyoyararlanım oranları arasında Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, P, Zn ve S içeriği bakımından istatistiksel olarak önemli farklar olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$) (Çizelge 4.24).

Akhter ve arkadaşları (2012) tarafından yürütölen çalışmada, 12 buğday çeşidinin mineral madde biyoyararlanımları analiz edilmiştir. Kalsiyum, demir, çinko ve bakır biyoyararlanım aralıkları sırasıyla %14.5 - 17.0, %12.0 - 16.2, %4.62 - 8.36 ve %10.7 - 14.9 olarak tespit edilmiştir. Akhter ve arkadaşları tarafından elde edilen buğdaya ait biyoyararlanım sonuçlarının, bu tez çalışmasında tam buğday ekmeklerinden elde edilen biyoyararlanım sonuçları ile uyumlu olduğu görölmüştür.

Amalraj ve Pius (2015b) tarafından yapılan çalışmada farklı tahılların (millet ve sorgum (darı), mısır, pirinç ve buğday) kalsiyum (Ca) mineral madde biyoyararlılığı çalışılmıştır. En yüksek biyoyararlılık %34.9 ile buğdayda tespit edilmiştir. Millet, mısır, pirinç ve sorguma ait Ca biyoyararlılığı sırasıyla %28.0, 25.4, 24.7 ve 26.0 olarak bulunmuştur. Singh, Prasad ve Aalbersberg. (2016) tarafından yürütölen çalışmada; birçok gıdanın demir biyoyararlılığı incelenmiştir. Tam buğday ununun demir biyoyararlılığı %16.67 olarak bulunmuştur. Hussain, Maqsood ve Miller (2011) tarafından yapılan çalışmada Pakistan'da 65 buğday çeşidinin biyoyararlılığı değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda; buğday tanesindeki çinko biyoyararlılığı 1.52 - 2.15 mg çinko /300 gram buğday unu olarak bulunmuştur. Buğdaydaki çinkonun biyoyararlılığı %21 olarak hesaplanmıştır.

Çalışmada kullanılan yeni çeşitlere ait tam buğday ekmekleri arasında en yüksek Ca biyoyararlanım oranı İkişce 96 (%33.0) ve Kenanbey (%33.0) çeşitlerinde, en yüksek Cu biyoyararlanım oranı Bayraktar 2000 (%24.8) çeşidinde, en yüksek Fe, K, Mg, P ve S biyoyararlanım oranları İkişce 96 (%15.4, 66.6, 51.1, 45.5 ve 60.8) çeşidinde, en yüksek

Çizelge 4.24. Tam buğday ekmeklerinin *in vitro* mineral madde biyoyararlanım oranları.

Çeşitler	Mineral Biyoyararlanımı (%)																	
	Ca		Cu		Fe		K		Mg		Mn		P		Zn		S	
<i>Yeni çeşitler</i>																		
Esperia	29.2	ef	12.1	de	9.3	f	62.1	de	47.1	abcd	14.7	c	42.5	bc	9.0	gh	55.4	cdef
Kenanbey	33.0	d	17.9	c	11.6	e	63.3	cd	49.2	ab	13.2	e	43.0	b	20.9	b	59.0	ab
Tosunbey	11.9	h	20.8	b	5.1	g	65.9	bc	35.3	f	2.6	k	37.9	ef	9.5	fg	56.8	bcd
Bayraktar 2000	11.9	h	24.8	a	4.9	g	61.9	de	32.9	f	3.1	j	33.8	g	9.1	gh	57.4	bcd
Demir 2000	25.9	g	11.5	de	9.9	f	60.8	def	44.1	cde	8.5	i	38.0	ef	7.7	i	53.9	ef
İkizce 96	33.0	d	17.3	c	15.4	ab	66.6	b	51.1	a	14.3	cd	45.5	a	18.0	c	60.8	a
<i>Eski çeşitler</i>																		
Kıraç 66	43.5	b	5.4	g	16.6	a	60.6	def	48.3	abc	19.3	a	43.6	ab	13.9	d	47.2	i
Bolal 2973	30.0	ef	12.5	d	16.4	ab	62.8	de	48.1	abc	12.3	f	36.7	f	10.6	f	47.5	i
Bezostaja 1	36.2	c	12.5	d	13.0	cd	62.7	de	47.9	abc	14.6	cd	43.2	b	18.7	c	57.9	bc
Yektay 406	37.7	c	6.0	g	15.1	b	75.4	a	45.2	bcde	14.1	d	43.2	b	9.3	g	55.7	cde
Sürak 1593/51	28.8	f	5.8	g	13.2	cd	58.5	f	42.6	de	11.2	g	37.7	ef	12.1	e	50.4	gh
Ankara 093/44	33.2	d	7.0	fg	12.0	de	60.3	ef	44.1	cde	12.6	f	39.7	de	12.5	e	52.9	fg
Köse 220/39	30.9	e	6.8	fg	13.8	c	61.8	de	44.6	bcde	11.3	g	40.8	cd	9.7	fg	49.5	hi
Sivas 111/33	48.8	a	5.9	g	15.3	ab	68.4	b	51.8	a	18.2	b	43.7	ab	23.2	a	53.3	ef
Ak 702	31.0	e	9.4	ef	13.0	cd	62.3	de	42.0	e	9.3	h	38.8	def	8.0	hi	54.7	def
Yeni çeşitler ^a	24.2	*	17.4	*	9.4	*	63.4		43.3		9.4	*	40.1		12.4		57.2	*
Eski çeşitler ^a	35.6	*	7.9	*	14.3	*	63.6		46.1		13.6	*	40.8		13.1		52.1	*

Aynı sütunda farklı küçük harflerle işaretlenmiş değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.05$).

^aOrtalama değerler.

Aynı sütunda "*" ile işaretlenmiş ilgili parametreye ait ortalama değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($p < 0.05$); Ca, Cu, Fe, Mn, S için t değerleri sırasıyla 3.66, 5.98, 4.19, 2.50, 4.39 olarak belirlenmiştir. Farklar önemsiz olduğunda işaretleme yapılmamıştır.

(Ca: kalsiyum; Cu: bakır; Fe: demir; K: potasyum; Mg: magnezyum; Mn: manganez; P: fosfor; Zn: çinko; Al: alüminyum; S: kükürt).

Mn biyoyararlanım oranı Esperia (%14.7) çeşidinde, en yüksek Zn biyoyararlanım oranı Kenanbey (%20.9) çeşidinde saptanmıştır. En düşük Ca biyoyararlanım oranı Bayraktar 2000 (%11.9) ve Tosunbey (%11.9) çeşitlerinde, en düşük Cu biyoyararlanım oranı Demir 2000 (%11.5) ve Esperia (%12.1) çeşitlerinde, en düşük Fe biyoyararlanım oranı Bayraktar 2000 (%4.9) ve Tosunbey (%5.1) çeşitlerinde, en düşük K, Zn ve S biyoyararlanım oranı Demir 2000 (%60.8, 7.7 ve 53.9) çeşidinde, en düşük Mg biyoyararlanım oranı Tosunbey ve Bayraktar 2000 (%35.3 ve 32.9) çeşitlerinde, en düşük P biyoyararlanım oranı Bayraktar 2000 (%33.8) çeşidinde tespit edilmiştir (Çizelge 4.24).

Çalışmada kullanılan eski çeşitlere ait tam buğday ekmekleri arasında en yüksek Ca, Mg ve Zn biyoyararlanım oranları Sivas 111/33 (%48.8, 51.8 ve 23.2) çeşidinde, en yüksek Cu biyoyararlanım oranı Bezostaja 1 (%12.5) ve Bolal 2973 (%12.5) çeşitlerinde, en yüksek Fe ve Mn biyoyararlanım oranı Kıraç 66 (%16.6 ve 19.3) çeşidinde, en yüksek K biyoyararlanım oranı Yektay 406 (%75.4) çeşidinde, en yüksek P biyoyararlanım oranı Kıraç 66 (%43.6) ve Sivas 111/33 (%43.7) çeşitlerinde, en yüksek S biyoyararlanım oranı Bezostaja 1 (%57.9) çeşidinde saptanmıştır. En düşük Ca biyoyararlanım oranı Sürak 1593/51 (%28.8) çeşidinde, en düşük Cu biyoyararlanım oranı Kıraç 66 (%5.4), Sürak 1593/51(%5.8), Sivas 111/33 (%5.9) ve Yektay 406 (%6.0) çeşitlerinde, en düşük Fe biyoyararlanım oranı Ankara 093/44 (%12.0) çeşidinde, en düşük K biyoyararlanım oranı Sürak 1593/51 (%58.5) çeşidinde, en düşük Mg, Mn ve Zn biyoyararlanım oranları Ak 702 (%42.0, 9.3 ve 8.0) çeşidinde, en düşük P biyoyararlanım oranı Bolal 2973 (%36.7) çeşidinde, en düşük S biyoyararlanım oranları Kıraç 66 (%47.2) ve Bolal 2973 (%47.5) çeşitlerinde tespit edilmiştir (Çizelge 4.24).

Mineral madde biyoyararlanımı bakımından yeni ve eski çeşitlerden üretilen tam buğday ekmekleri beraber değerlendirildiğinde, en yüksek Ca ve Zn biyoyararlanım oranı Sivas 111/33 (%48.8, ve 23.2) çeşidinde, en yüksek Cu biyoyararlanım oranı Bayraktar 2000 (%24.8) çeşidinde, en yüksek Fe ve Mn biyoyararlanım oranı Kıraç 66 (%16.6 ve 19.3) çeşidinde, en yüksek K biyoyararlanım oranı Yektay 406 (%75.4) çeşidinde, en yüksek Mg biyoyararlanım oranı İkizce 96 (%51.1) ve Sivas 111/33 (%51.8) çeşidinde, en yüksek P ve S biyoyararlanım oranları İkizce 96 (%45.5 ve 60.8) çeşidinde saptanmıştır. En düşük Ca biyoyararlanım oranı Bayraktar 2000 (%11.9) ve Tosunbey (%11.9)

çeşitlerinde, en düşük Cu biyoyararlanım oranı Kıraç 66 (%5.4), Sürak 1593/51 (%5.8), Sivas 111/33 (%5.9) ve Yektay 406 (%6.0) çeşitlerinde, en düşük Fe biyoyararlanım oranları Bayraktar 2000 (%4.9) ve Tosunbey (%5.1) çeşitlerinde, en düşük K biyoyararlanım oranı Sürak 1593/51 (%58.5) çeşidinde, en düşük Mg biyoyararlanım oranı Bayraktar 2000 (%32.9) ve Tosunbey (%35.3) çeşitlerinde, en düşük Mn biyoyararlanım oranı Tosunbey (%2.6) çeşidinde, en düşük P biyoyararlanım oranı Bayraktar 2000 (%33.8) çeşidinde, en düşük Zn biyoyararlanım oranı Demir 2000 (%7.7) çeşidinde, en düşük S biyoyararlanım oranı Kıraç 66 (%47.2) ve Bolal 2973 (%47.5) çeşitlerinde tespit edilmiştir (Çizelge 4.24).

Yeni ve eski çeşitlere ait tam buğday ekmeklerinin ortalama mineral madde biyoyararlanım oranları değerlendirildiğinde, Ca, Cu, Fe, Mn ve S mineralleri bakımından iki grup ekmek arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Yeni ve eski çeşitler biyoyararlanım açısından karşılaştırıldığında, yeni çeşitlerden üretilen ekmeklerde Cu ve S miktarları bakımından daha yüksek, Ca, Fe ve Mn bakımından daha düşük sonuçlar elde edilmiştir (Çizelge 4.24).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında, altı farklı ekmeklik buğday çeşidi, dokuz farklı eski ekmeklik buğday çeşidi ve üç yerel buğday kullanılarak, yeni çeşitler, eski çeşitler ve yerel buğdayların kalite özellikleri, fonksiyonel özellikleri ve beslenme özellikleri belirlenmiş ve karşılaştırılmıştır. Enzim ilavesinin ilgili parametreler üzerine etkisi de incelenmiştir. Ayrıca yeni ve eski çeşitlerden üretilen TBE'lerin *in vitro* glisemik indeks değerleri belirlenmiş ve karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmada yapılan fiziksel analiz sonuçları, örnek grupları arasında (eski ve yeni) bin tane ağırlığı ve hektolitre ağırlığı açısından büyük farklılık olmadığını göstermiştir. Ancak SKCS sertlik sonuçlarına göre, eski çeşitlerin genellikle yeni çeşitlerden daha yumuşak olduğu belirlenmiştir. Son yıllarda geliştirilen çeşitlerin daha sert olması, ekmeklik buğday ıslah çalışmalarında yeni çeşit geliştirilirken endosperm sertliğinin önemli bir seçim kriteri olarak değerlendirilmesinden kaynaklanıyor olabilir.

Ortalama protein oranı bakımından, yerel buğdaylar ile, yeni çeşitler ve eski çeşitler karşılaştırıldığında, yerel buğdayların en yüksek protein oranına sahip olduğu tespit edilmiştir. Ortalama Zeleny sedimentasyon, modifiye Zeleny sedimentasyon, Farinograf gelişme süresi, stabilite ve kalite sayısı bakımından yeni çeşitlerin eski çeşitlere kıyasla daha yüksek değerlere sahip olduğu belirlenmiştir.

Örneklerin fonksiyonel ve besinsel özellikleri değerlendirildiğinde yeni çeşitlerin, en yüksek ortalama toplam besinsel lif ve toplam arabinoksilan içeriğine sahip olduğu görülmüştür. Yerel buğdayların, yeni ve eski çeşitlere kıyasla en yüksek ortalama çözüner diyet lifi içeriğine, en yüksek fitik asit içeriğine ve en düşük safra asidi bağlama kapasitesine sahip olduğu tespit edilmiştir. Mineral madde miktarları analiz edildiğinde, yerel buğdayların yeni ve eski çeşitlere kıyasla en yüksek ortalama Ca, K, Mg, Mn, P ve Zn miktarına sahip olduğu belirlenmiştir.

Tam buğday ekmekleri karşılaştırıldığında, yeni çeşitlerin eski çeşitlere kıyasla daha yüksek ortalama hacme sahip olduğu bulunmuştur. Yeni çeşitler ve eski çeşitlere ait tam

buğday ekmeklerinin ortalama L*, a*, b* ekmek içi renk değerleri karşılaştırıldığında, istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır. Ancak ekmek kabuğunda ortalama L* ve a* değerleri açısından istatistiksel olarak önemli fark bulunmuştur ($p < 0.05$).

Enzimin ekmek hacmi üzerindeki etkisi incelendiğinde, enzim (ksilanaz) ilaveli tam buğday ekmeklerinin, kontrol tam buğday ekmeklerine kıyasla daha yüksek hacim değerine sahip olduğu görülmüştür. Enzimin (ksilanaz) ekmek içi L*, a*, b* renk değerlerine olan etkisi incelendiğinde kontrol ve enzim katkılı tam buğday ekmeklerinin ortalama ekmek içi L*, a*, b* renk değerleri karşılaştırıldığında aralarında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmadığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde, kontrol ve enzim katkılı tam buğday ekmeklerinin ekmek kabuğu ortalama L*, a*, b* renk değerleri karşılaştırıldığında aralarında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmadığı tespit edilmiştir.

Yeni çeşitler ve eski çeşitlere ait tam buğday ekmeklerinin ortalama sertlik değerleri karşılaştırıldığında, yeni çeşitlerin daha düşük ekmek içi sertlik değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, tam buğday ekmeklerinin sertlik değerlerinin 0. günden 3. güne doğru arttığı gözlenmiştir.

Ksilanazın ekmek sertliği üzerindeki etkisi incelendiğinde, enzim eklenmiş tam buğday ekmeklerinin 0. ve 1. gün sertlik değerlerinin kontrol tam buğday ekmeklerine kıyasla genellikle daha düşük olduğu saptanmıştır. Ekmek üretiminin ardından, 3. güne gelindiğinde, enzim ilavesi yapılan tam buğday ekmeklerinin yarısında (altı yeni çeşidin üçünde) aynı çeşidin kontrol tam buğday ekmekleri ile benzer sertlik değerleri görülmüştür.

Yeni ve eski buğday çeşitlerine ait tam buğday ekmeklerinin fonksiyonel ve besinsel özellikleri incelendiğinde, eski buğday çeşitleri ile üretilen TBE'lerin yeni buğday çeşitleri ile üretilen TBE'lere kıyasla daha yüksek çözünür diyet lifi içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Enzimin etkisi incelendiğinde, enzim ilaveli tam buğday ekmeklerinin, kontrol tam buğday ekmeklerine kıyasla daha yüksek WEAX içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Buğdayların WEAX içeriği ile kontrol tam buğday ekmeklerinin WEAX içeriği arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunamamıştır. Buna karşın, enzim ilaveli tam buğday ekmeklerinin WEAX içeriği, buğdaya kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Dolayısıyla, ksilanaz ilavesiyle tam buğday ekmeğinde WEAX içeriğinde artış gözlenmiştir.

Tam buğday ekmeklerinin mineral madde içerikleri değerlendirildiğinde, yeni buğday çeşitlerine ait tam buğday ekmeklerinin eski buğday çeşitlerine kıyasla daha yüksek Ca, Cu ve Zn miktarına sahip olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, eski buğday çeşitlerine ait tam buğday ekmeklerinin P içeriği, yeni buğday çeşitlerine göre daha yüksek düzeyde bulunmuştur ($p<0.05$).

Beyaz ekmeğin glisemik indeks değeri 100 kabul edilerek, yeni buğday çeşitleri ile üretilen tam buğday ekmek örneklerinin tahmini glisemik indeks değerleri 77.1 - 82.3 arasında; eski buğday çeşitleri ile üretilen tam buğday ekmek örneklerinin tahmini glisemik indeks değerleri ise 77.6 - 82.5 arasında değişmiştir. Yeni çeşitler ve eski çeşitlere ait tam buğday ekmeklerinin ortalama tahmini glisemik indeks değerleri karşılaştırıldığında, aralarındaki farklar önemli bulunmamıştır. Eski çeşitlerin ortalama tahmini glisemik indeks değeri 80.4; yeni çeşitlerin ise 79.6 olarak saptanmıştır.

Yeni ve eski buğday çeşitlerine ait tam buğday ekmeklerinin mineral madde biyoyararlanımı incelendiğinde, iki ekmek grubu arasındaki farklar Ca, Cu, Fe, Mn ve S içerikleri açısından istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Yeni buğday çeşitlerine ait tam buğday ekmekleri, eski buğday çeşitlerine ait tam buğday ekmekleri ile karşılaştırıldığında, Cu ve S için mineral biyoyararlanım değerlerinin yeni çeşitlerde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Diğer yandan, eski buğday çeşitlerine ait tam buğday ekmeklerinin Ca, Fe ve Mn biyoyararlanımının, yeni buğday çeşitlerine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Fenolik madde miktarları bakımından yeni çeşitler, eski çeşitler ve yerel buğdayların ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Ortalama fenolik madde miktarları bakımından yeni çeşitler, eski çeşitler ve yerel buğdaylar karşılaştırıldığında yerel buğdayların en yüksek, eski çeşitlerin ise en düşük fenolik madde ortalamasına sahip olduğu belirlenmiştir. Ankara ve Sivas lokasyonlarının ortalama fenolik madde miktarları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Buğdayda yıllar içinde çok önemli değişiklikler olduğu, eski ve yeni buğdaylar arasında büyük farklılıklar ortaya çıktığını iddia eden bazı yayınlar olmasına rağmen, bu çalışmada incelenen kalite parametreleri, fonksiyonel ve besinsel özelliklere ait elde edilen sonuçlar bakımından, bazı özellikler yönünden yeni buğdayların bazı özellikler yönünden de eski çeşitler veya yerel buğdayların öne çıktığını göstermektedir. Yeni ıslah programları oluşturularak, yüksek arabinoksilan içerikli özellikle WEAX oranı daha yüksek, mineral madde içeriği, vücutta mineral madde biyoyararlanımı, safra asidi bağlama kapasitesi yüksek, fitik asit oranı düşük hatlar seçilerek yeni buğday çeşitleri geliştirilmesi konusunda çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmanın sonuçları eski çeşitlerin ve yerel buğdayların öne çıkan özellikleri bakımından iyi bir gen kaynağı olabileceğini göstermiştir. Eski çeşitler ve yerel buğdaylar ıslah programlarında daha iyi özelliklere sahip yeni çeşitlerin geliştirmesinde kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- AACCI, American Association of Cereal Chemists International, Approved Methods of the AACCI, 10th Ed., The Association: St. Paul. MN., USA, **2010**.
- Acar, J. ve Gökmen, V., Bölüm 9: Fenolik bileşikler ve doğal renk maddeleri. Gıda Kimyası, İlbilge Saldamlı (Eds.), Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, **2014**.
- Adam, A., Lopez, H.W., Leuillet, M., Demign', C. and Remesy, C., Whole wheat flour exerts cholesterol-lowering in rats in its native form and after use in bread-making, *Food Chemistry*, 80, 337–344, **2003**.
- Ahuja, M., Bhatia, M., Saini, K., Sodium alginate–arabinoxylan composite microbeads: preparation and characterization, *Journal of Pharmaceutical Investigation*, 46, 645–653, **2016**.
- Akcura, M. and Kokten, K., Variations in grain mineral concentrations of Turkish wheat landraces germplasm, *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 9, 153-159, **2017**.
- Akhter, S., Saeed, A., Irfan, M. and Malik, K.A., *In vitro* dephytinization and bioavailability of essential minerals in several wheat varieties, *Journal of Cereal Science*, 56, 741-746, **2012**.
- Akkaya, A., Buğday yetiştiriciliği, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Genel Yayın No: 1, Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:1, Ders Kitapları Yayın No:1, Kahramanmaraş, **1994**.
- Aktan, B., Farklı azot uygulamasının makarnalık buğday kalitesine etkisi, Doktora Tezi, A.Ü.Z.F, Ankara, **1992**.
- Aktas-Akyıldız, E., Mattila, O., Sozer, N., Poutanen, K., Koksel, H. and Nordlund, E., Effect of steam explosion on enzymatic hydrolysis and baking quality of wheat bran, *Journal of Cereal Science*, 78, 25-32, **2017**.
- Amalraj, A. and Pius, A., Bioavailability of calcium and its absorption inhibitors in raw and cooked green leafy vegetables commonly consumed in India – An *in vitro* study, *Food Chemistry*, 170, 430-436, **2015a**.
- Amalraj, A. and Pius, A., Influence of oxalate, phytate, tannin, dietary fiber, and cooking on calcium bioavailability of commonly consumed cereals and millets in India, *Cereal Chemistry*, 92(4), 389-394, **2015b**.
- Andersson, A.A.M., 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., Shewry, P.R. and Aman, P., 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,

1243–1248, **2013**.

Angelino, D., Cossu, M., Marti, A., Zanoletti, M., Chiavaroli, L., Brighenti, F., Rio D.D. and Martini, D., Bioaccessibility and bioavailability of phenolic compounds in bread: a review, *Food Funct.*, 8, 2368-2393, **2017**.

Anglani, C., Wheat minerals – A review, *Plant Foods for Human Nutrition*, 52, 177–186, **1998**.

AOAC, Association of Official Analytical Chemists, Official Methods of Analysis, Metot No: 991.43, AOAC International, Washington, **1998**.

Archetti, F., Lanzeni, S., Messina, V., Vanneschi, L., Genetic Programming for Human Oral Bioavailability of Drugs, Conference: Genetic and Evolutionary Computation Conference, GECCO 2006, Proceedings, Seattle, Washington, USA, **2006**.

ASTM, American Society For Testing and Materials, Standard practice for obtaining spectrophotometric data for object-colorevaluation, Method No: E 1164, **2002**.

Atkinson, F.S., Foster-Powell, K., Brand-Miller, J.C., International tables of glycemic index and glycemic load values: 2008, *Diabetes Care.*, 31(12), 2281-2283, **2008**.

Aydoğan, S., Gmen Akcık, A., Şahin, M., Kaya, Y., Ko, H., Ggl, M.N. ve Ekici, M., Ekmeklik buğday unlarında Alveograf, Farinograf ve Miksografta len reolojik zellikler arasındaki iliŐkinin belirlenmesi, Sleyman Demirel niversitesi Ziraat Fakltesi Dergisi 7 (1),74-82, **2012**.

Bajpai, P., Chapter 2 - Xylan: Occurrence and structure. *Xylanolytic Enzymes*, Bajpai, P. (Eds.), Academic Press, 9-18, **2014**.

Basman, A., Kksel, H. and Ng P.K.W., Effects of increasing levels of transglutaminase on the rheological properties and bread quality characteristics of two wheat flours, *Eur Food Res Technol*, 215, 419–424, **2002**.

Belay, G., Tesemma, T., Bechere, E., ve Mitiku, D., Natural and human selection for purple-grain tetraploid wheats in the Ethiopian highlands, *Genet. Res. Crop Evol.*, 42, 387-391, **1995**.

Bilgili, N., Fitik asitin beslenme açısından nemi ve fitik asit miktarı dŐsrlmŐŐ gıda metotları, *Seluk niversitesi Ziraat Fakltesi Dergisi*, 16 (30), 79-83, **2002**.

Bock, M.A., Minor constituents of cereals. *Handbook of Cereal Science and Technology*, Kulp, K., Ponte Jr., J.G. (Eds), Marcel Dekker Inc., New York, 479-504, **2000**.

Bohn, T., Dietary factors affecting polyphenol bioavailability, *Nutrition Reviews*, 72(7), 429–452, **2014**.

Borg, S., Brinch-Pedersen, H., Tauris, B. and Holm, P.B., Iron transport, deposition and bioavailability in the wheat and barley grain, *Plant Soil*, 325, 15–24, **2009**.

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

- Brandolini, A., Hidalgo, A., Moscaritolo, S., Chemical composition and pasting properties of einkorn (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*) whole meal flour, *Journal of Cereal Science*, 47(3), 599-609, **2008**.
- Bushuk, W., Grains and oilseeds, 3rd ed., Canadian International Grains Institute. Winnipeg, Manitoba, **1982**.
- Butardo, V.M.Jr. and Sreenivasulu, N., Tailoring grain storage reserves for a healthier rice diet and its comparative status with other cereals, *International Review of Cell and Molecular Biology*, 323, 31-70, **2016**.
- Camire, A.L., Clydesdale, F.M., Effect of pH and heat treatment on the binding of calcium, magnesium, zinc and iron to wheat bran and functions of dietary fiber, *J Food Sci*, 46, 548–552, **1981**.
- Cansız, Z., Candal, C., Mutlu, C., Arslan Tontul, S., Ercan, R. ve Erbaş, M., Farklı oranlarda peynir altı suyu kullanımının beyaz ve tam buğday unlarından üretilen ekmeğin bazı özellikleri üzerine etkisi, *GIDA*, 45(1), 125-138, **2020**.
- Chambers, K.F., Day, P.E., Aboufarrag, H.T. and Kroon, P.A., Polyphenol effects on cholesterol metabolism via bile acid biosynthesis, *CYP7A1: A Review*, *Nutrients*, 11, 2588, **2019**.
- Chen, Z., Li, S., Fu, Y., Li, C., Chen, D., and Chen, H., Arabinoxylan structural characteristics, interaction with gut microbiota and potential health functions, *Journal of Functional Foods*, 54, 536–551, **2019**.
- Chiang J.Y.L. and Ferrell, J.M., Annual review of nutrition bile acids as metabolic regulators and nutrient sensors, *Annu. Rev. Nutr.*, 39, 175-200, **2019**.
- Choi, Y-J., Ahn, S-C., Choi, H-S., Hwang, D-K., Kim, B-Y. ve Baik, M-Y., Role of water in bread staling: A Review, *Food Sci. Biotechnol.*, 17(6), 1139 – 1145, **2008**.
- Claye, S.S., Idouraine, A., Weber C.W., *In vitro* mineral binding capacity of five fiber sources and their insoluble components for copper and zinc, *Plant Foods Hum Nutr*, 49, 257–269, **1996**.
- Corbellini, M., Empilli, S., Vaccino, P., Brandolini, A., Borghi, B., Heun, M. and Salamini, F., Einkorn characterization for bread and cookie production in relation to protein subunit composition, *Cereal Chemistry*, 76(5), 727–733, **1999**.
- Cornfine, C., Hasenkopf, K., Eisner, P. and Schweiggert, U., Influence of chemical and physical modification on the bile acid binding capacity of dietary fibre from lupins (*Lupinus angustifolius* L.), *Food Chemistry*, 122, 638–644, **2010**.
- Coulibaly, A., Kouakou B. and Chen, J., Phytic acid in cereal grains: Structure, healthy or harmful ways to reduce phytic acid in cereal grains and their effects on nutritional quality, *American Journal of Plant Nutrition and Fertilization Technology*, 1, 1-22, **2011**.

- Courtin, C.M. and Delcour, J.A., Arabinoxylans and endoxylanases in bread-making, *Journal of Cereal Science*, 35, 225–243, **2002**.
- Courtin, C.M., Gelders, G.G. and Delcour, J.A., Use of two endoxylanases with different substrate selectivity for understanding arabinoxylan functionality in wheat flour breadmaking, *Cereal Chem.*, 78(5), 564–571, **2001**.
- Çöl, M., Geçmişten Günümüze Ekmeklik Buğdayda Verim ve Kalitedeki Gelişmeler, Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, **2007**.
- Delcour, J.A. and Hosney, R.C., Principles of cereal science and technology, 3rd ed., AACC International, Inc., St. Paul, MN, **2010**.
- Delcour, J.A., Win, H.V. and Grobet, P.J., Distribution and structural variation of arabinoxylans in common wheat mill streams, *J. Agric. Food Chem.*, 47, 271-275, **1999**.
- Dervilly, G., Saulnier, L., Roger, P. and Thibault, J., Isolation of homogeneous fractions from wheat water-soluble arabinoxylans: Influence of the structure on their macromolecular characteristics, *J. Agric. Food Chem.*, 48, 270-278, **2000**.
- Dexter, J.E. and Sarkar A.K., Flour | Roller milling operations. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, Caballero, B., Trugo, L., Finglas, P., (Eds.), Academic Press, USA, 2535–2543, **2003**.
- Dongowski, G., Interactions between dietary fibre-rich preparations and glycoconjugated bile acids *in vitro*, *Food Chemistry*, 104, 390–397, **2007**.
- Dornez, E., Cuyvers, S., Gebruers, K., Delcour, J.A. and Courtin, C.M., Contribution of wheat endogenous and wheat kernel associated microbial endoxylanases to changes in the arabinoxylan population during breadmaking, *J. Agric. Food Chem.*, 56, 2246–2253, **2008**.
- Dornez, E., Gebruers, K., Delcour, J.A., Courtin, C.M., Grain-associated xylanases: occurrence, variability, and implications for cereal processing, *Trends in Food Science & Technology*, 20, 11, 495-510, **2009**.
- Dost, K. and Tokul, Ö., Determination of phytic acid in wheat and wheat products by reverse phase high performance liquid chromatography, *Analytica Chimica Acta*, 558, 22–27, **2006**.
- Drzikova, B., Dongowski, G., Gebhardt, E. and Habel, A., The composition of dietary fibre-rich extrudates from oat affects bile acid binding and fermentation *in vitro*, *Food Chemistry*, 90(1-2), 181-192, **2005**.
- Dykes, L. and Rooney, L., Phenolic compounds in cereal grains and their health benefits, *Cereal Foods World*, 52, 105–111, **2007**.
- Ejderoğlu Tabban, Ş. ve Ercan, R., Ülkemizde yetiştirilen başlıca buğday çeşitlerinin pentozan miktarı, *Gıda Dergisi*, 27 (6), 435-442, **2002**.
- Ekinci, R. ve Ünal S., Türkiye'nin farklı bölgelerinde üretilen değişik tipte unların

- mineral madde miktarları, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 8(1), 91-96, **2002**.
- Eliasson, A.C. and Larsson, K., Cereals in breadmaking: A Molecular Colloidal Approach. Marcel Dekker, Inc., New York, **1993**.
- Engelking, L.R., Chapter 62: Bile acids. Textbook of Veterinary Physiological Chemistry (3rd Ed.), Academic Press, 397-405, **2015**.
- Englyst, H.N., Kingman, S.M. and Cummings, J.H., Classification and measurement of nutritionally important starch fractions, European Journal of Clinical Nutrition, 46(Suppl 2), 33-50, **1992**.
- Every, D., Gerrard, J.A., Gilpin, M.J., Ross, M., ve Newberry, M.P., Staling in starch bread: The effect of gluten additions on specific loaf volume and firming rate, Starch, 50, 443–446, **1998**.
- FAO, Wheat Landraces in Farmers' Fields in Turkey: National Survey, Collection, and Conservation, 2009-2014, by Mustafa Kan, Murat Küçükçongar, Mesut Keser, Alexey Morgounov, Hafız Muminjanov, Fatih Özdemir, Calvin Qualset, **2015**.
- Febles, I., Arias, A., Hardisson, A., Rodriguez-Alvarez, C., Sierra, A., Phytic asit level in wheat flours, Journal of Cereal Science, 36, 19–23, **2002**.
- Finnie, S.M., Bettge, A.D. and Morris, C.F., Influence of cultivar and environment on water-soluble and water-insoluble arabinoxylans in soft wheat, Cereal Chemistry, 83, 617-623, **2006**.
- Foster-Powell, K., Holt, S.H., Brand-Miller, J.C., International table of glycemic index and glycemic load values: 2002, Am J Clin Nutr., 76(1), 5-56, **2002**.
- Frederix, S.A., Courtin, C.M. and Delcour, J.A., Impact of xylanases with different substrate selectivity on gluten–starch separation of wheat flour, J. Agric. Food Chem, 51(25), 7338–7345, **2003**.
- Gagné, L. The glycemic index and glycemic load in clinical practice, Diet and Nutrition, 4(1), 66-69, **2008**.
- Gallaher, D.D. and Hassel, C.A., II. Lipids and nutrient metabolism. Dietary Fiber in Health and Disease, Kritchevsky, D., Charles, T. (Eds), Plenum Press, New York, **1995**.
- Gallardo, C., Jiménez, N., Garcia-Conesa, M.T., Hydroxycinnamic asit composition and *in vitro* antioxidant activity of selected grain fractions, Food Chemistry, 99, 455–463, **2006**.
- Gao, L., Wang, S., Oomah, B.D. and Mazza, G., Wheat quality: Antioxidant activity of wheat millstreams. Wheat Quality Education, Ng, P. and Wrigley C.W. (Eds.), AACC International, St Paul, MN., 219-233, **2002**.
- Garcia, A.L., Otto, B., Reich, S.C., Weickert, M.O., Steiniger, J., Machowetz, A., Rudovich, N.N., Möhlig, M., Katz, N., Speth, M., Meuser, F., Doerfer, J., Zunft, H.J., Pfeiffer, A.H., Koebnick, C., Arabinoxylan consumption decreases

- postprandial serum glucose, serum insulin and plasma total ghrelin response in subjects with impaired glucose tolerance, *Eur J Clin Nutr*, 61, 334–341, **2007**.
- Garcia, A.L., Steiniger, J., Reich, S., Weickert, M., Harsch, I., Machowetz, A., Mohlig, M., Spranger, J., Rudovich, N., Meuser, F., Doerfer, J., Katz, N., Speth, M., Zunft, H., Pfeiffer, A., Koebnick, C., Arabinoxylan fibre consumption improved glucose metabolism, but did not affect serum adipokines in subjects with impaired glucose tolerance, *Hormone and Metabolic Research*, 38(11), 761 – 766, **2006**.
- Gaskins, A.J., Mumford, S.L., Rovner, A.J., Zhang, C., Chen, L., Wactawski-Wende, J., Perkins, N.J., Schisterman, E.F., Whole grains are associated with serum concentrations of high sensitivity c-reactive protein among premenopausal women, *Journal of Nutrition*, 140, 1669-1676, **2010**.
- Gebruers, K., Courtin, C. M., Goesaert, H., Campenhout, S.V. and Delcour, J. A., Endoxylanase inhibition activity in different european wheat cultivars and milling fractions, *Cereal Chem.*, 79(5), 613–616, **2002**.
- Gebruers, K., Courtin, C.M. and Delcour, J.A., Chapter 14: Quantification of arabinoxylans and their degree of branching using gas chromatography. Shewry, P. R. & Ward, J. L. (Eds.), *HEALTHGRAIN Methods: Analysis of Bioactive Components in Small Grain Cereals*, AACC International Inc., Minnesota, 177-191, **2009**.
- Gebruers, K., Dornez, E., Bedo, Z., Rakszegi, M., Fras, A., Boro, S.D., Courtin, C.M., and Delcour, J.A., Environment and genotype effects on the content of dietary fiber and its components in wheat in the HEALTHGRAIN diversity screen, *J. Agric. Food Chem*, 58, 9353–9361, **2010**.
- Gebruers, K., Dornez, E., Boros, D., Fras, A., Dynkowska, W., Bedo, Z., Rakszegi, M., Delcour, J.A. and Courtin, C.M., Variation in the content of dietary fiber and components thereof in wheats in the HEALTHGRAIN diversity screen, *J. Agric. Food Chem*, 56, 9740–9749, **2008**.
- Goesaert, H., Brijs, K., Veraverbeke, W.S., Courtin, C.M., Gebruers K. and Delcour, J.A., Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality, *Trends in Food Science & Technology*, 16, 12–30, **2005**.
- Goñi, I., Garcia-Alonso, A. and Saura-Calixto, F., A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index, *Nutrition Research*, 17(3), 427– 437, **1997**.
- Gowda, N.G.A., Shanaiah, N., Cooper, A., Maluccio, M. and Raftery, D., Bile acids conjugation in human bile is not random: new insights from (1)H-NMR spectroscopy at 800 MHz. *Lipids*, 44(6), 527-535, **2009**.
- Graf, E. and Eaton, J.W., Suppression of colonic cancer by dietary phytic acid, *Nutrition and Cancer*, 19, 11–19, **1993**.
- Gray, J.A. and BeMiller, J.N., Bread staling: Molecular basis and control, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2, 1–20, **2003**.

- Greenaway, W.T., Neustadt, M.H. and Zeleny, L., Communication to the Editor: A Test for Stinkbug Damage in Wheat, *Cereal Chem*, 42, 577 – 579, **1965**.
- Greger, J.L., Nondigestible carbohydrates and mineral bioavailability, *J. Nutr.* 129, 1434S–1435S, **1999**.
- Harland B.F. ve Oberleas D., Phytate in foods, *World Rev Nutr Diet*, 52, 235–59, **1987**.
- He, M., van Dam, R.M., Rimm, E., Hu, F.B., and Qi, L., Whole-grain, cereal fiber, bran, and germ intake and the risks of all-cause and cardiovascular disease-specific mortality among women with type 2 diabetes mellitus, *Circulation*, 121, 2162–2168, **2010**.
- Hollænder, P., Ross, A.B. and Kristensen, M., Whole-grain and blood lipid changes in apparently healthy adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled studies, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 102, 556–72, **2015**.
- Hug-Iten, S., Escher, F., ve Conde-Petit, B., Staling of bread: Role of amylose and amylopectin and influence of starchdegrading enzymes, *Cereal Chemistry*, 80, 654–661, **2003**.
- Hunt, J.R., Bioavailability of iron, zinc, and other trace minerals from vegetarian diets, *Am J Clin Nutr*, 78(suppl), 633S–9S, **2003**.
- Hussain, A., Larsson, H., Kuktaite, R. and Johansson, E., Mineral composition of organically grown wheat genotypes: contribution to daily minerals intake, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7(9), 3442–3456, **2010**.
- Hussain, S., Maqsood, M., Miller, L., Bioavailable zinc in grains of bread wheat varieties of Pakistan, *Cereal Research Communications*, 40(1), **2011**.
- ICC, Standard Methods of International Association for Cereal Science and Technology. Vienna, Austria: The Association, **2008**.
- Indrani, D., Prabhasankar, P., Rajiv, J. and Venkateswara Rao, G., Scanning electron microscopy, rheological characteristics and bread-baking performance of wheat-flour dough as affected by enzymes, *Journal of Food Science*, 68(9), 2804–2809, **2003**.
- IOM (Institute of Medicine), Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids. Washington, DC: The National Academies Press, **2005**.
- Irmak, S., Jonnala, R.S., MacRitchie, F., Effect of genetic variation on phenolic acid and policosanol contents of Pegaso wheat lines, *Journal of Cereal Science*, 48, 20–26, **2008**.
- Izydorczyk, M., Biliaderis, C.G. and Bushuk, W., Physical properties of water-soluble pentosans from different wheat varieties, *Cereal Chemistry*, 68, 2, 145–150, **1991**.

- Izydorczyk, M.S. and Biliaderis, C.G., Cereal arabinoxylans: Advances in structure and physicochemical properties, *Carbohydr Polym*, 28, 33-48, **1995**.
- Jenkins, D., Kendall, C., Faulkner, D., Kemp, T., Marchie, A., Nguyen, T., Wong, J., De Souza, R., Emam, A., Vidgen, E., Long-term effects of a plant-based dietary portfolio of cholesterol-lowering foods on blood pressure, *European Journal of Clinical Nutrition*, 62, 781-788, **2007**.
- Jiang, Z., Li, X., Yang, S., Li, L., Tan, S., Improvement of the breadmaking quality of wheat flour by the hyperthermophilic xylanase B from *Thermotoga maritima*, *Food Research International*, 38, 37-43, **2005**.
- Kaçar, B. ve İnal, İ., *Bitki Analizleri*, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, s.164, **2008**.
- Kahlon, T.S., Berrios, J. de J., Smith, G.E. and Pan, J.L., *In vitro* bile acid binding capacity of wheat bran extruded at five specific mechanical energy levels, *Cereal Chem.*, 83(2), 157-160, **2006**.
- Kahlon, T.S., Chow, F.I., *In vitro* binding of bile acids by rice bran, oat bran, wheat bran and corn bran, *Cereal Chemistry*, 77, 518-521, **2000**.
- Kan, M., Küçükçongar, M., Morgunov, A.I., Keser, M., Ozdemir, F., Muminjanov, H., Qualset, C.O., Wheat landraces production on farm level in Turkey: Who is growing in where, *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 53(1), 159-169, **2016**.
- Kaplan Evlice, A. ve Akkaya, A., Çiftçi koşullarında yerel çeşitlere dayalı buğday üretimi, *Anadolu, J. of AARI*, 30(1), 94-102, **2020**.
- Kaplan Evlice, A., Pehlivan, A., Külen, S., Keçeli, A., Şanal, T., Karaca, K., Salantur, A., Ekmeklik buğday (*T. aestivum* L.) genotiplerinde ekmek hacmi ve bazı kalite parametreleri arasındaki ilişkiler, *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 24 (Özel sayı-1), **2016**.
- Karagöz, A. ve Özberk, İ., Türkiye’de buğday genetik kaynakları ve ıslahta kullanılması, *Makarnalık Buğday ve Mamulleri Sempozyumu*, 17-18 Mayıs 2010, Şanlıurfa, 67-74, **2010**.
- Karagöz, A. ve Özberk, İ., Türkiye’de buğday genetik kaynakları ve ıslahta kullanılması, *TÜRKTOB Dergisi*, 18, 24-32, **2016**.
- Karagöz, A., Wheat landraces of Turkey, *Emir. J. Food Agric.* 26(2), 149-156, **2014**.
- Khalid, K.H., Ohm, J.B., Simsek, S., Whole wheat bread: Effect of bran fractions on dough and endproduct quality, *Journal of Cereal Science*, 78, 48-56, **2017**.
- Kim, K.H., Tsao, R., Yang, R., Cui, S.W., Phenolic asit profiles and antioxidant activities of wheat bran extracts and the effect of hydrolysis conditions, *Food Chemistry*, 95, 466-473, **2006**.
- Kim, S.K. and D’Appolonia, B.L., Effect of pentosans on the retrogradation of wheat starch gels, *Cereal Chemistry*, 54, 150-160, **1977**.

- Kiszonas, A.M., Fuerst E.P., Morris C.F., Wheat arabinoxylan structure provides insight into function, *Cereal Chemistry*, 90(4), 387–395, **2013**.
- Kosters, A. and Karpen, S.J., Bile acid transporters in health and disease, *Xenobiotica*, 38(7-8), 1043-1071, **2008**.
- Köksel, H. ve Cetiner, B., Future of grain science series grain science and industry in Turkey: past, present, and future, *Cereal Foods World*, 60(2), 90-96, **2015**.
- Köksel, H., Bölüm 2: Karbonhidratlar. *Gıda Kimyası, Saldamlı, İ. (Eds.), Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, 2014*.
- Köksel, H., Çetiner, B., Şanal, T., Neden tahıl ürünleri tüketmeliyiz, *Gıda Hattı Dergisi*, 61, 58-59, **2016**.
- Köksel, H., Sivri, D., Özboy, Ö., Başman, A., ve Karacan, H.D., *Hububat Laboratuvarı El Kitabı, Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, Yayın no:47, Ankara, 2000*.
- Kruzich, T. J. and Meng, E., Wheat landrace cultivation in Turkey: Household land-use determinants and implications for on-farm conservation of crop genetic resources, *International Association of Agricultural Economists Conference, Gold Coast, Australia, 2006*.
- Ktenioudaki, A. and Gallagher, E., Recent advances in the development of high-fibre baked products, *Trends in Food Science & Technology*, 28(4)-14, **2012**.
- Kumar, S.B. and Prabhasankar, P., Low glycemic index ingredients and modified starches in wheat based food processing: A review, *Trends in Food Science & Technology*, 35(1), 32-41, **2014**.
- Kün, E., *Serin İklim Tahılları, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 1032, Ders Kitabı:299, 2. Baskı, Ankara, 1988*.
- Lafiandra, D., Riccardi, G. and Shewry, P.R., Improving cereal grain carbohydrates for diet and health, *Journal of Cereal Science*, 59, 312-326, **2014**.
- Lairon, D., Arnault, N., Bertrais, S., Planells, R., Clero, E., Hercberg, S., and Boutron-Ruault, M.C., Dietary fiber intake and risk factors for cardiovascular disease in French adults, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 82, 1185–94, **2005**.
- Lazarte, C.E., Carlsson, N.G., Almgren, A., Sandberg, A.S., Granfeldt, Y., Phytate, zinc, iron and calcium content of common Bolivian food and implications for mineral bioavailability, *Journal of Food Composition and Analysis*, 39, 111–119, **2015**.
- Li, L., Shewry, P., Ward, J.L., Phenolic acids in wheat varieties in the HEALTHGRAIN diversity screen, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 9732-9739, **2008**.
- Lu, Z.X., Walker, K.Z., Muir, J.G., Mascara, T. and O'Dea, K., Arabinoxylan fiber, a byproduct of wheat flour processing, reduces the postprandial glucose response in normoglycemic subjects, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 71(5),

1123–1128, **2000**.

- Lu, Z.X., Walker, K.Z., Muir, J.G., O'Dea, K., Arabinoxylan fibre improves metabolic control in people with Type II diabetes, *Eur J Clin Nutr.*, 58(4), 621-628, **2004**.
- Martin, M.L., Zeleznak, K.J. and Hosney, R.C., A mechanism of bread firming. I. Role of starch swelling, *Cereal Chemistry*, 68, 498–503, **1991**.
- Masters, R.C., Liese, A.D., Haffner, S.M., Wagenknecht, L.E., Hanley, A.J., Whole and refined grain intakes are related to inflammatory protein concentrations in human plasma, *Journal of Nutrition*, 140, 587-594, **2010**.
- Mazid, A, Amegbeto, K.N., Keser, M., Morgounov, A., Peker, K., Bağci, A., Akın, M., Küçükçongar, M., Kan, M., Karabak, S., Semerci, A., Altıkat, A., ve Yaktubay, S., Adoption and impacts of improved winter and spring varieties in Turkey, ICARDA, Aleppo, Syria, **2009**.
- McBurney, M.I., Part 3. Dietary fibre and health (Dietary fibre: insights and opportunities). *Dietary Fibre: New Frontiers for Food and Health*, van der Kamp, J.W., Jones, J., McCleary, B. and Topping, D. (Eds.), Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, **2010**.
- Mendis, M. and Şimşek, S., Arabinoxylans and human health, *Food Hydrocolloids*, 42(2), 239-243, **2014**.
- Moore, M.A., Park, C.B. and Tsuda, H., Soluble and insoluble fiber influences on cancer development, *Crit. Rev. Oncol. Hematol.*, 27, 229-242, **1998**.
- Murphy, K.M., Reeves, P.G., Jones, S.S., Relationship between yield and mineral nutrient concentrations in historical and modern spring wheat cultivars, *Euphytica*, 163, 381–390, **2008**.
- Naczki, M., Shahidi, F., Extraction and analysis of phenolics in food, *J Chromatography A*, 1054(1-2), 95-111, **2004**.
- Nayak, B., Berrios, J.D.J. and Tang, J., Impact of food processing on the glycemic index (GI) of potato products, *Food Research International*, 56, 35-46, **2014**.
- Nemeth, R., Banfalvi, A., Csendes, A., Kemeny, S. and Tömösközi, S., Investigation of scale reduction in a laboratory bread-making procedure: Comparative analysis and method development, *Journal of Cereal Science*, 79, 267-275, **2018**.
- Okarter, N. and Liu, R.H., Health benefits of whole grain phytochemicals, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(3), 193-208, **2010**.
- Ordaz-Ortiz, J.J., Devaux, M.F. and Saulnier, L., Classification of wheat varieties based on structural features of arabinoxylans as revealed by endoxylanase treatment of flour and grain, *J. Agric. Food Chem*, 53, 8349-8356, **2005**.
- Özberk, İ., Atay, S., Altay, F., Cabi, E., Özkan, H., Atlı, A., Buğday atlası, Kalem, S., Dural, B., (Eds.), WWF-Türkiye, **2016**.
- Özkaya, H. ve Özkaya, B., Öğütme Teknolojisi, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları

No:30, Ankara, **2005**.

Öztürk, S., Bisküvi üretiminde kullanılan hammaddeler ve özellikleri, Un Mamulleri Dünyası, 7(2), 76-78, **1998**.

Parker, M. L., Ng, A., Waldron, K.W., The phenolic acid and polysaccharide composition of cell walls bran layers of mature wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Avalon) grains, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 85, 2539-2547, **2005**.

Paşa, R.E., Tam Buğday Ekmeği Üretimi Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, **2010**.

Phillips, G.O. and Cui, S.W., An introduction: evolution and finalisation of the regulatory definition of dietary fibre, Food Hydrocolloids, 25, 139–143, **2011**.

Raboy, V., Accumulation and storage of phosphate and minerals. Cellular and Molecular Biology of Plant Seed Development, Larkins, B.A., Vasil, I.K. (Eds.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 441–477, **1997**.

Ragaee, S., Guzar, I., Abdel-Aal, E-S.M., Seetharaman, K., Bioactive components and antioxidant capacity of Ontario hard and soft wheat varieties, Canadian Journal of Plant Science, 92, 19-30, **2012**.

Ramseyer, D.D., Bettge, A.D., and Morris, C.F., Distribution of total, water-unextractable, and water-extractable arabinoxylans in wheat flour mill streams, Cereal Chemistry, 88(2), 209–216, **2011**.

Raninen, K., Lappi, J., Mykkänen, H., Poutanen, K., Dietary fiber type reflects physiological functionality: comparison of grain fiber, inulin, and polydextrose, Nutrition Reviews, 69, 9-21, **2011**.

Reese, A.T. and Carmody, R.N., Nutrient landscape of the gut as shaped by host and microbial processes, Appl. Environ. Microbiol., **2019**.

Regula, J., Cerba, A., Suliburska, J. and Tinkov, A.A., *In vitro* bioavailability of calcium, magnesium, iron, zinc, and copper from gluten-free breads supplemented with natural additives, Biol Trace Elem Res, 182, 140–146, **2018**.

Rosicka-Kaczmarek, J., Komisarczyk, A., Nebesny, E., Makowski, B., The influence of arabinoxylans on the quality of grain industry products, Eur Food Res Technol, 242, 295–303, **2016**.

Saeed, F., Pasha, I., Anjum, F.M., Sultan, J.I. and Arshad, M., Arabinoxylan and arabinogalactan content in different spring wheats, International Journal of Food Properties, 17, 713–721, **2014**.

Salantur, A., Köy çeşitleri ve buğday ıslahı, Türkiye Yerel Buğdaylar Sempozyumu, Özet Kitabı (ISBN 978-605-80871-0-1), Bolu, 27-29, **2018**.

Sandström B, Arvidsson B, Cederblad A, Bjorn-Rasmussen E., Zinc absorption from composite meals, I: the significance of wheat extraction rate, zinc, calcium, and

- protein content in meals based on bread, *Am J Clin Nutr*, 33, 739–45, **1980**.
- Sayar, S., Jannick, J., White P.J., *In vitro* bile acid binding of flours from oat lines varying in percentage and molecular weight distribution of β -glucan, *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 53, 8797-8803, **2005**.
- Scazzina, F., Dall'Asta, M., Casiraghi, M.C., Sieri, S., Del Rio, D., Pellegrini, N. And Brighenti, F., Glycemic index and glycemic load of commercial Italian foods, *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 26(5), 419-429, **2016**.
- Shadidi, F and Liyana-Pathirana, C., Chapter 2: Antioxidant properties of wheat grain and its fractions. *Wheat Antioxidants*, Yu, L. (Eds.), John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, **2008**.
- Shah, A.R., Shah, R.K., Madamwar, D., Improvement of the quality of whole wheat bread by supplementation of xylanase from *Aspergillus foetidus*, *Bioresource Technology*, 97, 2047–2053, **2006**.
- Sharma, A., Yadav, B.S. and Ritika, Resistant Starch: Physiological Roles and Food Applications, *Food Reviews International*, 24(2), 193-234, **2008**.
- Sharma, K.R., Review on bile acid analysis, *Int J Pharm Biomed Sci.*, 3(2), 28-34, **2012**.
- Shewry, P.R. and Hey, S., Do “ancient” wheat species differ from modern bread wheat in their contents of bioactive components?, *Journal of Cereal Science*, 65, 236-243, **2015**.
- Shogren, M.D. and Finney, K.F., Bread-making test for 10 grams of flour, *Cereal Chemistry*, 61(5), 418-423, **1984**.
- Singh, P., Prasad, S., Aalbersberg, W., Bioavailability of Fe and Zn in selected legumes, cereals, meat and milk products consumed in Fiji, *Food Chemistry*, 207, 125-131, **2016**.
- Singleton, V.L. and Rossi, J.A., Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagent, *American Society for Enology and Viticulture*, 16, 144-158, **1965**.
- Slavin, J.L., Dietary fiber and body weight, *Nutrition*, 21, 411-418, **2005**.
- Smale, M., Bellon M.R., and Aguirre J.A.G., Maize diversity, variety attributes, and farmers' choices in Southeastern Guanajuato, Mexico, *Economic Development and Cultural Change*, 50(1), 201-225, **2001**.
- Suliburska, J. and Krejpcio, Z., Evaluation of the content and bioaccessibility of iron, zinc, calcium and magnesium from groats, rice, leguminous grains and nuts, *J Food Sci Technol.*, 51(3), 589-94, **2014**.
- Şahin, M., Göçmen Akçacık, A., Aydoğan, S., Demir, B., Hamzaoğlu, S., Mecitoğlu Güçbilmez, Ç., Gür, S., Yakışır, E., Kuru ve sulu şartlarda yetiştirilen ekmeklik buğday genotiplerinin farklı reolojik analiz cihazları ile kalite ve teknolojik özelliklerinin değerlendirilmesi, *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma*

- Dergisi/Journal of Bahri Dagdas Crop Research, 8(2), 216-231, **2019**.
- Tacer, Z., Bulgurun Fonksiyonel Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, **2008**.
- Tanık, O., Ekmek Üretiminde Kalite Uygulamaları ve Müşteri Memnuniyet Dinamiklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, **2006**.
- Taşcı, R., Karabak, S., Bolat, M., Acar, O., Şanal, T., Pehlivan, A., Külen, S., Güneş, E., Albayrak, M., Ankara ilinde ekmekte tüketici tercihleri, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 26(1), 75-85, **2017**.
- TBSA (Türkiye Beslenme ve Sağlık Araştırması) 2010: Beslenme Durumu ve Alışkanlıklarının Değerlendirilmesi Sonuç Raporu, T.C. Sağlık Bakanlığı, T.C. Sağlık Bakanlığı Yayın No : 931, Ankara, **2014**.
- Toole, G.A., Gall, G.L., Colquhoun, I.J., Johnson, P., Bedö, Z., Saulnier, L., Shewry, P. R. and Mills, E.N.C., Spectroscopic analysis of diversity of arabinoxylan structures in endosperm cell walls of wheat cultivars (*Triticum aestivum*) in the HEALTHGRAIN diversity collection, J. Agric. Food Chem, 59, 7075–7082, **2011**.
- Topçu, A., Saldamlı, İ., Sağlam, F., Bölüm 6: Vitaminler ve mineraller. Gıda Kimyası, Saldamlı, İ. (Eds.), Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, **2014**.
- TS EN ISO 520:2010. Tahıl ve baklagiller -1000 dane ağırlığının tayini, Türk Standartları Enstitüsü, ICS 67.060, **2010**.
- Turnlund, J.R., Bioavailability of dietary minerals to humans: The stable isotope approach, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 30(4), 387-396, **1991**.
- Türk Gıda Kodeksi Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği, Tebliğ No: 2012/2, Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Orman Bakanlığı, **2012**.
- Üçok, K., Mollaoğlu, H., Genç, A., Akkaya, M., Şener, Ü., Safra sistemi fizyolojisi, J Surg Arts, 3(1), 1-8, **2010**.
- Vaintraub, I.A. and Lapteva, N.A., Colorimetric determination of phytate in unpurified extracts of seed and the products of their processing, Analytical Biochemistry, 175(1), 227-230, **1988**.
- Vasanthan, T., Gaosong, J., Yeung, J., Li, J., Dietary fiber profile of barley flour as affected by extrusion cooking, Food Chemistry, 77, 35–40, **2002**.
- Vasiljevic, S. and Banasik, O.J., Quality testing methods for durum wheat and its products, Department of Cereal Chemistry and Technology, North Dakota State University Fargo, North Dakota, 134, **1980**.
- Verma, B., Hucl, P., Chibbar, R. N., Phenolic acid composition and antioxidant capacity of acid and alkali hydrolysed wheat bran fractions, Food Chemistry, 116, 947-

954, **2009**.

- Villa, T.C.C., Maxted, N., Scholten, M. and Ford-Lloyd, B., Defining and identifying crop landraces, characterization and utilization, *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization*, 3, 373-384, **2005**.
- Ward, J.L., Poutanen, K., Gebruers, K., Piironen, V., Lampi, A.M., Nyström, L., Andersson, A.A.M., Åman, P., Boros, D., Rakszegi, M., Bedö, Z., Shewry, P.R., The HEALTHGRAIN cereal diversity screen: concept, results and prospects, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 9699-9709, **2008**.
- WHO (Dünya Sağlık Örgütü), Obesity and overweight, Fact sheet, <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>, Erişim Tarihi: **Mart 2020**.
- Williams, P., *A Practical Introduction to Cereal Chemistry*, Canada, 7-34/35, **2011**.
- Williams, P.C., El-Haramein, F.J., Nakkoul, H., Riwhawi, S., *Crop Quality Evaluation Methods and Guidelines*, ICARDA, Aleppo, Syria, 142, **1986**.
- Yang, I.F., Jayaprakasha, G.K. and Patil, B.S., *In vitro* bile acid binding capacities of red leaf lettuce and cruciferous vegetables, *J. Agric. Food Chem.*, 65, 8054–8062, **2017**.
- Zacherl, C., Eisner, P., Engel, K.H., *In vitro* model to correlate viscosity and bile acid-binding capacity of digested water-soluble and insoluble dietary fibres, *Food Chemistry*, 126, 423–428, **2011**.
- Zhang, Y., Wang, L., Yao, Y., Yan, J., Zhonghu, H., Phenolic acid profiles of Chinese wheat cultivars, *Journal of Cereal Science*, 56, 629-635, **2012**.
- Zhao, F.J., Su, Y.H., Dunhama, S.J., Rakszegi, M., Bedo, Z., McGrath, S.P., Shewry, P.R., Variation in mineral micronutrient concentrations in grain of wheat lines of diverse origin., *Journal of Cereal Science*, 49, 290–295, **2009**.
- Zhou, J.R., Erdman, J.W., Phytic acid in health and disease, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 35(6), 495-508, **1995**.
- Zobel, H.F. and Kulp, K., The staling mechanism. *Baked Goods Freshness: Technology, Evaluation, and Inhibition of Staling*. Hebeda, R.E. & Zobel, H.F. (Eds.), Marcel Dekker, Inc., New York, **1996**.



RESEARCH ARTICLE



Comparison of the arabinoxylan composition and physical properties of old and modern bread wheat (*Triticum aestivum* L.) and landraces genotypes

Buket Cetiner^{1,5} | Sándor Tömösközi² | Kitti Török² | Ayten Salantur³ | Hamit Koksel^{4,5}

¹Department of Quality and Technology, Central Research Institute for Field Crops, Turkey

²Department of Applied Biotechnology and Food Science, Budapest University of Technology and Economics, Hungary

³Department of Plant and Genetics, Central Research Institute for Field Crops, Turkey

⁴Nutrition and Dietetics Department, Istinye University, Turkey

⁵Food Engineering Department, Hacettepe University, Turkey

Correspondence

Central Research Institute for Field Crops, Sehit Cem Ersever Cad. N0:9-11 Yenimahalle, Ankara, Turkey.
Email: buket.cetiner@tarimorman.gov.tr

Abstract

Background and objectives: Arabinoxylans (AXs) are the main nonstarch polysaccharides in cereals, and there are many health benefits associated with AXs. The aim of this study was to compare the contents and composition of arabinoxylans in modern and old bread wheat genotypes and landraces. The second aim was to determine the correlations between AX composition and physical properties of wheats. The third aim was to investigate the changes in water-extractable AX (WEAX) content from wheat to whole wheat bread and also investigate the effect of enzyme addition on WEAX contents during bread making process.

Findings: Principle component analysis results indicated that there were no extreme differences between the old and new wheats in terms of AX composition and physical properties. However, the old cultivars were generally softer than the modern cultivars. There was no statistically significant difference between WEAX content of whole wheat and whole wheat bread. However, WEAX content increased in whole wheat bread with the addition of xylanase.

Conclusion: The results indicated that there were no extreme differences between the old and new wheats in terms of their various quality parameters.

Significance and novelty: Comparison of the wheat genotypes has provided no evidence that modern breeding has had negative effects on the contents of AX components.

KEYWORDS

arabinoxylan, PCA, SKCS, whole wheat bread, xylanase

1 | INTRODUCTION

Wheat has been playing a crucial role in people's lives for a long time. It is believed to have originated in the "Fertile Crescent" which covers parts of Turkey, Iran, Iraq, and Syria (Koksel & Cetiner, 2015). Arabinoxylans are the main nonstarch polysaccharides in cereals referred to as pentosans. Arabinoxylan (AX) is mainly composed of xylose

and arabinose and made up of a backbone of β -1,4 linked D-xylopyranosyl residues (Courtin & Delcour, 2002). Structurally, AXs consist of a β -1,4 xylose backbone, with arabinose variously substituted at the 2- or 3-carbon position, which results in a random coil conformation with varying degrees of flexibility (Ramseyer, Bettge, & Morris, 2011). AX molecules can be fractionated into two categories based on their extractability: water-extractable (WEAX)

and water-unextractable (WUAX) molecules (Gebruers, Courtin, & Delcour, 2009). WUAX and WEAX have different physicochemical properties (Ramseyer et al., 2011). The concentration of arabinoxylans varies among wheat cultivars (Ramseyer et al., 2011), and environment also has an important influence on the concentration (Finnie, Bettge, & Morris, 2006).

There are many health benefits associated with AX including potent effects on innate and acquired immune response, antitumor activity, increase of fecal bulk, reduce cholesterol levels, improve the absorption of some minerals and increase prebiotic effect (Chen et al., 2019; Courtin & Delcour, 2002; Mendis & Simsek, 2014). In addition, AX has improving effect on postprandial glucose and insulin responses (Lu, Walker, Muir, Mascara, & O'Dea, 2000).

Although they are found in small amounts in wheat flour, AXs greatly affect dough characteristics due to their unique physicochemical properties. A definite effect was reported by pentosans on slowing down the firming of starch gels during aging, by slowing the process of retrogradation. It was demonstrated that after baking, arabinoxylans had an effect on the recombination of amylose and amylopectin, decreased retrogradation and increased shelf life of bread (Kim & D'Appolonia, 1977).

Endoxylanases have a strong impact on AX structure and functionality. They are frequently used in cereal processing industry to improve dough handling process and product quality by solubilizing WUAX, by degrading WEAX and solubilized AX to low molecular weight AX (Gebruers et al., 2009). They attack the xylan backbone of AX in a random manner, causing a decrease in the degree of polymerization of the substrate and liberating oligomers, xylobiose, and xylose (Courtin & Delcour, 2002). Xylanases are often added to bread formulations to improve bread quality (Kiszonas, Fuerst, & Morris, 2013).

Although there are many studies on the arabinoxylan content of wheat, modern and old wheats as well as landraces have not been included and compared in the same study. In addition, changes in AX composition from wheat to whole wheat bread were not investigated in detail.

The aim of this study was to compare the contents and composition of AXs in modern and old bread wheat genotypes and Turkish landraces to determine whether there has been an alteration on genotypes during the last century. Hence, old bread wheat genotypes developed earlier in the last century was also included as the material in this study. The second aim was to determine the correlations between AX composition and physical properties of wheats. The third aim was to investigate the changes in WEAX contents from wheat to whole wheat bread and also investigate the effect of enzyme addition on WEAX contents during bread making process.

2 | MATERIALS AND METHODS

2.1 | Materials

Five different modern bread wheat cultivars (cv. İkizce 96, Bayraktar 2000, Tosunbey, Kenanbey, Esperia), nine different old bread wheat cultivars (Ak 702, Sivas 111/33, Kose 220/39, Ankara 093/44, Surak 1593/51, Yektay 406, Bezostaja 1, Bolal 2,973, Kirac 66), and three landraces (Siyez, Karakilcik, Sunter) obtained from Central Research Institute for Field Crops, Ankara, Turkey were used in this study. The older genotypes were released between 1931 and 1970. The registration years of the old wheat cultivars Ak 702, Sivas 111/33, Kose 220/39, Ankara 093/44, Surak 1593/51, Yektay 406, Bezostaja 1, Bolal 2,973, and Kirac 66 were 1931, 1933, 1939, 1944, 1951, 1968, 1968, 1970, and 1970, respectively. Landraces were of different species. Landrace Siyez (Einkorn) is diploid species with 14 chromosomes (*Triticum monococcum*), landrace Karakilcik is tetraploid species with 28 chromosomes (*Triticum durum*), and landrace Sunter is hexaploid species with 42 chromosomes (*Triticum aestivum*). Modern cultivars were grown in two locations (İkizce/Ankara/Turkey and Ulas/Sivas/Turkey) whereas old cultivars and landraces were grown in one location (İkizce/Ankara/Turkey). The names of cultivars Bayraktar 2000, İkizce 96, and Bezostaja 1 were shortened as Bayraktar, İkizce, and Bezostaja, respectively, in the text for convenience. The chemicals used in the study were of analytical grade unless stated otherwise.

2.2 | Enzymes

Xylanase (fungal origin) was supplied by Arti Gıda Inc. Co.. Maximum recommended amounts of enzymes were used in the study (3.0 mg enzyme/100 g flour).

2.3 | Methods

2.3.1 | Thousand kernel weight

Thousand kernel weights were determined according to the ISO Method (ISO 520, 2010) by using Tripette & Renaud Numigral II (Villeneuve, France).

2.3.2 | Test weight

Test weights were determined according to the Vasiljevic and Banasik (1980) by using Ohaus Official Test Weight Apparatus.

2.3.3 | Single kernel characterization system

Hardness of kernels was analyzed using a Single kernel characterization system (SKCS) (SKCS 4,100, Perten Instruments, Stockholm, Sweden). The SKCS 4,100 analyzes individual kernels, weighs them, and then crushes them between a toothed rotor and a progressively narrowing crescent gap. As a kernel is crushed, the force between the rotor and crescent and the conductivity between the rotor and the electrically isolated crescent are measured. Mean hardness index, weight, diameter, moisture, and their standard deviations are then calculated from the single kernel data obtained on a 300 kernel sample. Results were obtained as mean values for each of the four parameters. Further, the SKCS 4,100 classifies the wheat according to the Hardness Index (HI). Hardness classification is determined according to the AACCI Method No: 55.31 (AACC International 2010). (Up to 10: extra soft, 10–24: very soft, 25–34: soft, 35–44: medium soft, 45–64: medium hard, 65–80: hard, 81–90: very hard, 90+: extra hard.)

2.3.4 | Moisture content

Moisture contents were determined using the AACCI Method 44-15A (AACC International 2010).

2.3.5 | Milling

Whole wheat flours

Wheat samples were milled according to AACCI Method 26–50 (AACC International 2010) by using a Brabender Junior Laboratory Mill. The samples were sieved with 150 micron in order to separate flour and bran. Bran samples were milled by using Perten 3,100 Laboratory Mill equipped with 500 μm sieve. Bran and flour of each sample were mixed homogeneously to get whole wheat flour. Whole wheat flours were allowed to rest for 2 weeks prior to use.

2.3.6 | Bread making

A total of 10 g-bread samples were prepared according to the method ICC Standard Method No. 131 (ICC, 2008) as modified by Németh, Banfalvi, Csendes, Kemeny, and Tömösközi (2018). The formula included 50 g of flour (14% mb), sucrose solution (1.86%), dry yeast (Dr. Oetker) solution (0.7%) and ascorbic acid (0.005%), noniodized salt (1.5%), and water (according to the Farinograph water absorption value). Doughs were mixed until the maximum peak development by using Farinograph (Brabender Farinograph-E, Duisburg, Germany) equipped with a 50 g mixing bowl. The dough was divided to 5 parts and 4 of them were used. The dough parts

were rounded at hand and left for fermentation for 30 min at 30°C. After the first fermentation, the dough was molded (sheeted, folded, sheeted again, and rolled) according to the method described by Shogren and Finney (1984) and panned. Final proof was 50 min. The loaves were baked in an oven (WIESHEU Wolfen GmbH, Wolfen, Germany) at 210°C for 15 min. The baking tests were performed in duplicate. Whole wheat breads were used as control samples. In addition to the control samples, whole wheat breads were also produced with enzyme (xylanase) addition. Enzyme was added (3.0 mg enzyme/100 g flour) in the mixing stage after dissolving in water. The dough samples were taken before fermentation and after fermentation. Dough and bread samples were kept in freezer for overnight.

2.3.7 | Sample preparations

Dough and bread samples were freeze dried (Christ, Alpha 1–4, LDC-1M, Martin Christ Gefriertrocknungsanlagen GmbH, Osterode am Harz, Germany) for 24 hr. Both bread and dough samples were milled by using laboratory type grinder (GrindoMix GM200, Retsch GmbH, Haan, Germany).

2.3.8 | Water-extractable arabinoxylans and total arabinoxylans content

Water-extractable arabinoxylan (WEAX) and total arabinoxylan (TOTAX) contents of both wheat, dough, and bread samples were determined according to the method of Gebruers et al. (2009). The arabinoxylan contents were measured by gas chromatography (GC) method consisting of sample preparation (including the hydrolysis of carbohydrates and derivatization of the resulting monosaccharides (MS) to alditol acetates), the GC analysis and the calculations of AX levels.

TOTAX and WEAX contents were calculated as $0.88 \times (\% \text{ Ara} + \% \text{ Xyl})$ on dm basis. Results were means of two replicates. The water-unextractable arabinoxylan (WUAX) concentration was calculated as the difference between the concentrations of TOTAX and WEAX.

2.3.9 | Statistical analysis

All experiments were performed in duplicates, and mean values were recorded. Results were analyzed using one-way analysis of variance (ANOVA), and statistical analysis was performed with software JMP (version 11.0.0, SAS Institute Inc., 2013). When significant ($p < .05$) differences were found, least significant difference (LSD) was used to determine the differences among means. Principal component analysis

TABLE 1 Thousand kernel weight and test weight of wheats

	TKW (g)		TW	
	Ankara	Sivas	Ankara	Sivas
Modern wheats				
Ikizce	27.9k	32.7a	79.6g	80.0a
Bayraktar	39.8b	30.8c	81.8a	77.3b
Tosunbey	31.6g	28.8e	80.7d	77.4b
Kenanbey	32.6e	31.6b	76.1j	75.1d
Esperia	27.8k	30.1d	74.4k	75.7c
Old wheats				
Ak	27.6k		79.3h	
Sivas	28.6j		78.8i	
Kose	32.2ef		80.0f	
Ankara	38.6c		81.3b	
Surak	38.8c		81.1bc	
Yektay	30.7h		80.3e	
Bezostaja	33.4d		78.6i	
Bolal	29.1j		80.5de	
Kirac	31.7fg		80.8cd	
Landraces				
Siyez	29.6i		–	
Karakilcik	43.6a		–	
Sunter	22.3i		–	
Modern wheats [†]	31.9	30.8	78.5	77.1
Old wheats [†]	32.3		80.0	
Landraces [†]	31.8		–	

Note: Values followed by different small letters in the same column are significantly different ($p < .05$).

Abbreviations: TKW, Thousand Kernel Weight; TW, Test Weight.

[†]Means.

(PCA) was performed by using GenStat software (14th edition, VSN International Ltd., Hemel Hempstead, UK).

3 | RESULTS AND DISCUSSION

3.1 | Physical properties of wheats

Thousand kernel weight (TKW) and test weight of wheats are presented in Table 1. Thousand kernel weight of modern wheats ranged from 27.8 to 39.8 g and from 28.8 to 32.7 g in Ankara and Sivas locations, respectively. TKW of old wheats and landraces ranged from 27.6 to 38.8 g and from 22.3 to 43.6 g in Ankara location, respectively. Bayraktar (modern wheat) had the highest TKW (39.8 g) while Ak (old wheat), Esperia and Ikizce (modern wheats) had the lowest TKW (27.6, 27.8, 27.9 g) in Ankara location among all modern and old wheat samples. Ikizce (32.7 g) had the highest TKW

while Tosunbey had the lowest value (28.8 g) in Sivas location among modern wheat samples. Landrace Sunter had the lowest TKW (22.3 g) among all wheat samples.

Test weight of modern wheats ranged from 74.4 to 81.8 kg/hl and from 75.1 to 80.0 kg/hl in Ankara and Sivas locations, respectively. Test weight of old wheats ranged from 78.6 to 81.3 kg/hl in Ankara location. Bayraktar (modern wheat) had the highest test weight (81.8 kg/hl) while Esperia had the lowest test weight (74.4 kg/hl) in Ankara location among all modern and old wheat samples. Ikizce (modern wheat) had the highest test weight (80.0 kg/hl) while Kenanbey had the lowest value (75.1 kg/hl) in Sivas location among modern wheat samples.

Among the old wheats, cvs. Ankara and Surak had the highest test weights (81.3 and 81.1 kg/hl) and the highest TKW (38.6 and 38.8 g) while cvs. Bezostaja and Sivas had the lowest test weight (78.6 and 78.8 kg/hl) and cv. Ak had the lowest TKW (27.6 g).

Hardness index and classification of wheats obtained from SKCS are given in Table 2. Hardness index of wheats ranged from -5.0 to 78.0 and from 25.5 to 74.8 in Ankara and Sivas locations, respectively. If only the modern wheats are considered, four of them can be classified as hard and one of them as soft. Among modern wheats, each cultivar had the same classification index in both locations except cv. Ikizce which was classified as hard in Ankara location but medium hard in Sivas location. As the old wheats were classified, two of them were hard, four of them were medium hard, and three of them were medium soft. Generally, old cultivars were softer than the modern cultivars. On the other hand, two of the landraces were classified as hard while one of them (Siyez (einkorn)) was extra soft with a hardness index of -5 . The SKCS instrument was calibrated to measure hardness of modern wheat samples, which are much harder than einkorn. The negative hardness values were also encountered in the related literature. Corbellini et al. (1999) reported that the SKCS hardness index of einkorn samples ranged from -14.8 to 4.0 .

There was a wide variation between the samples in terms of hardness, TKW, and test weight and it can be deduced that the selected material represented the modern and old wheats as well as the landraces grown in the country. The results indicated that the samples were sound, representing undamaged wheats with commercial value.

Kernel diameter and kernel weight of the wheat samples obtained from SKCS are presented in the supplementary file. Kernel diameter of wheats determined by SKCS ranged from 2.32 to 3.20 mm and 2.65 to 2.87 mm in Ankara and Sivas locations, respectively. Kernel weights of wheats determined by SKCS were in the range of 25.9–43.9 mg and 30.3–33.4 mg in Ankara and Sivas locations, respectively.

Recently, there have been several publications around the world claiming that wheat has been changed and there are major differences between old and new wheats. Physical analysis results in the present study indicated that there were

TABLE 2 SKCS hardness index and classification of wheats

	Ankara		Sivas	
	HI	Classification	HI	Classification
Modern wheats				
Ikizce	68.6c	Hard	60.2b	Medium Hard
Bayraktar	30.1j	Soft	25.5c	Soft
Tosunbey	77.5a	Hard	74.8a	Hard
Kenanbey	78.0a	Hard	69.5a	Hard
Esperia	71.1b	Hard	68.5a	Hard
Old wheats				
Ak	50.4e	Medium Hard		
Sivas	37.9i	Medium Soft		
Kose	47.4f	Medium Hard		
Ankara	44.8g	Medium Hard		
Surak	43.9gh	Medium Soft		
Yektay	44.9g	Medium Hard		
Bezostaja	66.7d	Hard		
Bolal	42.9h	Medium Soft		
Kirac	71.5b	Hard		
Landraces				
Siyez	-5.0k	Extra Soft		
Karakilcik	66.9d	Hard		
Sunter	70.1bc	Hard		
Modern wheats [†]	65.1		59.7	
Old wheats [†]	50.1			
Landraces [†]	44.0			

Note: Values followed by different small letters in the same column are significantly different ($p < .05$).

Abbreviation: HI, Hardness Index.

[†]Means.

no extreme differences between the sample groups (old and new) in terms of TKW and test weight. However, old cultivars were generally softer than the modern cultivars. This might be due to selection of harder wheats through years to develop bread wheats with better breadmaking quality.

3.2 | Arabinoxylan contents of whole wheat flours

TOTAX, WEAX, and WUAX contents of whole wheat flours are given in Table 3. The material consisted of modern and old cultivars as well as landraces. The differences between the samples in terms of TOTAX, WEAX, and WUAX contents were significant in both locations ($p < .05$) (Table 3). TOTAX, WEAX, and WUAX contents of modern wheats grown in Ankara location ranged from 7.41% to 8.48%, 0.64 to 0.95%, and 6.62 to 7.53%, respectively. The TOTAX results were slightly higher than the results of Andersson et al. (2013) who reported that contents of arabinoxylan in 129 winter wheat

cultivars from the HEALTHGRAIN project ranged from 5.53% to 7.42%. Ordaz-Ortiz, Devaux, and Saulnier (2005) also reported that TOTAX contents of wholemeals of 20 wheat cultivars were in the range of 4.79%–6.92% while WEAX contents of flours were in the range of 0.26%–0.75%.

TOTAX, WEAX, and WUAX contents of old wheats grown in Ankara location ranged from 6.40% to 8.10%, 0.68 to 1.04%, and 5.72 to 7.18%, respectively. Corresponding values of landraces grown in Ankara location ranged from 5.61% to 7.88%, 0.61 to 0.74%, and 4.87 to 7.21%, respectively.

Esperia had the highest while Karakilcik (landrace) and Siyez (landrace) had the lowest TOTAX values (8.48, 5.61, and 5.74%) while cv. Ankara (old cultivar) had the highest and landrace Siyez had the lowest WEAX values (1.04 and 0.61%) in Ankara location among all modern and old wheats and as well as the landraces.

TOTAX, WEAX, and WUAX contents of the modern wheats grown in Sivas location ranged from 5.73% to 8.53%, 0.57 to 0.80%, and 4.95 to 7.85%, respectively. Bayraktar had the highest (8.53%) and Ikizce and Esperia had the lowest

Genotypes	TOTAX (%)		WEAX (%)		WUAX (%)	
	Ankara	Sivas	Ankara	Sivas	Ankara	Sivas
Modern wheats						
Ikizce	7.97abcA	5.73cB	0.86cd	0.78a	7.11abA	4.95cB
Bayraktar	7.41cdA	8.53aA	0.79de	0.68ab	6.62bA	7.85aA
Tosunbey	8.22abA	7.57bA	0.70efgh	0.71a	7.52aA	6.86bA
Kenanbey	8.08abA	7.12bA	0.64hi	0.57b	7.44aA	6.56bA
Esperia	8.48aA	6.06cB	0.95b	0.80a	7.53aA	5.27cB
Old wheats						
Ak	7.89abc		0.71efgh		7.18ab	
Sivas	6.40c		0.68ghi		5.72cd	
Kose	7.83bc		0.90bc		6.93ab	
Ankara	8.10ab		1.04a		7.06ab	
Surak	6.81de		0.96ab		5.85c	
Yektay	7.87abc		0.74efg		7.13ab	
Bezostaja	7.74bc		0.69fgh		7.05ab	
Bolal	7.90abc		0.78def		7.12ab	
Kirac	7.88abc		0.79de		7.09ab	
Landraces						
Siyez	5.74f		0.61i		5.13de	
Karakilcik	5.61f		0.74efg		4.87e	
Sunter	7.88abc		0.67ghi		7.21ab	
Modern wheats [†]	8.03A	7.00B	0.79A	0.71B	7.24A	6.30B
Old wheats [†]	7.60		0.81		6.79	
Landraces [†]	6.41		0.67		5.74	

Note: Values followed by different small letters in the same column are significantly different ($p < .05$). Values of each location followed by different capital letters in the same row are significantly different at $p < .05$.

Abbreviations: TOTAX, Total arabinoxylan; WEAX, Water-extractable arabinoxylan; WUAX, Water-unextractable arabinoxylan.

[†]Mean value.

TOTAX values (5.73 and 6.06%) whereas Esperia had the highest and Kenanbey had the lowest WEAX values (0.80 and 0.57%) in Sivas location among the modern wheat samples. Similar to the findings of the present study, Kiszonas et al. (2013) reported that the contents of TOTAX and WEAX molecules are primarily influenced by genetic differences. However, their material included only commercial wheat cultivars. Toole et al. (2011) stated that analyses of 26 selected cultivars showed that the contents of total arabinoxylan and water-extractable arabinoxylan in flour were highly heritable.

The differences between two locations in terms of mean TOTAX contents were significant ($p < .05$). The mean TOTAX content of Ankara and Sivas locations was 8.03 and 7.00%, respectively. The differences between two locations in terms of TOTAX and WUAX contents were significant only for cvs. Esperia and Ikizce ($p < .05$). Kiszonas et al. (2013) also indicated that there is evidence of environmental influence on TOTAX contents.

The modern wheats had the highest mean TOTAX value (8.03%) as compared with the old wheats (7.60%) and the landraces (6.41%). The results of the present study are in agreement with Shewry and Hey (2015), who stated that ancient wheats may be lower in dietary fiber than modern wheat species. Moreover, old wheats had the highest and the landraces had the lowest mean WEAX value (0.81 and 0.67%) among all samples.

AXs are the major component of dietary fiber in cereal grains with many health benefits (Chen et al., 2019; Mendis & Simsek, 2014). The daily intake of dietary fiber is often below the recommended levels (Drzikova, Dongowski, Gebhardt, & Habel, 2005). Hence, there is a need for development of wheat cultivars with high fiber content. Therefore, breeding programs should be adopted to select/develop lines with higher AX contents, especially higher in WEAX. The results of the present study indicated that the old cultivars can be a good source of AX and they can be used in breeding programs to develop new cultivars higher in AX.

TABLE 3 TOTAX, WEAX and WUAX contents of whole wheat flours

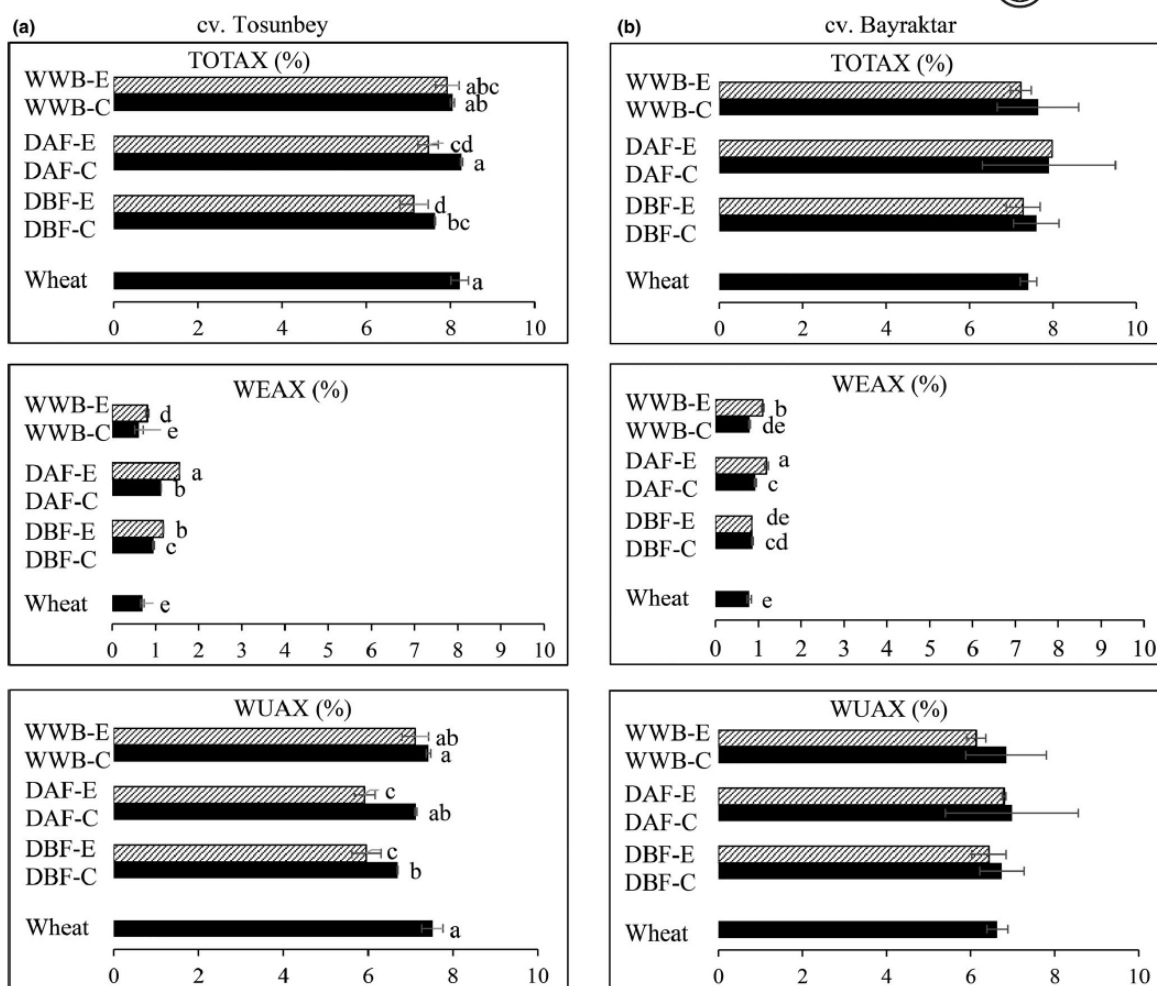


FIGURE 1 Change in TOTAX, WEAX, and WUAX contents from wheat to WWB with and without enzyme addition. (WWB-C: control of whole wheat bread; WWB-E: whole wheat bread with enzyme addition; DBF-C: Control dough (before fermentation); DBF-E: dough with enzyme addition (before fermentation); DAF-C: Control dough (after fermentation); DAF-E: dough with enzyme addition (after fermentation)) (a) for cv.Tosunbey (b) for cv.Bayraktar

3.3 | Alteration in TOTAX and WEAX contents from wheat to whole wheat bread

AX compositions of two selected wheat cultivars (Tosunbey and Bayraktar) were analyzed at four different stages during baking process from wheat to whole wheat bread and the results are presented in Figure 1. During the production of whole wheat control bread (WWB-C), dough samples were taken at two stages, before fermentation and after fermentation. Then, the doughs were baked and whole wheat breads were used as control samples. Furthermore, whole wheat breads were produced with enzyme (xylanase) addition (WWB-E) and dough and bread samples were taken at the same stages as the control bread production.

Water-extractable arabinoxylan content increased during control dough mixing (from whole wheat flour to control dough before fermentation; DBF-C) and during dough fermentation (from DBF to control dough after fermentation; DAF-C). The increase in WEAX is probably due to the intrinsic endoxylanases in wheat. Then, WEAX content decreased from dough (DAF-C) to control bread (WWB-C). There was no statistically significant difference between WEAX content of whole wheat and control whole wheat bread for cvs. Tosunbey and Bayraktar. The results are in agreement with those of Kiszonas et al. (2013) who studied arabinoxylans through the preparation of pancakes and reported that the WEAX content generally remained unchanged from flour to pancakes, exhibiting a slight increase in batter but then decreased in pancakes to the levels similar to those observed in flour.

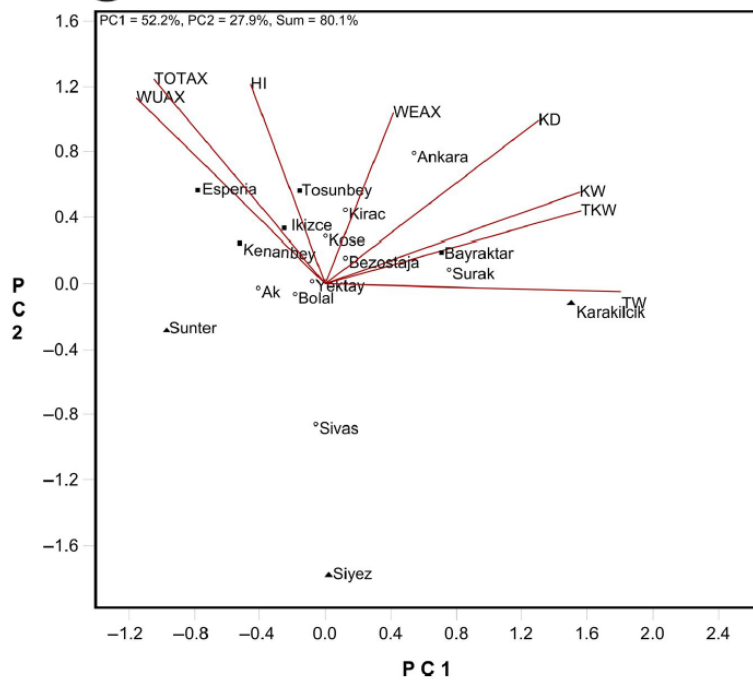


FIGURE 2 Principal component analysis of AX composition (TOTAX, WEAX, and WUAX) and physical properties (TKW, TW, SKCS parameters) of wheat samples
 ■ Modern wheats
 ○ Old wheats
 ▲ Landraces
 (TOTAX: total arabinoxylan; WEAX: water-extractable arabinoxylan; WUAX: water-unextractable arabinoxylan; TKW: thousand kernel weight; TW: test weight; HI: Hardness index; KD: kernel diameter; KW: kernel weight) [Color figure can be viewed at wileyonlinelibrary.com]

With the addition of xylanase, WEAX content significantly increased during dough mixing (from whole wheat flour to DBF-E) and dough fermentation (from DBF-E to DAF-E) and significantly decreased during baking (from DAF-E to WWB-E) for cultivar Tosunbey. On the other hand, WEAX content did not change significantly from whole wheat flour to DBF-E and significantly increased during dough fermentation (from DBF-E to DAF-E) and significantly decreased during baking (from DAF-E to WWB-E) for cultivar Bayraktar. However, WEAX content of WWB-E was significantly higher than that of the whole wheat flour for both cultivars. Frederix, Courtin, and Delcour (2003) reported that with the addition of xylanase, solubilization of WUAX increased during the dough mixing, the dough resting, and the batter phases. There are also other studies reporting that water-extractable AX increased in bread with the addition of xylanase into formulation (Gebruers et al., 2009; Kiszonas et al., 2013).

3.4 | Principal component analysis

In order to attain a clearer understanding of the variation in AX composition (TOTAX, WEAX, and WUAX) and physical properties (TKW, test weight, SKCS parameters) of wheat samples, principal component analysis was carried out.

Analysis of the data showed that the results of the first two PCs (principal components 1 and 2) explained about 80% (PC1, 52.2% and PC2, 27.9%) of the total variability among

all samples and parameters (Figure 2). PCA results pointed out that the landraces (Siyez, Sunter, and Karakilcik) and Sivas (old wheat) were clearly separated from the other genotypes. On the other hand, no clear separation was observed between the modern and old wheat genotypes in terms of AX composition and physical properties. In contrary to the recent claims stating that there are significant differences between old and new wheats, PCA results indicated that there were no extreme differences between the sample groups (old and new wheats).

3.5 | Correlations among AX composition and physical properties of wheats

TOTAX content was significantly correlated with SKCS HI ($r = .53$) while WUAX content was significantly correlated with SKCS HI ($r = .54$) and TKW ($r = -0.45$) at $p < .05$ level when all of the genotypes were used in correlation analysis (not shown). The landraces and one old cultivar (cv. Sivas) were the outliers according to the PCA analysis as stated above. Therefore, correlation analysis was also performed between AX components (TOTAX, WEAX, and WUAX) and physical properties (thousand kernel weight, test weight, SKCS parameters) by eliminating these outliers and the results are presented in Table 4.

Correlations between AX composition (TOTAX, WEAX, and WUAX) and physical properties (thousand kernel weight, test weight, SKCS parameters) of wheat samples are presented in Table 4. TOTAX content was significantly correlated ($p < .05$) with SKCS HI ($r = .57$) indicating that hard

TABLE 4 Correlation matrix of the AX composition (TOTAX, WEAX and WUAX) and physical properties (thousand kernel weight, test weight, SKCS parameters) of wheat samples

	TOTAX	WEAX	WUAX	HI	KD	KW	TW	TKW
TOTAX	1.00							
WEAX	-0.12	1.00						
WUAX	0.96**	-0.39	1.00					
HI	0.57**	-0.34	0.62**	1.00				
KD	-0.57**	0.30	-0.62**	-0.34	1.00			
KW	-0.61**	0.46	-0.70**	-0.51	0.94**	1.00		
TW	-0.54**	0.13	-0.53**	-0.59**	0.59**	0.50	1.00	
TKW	-0.62**	0.32	-0.66**	-0.48	0.94**	0.98**	0.50	1.00

Abbreviations: HI, Hardness Index; KD, Kernel Diameter (mm); KW, Kernel Weight (mg, DMB); TKW, Thousand Kernel Weight (g); TOTAX, Total Arabinoxylan (%); TW, Test Weight(kg/h); WEAX, Water-extractable Arabinoxylan (%); WUAX, Water-unextractable Arabinoxylan (%).

** $r_{5\%} = .5324, n = 13$.

wheats tended to have higher TOTAX contents compared with soft ones. The correlation was in agreement with the results of Gebruers et al. (2010) who also reported significant correlation between TOTAX of wholemeal and hardness index (HI). There were significant ($p < .05$) negative correlations between TOTAX content and thousand kernel weight ($r = -.62$), test weight ($r = -.54$), SKCS kernel weight ($r = -.61$), and SKCS kernel diameter ($r = -.57$).

WUAX content and SKCS HI were significantly correlated ($r = .62$) at $p < .05$ level. Hard wheat cultivars tended to have higher WUAX content. WUAX content was significantly ($p < .05$) negatively correlated with thousand kernel weight ($r = -.66$), test weight ($r = -.53$), SKCS kernel weight ($r = -.70$), and SKCS kernel diameter ($r = -.62$).

WEAX content was not significantly correlated with SKCS HI and other physical properties. TOTAX and WUAX exhibited similar relationship with the physical parameters (SKCS HI, SKCS kernel diameter, SKCS kernel weight, test weight, thousand kernel weight), while the relationship of WEAX with physical parameters was opposite compared with TOTAX and WUAX.

4 | CONCLUSION

Although there have been a number of publications claiming that wheat has been changed through the years, and there are major differences between the old and new wheats, the results in the present study indicated that there were no extreme differences between the old and new wheats in terms of various characteristics investigated. Comparison of the wheat genotypes consisting of the old and modern bread wheats and landraces has provided no evidence that modern breeding had negative effects on the contents of AX components. However, endosperms of the old cultivars were softer than those of the modern cultivars. This might be due to selection of harder wheats through the years to develop bread wheats with better breadmaking quality.

Even though AXs are found in small amounts in wheat kernel, they greatly affect dough characteristics due to their unique physicochemical properties. Due to health benefits associated with dietary fibers, there is a need for development of wheat cultivars with relatively higher dietary fiber content such as AX. Therefore, breeding programs should be adopted to select wheat breeding lines with higher AX contents, especially higher in WEAX. The results of the present study indicated that the old cultivars can be good source of AX. More emphasis should be given to conservation of crop germplasm, since old cultivars/ancient cultivars/landraces and wild relatives of domesticated species are being lost as modern cultivars become adopted by farmers (Koksel & Cetiner, 2015). Old cultivars/ancient cultivars/landraces might have certain characteristics which could be used in wheat breeding programs to develop new cultivars with superior features.

ACKNOWLEDGMENTS

Special thanks to Turkish Ministry of Agriculture and Forestry for funding the research visit of Buket Cetiner to Budapest University of Technology and Economics (BUTE). Authors declare no conflict of interest.

ORCID

Buket Cetiner  <https://orcid.org/0000-0002-3802-5487>

Hamit Koksel  <https://orcid.org/0000-0003-4150-2413>

REFERENCES

- AACC International (2010). *Approved methods of analysis*, 10th ed. St. Paul, MN: The Association.
- Andersson, A. A. M., Andersson, R., Piironen, V., Lampi, A.-M., Nyström, L., Boros, D., ... 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*, 1243–1248. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.074>
- Chen, Z., Li, S., Fu, Y., Li, C., Chen, D., & Chen, H. (2019). Arabinoxylan structural characteristics, interaction with gut microbiota and potential health functions. *Journal of Functional Foods*, *54*, 536–551. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.02.007>
- Corbellini, M., Empilli, S., Vaccino, P., Brandolini, A., Borghi, B., Heun, M., & Salamini, F. (1999). Einkorn characterization for bread and cookie production in relation to protein subunit composition. *Cereal Chemistry*, *76*(5), 727–733. <https://doi.org/10.1094/CCHEM.1999.76.5.727>
- Courtin, C. M., & Delcour, J. A. (2002). Arabinoxylans and endoxylanases in bread-making. *Journal of Cereal Science*, *35*, 225–243.
- Drzikova, B., Dongowski, G., Gebhardt, E., & Habel, A. (2005). The composition of dietary fibre-rich extrudates from oat affects bile acid binding and fermentation in vitro. *Food Chemistry*, *90*(1–2), 181–192. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.03.041>
- Finnie, S. M., Bettge, A. D., & Morris, C. F. (2006). Influence of cultivar and environment on water-soluble and water-insoluble arabinoxylans in soft wheat. *Cereal Chemistry*, *83*, 617–623. <https://doi.org/10.1094/CC-83-0617>
- Frederix, S. A., Courtin, C. M., & Delcour, J. A. (2003). Impact of xylanases with different substrate selectivity on gluten–starch separation of wheat flour. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, *51*(25), 7338–7345. <https://doi.org/10.1021/jf0345393>
- Gebbruers, K., Courtin, C. M., & Delcour, J. A. (2009). Chapter 14: Quantification of arabinoxylans and their degree of branching using gas chromatography. In P. R. Shewry, & J. L. Ward (Eds.), *HEALTHGRAIN Methods: Analysis of bioactive components in small grain cereals* (pp. 177–191). Minnesota: AACC International Inc.
- Gebbruers, K., Dornez, E., Bedo, Z., Rakszegi, M., Fras, A., Boro, S. D., ... Delcour, J. A. (2010). Environment and genotype effects on the content of dietary fiber and its components in wheat in the HEALTHGRAIN diversity screen. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, *58*, 9353–9361.
- ICC (2008). *Standard Methods of International Association for Cereal Science and Technology*. Vienna, Austria: The Association.
- ISO 520 (2010). Cereals and Pulses- Determination of the Mass of 1000 Grains.
- Kim, S. K., & D'Appolonia, B. L. (1977). Effect of pentosans on the retrogradation of wheat starch gels. *Cereal Chemistry*, *54*, 150–160.
- Kiszonas, A. M., Fuerst, E. P., & Morris, C. F. (2013). Wheat arabinoxylan structure provides insight into function. *Cereal Chemistry*, *90*(4), 387–395. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-02-13-0025-FI>
- Koksel, H., & Cetiner, B. (2015). Future of grain science series grain science and industry in Turkey: Past, present, and future. *Cereal Foods World*, *60*(2), 90–96. <https://doi.org/10.1094/CFW-60-2-0090>
- Lu, Z. X., Walker, K. Z., Muir, J. G., Mascara, T., & O'Dea, K. (2000). Arabinoxylan fiber, a byproduct of wheat flour processing, reduces the postprandial glucose response in normoglycemic subjects. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *71*(5), 1123–1128. <https://doi.org/10.1093/ajcn/71.5.1123>
- Mendis, M., & Simsek, S. (2014). Arabinoxylans and human health. *Food Hydrocolloids*, *42*, 239–243. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.07.022>
- Nemeth, R., Banfalvi, A., Csendes, A., Kemeny, S., & Tömösközi, S. (2018). Investigation of scale reduction in a laboratory bread-making procedure: Comparative analysis and method development. *Journal of Cereal Science*, *79*, 267–275. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.11.009>
- Ordaz-Ortiz, J. J., Devaux, M. F., & Saulnier, L. (2005). Classification of wheat varieties based on structural features of arabinoxylans as revealed by endoxylanase treatment of flour and grain. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, *53*, 8349–8356. <https://doi.org/10.1021/jf050755v>
- Ramscey, D. D., Bettge, A. D., & Morris, C. F. (2011). Distribution of total, water-unextractable, and water-extractable arabinoxylans in wheat flour mill streams. *Cereal Chemistry*, *88*(2), 209–216. <https://doi.org/10.1094/CCHEM-10-10-0148>
- Shewry, P. R., & 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. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.07.014>
- Shogren, M. D., & Finney, K. F. (1984). Bread-making test for 10 grams of flour. *Cereal Chemistry*, *61*(5), 418–423.
- Toole, G. A., Gall, G. L., Colquhoun, I. J., Johnson, P., Bedö, Z., Saulnier, L., ... Mills, E. N. C. (2011). Spectroscopic analysis of diversity of arabinoxylan structures in endosperm cell walls of wheat cultivars (*Triticum aestivum*) in the HEALTHGRAIN diversity collection. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, *59*, 7075–7082. <https://doi.org/10.1021/jf201095m>
- Vasiljevic, S., & Banasik, O. J. (1980). *Quality Testing Methods for Durum Wheat and Its Products*. Department of Cereal Chemistry and Technology, North Dakota State University Fargo, North Dakota.

SUPPORTING INFORMATION

Additional supporting information may be found online in the Supporting Information section.

How to cite this article: Cetiner B, Tömösközi S, Török K, Salantur A, Koksel H. Comparison of the arabinoxylan composition and physical properties of old and modern bread wheat (*Triticum aestivum* L.) and landraces genotypes. *Cereal Chem.* 2020;97:505–514. <https://doi.org/10.1002/cche.10265>

EK 2 - Tezden Türetilmiş Bildiriler



WHEAT DIVERSITY & HUMAN HEALTH

October 22-24, 2019

Istanbul, Turkey

Book of Abstracts

Sixth session: Beneficial components in wheat-2

Comparison of old and modern bread wheat and landraces genotypes in terms of the arabinoxylan composition and physical properties

Buket Cetiner^{1,5*}, Sándor Tömösközi², Kitti Török³, Ayten Salantur¹, Hamit Koksel^{4,5}

¹ Central Research Institute for Field Crops, TR
² Budapest University of Technology and Economics, HU
⁴ Istinye University, TR
⁵ Hacettepe University, TR

The aim of this study was to compare the contents and composition of arabinoxylans (AXs) in modern and old bread wheat genotypes and Turkish landraces to determine whether there has been a major alteration on wheat genotypes during the last century. The second aim was to determine the correlations between AX composition and physical properties of wheats.

The results indicated that there were no extreme differences between old and modern bread wheats in terms of thousand kernel weight and test weight. Comparison of the wheat genotypes consisting of the old and modern bread wheats and landraces has provided no evidence that modern breeding has had negative effects on the contents of AX components. On the other hand, PCA results indicated that there were no extreme differences between the old and new wheats in terms of AX composition and physical properties. However, the old varieties were generally softer than the modern varieties.

Although, there are a number of publications claiming that wheat has been changed and there are major differences between the old and new wheats, the results indicated that there were no extreme differences between the old and new wheats in terms of their various quality parameters investigated in this study.

Keywords: Bread wheat, arabinoxylan, SKCS, PCA, landrace

EK 3 - Tez Çalışması Orjinallik Raporu

Şablona uygun olarak hazırlanan “Orjinallik Raporu”nun imzalı hali bu bölümde verilmelidir.