



**T.C.**  
**GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**GÜMÜŞHANE’DE FARKLI ÇEVRELERDE YETİŞTİRİLMİŞ BAZI KIŞLIK  
EKMEKLİK BUĞDAY GENOTİPLERİNİN ANTİOKSİDAN KAPASİTELERİNİN  
BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Adem İKTÜ**

**EYLÜL 2020**  
**GÜMÜŞHANE**



**T.C.**

**GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GÜMÜŞHANE’DE FARKLI ÇEVRELERDE YETİŞTİRİLMİŞ BAZI KIŞLIK  
EKMEKLİK BUĞDAY GENOTİPLERİNİN ANTİOKSİDAN KAPASİTELERİNİN  
BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Adem İKTÜ**

**Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**

**“Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı”**

**Yüksek Lisans Programında Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarihi: 29.07.2020**

**Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 24.09.2020**

**EYLÜL 2020**

## **TEZ BEYANNAMESİ**

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda, tezin yazımına ait kurallara uygun olarak hazırladığım “Gümüşhane’de Farklı Çevrelerde Yetiştirilmiş Bazı Kışlık Ekmeklik Buğday Genotiplerinin Antioksidan Kapasitelerinin Belirlenmesi” isimli yüksek lisans tezi çalışmasında; söz konusu tüm bilgi ve belgeleri genel akademik kurallara göre elde ettiğimi, görsel ve yazılı bütün bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak hazırlayıp sunduğumu, başka kaynaklardan yararlandığım bilgileri metin ve kaynaklarda eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksi durumda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 24/09/2020

ADEM İKTÜ

**ÖZET**  
**YÜKSEK LİSANS**

**GÜMÜŞHANE’DE FARKLI ÇEVRELERDE YETİŞTİRİLMİŞ BAZI KIŞLIK  
EKMEKLİK BUĞDAY GENOTİPLERİNİN ANTİOKSİDAN KAPASİTELERİNİN  
BELİRLENMESİ**

Adem İKTÜ

Gümüşhane Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Fevzi TOPAL

2020, 81 sayfa

Bu çalışmada, Gümüşhane koşullarında farklı yetiştirme mevsimlerinde, organik ve konvansiyonel koşullarda yetiştirilmiş olan bazı ekmeklik buğday genotiplerinin kepek ve un fraksiyonlarının antioksidan aktivitelerinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, sekiz ekmeklik buğday genotipi materyal olarak kullanılmıştır. Materyale ilişkin denemeler, 2013-2014 ve 2014-2015 yetiştirme mevsimlerinde Gümüşhane ili, Şiran ilçesinde organik ve konvansiyonel yetiştirme koşullarında üç tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Antioksidan aktivitelerinin belirlenmesinde, toplam flavonoit ve toplam fenolik bileşik miktarı,  $\text{Cu}^{2+}$ - $\text{Cu}^{+}$  indirgeme kapasitesi (CUPRAC metodu), 1,1-Difenil 2-pikril hidrazil (DPPH) ve 2,2-Azino-bis (3-etilbenzo-tiyazolin-6-sülfonik asit) (ABTS) radikali giderme aktivitesi analizleri yapılmıştır. Standart olarak, BHA, BHT,  $\alpha$ -tokoferol

ve troloks kullanılmıştır. Çalışma sonunda, 2013-2014 yetiştirme mevsiminde, ekmeklik buğday ununda DPPH radikal giderme aktivitesinin yetiştirme koşullarına (YK) göre; ABTS'nin genotiplere göre; Bakır indirgeme kapasitesinin ise genotip (G) ve YK×G interaksyonuna göre istatistiksel olarak önemli farklılık gösterdiği; toplam fenolik ve toplam flavonoit bileşik miktarları bakımından tüm varyasyon kaynaklarının (G, YK ve YK×G interaksyonu) önemli farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Buna göre, DPPH giderme aktivitesine ilişkin inhibisyon değerleri, organik yetiştirme şartlarında (%24.16), konvansiyonel şartlara (%23.09) göre daha yüksek bulunmuştur. 2014-2015 yetiştirme mevsiminde, unda CUPRAC indirgeme kapasitesi, toplam fenolik ve flavonoid bileşik miktarları, tüm varyasyon kaynakları bakımından önemli değişimler gösterirken; DPPH ve ABTS radikal giderme aktiviteleri, bu varyasyon kaynakları bakımından önemli farklılıklar göstermemiştir. İlk yetiştirme mevsiminde, kepekte tüm antioksidan özellikleri bakımından, varyasyon kaynakları önemli farklılıklar gösterirken; ikinci yetiştirme mevsiminde ise ABTS radikal giderme hariç diğer antioksidan aktivitelerinin tüm varyasyon kaynakları bakımından önemli değişimler gösterdiği, ABTS radikal gidermede ise G ve YK bakımından önemli farklılıklar gösterdiği ortaya konmuştur. Böylece, farklı yetiştirme mevsimlerinde ekmeklik buğday un ve kepek örneklerinin antioksidan aktiviteleri üzerinde, YK, G ve YK×G interaksyonunun istatistiksel olarak önemli etkilerde bulunduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, bitki bazında yapılan bu tür çalışmalarda, gıdaların antioksidan özelliklerinin belirlenmesinde; yetiştirme mevsimleri, yetiştirme koşulları ve materyal olarak kullanılan genotiplerin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Antioksidan aktivite, Ekmeklik buğday, Kepek, Un

## **ABSTRACT**

## **MS THESIS**

# **DETERMINATION OF ANTIOXIDANT CAPACITIES OF SOME WINTER BREAD WHEAT GENOTYPES GROWTH UNDER DIFFERENT ENVIRONMENTS IN GUMUSHANE PROVINCE**

Adem İKTÜ

Gümüşhane University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Food Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Fevzi TOPAL

2020, 81 pages

In this study, it was aimed to investigate the antioxidant activities of bran and flour fractions of some bread wheat genotypes grown in organic and conventional conditions in different growth seasons under Gümüşhane conditions. For this purpose, eight bread wheat genotypes were used as material. The trials related to the material were carried out with three replications in organic and conventional growth conditions in Gümüşhane province, Şiran district in 2013-2014 and 2014-2015 growth seasons. For determination of antioxidant activities, total flavonoid and total phenolic compound amount,  $\text{Cu}^{2+}$ - $\text{Cu}^{+}$  reduction capacity (CUPRAC method), 1,1-Diphenyl 2-picryl hydrazyl (DPPH) and 2,2-Azino-bis (3-ethylbenzo-thiazoline-6 -sulphonic acid) (ABTS) radical removal activity analyzes were performed. As standard, BHA, BHT,  $\alpha$ -tocopherol and trolox are used. At

the end of the study, DPPH radical removal activity in bread wheat flour in 2013-2014 growth season significantly changed by growth conditions. In the same season, ABTS in the flour samples showed significant difference by the genotypes. Also, Cuprac reduction capacity statistically differed according to genotype (G) and  $YK \times G$  interaction. In addition, all variation sources (G, YK and  $YK \times G$  interaction) showed significant differences for total phenolic and total flavonoid compounds. Accordingly, inhibition values related to DPPH removal activity were found higher in organic growth conditions (24.16%) than in conventional conditions (23.09%). In 2014-2015 growth season, while the cuprac reduction capacity, total phenolic and flavonoid compounds in the flour showed significant changes in terms of all variation sources; removal activities of DPPH and ABTS did not significantly differ with respect to these variation sources. While the sources of variation differed in terms of all antioxidant properties in bran in the first growth season; in the second growth season, it was revealed that other antioxidant activities except ABTS radical removal showed significant changes in terms of all variation sources, while ABTS showed significant differences for G and YK. Thus, YK, G and  $YK \times G$  interaction had statistically significant effects on the antioxidant activities of bread wheat flour and bran samples in different growth seasons. As a result, in such studies on plant basis, in determining antioxidant properties of foods; growth seasons, growth conditions and genotypes used as material should also be considered.

**Keywords:** Antioxidant activity, Bread wheat, Bran, Flour



## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. 19.F5115.07.02 No'lu proje kapsamında çalışmaya maddi destek sağlayan Gümüşhane Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne teşekkür ederim.

Çalışmalarında her zaman yanımda olan, her türlü desteğini esirgemeyen, bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım danışman hocam Sayın Doç. Dr. Fevzi TOPAL' a,

Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Dekan Vekili Sayın Prof. Dr. Salim Serkan NAS'a, Gıda Mühendisliği bölümümüzün her türlü imkânlarını esirgemeyen bölüm başkanımız ve ikinci danışmanım Sayın Doç. Dr. Bilge BAHAR'a, çalışmalarım sırasında desteğini esirgemeyen Doç. Dr. Sevim Beyza ÖZTÜRK SARIKAYA'ya ve Doç. Dr. Meryem TOPAL'a,

Eğitim hayatım boyunca desteğini hiçbir zaman esirgemeyen ve hep yanımda olan babam Mehmet İKTÜ' ye, annem Cevahir İKTÜ' ye ve kıymetli aileme, laboratuvar çalışmalarında yardımcı olan Ebubekir ÖZLER, Selahattin KOCABAŞ ve Gizem COŞKUN'a teşekkür ederim.

Adem İKTÜ

Gümüşhane, 2020

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET.....	IV
ABSTRACT.....	VI
TEŞEKKÜR.....	VIII
İÇİNDEKİLER.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	XI
TABLolar DİZİNİ .....	XIII
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	XV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Buğday Kepeğinin Fonksiyonel Özellikleri.....	3
1.3. Organik ve Konvansiyonel Tarım .....	6
1.4. Antioksidanlar .....	8
1.5. Fenolik Bileşikler .....	13
1.6. Serbest Radikaller ve Etkileri .....	15
1.7. Çalışmanın Kapsamı.....	19
1.8. Çalışmanın Amacı .....	20
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	21
3. MATERYAL ve YÖNTEM .....	30
3.1. Materyal.....	30
3.1.1. Çalışmada Kullanılan Ekmeklik Buğday Genotipleri .....	30
3.1.2. Denemelerin Yürütüldüğü Yıllardaki İklim Verileri.....	30
3.1.3. Kullanılan Kimyasal Maddeler .....	31
3.1.4. Yararlanılan Alet ve Cihazlar .....	31
3.1.5. Ekstraktların Hazırlanması.....	32
3.1.5.a. CUPRAC Metoduna Göre İndirgeme Kapasitesi Tayini İle İlgili Çözeltiler .....	32
3.1.5.b. DPPH· Serbest Radikal Giderme Aktivitesi İle İlgili Çözeltiler .....	32
3.1.5.c. ABTS <sup>++</sup> Giderme Aktivitesi Tayini İle İlgili Çözeltiler.....	33
3.1.5.d. Total Fenolik Bileşik Miktarı Tayini İle İlgili Çözeltiler.....	33
3.1.5.e. Total Flavonoit Bileşik Miktarı Tayini İle İlgili Çözeltiler.....	33

3.2.	Yöntem.....	34
3.2.1.	Toplam Fenolik Bileşik Miktarı Tayini.....	34
3.2.2.	Toplam Flavonoit Miktarı Tayini.....	34
3.2.3.	$\text{Cu}^{2+}$ - $\text{Cu}^{+}$ İndirgeme Kapasitesi (CUPRAC metodu) .....	34
3.2.4.	DPPH Serbest Radikalleri Giderme Aktivitesi .....	35
3.2.5.	ABTS Radikali Giderme Aktivitesi .....	35
3.2.6.	İstatistiksel Metot .....	35
4.	ARAŞTIRMA BULGULARI .....	36
4.1.	Total Fenolik Bileşik Miktarı.....	36
4.2.	Total Flavonoit Bileşik Miktarı.....	40
4.3.	$\text{Cu}^{2+}$ - $\text{Cu}^{+}$ İndirgeme Kuvveti (CUPRAC metodu).....	44
4.4.	DPPH Serbest Radikal Giderme Aktivitesi .....	50
4.5.	ABTS <sup>•+</sup> Radikal Giderme Aktivitesi .....	56
5.	SONUÇ ve ÖNERİLER .....	63
6.	KAYNAKLAR .....	69
	ÖZGEÇMİŞ	

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

Şekil 4.1.	Total fenolik bileşik miktarı tayini için hazırlanan standart grafik.....	36
Şekil 4.2.	Total flavonoit miktarı tayini için hazırlanan standart grafik.....	41
Şekil 4.3.	2013-2014/2014-2015 (Un-Organik) yıllarında Gümüşhane’de farklı çevrelerde yetiştirilmiş bazı kışlık ekmeklik buğdayların ( $20\mu\text{g mL}^{-1}$ ) konsantrasyonunda kuprik iyonlarını ( $\text{Cu}^{2+}$ ) indirgeme aktivitelerinin karşılaştırması.....	47
Şekil 4.4.	2013-2014/2014-2015 (Un-Konvansiyonel) yıllarında Gümüşhane’de farklı çevrelerde yetiştirilmiş bazı kışlık ekmeklik buğdayların ( $20\mu\text{g mL}^{-1}$ ) konsantrasyonunda kuprik iyonlarını ( $\text{Cu}^{2+}$ ) indirgeme aktivitelerinin karşılaştırması.....	48
Şekil 4.5.	2013-2014/2014-2015 (Kepek-Organik) yıllarında Gümüşhane’de farklı çevrelerde yetiştirilmiş bazı kışlık ekmeklik buğdayların ( $20\mu\text{g mL}^{-1}$ ) konsantrasyonunda kuprik iyonlarını ( $\text{Cu}^{2+}$ ) indirgeme aktivitelerinin karşılaştırması.....	49
Şekil 4.6.	2013-2014/2014-2015 (Kepek-Konvansiyonel) yıllarında Gümüşhane’de farklı çevrelerde yetiştirilmiş bazı kışlık ekmeklik buğdayların ( $20\mu\text{g mL}^{-1}$ ) konsantrasyonunda kuprik iyonlarını ( $\text{Cu}^{2+}$ ) indirgeme aktivitelerinin karşılaştırması.....	50
Şekil 4.7.	2013-2014/2014-2015 (Un-Organik) yıllarında Gümüşhane’de farklı çevrelerde yetiştirilmiş bazı kışlık ekmeklik buğdayların ( $20\mu\text{g mL}^{-1}$ ) konsantrasyonunda DPPH serbest radikali giderme aktivitelerinin karşılaştırması.....	53
Şekil 4.8.	2013-2014/2014-2015 (Un-Konvansiyonel) yıllarında Gümüşhane’de farklı çevrelerde yetiştirilmiş bazı kışlık ekmeklik buğdayların ( $20\mu\text{g mL}^{-1}$ ) konsantrasyonunda DPPH serbest radikali giderme aktivitelerinin karşılaştırması.....	54
Şekil 4.9.	2013-2014/2014-2015 (Kepek-Organik) yıllarında Gümüşhane’de farklı çevrelerde yetiştirilmiş bazı kışlık ekmeklik buğdayların ( $20\mu\text{g mL}^{-1}$ ) konsantrasyonunda DPPH serbest radikali giderme aktivitelerinin karşılaştırması.....	55

Şekil 4.10. 2013-2014/2014-2015 (Kepek-Konvansiyonel) yıllarında Gümüşhane’de farklı çevrelerde yetiştirilmiş bazı kışlık ekmeklik buğdayların (20µg mL <sup>-1</sup> ) konsantrasyonunda DPPH serbest radikali giderme aktivitelerinin karşılaştırması.....	56
Şekil 4.11. 2013-2014/2014-2015 (Un-Organik) yıllarında Gümüşhane’de farklı çevrelerde yetiştirilmiş bazı kışlık ekmeklik buğdayların (20µg mL <sup>-1</sup> ) konsantrasyonunda ABTS <sup>•+</sup> radikal giderme aktivitelerinin karşılaştırması.....	59
Şekil 4.12. 2013-2014/2014-2015 (Un-Konvansiyonel) yıllarında Gümüşhane’de farklı çevrelerde yetiştirilmiş bazı kışlık ekmeklik buğdayların (20µg mL <sup>-1</sup> ) konsantrasyonunda ABTS <sup>•+</sup> radikal giderme aktivitelerinin karşılaştırması.....	60
Şekil 4.13. 2013-2014/2014-2015 (Kepek-Organik) yıllarında Gümüşhane’de farklı çevrelerde yetiştirilmiş bazı kışlık ekmeklik buğdayların (20µg mL <sup>-1</sup> ) konsantrasyonunda ABTS <sup>•+</sup> radikal giderme aktivitelerinin karşılaştırması.....	61
Şekil 4.14. 2013-2014/2014-2015 (Kepek-Konvansiyonel) yıllarında Gümüşhane’de farklı çevrelerde yetiştirilmiş bazı kışlık ekmeklik buğdayların (20µg mL <sup>-1</sup> ) konsantrasyonunda ABTS <sup>•+</sup> radikal giderme aktivitelerinin karşılaştırması.....	62
Şekil 5.1. Gallik asitin kimyasal yapısı.....	64
Şekil 5.2. Kuersetinin kimyasal yapısı.....	65

## TABLÖLAR DİZİNİ

### Sayfa No

Çizelge 1.1.	Türkiye'deki tahıl üretim miktarları.....	2
Çizelge 1.2.	Antioksidanların sınıflandırılması .....	11
Çizelge 1.3.	Sentetik ve doğal antioksidanların özellikleri.....	12
Çizelge 1.4.	Reaktif oksijen (ROS) ve reaktif nitrojen (RNS) türleri.....	17
Çizelge 1.5.	Ekzojen ve endojen kaynaklı bazı serbest radikaller.....	19
Çizelge 3.1.	Denemede kullanılan ekmeklik buğday genotiplerinin kayıt numaraları ile pedigri ve orijinleri.....	30
Çizelge 3.2.	Gümüşhane ili, 2014-2016 yılları arası ve uzun yıllar ortalaması (1950-2016) iklim verileri.....	31
Çizelge 4.1.	2013-2014 yetiştirme mevsimlerinde organik ve konvansiyonel yetiştirme koşullarında ekmeklik buğday genotiplerinde un ve kepek örneklerinde bazı antioksidan aktivitelerine ilişkin kareler ortalaması değerleri.....	37
Çizelge 4.2.	750 µg mL <sup>-1</sup> konsantrasyonunda 2013-2014 ve 2014-2015 yetiştirme mevsimlerinde organik ve konvansiyonel yetiştirme koşullarında ekmeklik buğday genotiplerinde un ve kepekte total fenolik bileşik miktarının karşılaştırmaları.....	39
Çizelge 4.3.	750 µg mL <sup>-1</sup> konsantrasyonunda 2013-2014 ve 2014-2015 yetiştirme mevsimlerinde Organik ve Konvansiyonel Yetiştirme Koşullarında Ekmeklik Buğday Genotiplerinde Un ve Kepekte Total Flavonoit Miktarının Karşılaştırmaları .....	43
Çizelge 4.4.	20 µg mL <sup>-1</sup> konsantrasyonunda 2013-2014 ve 2014-2015 yetiştirme mevsimlerinde organik ve konvansiyonel yetiştirme koşullarında ekmeklik buğday genotiplerinde un ve kepekte kuprik (Cu <sup>2+</sup> ) iyonlarını indirgeme kapasitelerinin karşılaştırmaları.....	46
Çizelge 4.5.	20 µg mL <sup>-1</sup> konsantrasyonunda 2013-2014 ve 2014-2015 yetiştirme mevsimlerinde organik ve konvansiyonel yetiştirme koşullarında ekmeklik buğday genotiplerinde un ve kepekte DPPH serbest radikali giderme aktivitesinin karşılaştırmaları.....	52
Çizelge 4.6.	20 µg mL <sup>-1</sup> konsantrasyonunda 2013-2014 ve 2014-2015 yetiştirme mevsimlerinde organik ve konvansiyonel yetiştirme koşullarında ekmeklik	

buğday genotiplerinde un ve kepekte ABTS <sup>+</sup> radikal giderme aktivitesinin karşılaştırmaları.....	58
--	----

## SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

ABTS	: 2,2'-Azino-bis(3-etilbenzttiyazolin-6-sülfonik asit)
ABTS <sup>•+</sup>	: 2,2'-Azino-bis(3-etilbenzttiyazolin-6-sülfonik asit) radikali
ANOVA	: Tek Yönlü Varyans Analizi
BHA	: Bütillenmiş hidroksianisol
BHT	: Bütillenmiş hidroksitoluen
DPPH	: 1,1-Difenil 2-pikril hidrazil
FADH <sub>2</sub>	: Flavın Adenin Dinükleotit
FAE	: Ferulik asit eşdeğeri
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
g	: Gram
GEI	: İklim, Genotip × Çevre
ha	: Hektar
IC <sub>50</sub>	: Maksimum hızı yarıya düşüren inhibitör konsantrasyonu
IDF	: Uluslararası Diyabet Fedarasyonu
kg	: Kilogram
KM	: Kuru Madde
mg	: Miligram
mL	: Mililitre
mM	: Mili molar
ORAC	: Oksijen radikali yakalama kapasitesi
P	: Permeabilite faktörü
PG	: Propilgallat
TDF	: Tenofovir Disoproksil Fumarat
TEAC	: Troloks Eşitliği Antioksidan Konsantrasyonu
TFC	: İnce Film Kompozit
Troloks	: 6-Hidroksi-2,5,7,8-tetramethilkroman-2-karboksilik asit
UV	: Ultraviyole
µg	: Mikrogram
µL	: Mikrolitre



## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Tahıllar, canlı beslenmesinde tüketilen ekmeğin ana maddesi olup hayvan besisi ve sanayisinde bolca kullanılmaktadır. Tahıllar dünyada çeşit, ekotip ve geniş bir tür zenginliğine sahip, diğer bitkilere göre daha fazla adaptasyon yerleri bulmuş kutuplardan ekvatora kadar yüksek yaylalardan alçak ovalara kadar uzanmış daha fazla ekim alanına sahiptirler. Tahılların dünya genelinde bu kadar yaygın olması insanoğlunun ilk kültüre aldığı ve çok önceden öncelikli olarak yetiştirimi yapılan ve tarım tarihinde en eski bitki olmasıdır. Tahıllar, Poaceae familyasında yer almaktadır ve dünyada ekimi ve üretimi en çok yapılan grupta yer almaktadır. Tahıllar içerisinde bulunan buğday, kültür bitkilerinin içinde olduğu en fazla üretimi yapılan ve en fazla adaptasyonu bulunan danesindeki besleme değerleri, işlenmesi ve muhafazasının basit olmasından ortalama 50 ülkenin ana besin kaynağıdır (Kün, 1988). Üretimi yapılan buğdayın çoğunluğu canlı beslenmesinde kullanımı olmakta buğday ununun bir fraksiyonu olan kepek ise hayvan beslenmesinde kullanılmaktadır. Temel gıda maddesi olan ekmeğin de hammaddesidir. Türkiye’de, bitki kökenli gıdalardan alınan proteinin oranı ortalama %54.3’ü, total enerjinin %49.9’u ve yağın ise %7.1’i tahıl ve tahıl gruplarından oluşmaktadır (Demirbaş ve Atış, 2005).

Buğday, serin iklim tahılları gurubunda yer alan, dünya üzerinde kültürü yapılan ilk bitkilerden olması, farklı bölge ve iklim şartlarında yetiştirilmesi, besin değerlerinin zengin olması ve ucuz gıda kaynağı olmasından dolayı dünya nüfusunun beslenmesinde oldukça önemlidir. Cumhuriyet’in ilan edilmesinden itibaren buğday üretimi tarımsal, ekolojik ve tarımla ilgili sosyo-ekonomik öneminden dolayı iktidarlar tarafından tercih edilen stratejik bir mahsul olmuştur (Anonim, 1996). Buğday, özellikle fenoliklerden gelen kalp hastalıklarına ve kansere karşı koruma sağlayan yüksek seviyelerde antioksidanlar içerir (Ward vd., 2008). Günümüzde kepek kısmının, potansiyel biyoaktivitelere sahip fitokimyasallar içerdiği ve buğday tanesinin rafine edilmiş yerine bütün olarak kullanılması önerilmektedir (Hemery vd., 2007).

Ülkemizin buğday üretimindeki yıllara göre değişimi Çizelge 1.1’de verilmiştir (Anonim, 2020).

Çizelge 1.1. Türkiye’deki tahıl üretim miktarları

Yıl	Buğday Üretimi (Ton)
2000	21 000 000
2001	19 000 000
2002	19 500 000
2003	19 000 000
2004	21 000 000
2005	21 500 000
2006	20 010 000
2007	17 234 000
2008	17 782 000
2009	20 600 000
2010	19 674 000
2011	21 800 000
2012	20 100 000
2013	22 050 000
2014	19 000 000
2015	22 600 000
2016	20 600 000
2017	21 500 000
2018	20 000 000
2019	19 000 000

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü’nün (FAO) değerlerine göre 2013 yılından beri yeryüzünde buğday üretimi ortalama 661.8 milyon ton üretim yapılmış ve Çin Halk Cumhuriyeti buğday üretiminde ilk sırada yer almaktadır. Çin Halk Cumhuriyeti’ni izleyen Hindistan, Amerika Birleşik Devletleri, Rusya, Avustralya, Kanada ve Pakistan oluşturmaktadır. Türkiye, buğday üretiminde 8’inci sırada ortalama 20.1 milyon ton yıllık üretim yapmaktadır. Türkiye, buğdayın gen merkezi pozisyonunda olup ve tahıl kökenli bitkilerde %40’lık ekim yeri ile buğday zirvededir (Sercan-Dayan, 2013).

Günümüz dünyasında değişik nedenlerden büyük öneme sahip kültür bitkilerinin en başında buğdayı görmekteyiz. Türkiye’de ve tüm dünyada insan beslenmesi için büyük bir

öneme sahiptir. Ülkemizde coğrafyaya göre değişim gösteren türlerde ve nitelikte üretimi yapılmakta ve buğdayların besin değerleri, verim ve kalitesinde farklılıklar gözlemlenmektedir. İthal edilen buğdaylarda bu farklılıklar daha fazla olmaktadır. Buğday çeşitlerinin fazla olmasıyla birlikte iklim şartları ve toprak çeşitliliği, hasat zamanı ve depolama koşulları ve yetiştirilme teknikleri ile standart ürün üretimi zorlaşmakta ve normal standartlarda buğday üretimi gerçekleşmemektedir (Ünal, 1991). Buğdayın kalitesini, buğdayın yetiştirildiği çeşit ve çevre koşulları oldukça etkilemektedir. Çevre koşulları buğdayın yetiştirildiği tarladan tarlaya ve yıldan yıla kalitesinin farklı olmasına neden olmaktadır (Pomeranz, 1971). Çeşit ve çevre, buğday kalitesini etkileyen ana faktörlerdir. Farklılığa neden olan çevre faktörü, tahmin edilemeyen unsurlar ve tahmin edilebilen unsurlar olmak üzere iki gruptan oluşmaktadır. Tahmin edilemeyen unsurlar iklim şartlarının sapmaları olmakta ve tahmin edilebilen unsurlar ise ekim zamanı, tohum çeşidi ve miktarı, hasat teknikleri, iklim ve toprak özellikleridir (Allard ve Bradshaw, 1964). Yetiştirilen çevre, genotip ve genotip  $\times$  çevre interaksiyonunun tarım ürünlerindeki fenotipik özellikleri en iyi şekilde incelemek için başlıca faktörler olduğu bilinmektedir (Moore vd., 2006).

## **1.2. Buğday Kepeğinin Fonksiyonel Özellikleri**

Fonksiyonel gıdalar, Türk Gıda Kanununda (TK) “besleyici özelliğinin dışında klinik ve bilimsel araştırmalar ile kesinleşen ve ayrıca bir ya da birden fazla öğenin sağlığı koruduğu, hastalığı iyileştiren veya hastalık oluşma riskini en aza indiren gıdalar” olarak tanımlanmaktadır (TK 5996, 2010).

Buğday kepeği bileşimi tamamen çeşitlilik, yetiştirme koşulları ve ayrılması için kullanılan yöntemlere dayanmakta ve bu ayırma işleminden sonra aleurone tabakasına bağlı nişasta miktarını belirlemektedir. Kepek, büyük oranda diyet lifi (ksilans, lignin, selüloz ve galaktan, fruktanlar), vitaminler ve mineraller içermektedir (De Brier vd., 2015). Kepek demir, manganez, çinko, fosfor ve magnezyum gibi mineraller bakımından zengindir. Buğday kepeği %80'i fosfor içermekte ve fosfor Fe, Zn ve Mg ile kompleksler oluşturan fitatlar şeklinde saklanmaktadır. Buğday kepeğinin %34-63'ü çözünabilir ve çözünmeyen diyet lifi, hidrolitik ve enzimatik sindirimden uzaklaşan proteinler, lignin ve diğer maddelerden oluşan kompleks polisakkaritlerinden (selüloz, hemiselülozlar ve pentosan polimerleri) oluşmaktadır. Çözünür diyet lifi, glukan ve ksilanlardan oluşan

toplam diyet lifinin %5'ini içermektedir (Andersson vd., 2014). Islak bazda buğday kepeğinin toplam fenolik asit içeriği yaklaşık  $4.5 \mu\text{g g}^{-1}$  kepektir. Ferulik asit, hidroksisinamik asitlerin bir örneğidir. Bu fenolik bileşikler, buğday kepeğinde oldukça fazla bulunmaktadır. Ferulik asidin ortalama %80'i hücre duvarının diğer kurucu elementlerine, yani arabinoksilanlara esterlenmektedir (Giet vd., 2010).

Buğdayın tohum (dane) yapısı üç katmandan oluşmaktadır: tohum, endosperm ve kepektir. Endosperm, buğdayın çekirdek merkezinde bulunan, selüloz, nişasta ve glütende fazla miktarda bulunan, tek hücreli bir aleurone tabakasıyla çevrelenen yapıdır. Bu yapı çekirdek ağırlığının ortalama %83'ü kadar ve buğday proteinlerinin %70-75'ini içermektedir. Kepek tabakaları endospermi çevrelemekte, mineral ve vitamin bakımından oldukça zengin olduğundan %19 oranında yüksek kaliteli protein ve fazla miktarda çözünmeyen diyet lifi içermektedir. Kepek tabakası çekirdek ağırlığının ortalama %14.5'ini oluşturmaktadır. Tohum ise çekirdek ağırlığının yalnızca %2.5'ini oluşturmaktadır. Buğday yapısındaki tohum, %8 protein, E ve B vitaminlerini içermektedir (Marie, 2008).

Lif içeren gıdaların beslenme değerinin yanında sağlık için önemli etkilerinin yapılan araştırmalar ile desteklenmesinden sonra son dönemlerde buğday kepeği insan tüketimi için oldukça önem kazanmıştır. Bu yüzden kepek farklı şekillerde işlenip ekmeğe, tahıl ürünlerine katılmaktadır (Özkaya ve Özkaya, 2005).

Kepekli ve tam tahıllı gıdalar besin değeri olarak, doyurucu ve güçlü enerji kaynağı olarak kompleks yapıdaki karbohidratları, dışarıdan zorunlu olarak alınan yağ asitlerini, canlı organizmalara etki eden proteinleri, P ve Ca minerallerini, E ve B vitaminlerini içermektedir (Slavin, 2000; Slavin vd., 2001; Adam vd., 2002). E vitamini (tokoferoller ve tokotrienoller) insan beslenmesi için önemli bir yer tutmaktadır. E vitamini aynı zamanda uygun bir antioksidan olduğundan, serbest radikallerin ve reaktif oksijen türlerinin inaktivasyonu yoluyla hücrelere oksidatif hasarı önlemede kararlı ve kabiliyetlidir. Hayvan ve klinik çalışmalardan elde edilen sonuçlar, hücrelerdeki oksidatif hasarın önlenmesinin kanser ve kardiyovasküler hastalık riskini azaltacağını ve fizyolojik sorunları iyileştireceğini göstermektedir (Altın vd., 2017).

Kepek içeren gıdalar besin değerinin yanında fonksiyonel gıda olma özellikleri ile ilgi çekmektedir. Yapısındaki oligosakkaritler ve dirençli nişasta ile prebiyotik etki

göstermekte bağırsakta oluşan gazlar, propiyonat ve bütirat gibi türleri, kısa zincire sahip yağ asitleri, asetat, prebiyotik işlevi ile bakteri türlerini düzenleyip sindirimi zor olan yapıları bağırsak davranışları ile uyarmaktadır (Slavin, 2000).

Tahıl içeriğindeki fitokimyasalların kardiyovasküler hastalıklara, bazı kanser çeşitlerine, obezite ve diyabete karşı koruyucu olduğu düşünülmektedir (Slavin, 2003; Jones vd., 2004). Kepek içerikli tahılların, meyve ve sebzelere oranla daha çok antioksidan ve fitokimyasal sağladıkları varsayımında bulunmuşlardır (Jones vd., 2004). Antioksidan aktivite, bağışıklık sisteminin güçlendirilmesi, hormonların arabuluculuğu, kolonda bütirik asit üretimi, sindirim sisteminden madde geçişinin rahatlatılması ve bağırsaklardaki madde emiliminin olması ya da seyreltilmesi gibi çoğu fizyolojik sistemler ile elde edilmektedir (Adom vd., 2003).

Son dönemlerde dünya üzerinde diyet lifli, düşük glisemik indekse sahip, protein, antioksidan ve vitamin içeren ekmekler önemli bir yer almaktadır (Lopez vd., 2001; Dewettinck vd., 2008).

Mineral madde, diyet lif oranının fazla olduğu gıdalarda daha çok bulunmaktadır. İnsan vücudunun ihtiyaç duyduğu günlük fosfor, çinko, potasyum, magnezyum, bakır ve kükürt gibi elementleri 100 g buğday kepeğinden sağlaması mümkündür (Özer, 1998).

Lifli diyet tüketiminin artması, insanlarda bağırsak kanseri ve kolorektal kanser riskini %40 azaltılacağı belirlenmiştir. Yapılan bir çalışmada, 4 yıl boyunca askorbik asit ve  $\alpha$ -tokoferol takviyeleri olan bireyler ve bu takviyeleri olmayan bireyler karşılaştırılmıştır. Bu çalışma sonucunda buğday kepeği tüketimi, polip sayısını ve kanser riskini azaltmıştır. 13.5 g/gün buğday kepeği ile takviye edilen diyetin, fekal safra asidi konsantrasyonunu önemli ölçüde azalttığını belirlemişlerdir, bu da kolorektal kanser riskinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu çalışmalar, buğday kepeği takviyesini içeren diyetin kansere karşı koruyabileceği konusunda bazı deneysel destek vermiştir. Buğday kepeğinin kolon kanserine karşı koruyucu mekanizmaları; i) Potansiyel kanserojenlerin ve kanserojen promotörlerin seyreltilmesi üzerine etkisi, ii) Buğday kepeği, fekal materyalin kolondan geçişini hızlandırır ve böylece hızlı geçiş kolonik epitel hücrelerinin fekal bileşenlere erişimini azaltır, iii) Buğday kepeği fermentasyonunun, kolon boyunca bütirik asit gibi kısa zincirli yağ asitlerine etkisi olmak üzere üç grupta sınıflandırılmaktadır (Alberts vd., 1996).

### 1.3. Organik ve Konvansiyonel Tarım

İkinci Dünya Savaşı beraberinde tarımsal üretimin artışına neden olmuştur. Tarımsal üretim uygulama ve teknikleri, bu dönem itibariyle “Yeşil Devrim” adını almıştır. Tarımsal üretimin artışı güzel karşılanırsa da bu artışın su kirliliği başta olmak üzere canlıların yaşam alanlarını kısıtlayarak çevresel dediğimiz ekolojik olmayan ürünlerin üretmeye başlamışlardır. Bu sorundan en çok da insanlar etkilenmiştir. Verimi artırmak için kullanılan kimyasal maddeler, kanser gibi farklı sağlık sorunlarına neden olmuştur (Gürkan, 2007).

1970 yılından itibaren Dünyada çevre kirliliği hakkında tartışmalar yaşanmış hızlı çözümler için çoğu ulusal ve uluslararası konu ile alakalı düzenlemeler yapılmıştır. 1980 yılına kadar çevre kirliliği çoğunlukla sanayi atıkları, gürültü kirliliği, hava kirliliği ve nükleer atıklar gibi sanayi sonuçlu oluşan kirlilikler olduğu belirlenmiştir. Bu zamana kadar kimyevi girdilerin bilinçsiz ve çok fazla kullanılmasıyla konvansiyonel tarımın oluşturduğu kirlilik tüm canlıları, besin zincirini ve sağlık üzerine olumsuz etkileri çevre kirliliği kadar gündem olmamıştır (Aksoy ve Altındışli, 1996). Konvansiyonel tarım olarak da bilinen geleneksel tarım birim saha üzerinde en fazla verimin alınma isteği, kurumları genel olarak bir üründe uzmanlaşıp tek kültüre yöneltmiş ve bu uygulama çevre sorunlarına neden olmuştur (Bülbül vd., 2000).

Üretim sırasında çok fazla kimyasal girdi ve geleneksel tarımın sebep olduğu çevre kirliliğinin minimize edilmesi için sürdürülebilir tarım fikri ehemmiyet kazanmıştır. Bu zamanda sürdürülebilir tarıma sahip olmanın yolu ve tarım ile çevre arasındaki ilişkilerin korunması için ekolojik tarım alternatiftir. Organik (ekolojik) tarım tümüyle ya da en az miktarda sentetik kimyasallar, büyümeyi düzenleyici ilaç ve gübre kullanımını ortadan kaldıran ve organik girdi kullanımını artıran bir sistemdir (Demirci vd., 2002).

Organik üretim yönteminde tarımda kullanımı olan kimyasal girdiler yerine, düzenli ekim nöbet yöntemleri, hayvan gübresi, ürün atıkları, yeşil gübre ve tarım dışı ancak organik atıkların kullanılmasına yoğunlaşmaktadır. Hastalık ve ürünlere hasar veren zararlılara karşı biyolojik savunma sistemleri seçilmektedir (Cain ve Wilcokson, 1994, Lampkin ve Padel, 1994; Aksoy ve Altındışli, 1996).

Tarım alanlarında kimyasal girdi kullanımının ve enerji üretim harcamalarının artması yoğun toprak kullanımından kaynaklanan erozyon, düşük verim, su kirliliği, kaliteli gıda üretiminin düşmesi gibi nedenler ile insan ve hayvan sağlığı açısından büyük sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Bu yüzden üreticiler ve tüketiciler ekonomik, sağlık ve sosyal yönlerden kötü etkilenmişlerdir. Gelir düzeyi iyi olan devletler bilinçli olarak doğa dostu, canlılara zarar vermeyen organik tarım ürünlerini üretip tüketmeye başlamışlardır. Konvansiyonel tarıma seçenek olarak ekolojik tarım denilen organik tarım, doğaya ve canlılara zarar vermeyen doğanın dengesini korumaya yönelik yöntemleri olan sistemdir. Ekolojik tarım tüm imkanları ile kapalı üretim sistemi oluşturup üretimde ürün artışı yerine kaliteyi amaçlayan bir üretim sistemidir. Organik tarımın üreticilere göre avantajları; doğal yapının korunması ve istikrarlı olarak verim sağlamasıdır (Demirci vd., 2002).

Organik tarımda gıda maliyeti ve verimi, yaşanan yer, bölge ve firmalara göre farklılık göstermektedir. Bu yüzden her devlet, bölge ve gıdalarda farklı maliyet, verim analizleri yapmaktadırlar. Bu parametreler üzerinde yeterince bilimsel çalışma yapılmadığında organik ve konvansiyonel tarım karşılaştırmaları yapmak mümkün değildir. Organik tarımda tarım makinaları, fidan ve sertifikalı tohum girdileri kullanılmakta ve toprak daha az işlenmekte, yeşil ve organik gübreler kullanılmaktadır. Bu şartlarda konvansiyonel ve organik tarım sistemlerinde ürün harcamaları ve verimi maliyet açısından ciddi değişiklikler ortaya koymaktadır. Organik tarıma geçiş konvansiyonel tarıma göre ilk zamanlarda verimde hızla bir düşüş görülse de sonraki yıllarda alınan bir takım yöntemler ile verim eski düzenine yaklaşmış ve konvansiyonel tarımdan daha yüksek verim sağlanmıştır (Daitota, 1989).

1985 yılındaki alınan verilere göre Avrupa Birliği sınırlarında yer alan 100 bin ha arazide 6300 adet organik çiftlik faal görülmüştür. 2005 yılında ise organik tarımla uğraşan çiftlik sayısı 187697 adet, organik tarım arazileri ise 6300000 hektara kadar ulaşmıştır. Bunun anlamı 1985-2005 yılları içerisinde organik tarım arazisi büyüyerek 63 katına ulaşmıştır (Gürkan, 2007). İç Anadolu, Ege, Karadeniz, Güneydoğu Anadolu, Akdeniz Bölgeleri'nde çok fazla organik tarım yapılmaktadır. Toplumun çevre duyarlılığı ve tüketici gelirin artması ile ülkemiz pazarında organik gıdaların tercih edilmesi bakımından ekolojik tarımın geliştirilmesi faydalı olacaktır (Demirci vd., 2002).

#### 1.4. Antioksidanlar

Antioksidanlar insan dokularını serbest radikallere ve serbest radikal türlerine karşı korumaktadır (Lai vd., 2001; Gülçin vd., 2006). Antioksidanlar yaygın olarak kullanılan ve gıdaların oksidatif bozulmalarına karşı gıdayı muhafaza eden maddelerdir (Gülçin vd., 2005). Oksidatif stres, normal bir hücrede pro-oksidan antioksidan dengesi söz konusudur. Fakat bu denge sırasında oksijen türlerinin üretimi arttığında ya da antioksidanların seviyesi azaldığında denge pro-oksidanlara doğru değişkenlik göstermesi durumudur (Sies, 1997; Gülçin, 2012).

Antioksidanlar, birçok kronik hastalığın ilerlemesini engellediği gibi lipid peroksidasyonun oluşum ve gelişiminin önüne geçer. Çoğunlukla oksidasyonda radikal zincir reaksiyonunu önlemek için eklenmekte ve bazı reaksiyona sebep olan oluşum ve ilerleme aşamalarını engelleyerek, oksidasyon olayını geciktirmektedir (Shahidi vd., 1992; Gülçin, 2006). Antioksidanlar, gıdaların düşük konsantrasyonlarında bile okside olmasını erteleyen ve engelleyen maddelerdir (Gülçin, 2020).

Gıdaların antioksidan yeteneklerini göstermek amacıyla, antioksidan kapasitesi ya da antioksidan aktivite kavramları kullanılmaktadır. Aktivite spesifik bir antioksidan ile, oksidan arasındaki reaksiyon sabiti oranı, kapasite ise bir numune ile giderilen radikal miktarının ölçüsüdür (Mac Donald-Wicks vd., 2006; Gülçin, 2012).

Buğdayda bulunan antioksidanlar düşük molekülü, tokoferoller, karotenoidler, fenolik asitler ve lignanlar gibi fitokimyasal maddelerdir. Bu bileşiklerden buğdayın toplam antioksidan aktivitesine en önemli katkıyı fenolik asitler sağlamaktadır (Yu, 2008).

Son yıllarda yapılan çalışmalar da fitokimyasalların antioksidan özellik gösterdiği ve toplam antioksidan aktivitesine doğrudan yarar sağladığını belirlemişlerdir (Adom vd., 2003).

Monosakkarit ve polisakkariti esterleşebilen, aromatik halkaya sahip olup, üzerinde bir veya daha fazla hidroksil grubu bulunduran maddelere fenolik bileşik denir (Shahidi ve Nacz, 1995, Duthie ve Crozier, 2000). Flavanoidler, kumarinler, taninler ve stilbenler fenolik asitler ile yer almaktadır (Dinelli vd., 2009). Bitkisel fenolik miktarları; bitki çeşidine, olgunlaşma derecesine, genotipe ve büyüme koşullarına göre farklılık göstermektedir (Adom vd., 2003; Kim vd., 2006).



Antioksidanlar, serbest radikal tesirlerini gidererek metabolizmayı korumakta, lipid peroksidasyonunu geciktiren ve çoğu kronik hastalıkların gelişmesini önlemektedir (Gülçin, 2012). Böylece güvenli ve alternatif bitki orijinli antioksidanlar seçilmektedir (Skerget vd., 2005; Gülçin, 2012).

Flavonoitlerin en önemli özelliği antioksidan etkilerinin olmasıdır. İçeriğindeki bazı yapıların flavonoit radikallerinin etkinliğini yükselterek antioksidan kapasitesinin artırılabilceği ve lipid peroksidasyonunu metal iyonlarını bağlayarak engellemektedir. Flavonoitler, radikal oluşturma yeteneğine sahip enzim sistemlerini de inaktive etmektedirler (Karakaya ve El, 1997).

Çoğu bitkide, mantarlar, mikroorganizmalar ve hayvan dokularında bile antioksidan doğal olarak bulunmaktadır (Pokorny, 1999). İkincil bitki metabolitleri olan fenolik bileşikler, tüm bitki kökenli gıda ürünlerinde doğal olarak bulunur. Fenolik bileşikler insan ve hayvanların vazgeçilmez bir parçası olduğu bilinmektedir (Gülçin, 2006a). Doğal antioksidanların büyük bir kısmı doğal antioksidanların en önemli gruplarından olan fenolik asitler, flavonoitler ve tokoferollerdir (Gülçin, 2012).

Doğal antioksidanlar en fazla tohumlarda (Gülçin, 2007), yeşil sebzelerde (Gülçin vd., 2004; Gülçin, 2007), baklagiller ve meyvelerde, E vitamini, A vitamini, C vitamini ayrıca bazı B vitamini olan gıdalarda mevcuttur (Gülçin vd., 2005a). Sebzelerde, tohumlarda, kabuklu ve kabuksuz meyve içeriğinde, çiçeklerde, köklerde ve yapraklarda yüksek oranda mevcuttur (Pratt vd., 1990; Gülçin, 2007). Esas olarak doğal antioksidanlar; fenolik bileşikler, flavonoit türevleri, tokoferoller, kumarinler ve askorbik asittir (Gülçin, 2012). Bunların haricinde hemoglobin, miyogloblin, ürik asit, transferin, laktoferrin, glutatyon, ferritin, melatonin, bilirubin ve metiyonin gibi yapılar da gıdalarda bulunan antioksidan özellik gösteren kimyasallardır (Günaydın ve Çelebi, 2003).

Antioksidanlar; serbest radikallerin sebep olduğu oksidasyonları önleyen, serbest radikalleri stabilize etme ve yakalama kapasitesine sahiptirler. Bu yapılar radikaller ile tepkime vererek oluşabilecek yeni radikalleri önleme ve daha zararlı biçimlerine dönüşmelerini engellemektedirler. Bitkisel gıdalarda bolca bulunan fenolik bileşikler de hidrojen verici, tekli oksijen yakalayıcı ve indirgen ajan olmasında dolayı antioksidan görevi gördükleri için fenolik bileşikler de antioksidan olarak bilinmektedir (Koca ve Karadeniz, 2003).

Tokoferoller antioksidan etkiyi, fenolik bir hidrojeni, peroksitlenmiş doymamış bir yağ asidinin peroksi serbest radikaline taşıyarak yapmaktadır. E vitamini, tokotrienoller ve bir grup tokoferolu kapsamaktadır. Bu yapılardan  $\alpha$ -tokoferol yüksek oranda biyolojik aktiviteye sahip ve doğada en fazla bulunan E vitaminidir. Ayrıca lipid peroksidasyonunu E vitamini engellemekte ve oksidatif tepkimelerde oluşan radikallerin etkisini gidermektedir (Flohe ve Traber, 1999).

Birçok araştırmacı yaptıkları çalışmalarda buğdayın yüksek miktarda doğal antioksidanlar içerdiğini ortaya koymaktadır. Buğdayın zengin doğal antioksidan özelliğinden dolayı sağlıklı yaşam ve yeni fonksiyonel gıdaların üretiminde önemli bir yere sahip olduğunu tespit etmişlerdir (Decker vd., 2002; Yu, 2008).

Antioksidanlar, gıdaların ve tüketicilerin reaktif oksijen ve nitrojen(azot) türü gibi serbest radikallerin oksidatif hasarlarına karşı koruyucu maddelerdir. Antioksidanların önemli kaynağı bitki kökenli olduğu için diyet ile alınmış olan bu antioksidanlar çoğunlukla fitokimyasal antioksidanlardır. Gıda içeriğindeki doğal antioksidan formları; serbest radikal bağlayıcı, indirgen ajan, singlet oksijen tutucu yapıların bir ya da bir kısmı ile antioksidan tesirini gösterirler (Lee vd., 2004). Antioksidanlar tümör gelişimini, serbest radikaller ile tepkime vererek engellemektedir (Başer, 2002). Besinlerin antioksidan biyoyararlılığı ve antioksidan içerikleri, yetiştirme zamanı ve yöntemlerine, gıdanın cinsine, depo ve muhafaza koşullarına sıcaklığına, nemine, iklim şartlarına ve kişilerin ve toplumun tüketim tarzına göre farklılık göstermektedir (Cornelli, 2019; Moure vd., 2001).

Canlı hücrelerde ya da lipid içeren besinlerde oksijenle birlikte tat, koku ve renginde oluşan değişime oksidasyon denilmektedir (Sizer ve Whitney, 1997; Gür ve Altuğ, 2001). Antioksidanlar, gıdaların oksidasyon tepkimelerini önleyip ya da yavaşlatarak yağ asidi zinciriyle serbest radikaller arasında karmaşık bir yapı kurup radikal zincirine son verir veya lipid oksidasyonunda yapısında serbest radikal bulunduran yağlara elektron ya da hidrojen vererek radikal zincirine son vermektedir. Antioksidanlar, yapılarındaki elektronları verip serbest radikalleri etkisiz hale getirirken kendi yapılarını da serbest radikallere dönüştürmezler. Böylelikle iki şekilde de kararlı yapıdadırlar (Anıl, 2006; Güleşçi ve Aygöl, 2016).

Antioksidanlar dört farklı şekilde oksidanların tesirlerini yok etmektedir.

1. Süpürme etkisi: Oksidanları daha zararsız bir moleküle çevirerek etkisiz hale getirmektedir. Mikro moleküller ve antioksidan enzimler bu şekilde etki etmektedir.
2. Söndürme etkisi: Oksidantlara tek hidrojen aktarımı yaparak etki etmektedir. Flavonoidler, vitaminler, mannitol ve timetazidin.
3. Ağır mineraller, hemoglobin ve serüloplazmin gibi oksidanları kendilerine düğümleyerek inaktive etmektedir.
4. Onarma etkisi: Oksidatif zarara uğramış yapıları onararak etkisiz hale getirmektedir (Gökpinar vd., 2006).

Han (2012), antioksidanları Çizelge 1.2.'deki gibi sınıflandırmaktadır.

Çizelge 1.2. Antioksidanların sınıflandırılması

<b>Antioksidanlar</b>			
<b>Endojen Antioksidanlar</b>		<b>Ekzojen Antioksidanlar</b>	
<b>Enzimler</b>	<b>Küçük moleküller</b>	<b>Doğal</b>	<b>Sentetik</b>
Peroksidaz	Melatonin	Karotenler	BHA
Süperoksit dismutaz	Adrenalin	Fenoller	BHT
Katalaz	Noradrenalin	Tokoferoller	Troloks
Glutasyon redüktaz	Glutasyon	C vitamini	Propilgallat
Glutasyon peroksidaz	Serotonin	Flavonoidler	TBHQ

Gıda sanayisinde BHT ve BHA antioksidanları lipid peroksidasyonunu engellemek için kullanılmaktadır (Rehman vd., 2004). Sentetik antioksidanlar, balık ve balık ürünlerinin depolanması ve işlenmesi sırasında oluşan renk değişimlerinin azaltılması için kullanılmaktadır (Lee, 2005; Jittrepotch vd., 2006). Sentetik antioksidanlar gıdalarda oksidatif hasarı engellemek için kullanılmaktadır. Sentetik antioksidanlar ucuz, stabil ve çok fazla etkin olmalarına karşın, ağır yan etkilerinden dolayı kullanımında dikkatli olunmalıdır (Rish ve Ho, 1997). Geniş kullanım alanına sahip olmasına rağmen bazı sentetik antioksidanların kansere neden olması ve toksik tesir göstermesinden dolayı kullanımları sınırlandırılmıştır. (Topal, 2014). Genellikle farmakoloji ve gıda sanayinde kullanılan sentetik antioksidanlar, gıdalarda sıvı ve katı yağların çözünürlüğünü yükseltmek amacıyla alkoller ile yer değiştirirler (Gülçin, 2012).

BHA, BHT, propil gallat PG ve TBHQ en fazla kullanılan fenoliklerdir. Farmakoloji ve gıda tatbiklerinde bu sentetik antioksidanlar kullanılmakta ayrıca sıvı ve katı yağların resolüsyonunu artırmak için alkoller ile yer değiştirmektedirler (Hudson, 1990). BHA ve

BHT kullanımı kanserojen ve toksik etkilerinden dolayı yasal dayanaklarla sınırlı tutulmuştur (Wichi, 1988; Sherwin, 1990). Bu nedenle gıda tatbikleri için güvenli ve doğal antioksidanlar ön plana çıkmakta ve doğal antioksidanların tüketiciler tarafından tercih edilmesi ile antioksidan kaynaklarını bulmak için girişimler hız kazanmıştır (Gülçin, 2006a, 2007).

Genellikle, fazla miktarda E vitamini bulanan gıdalar, kepekli tahıllar, bitkisel yağlar ve kabuklu yemişlerdir. Burada en önemli antioksidan olan  $\alpha$ -tokoferol, yağda çözünen ve lipid peroksidasyonunu azaltan bir antioksidandır (Godbout vd., 2004).

Sentetik antioksidanların toksikolojik etkinliği çokça test edilmiş fakat kimilerinin aktiviteleri yüksek basınçta ve uzun süre kullanılmasıyla etkilerini göstermektedir (Thompson ve Moldeus, 1988). Bu yüzden doğal ve sentetik antioksidanlar karşılaştırıldığında, doğal antioksidanlar daha fazla güvenli ve sağlıklı olduğu bilinmektedir (Valenzuela ve Nieto, 1996). Profilaktik etkisi sayesinde hastalıkların oluşum riskini en aza indiren doğal antioksidanlar, bu özelliği ile çoğu araştırmacının antioksidan aktivite gösteren maddelerin araştırılmasına yönelik çalışmaları arttırmıştır. Bitkisel yapıların metabolizması sonucunda oluşan fenolik bileşiklerin kimyasal yapılarından dolayı yüksek antioksidan aktiviteye göstermektedir. Bu yüzden güvenilir ve doğal olması itibariyle bitki kökenli antioksidan kaynaklarına gereksinim olduğundan son dönemlerde doğal antiokssidanlara daha fazla ilgi duyulmuştur (Prieto vd., 1999).

Gülçin (2011), sentetik ve doğal antioksidanlar Çizelge 1.3.'deki gibi karşılaştırılmaktadır.

Çizelge 1.3. Sentetik ve doğal antioksidanların özellikleri

<b>Doğal Antioksidanlar</b>	<b>Sentetik Antioksidanlar</b>
Pahalıdırlar	Ucuzdurlar
Bazı ürünlerin kullanımlarında sınırlandırılmıştır	Uygulama alanı geniştir
Çözünebilirlik alanları geniştir	Suda çözünürlükleri düşüktürler
İlgi artmaktadır	İlgi azalmaktadır
Tamamıyla metabolize olurlar	Bazıları adipoz dokuda depolanmıştır
Talep ve kullanımları artmaktadır	Bazılarının kullanımı yasaklanmıştır
Antioksidan aktiviteleri orta seviyededir	Yüksek antioksidan aktiviteye sahiptirler
Zararsız maddeler olarak bilinir	Güvenlikle ilgili endişeler artmaktadır

### 1.5. Fenolik Bileşikler

Doğal antioksidanların en önemli grubu fenolik bileşiklerdir (Shahidi vd., 1992; Moure vd., 2001). Bu yapılar tahıllar olarak bitkisel gıdalarda, meyve, sebze ve baharat gibi gıdalarda bolca bulunur (Katiyar ve Mukhtar, 1997; Gülçin, 2007). Fenolik bileşikler, koroner kalp yetmezliğini engellemektedir (Rauha vd., 1999; Summanen vd., 2001). Ayrıca fenolik bileşikler, derideki kırışıklıkları ve yaşlanmayı geciktirmektedir (Gutierrez vd., 1989).

Fenolik bileşikler, bitkilerde genellikle patojen ve böcek saldırısı, UV radyasyonu ve yaralanma gibi ekolojik ve fizyolojik baskılara yanıt olarak sentezlenir. Bitki fenolik bileşikleri, moleküldeki fenol birimlerinin sayısına göre basit fenoller veya polifenoller olarak sınıflandırılır. Bu nedenle, bitki fenolikleri, basit fenoller, kumarinler, ligninler, lignanlar, yoğunlaştırılmış ve hidrolize edilebilir tanenler, fenolik asitler ve flavonoidler olarak sınıflandırılmaktadır (Khoddami vd., 2013).

Fenolik bileşiklerin bitkilerdeki antioksidan etkileri redoks yapılarından olduğu bilinmektedir. Bu yüzden singlet oksijen önleyiciler ve metal şelatörü, hidrojen vericiler, indirgeyici ajanlar ve yapıcılar etkili olmaktadır (Shahidi ve Naczk, 1995; Packer vd., 1999). Fenolik bileşikler, aromatik halkalarındaki hidroksil gruplarında bulunan hidrojeni vererek proteinler, lipidler ve karbohidratların serbest radikallerin neden olduğu oksidasyonu bu yolla önlemektedir (Burda ve Oleszek, 2001). Oksidatif zararlara karşı metabolizmanın direncini artırmak için fenolik bileşikler büyük öneme sahiptir (Gülçin, 2012). Lipid peroksidasyonunun hasarlarına karşı da rol oynamaktadır (Gülçin, 2007).

Son dönemlerde yapılan çalışmalarda bitkilerde bulunan polifenolik bileşiklerin antioksidan etkisi askorbik asit ve E vitaminine kıyasla daha yüksek antioksidan etkiye sahip olduğu görülmüştür (Rene vd., 2001). Trombositler ve düşük dansiteli lipoproteinlere de fenolik maddelerin etkisi olduğu tespit edilmiştir. Böylelikle kalp-damar hastalıklarının da risk teşkil eden faktörleri çoğunlukla aza indirmektedir (Poyrazoğlu vd., 2002).

Polimerik polifenoller basit monomerik fenolikler ile kıyaslandığında, polimerik polifenollerden daha fazla antioksidan etkiye sahip olduğu ayrıca basit fenoller sayesinde peroksit radikalleri yok etmek için hidroliz olabilen taninler de az da olsa antioksidan aktiviteye sahip olduğu belirtilmiştir (Hagerman, 1998).

Çoğu araştırmacı fenolik bileşiklerin antialerjik, antipatojenik, antidiyabetik, antienflamatuar, antiviral, antirombotik ve antimikrobiyal gibi çoğu biyolojik aktivite gösterdiğini tespit etmişlerdir (Macdougall, 2002; Aras, 2006). Fenolik bileşikler, antioksidan olarak kalp hastalıkları, kanser, katarakt, Alzheimer ve göz hastalıkları gibi birçok hastalığı engellemektedir (Bakkalbaşı, 2009).

Lipid kaynaklı radikallere fenolik antioksidanlar,  $H^+$  vererek lipid oksidasyonu başlatırlar. Alkoksil ( $RO\cdot$ ) ve lipid peroksi ( $ROO\cdot$ ) radikalini parçalar ve böylece lipid peroksidasyon zincir tepkimesini bitirmektedir. Reaksiyon sonucunda oluşan fenoksi radikali zincir reaksiyonuyla hızlı bir oksidasyona bırakılmamalı ya da yeni oluşabilecek serbest radikal oluşumu engellenmelidir. O yüzden fenolik antioksidanlar muhteşem  $H^+$  ve  $e^-$  donörleridir (Shahidi vd., 1992; Tüzün, 1996).

Fenolik bileşikler, bitki ve bitki orijinli gıdalarda bulunan ikincil metabolitlerdir. Fenolik bileşikler insan ve hayvan diyetlerinden alınması zorunlu olduğu bilinmektedir. Bu bileşikler doğal antioksidanların en önemli grubudur (Gülçin, 2012).

Flavonoidler, bitki dokularında yaygın olarak dağılan en yaygın fenoliklerden bazılarıdır ve sıklıkla mavi, mor, sarı, turuncu ve kırmızı renklerinden karotenoidler ve klorofillerin yanında sorumludur (Khoddami vd., 2013).

Bitkilerin antioksidan özellikleri flavonoidler, sinamik asit ve benzoik asit türevleri, kumarinler fenolik bileşikler grubundadır. Bu bileşikler beslenme açısından önemlidir. Bu özelliğinden dolayı biyoflavonoid olarak da bilinmektedirler. Dolaşım sisteminde geçirgenliği, kan basıncını düşürdüğü ve düzenleyici olmasından dolayı çeşitli kaynaklarda P vitamini veya P faktörü (permeabilite faktörü) denilmektedir (Saldamlı, 2007).

Fenolik asitlerin farklı varyasyonlarının öğütme kısımlarındaki dağılımı homojen değildir. Fenolik asitler buğdayın kepek fraksiyonunda daha çok bulunmaktadır. Bu yüzden buğday kepeğindeki fenolik asit miktarının tespit edilmesi için çalışmalar yapılmaktadır (Menteş-Yılmaz, 2011).

Fenolik bileşiklerin en etkin doğal antioksidan olduğu, antioksidan tesirlerini metallerle şelatlar oluşturmaları, lipoksijenaz enzimini inhibe etmeleri ve serbest radikalleri bağlamaları ile göstermektedirler (Gök ve Serteser, 2003; Nichenametla vd., 2006).

Bitki orijinli çoğu gıda, en yüksek oranda antioksidan içeren fenolik fitokimyasalları içerir ve bu bileşikler oksidatif hasarlara karşı vücudu korumaktadır. Fenolik bileşikler gıdaları korumakla birlikte vücuda antioksidan madde alımı yapmaktadır. Bitki orijinli fenolik maddeler; flavonoidler, fenolik asitler, lignanlar ve stilbenlerdir. Bu bileşiklerden antioksidan etki içerenler, flavonoidler ve fenolik asitlerdir. Antioksidan aktiviteye sahip flavonoidler, diyetle alınan antikarsinojen özellikteki yapısıyla önem taşımaktadır (Kim ve Lee, 2004; Scalbert vd., 2005; Anıl, 2006; Fernandez-Pancho vd., 2008).

Fenolik maddelerden antioksidan aktivite gösteren maddeler; buğday kepeği fenoliği, yer fıstığı flavonoidleri, pirinç dış kabuğu fenoliği, yulaf fenoliği, soya fasulyesi fenolik asitleri, susam tohumu fenoliği, biberiye fenolikleri, çay fenolikleri ve izoflavon glikozitleridir (Anıl, 2006).

Buğday içeriğindeki fitokimyasal maddeler (karotenoidler, fenolik bileşikler ve E vitamini) sayesinde doğal olarak bulunan besinsel antioksidanlardır. Bu yapılar aktif bileşikler olup yüksek antioksidan aktiviteye sahip oldukları için canlılarda çoğu kronik hastalığın ilerlemesini geciktirir ya da önlemektedir (Menteş-Yılmaz, 2011).

Tahıllarda, meyve ve sebzelerde bulunan fonksiyonel olan yapılar (antioksidanlar ve fenolik bileşikler); metabolizma çalışmaları veya vücudun dış faktörlerden (alkol, stres, sigara, zararlı bazı ışınlar, hava kirliliği vb.) etkilenecek reaktif oksijen türlerinin (ROS) oluşmasına neden olan bu faktörlere karşı mücadele ederler. Vücuda önemli hasarlar veren bu yapılar; dış orbitallerinde bir ya da birden fazla ortaklaşmamış elektronu bulunan kararsız, yüksek enerjili yapılardır. Ortaklaşmamış elektronlar serbest radikallere reaktif özellik vererek lipid, protein, nükleotid enzimler ve DNA gibi yapılara zarar vermektedir. Bu yapılar, kanser, yaşlanmayı artıran dejeneratif hastalıklar ve kalp damar hastalıklarına neden olmaktadır (Koca ve Karadeniz, 2003).

## **1.6. Serbest Radikaller ve Etkileri**

Serbest radikaller, kararsız, ortaklanmamış elektronu bulunan atom, atom grupları ya da moleküllerdir. Ortaklanmamış elektronlarından dolayı reaktif özellik gösterir ve etrafındaki molekül ve atomlara saldırılmaktadır. Uzun ömürlü olmamalarına karşın radikal özellik göstermeyen maddelerle tepkimeye girerek o maddeleri de serbest radikal yaparak bazı zincir reaksiyonlarına neden olurlar (Gülçin, 2020). Serbest radikaller, biyolojik

düzenlerde en çok elektron transfer zinciri ile oluşmaktadır. Oksijenden oluşan radikaller en önemli olanlarıdır (Gülçin, 2012). Oksijen, hidrojen ve karbon ile zengin gıdaları okside ettiği gibi solunum için de gereklidir (Yanbeyi, 1999). Moleküler oksijenin solunumda toksik bir aktivitesi bulunmamasına karşın, reaktif oksijenlerin oluşması ve bu türlerin metabolizmaya zarar vermesi anlaşılmış değildir (Sies, 1997). Enzimatik bazı reaksiyonların da serbest oksijen radikallerinin oluşmasına sebep olmaktadır (Stahl ve Sies, 2002).

Oksijen, yaşam için büyük önem taşıyan, solunum olayında organik maddeleri oksitlenmesinde, gaz, kömür, odun gibi maddelerin yanması gibi özelliklere sahiptir. Oksijen, atmosferde %21 oranında bulunmaktadır. Elektron transport zincirinde (solunum zinciri), vücudumuzda bulunan oksijenin %90'ından fazlasını kullanmaktadır. Oksijenin kalanını da %5-10'unu da oksijene ihtiyaç duyulan reaksiyonlar kullanmaktadır. Elektron transport zincirinde moleküler oksijen, yakıtlar (yağ asidi, aminoasitlerin karbon iskeleti ve glikoz) sonunda çıkan  $FADH_2$  ve  $NADH$ 'dan alıp suya indirgemektedir. ATP'nin yüksek enerjili fosfat bağına dönüşmesi oksijen molekülünün kuvvetli oksitleyici gücünün olmasından kaynaklanmaktadır (Bulkley, 1983).

Hücre içinde oksijenin suya redüksiyonu için 4 elektrona ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sırada hücre ihtiyaç duyduğu enerjiyi sağlamaktadır. Oksijenin %98'i suya redüksiyonu gerçekleşirken kalan %1-2 de reaktif oksijen oluşmaktadır. Reaktif oksijen ve serbest radikal türlerinden hidroksil radikali ( $OH^\cdot$ ), hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ) ve süperoksit anyon radikali ( $O_2^{\cdot-}$ ) oluşmaktadır (Southorn, 1988; Öztürk-Sarıkaya, 2009).

Serbest radikallerden nitrik oksit, çok reaktif özelliği olan serbest radikaldır. Ortaklanmamış elektronu olduğundan radikal özellikte olup süperoksit ve oksijen radikalleri ya da bakır, manganez, demir ve kobalt gibi elementlerle reaksiyon verirler (Stamler vd., 1992). NO, az miktarda bile çok fazla fizyolojik etkiye sahiptir. Bu özellik diğer radikallerden farklı olduğunu gösterir. Fazla miktarda NO hücre yapılarına büyük hasarlar vermektedir (Steven, 1995).

Oksijen türlerinden serbest radikal olmayan türler singlet oksijen ( $^1O_2$ ), hipoklorik asit ( $HOCl$ ), ( $H_2O_2$ ), nitrik oksit ( $NO^\cdot$ ), peroksinitrit ( $ONOO^\cdot$ ) ve ozon ( $O_3$ ) türleridir. Reaktif oksijen türleri ise, hidroksil ( $OH^\cdot$ ) ve süperoksit anyon radikali ( $O_2^{\cdot-}$ ) radikalleridir (Gülçin 2012). Reaktif oksijen türleri, membranda kolay bir şekilde var olan lipidlerin



peroksidasyonunu başlatıp lipid peroksit birikimine neden olurlar. Serbest oksijen radikalleri normal olaylarda her zaman oluşmaktadır (Halliwell, 1994; Gülçin vd., 2003a).

Gülçin (2012), reaktif oksijen ve reaktif nitrojen türleri Çizelge 1.4.’teki gibi tanımlanmaktadır.

Çizelge 1.4. Reaktif oksijen (ROS) ve reaktif nitrojen (RNS) türleri

Reaktif oksijen türleri	Sembolü	Serbest olmayan radikal türleri	Sembolü
Süperoksit radikali	$O_2^{\cdot-}$	Hidrojen peroksit	$H_2O_2$
Hidroksil radikali	$HO^{\cdot}$	Singlet oksijen	$^1O_2$
Hidroperoksi radikali	$HOO^{\cdot}$	Ozon	$O_3$
Lipid radikali	$L^{\cdot}$	Lipid hidroperoksit	$LOOH$
Lipidperoksi radikali	$LOO^{\cdot}$	Hipoklorit	$HOCl$
Peroksi radikali	$ROO^{\cdot}$	Peroksinitrit	$ONOO^{\cdot}$
Lipid alkoksil radikali	$LO^{\cdot}$	Nitrilklorür	$NO_2Cl$
Nitrojen dioksit	$NO_2^{\cdot}$	Nitrikasit	$HNO_2$
Nitrik oksit	$NO^{\cdot}$	Dinitrojen trioksit	$N_2O_3$
Nitrosil katyon	$NO^+$	Peroksinitrik asit	$ONOOH$
Protein radikali	$P^{\cdot}$	Nitrik oksit	$N_2O$

Antioksidan ve oksidan düzeni arasındaki dengenin bozulmaması için, hücre ve dokuların normal fonksiyonlarını yerine getirmesi ve yapısal bütünlüğü önemlidir. Bu denge bozulduğunda serbest radikaller oluşarak protein, lipid, karbohidrat ve nükleik asit gibi moleküllere oksidatif zararlara neden olurlar (Gülçin vd., 2003; Serafani ve Del Rio, 2004).

Hücre ve dokularda serbest radikallerin oksidatif hasarları şöyle sıralanabilir.

- Lipid peroksidasyonu ve membran yapısının hasar görmesi
- Proteinlerde yapısal zararlanmalar
- Membran proteinlerinde zarar ve membran transport düzeninin bozulması
- Enzim aktivitelerinde ve lipid metabolizmasındaki farklılıkların oluşması
- DNA’ nın hasarı ve mutasyonu
- Yaş pigmenti ve steroid denilen bazı bileşiklerin birikimi
- Nükleotit yapısındaki koenzimlerin yıkımı

- Mukopolisakkaritlerin yıkımı (Kehre ve Smith, 1994; Halliwell ve Gutteridge, 1999).

Bu hasarlar, hipertansiyon, kanser, yaşa göre bağışıklık sisteminin yetersizliği ve biyolojik yaşlanma gibi çoğu hastalığa neden olmaktadır. Şu anda çoğu hastalığın belli bir dereceye kadar oksidatif strese bağlı olduğu bilinmektedir. Organizmada antioksidan ve prooksidan dengenin bozulması oksidatif stres olarak tanımlanır (Çakatay ve Kalaylı, 2006; Gülçin, 2007).

Kimyasal bileşikler, iki ya da daha fazla elementlerin kendi aralarında bağ oluşturmalarıdır. Aralarındaki bu bağlar negatif yüklü elektronlar ile bağlanmıştır. Bu elektronların sarılımı bileşiğe kararlılık sağlamaktadır. Elektronları eşleşmiş olan bileşikler kararlı, eşlenmemiş ise bileşikler reaktif ve daha kararsızlardır. Böyle ara ürünlere serbest radikaller denmektedir. Serbest radikaller kararlı hale geçmek için farklı bir bileşikten elektron alarak kararlı hale geçer ve o bileşiği serbest radikale çevirir. Bu zincirleme reaksiyonlar antioksidanlar etki edene kadar sürmektedir (Gökpınar vd., 2006).

OH<sup>•</sup> radikali, DNA, protein ve yağ asitlerine büyük hasar veren çok aktif oksijen orijinli bir radikaldir (Aruoma, 1998). Lipid peroksidasyonu, OH<sup>•</sup> radikalının en etkili olduğu biyolojik hasardır. Ayrıca süperoksit gruplarının hasar vermemesini sağlar (Kaya vd., 1998). Metabolizma içindeki serbest radikal etki ile membranda bulunan doymamış yağ asidi zincirinden tek hidrojen atomu çıkarılmasıyla lipid peroksidasyonu başlamakta ve bu zincir reaksiyonu çok zararlı olmaktadır. Bu yüzden yağ asidi zinciri de lipid radikal özellik gösterir. Lipid peroksidasyonu, dolaylı yoldan reaktif aldehytler üretilip membran yapısına ve farklı hücre yapılarına zarar vermektedir. Çoğu hastalığa, hücre ve doku zararlarına sebep olmaktadır (Basaga, 1990).

Reaktif oksijen türleri canlı yapılarda değişik şekillerde oluşmaktadır. Bu yapılar ekzojen ve endojen olarak iki farklı gruptandır. Endojen yapılarda en önemli reaktif oksijen türü kaynağı peroksizomlardır. Ekzojen yapılar ise organik çözücüler, sigara dumanı, pestisitler ve çevresel kirlenimlerdir. Hücre içindeki reaktif oksijen türlerinin oksijenli solunum reaksiyonlarında mitokondrinin iç membranında üretilmesi yapılmaktadır. Bu yüzden endojen yapıların %90'dan fazlası Elektron transport zinciri (ETS)'nde oluşmaktadır. NADPH oksidaz ve ksantin oksidaz enzim yapıları da az miktarda reaktif oksijen türleri üretir (Wei ve Pang, 2005; Meral vd., 2012).

Annakkaya (2012), ekzojen ve endojen kaynaklı serbest radikalleri Çizelge 1.5.'deki gibi gruplandırmıştır (Annakkaya, 2012).

Çizelge 1.5. Ekzojen ve endojen kaynaklı bazı serbest radikaller

<b>Endojen Kaynaklar</b>	<b>Ekzojen Kaynaklar</b>
Oksidatif reaksiyonlar	İlaçlar
Otooksidasyon reaksiyonları	Diyet faktörleri
Mitokondrial ETS	Zararlı ışınlar
Bazı enzimler	Sigara dumanı
Redoks reaksiyonları	Pestisitler
Araşidonik asit metabolizması	Organik çözücüler

Hücre içinde önemli derecelerde radikaller oluşmakta ve bu yapılar 3 ana mekanizma ile oluşmaktadır:

1. Kovalent bağ yapmış bir molekülün her bir kısmında elektronların bağı oluşturan atomlara birer elektron düşecek şekilde bağın kopması.
2. Normal bir molekülün sadece bir elektron kaybederek ya da bir molekülün bir bağdaki elektronların tümünün bir atomda kalacak şekilde bağın kopması.
3. Bir moleküle sadece bir elektron katılması sonucunda oluşmaktadır (Meral vd., 2012).

Solunum yapan canlılarda serbest radikal oluşumunu moleküllere verdiği hasarı engellemek ve düzenlemek için antioksidan savunma sistemleri geliştirilmiştir. Bazen bu savunma sistemleri serbest radikallerin verdiği hasarların önüne geçemeyerek oksidatif stres oluşturlar. Serbest radikaller yağ oksidasyonu, UV ışınları, radyasyon, sigara, ilaçlar, alkol, stres ve immunolojik reaksiyonlar sonucunda oluşmaktadır (Gülçin, 2012).

### **1.7. Çalışmanın Kapsamı**

Bu çalışma kapsamında, Gümüşhane koşullarında 2013-2014 ve 2014-2015 yetiştirme mevsimlerinde; organik ve konvansiyonel olarak farklı yetiştirme koşullarında yetiştirilmiş olan bazı kışlık ekmeklik buğday genotiplerinin antioksidan aktiviteleri

belirlenerek; farklı yetiştirme mevsimleri ve yetiştirme koşullarının, ekmeklik buğdaydaki antioksidan kapasitesi değişimine etkileri araştırılmıştır. Antioksidan aktivitelerinin belirlenmesinde, toplam flavonoit bileşik miktarı, toplam fenolik bileşik miktarı,  $\text{Cu}^{2+}$ - $\text{Cu}^{+}$  indirgeme kapasitesi (CUPRAC metodu), 1,1-Difenil 2-pikril hidrazil (DPPH) ve 2,2-Azino-bis (3-etilbenzo-tiyazolin-6-sulfonik asit) (ABTS) radikali giderme aktivitesi analizleri yapılmıştır.

### **1.8. Çalışmanın Amacı**

Bu çalışmada, Gümüşhane koşullarında farklı yetiştirme mevsimlerinde yetiştirilmiş bazı kışlık ekmeklik buğday genotiplerinin organik ve konvansiyonel koşullar altında kepek ve un fraksiyonlarının antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Liu, (2007) yaptığı bir çalışmada tahıl ve tahıl ürünlerinin besleyici özelliğinin yanı sıra insan sağlığı için koruyucu olduğunu tespit etmişler ve hem çözünür hem de çözünmeyen liflerin, sindirim sistemini olumlu etkilediğini, çözünebilir liflerin diyabet riskini azaltıp, kardiyovasküler hastalıklara karşı koruyuculuğunu vurgulamıştır.

Yapılan araştırmalarda, buğday kepeğinin daha yüksek oranda antioksidan özellik gösterdiği, buğday ve fraksiyonlarının (kepek, un) farklı antioksidan kapasitelere sahip olduğu belirtilmiştir (Liyana-Pathirana ve Shahidi, 2007).

Fenolik bileşiklerin tahıl ve tahıl ürünlerinin dış kısımlarında bulunduğu için buğday kepeğinin toplam fenolik içeriği açısından daha zengin olduğu beklenmektedir. Organik buğday kepeği, geleneksel buğday kepeği ile karşılaştırıldığında daha yüksek IDF ve TDF içeriğine ve toplam fenolik içeriğine sahiptir. Kepek içerisindeki toplam fenolik miktarının değeri 3406-6702 mg GAE kg<sup>-1</sup> aralığında olduğu bulunmuştur. DPPH yöntemi ile belirlenen ROS giderme aktivitesi bakımından, geleneksel olarak üretilen kepekte; organik kepeğe göre, istatistiksel olarak önemli olmamakla birlikte daha yüksek antioksidan aktivitesine sahip olduğu gözlenmiştir (Čukelj vd., 2015).

Branković vd. (2015) yaptıkları bir çalışmada, yüksek sıcaklığın, 2011-2012 yetiştirme mevsiminde ekmeklik buğdaydaki toplam çözünür fenolik bileşiklerde 2010-2011'e kıyasla %17.6 ve durum buğdayında %10.4 oranında artışa neden olduğunu bildirmişlerdir.

İklim, Genotip  $\times$  Çevre etkileşimine neden olan tarım ürünlerinin kalitesini etkileyen faktörler kompleksidir. Sıcaklık ve yağış seviyelerindeki değişiklikler, bitkilerdeki fizyolojik süreçleri etkiler (Olesen vd., 2011).

Bahar, (1999) yaptığı bir çalışmada, ekmeklik ve makarnalık buğday üretiminde istenilen kalitede ürün eldesinde; yetiştirme teknikleri, çeşit, yağış, sıcaklık ve toprak gibi çevre şartlarının etkisinin olduğunu ve başakta çimlenme olayının da ürün kalitesini etkileyen unsurlar arasında olduğunu bildirmiştir.

Stracke vd. (2009), iklim faktörlerinin buğday tanesindeki karotenoidler ve fenolik asit konsantrasyonları üzerinde, üretim yöntemlerinden (organik ve konvansiyonel) daha büyük bir etkiye sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Guo vd. (2011) yaptıkları bir çalışmada çeşit ve yetiştirme ortamının Tatar karabuğdayın fenolikleri ve antioksidan özellikleri üzerinde dikkate değer etkileri olabileceği varsayımında bulunmuşlardır. Antioksidan aktivite için yetiştirme ortamı, % 40-77 arasında değişen toplam varyansın en yüksek oranına katkıda bulunurken, çeşit % 31-33 ve çeşit  $\times$  s(yetiştirme ortamı) % 20-77 oranında katkıda bulunmuştur. Yetiştirme ortamı, tartar karabuğday unu için bazı antioksidan özellikleri etkileyen önemli bir faktör olabileceğini bildirmişlerdir. Fenolik veriler için yetiştirme ortamı, toplam varyansın en yüksek oranına katkıda bulunarak % 6 - 79 arasında değişmiştir, çeşit ve çeşit  $\times$  yetiştirme ortamı sırasıyla % 3.5 - 75 ve % 5.8 - 71 arasında değişmiştir. Tartary kara buğdayının antioksidan özellikleri ve yüksek fenolik içeriği ile sağlık yararları sağlama potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

Vaher vd. (2010), kışlık ve yazlık buğday çeşidi ile bu çeşitlerin kepek, un kısımlarında bulunan fenolik asit kompozisyonlarını kapiler elektroforez ile saptamışlardır. Bütün kompozisyonlarda ferulik asidin baskın olduğu belirlenmiş; sinapik, siringik, vanilik ve p-kumarik asitlerin sırayla izlediğini gözlenmiştir. Sadece kafeik asit yazlık buğday türünde görülmüştür. Araştırmacılar; ferulik asidin un, kepek ve tam buğday da sırayla  $14.4 \mu\text{g g}^{-1}$ ,  $268.9\text{-}532.4 \mu\text{g g}^{-1}$  ve  $132.8\text{-}154.0 \mu\text{g g}^{-1}$  aralığında belirlemişlerdir.

Fares vd. (2012), tarım sistemlerinin, bitki içindeki biyoaktif maddelerin gelişimini belli bir düzeyde etkilediğini belirtmişlerdir. Organik tarım sisteminde, gübreler gibi sentetik koruyucuların bulunmaması, bitkilerin organik üretim sırasında ortaya çıkan daha güçlü çevresel strese cevaben daha fazla biyoaktif madde üretmesini sağlayabilir kanısına varmışlardır.

Buğdayın çiçeklenme evresinden sonra, iklimsel faktörler önce tane büyüklüğünü ve bileşimini etkilemektedir. (Semenov vd., 2014). Bitkilerdeki ikincil metabolitler, fenolik bileşikler, ROS-süperoksit anyon, hidroksil ve peroksi radikallerini ve ayrıca karışık N-oksijen türlerini içeren (RNS) nitrik oksit ( $\text{NO}^{\cdot}$ ), peroksinitrit ( $\text{ONOO}^{\cdot}$ ) içeren yapılar dejeneratif hastalıklar-kalp hastalığı ve kansere karşı koruyucu role sahiptir (Dykes ve Rooney, 2007).

Feng vd. (2007), yaptıkları bir çalışmada ay bazında toplam düşük yağışların ve ortalama yüksek sıcaklıkların ekmek ve makarnalık buğdaydaki toplam fenolik bileşiklerini olumsuz etkilediğini bulmuşlardır.

Liyana-Pathirana ve Shahidi, (2006a) yaptıkları bir araştırmada, sert ve yumuşak buğday ile buğdayın öğütülmesi sonucunda konjuge, serbest ve bağlı fenolik bileşik formları ve antioksidan aktiviteleri tespit edilmiştir. DPPH yöntemi ile de yumuşak ve sert buğdayların kepek, un ve tüm tane fraksiyonlarından elde edilen bağlı fenolik bileşiklerin antioksidan aktiviteleri 486.0-502.2, 12.5-16.0 ve 249.5-288.9  $\mu\text{mol TE g}^{-1}$  yağsız örnek, serbest fenolik bileşiklerin antioksidan aktiviteleri 41.1-44.3, 1.4-3.0 ve 10.4-12.4  $\mu\text{mol TE g}^{-1}$  yağsız örnek aralığında olduğu tespit edilmiştir. Kepek ve tüm tanenin DPPH radikallerini giderme kapasitesinin undan sırasıyla 25.9-32.9 ve 13-14.9 kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Adom ve Liu (2002), buğdayın antioksidan aktivitesini belirlemek için yaptıkları bir çalışmada, buğdayın serbest, bağlı ferulik asit miktarı ve çözünür konjuge miktarlarını sırası ile 0.57, 329.60, 3.27  $\mu\text{mol 100g}^{-1}$  buğday şeklinde belirlemişlerdir.

Adom vd. (2003), 11 ekmeklik buğday çeşidinin toplam antioksidan aktivitelerini ve fitokimyasal içeriklerini tespit etmek için yaptıkları bir araştırmada, toplam antioksidan aktivitelerinin 36.9 $\pm$ 1.5 ile 51.2 $\pm$ 5.9  $\mu\text{mol vitamin C eşdeğeri 100 g}^{-1}$  arasında olduğu ve ayrıca toplam fenolik madde miktarının 709.90 $\pm$ 20.70 ile 859.96 $\pm$ 47.02  $\mu\text{mol GAE 100 g}^{-1}$  aralığında olduğunu belirlemişlerdir.

Liyana-Pathirana ve Shahidi, (2006) yaptıkları çalışmada; kışlık buğday türlerinin ve öğütme fraksiyonlarının (embriyo, kepek, un ve elek üstü artıklar) antioksidan özelliklerini tespit etmişler. Toplam fenol içerikleri bakımından sert tane özelliği olan buğday çeşitlerinin ortalama toplam fenol içeriği değerlerinin; embriyoda 62.8  $\text{mg g}^{-1}$ , tam tanede 40.6  $\text{mg g}^{-1}$ , unda 15.9  $\text{mg g}^{-1}$ , elek üstü artıklarda 42.3  $\text{mg g}^{-1}$  ve kepekte 59.4  $\text{mg g}^{-1}$  değerlerinde, yumuşak tane özelliğinde olan buğday çeşitlerinin unda 24.1  $\text{mg g}^{-1}$ , kepekte 66.9  $\text{mg g}^{-1}$ , embriyoda 70.8  $\text{mg g}^{-1}$ , elek üstü artıklarda 49.3  $\text{mg g}^{-1}$  ve tam tanede 46.9  $\text{mg g}^{-1}$  olduğu saptamışlardır. Toplam antioksidan aktivitelerin ise, sert buğday ununda %64.6, kepekte %71.8, embriyoda %81.3, elek üstü artıklarında %70.9 ve tam tanede ise %71.3 olduğunu, yumuşak buğdayda ise unda %67.3, kepekte %73.7, embriyoda %79.7, elek üstü artıklarında %79.2 ve tam tanede %70.4 olarak tespit edilmişlerdir. 1.0  $\text{mg kg}^{-1}$

örneklerinde  $0.5 \text{ mg kg}^{-1}$  ekstraksiyon örneklerine göre daha yüksek antioksidan aktivite bulunmuştur. Araştırmacılar, toplam antioksidan aktivitesi olarak, sert buğdayın yumuşak buğdaya göre daha yüksek aktivite gösterdiğini, ancak yumuşak buğdayın sert buğdaya göre daha fazla toplam fenolik madde içerdiğini, buğdayın embriyo ve kepek fraksiyonlarında antioksidan aktivite ve fenolik madde açısından zengin olduğunu belirlemişlerdir.

Pakistan’da yetiştirilen 5 farklı buğdaydan alınan kepek örneklerinin toplam fenolik madde ve antioksidan içeriklerinin incelendiği bir çalışmada, troloks eşdeğeri antioksidan konsantrasyonu (TEAC) metoduna göre örneklerin antioksidan aktivitelerinin  $27\text{-}36 \text{ } \mu\text{mol TE g}^{-1}$  aralığında olduğu ve DPPH metoduna göre %51-79 arasında değişim gösterdiği, toplam fenolik madde içeriklerinin ise  $2.12 \pm 0.02$  ile  $3.37 \pm 0.01 \text{ mg GAE g}^{-1}$  kepek olduğu tespit edilmiştir (Iqbal vd., 2007).

Okarter vd. (2010), altı adet farklı buğday çeşidinin antioksidan aktivitelerini ile fitokimyasal içeriklerinin belirlenmesi için yaptıkları bir çalışmada, bağlı formdaki bileşiklerin  $582\text{-}662 \text{ } \mu\text{mol GAE } 100 \text{ g}^{-1}$ , serbest formdaki bileşiklerin ise  $255\text{-}499 \text{ } \mu\text{mol GAE } 100 \text{ g}^{-1}$  kuru madde fenolik madde bulunduğu ve bağlı formun toplam fenolik madde içeriğine %53.8-69.7 miktarında katkı yapılmış olduğu tespit edilmiştir. Oksijen radikali yakalama kapasitesi metodu ile yapılan antioksidan aktivite belirlemede türlerin  $5148\text{-}9616 \text{ } \mu\text{mol TE } 100 \text{ g}^{-1}$  değerinde antioksidan aktivite gösterdiği belirlenmiştir.

2010 yılında hasat edilen (buğday, çavdar, tritikale ve yulaf) ve bunların farklı öğütme fraksiyonlarının antioksidan aktivitesinin tespit edilmesi için yapılan bir çalışmada; kepek fraksiyonlarının antioksidan aktiviteleri, arpa (%20), tritikale (%18), buğday (%17), yulaf (%15), çavdar (%15) ve kavuzlu buğday (%14), un fraksiyonlarının ise sırasıyla arpa (%29), kavuzlu buğday (%22), yulaf (%15), çavdar (%13), tritikale (%12) ve buğday (%9) olduğu görülmüştür. Kepek öğütme fraksiyonlarının toplam fenolik bileşikler açısından yüzdelik miktarı, arpa (%21), buğday (%20), tritikale (%17), çavdar (%16) ve kavuzlu buğday (%15) olduğu ve un fraksiyonlarının toplam fenolik bileşikler açısından yüzdelik miktarı arpa (%26), kavuzlu buğday (%26), yulaf (%19), çavdar (%15), buğday (%8) ve tritikale (%6) olduğu görülmüştür. Çalışma sonucunda, fenolik bileşiklerin tahıllarda, mevcut olduğu, ayrıca kepek fraksiyonunun zengin fenolik içeriğinin olduğunu belirtilmiştir (Ivanisova vd., 2011).



Türkiye’de yetiştirilen 9 farklı buğday çeşidinin (makarnalık buğday olarak; Kunduru 1149, Sarıçanak 98 ve çeşit 1252; ekmeklik buğday olarak Gerek-79, Ceyhan 99, Kırac-66, Sultan 95, Bezostaja ve Gün 91) ve bu çeşitlerin öğütme fraksiyonlarının (un, kalın kepek ve ince kepek) antioksidan aktiviteleri, toplam fenolik madde miktarları ve fenolik asit dağılımları araştırılmış; DPPH metoduna göre antioksidan aktiviteleri belirlenen çeşitlerin toplam antioksidan aktiviteleri, kalın kepek kısmı 7.40 (Sarıçanak-98)-6.38  $\mu\text{mol TE g}^{-1}$  (Gerek-79) kuru madde, tam buğday unlarında 3.59 (çeşit 1252)-4.67  $\mu\text{mol TE g}^{-1}$  (Kırac 66) kuru madde, un kısımlarında 0.6 (Kırac 66) -1.02  $\mu\text{mol TE g}^{-1}$  (çeşit 1252) kuru madde ve ince kepek kısımlarında 3.25 (Sarıçanak-98), 6.16  $\mu\text{mol TE g}^{-1}$  (Gerek 79) kuru madde olduğu, türlerin antioksidan aktiviteleri açısından değişikliğinin fenolik asit kompozisyonlarının farklılığından olduğu ve buğday tanelerinin kepek kısmının daha fazla antioksidan aktivite gösterdiği belirlenmiştir. Toplam fenolik madde miktarları kalın kepek örneklerinde 4422 (Kırac 66)-5385 (Ceyhan 99) mg GAE  $\text{kg}^{-1}$ , tam buğdayın fenolik madde miktarı, 1859.31 (çeşit 1252)- 2276 (Kunduru 1149) mg GAE  $\text{kg}^{-1}$  arasında olduğu, un kısımlarında 624.53 (Kırac 66)-827,81 (Kunduru 1149) mg GAE  $\text{kg}^{-1}$  olduğu ve ince kepek örneklerinde ise 1439 (çeşit 1252)-2673 (Gerek 79) mg GAE  $\text{kg}^{-1}$  olarak tespit edildiği buğdayın içten kabuk kısmına doğru ilerledikçe toplam fenolik madde miktarının arttığı tespit edilmiştir (Menteş-Yılmaz, 2011).

Salimath ve Revanappa, (2011) yılında yaptıkları bir çalışmada, dört farklı buğday çeşidinin (*Triticum aestivum* L.) antioksidan aktiviteleri ve fenolik asit madde miktarı belirlenmiştir. Bağlı formdaki tam tane unlarında fenolik asit miktarının 514.6-680.4 GAE  $\mu\text{g g}^{-1}$  olduğu, serbest formdaki fenolik asit miktarının 196.6-260.2 GAE  $\mu\text{g g}^{-1}$  ve toplam fenol miktarının 711.2-940.6 GAE  $\mu\text{g g}^{-1}$  olduğu bildirilmiştir. DPPH ve farklı bir metotla antioksidan aktiviteleri belirlenmiştir.  $\text{IC}_{50}$  (radikallerin %50 sini inhibe etmek için ihtiyaç duyulan antioksidan konsantrasyonu) oranlarının bağlı formdaki fenolik asitlerde 12.84-24.63  $\mu\text{g mL}^{-1}$  aralığında olduğu, serbest haldeki fenolik asitlerde ise 19.86-32.64  $\mu\text{g mL}^{-1}$  olduğu ve  $\text{IC}_{50}$  ile antioksidan aktivite değerlerinin ters orantılı olduğu belirtilmiştir. İkinci metodun farklı dozlardaki bağlı fenolik asitlerin radikal temizleme miktarının %20 den %90 olduğu, serbest bileşiklerin ise %15-18 den %80’e kadar olduğu iki yöntemde de serbest ve bağlı durumdaki fenolik bileşiklerin en yüksek aktivitenin HD2189 ve MACS-2496 çeşitlerinde tespit edilmiştir.

Araştırmalar sonucu buğdayda büyük oranda doğal antioksidanları içerdiğini göstermekte, buğday ve buğdaygillerin doğal antioksidanlar açısından zengin olması sebebiyle fonksiyonel gıdaların üretiminde ve sağlıklı yaşam için büyük rol alacağı düşünülmektedir (Decker vd., 2002; Yu, 2008).

Vaher vd. (2010) yaptıkları bir çalışmada, farklı buğday çeşitlerinin ve öğütme sonucunda bunların fraksiyonlarının (un ve kepek) antioksidan aktiviteleri ve toplam fenolik miktarlarını araştırmışlardır. Toplam fenolik miktarının kepek kısmında en yüksek olduğu görölmüş ve 1258-3157 mg GAE g<sup>-1</sup> aralığında farklılık gözlemlenmiştir. Toplam fenolik miktarları unda 44-140 mg GAE g<sup>-1</sup>, tam buğdayda ise 168-459 mg GAE g<sup>-1</sup> aralığında değişim gözlenmiştir. Antioksidan aktiviteleri DPPH metodu kullanılarak belirlenmiş ayrıca fenolik madde miktarının fazla olduğu örneklerde antioksidan aktivitelerinin de fazla olduğu belirlenmiştir.

Yapılan bir çalışmada, buğdayın öğütme kalitesi üzerine kullanılan numune, yetiştirme koşulları, çeşit, tavlama sıcaklığı, valslerin özellikleri, kullanılan alet ve öğütme tekniğinin önemli olduğunu tespit etmişlerdir (Ünal, 1979).

Moore vd. (2006) yaptıkları çalışmada sert kışlık buğday kepeğinde genotip ve çevrenin antioksidan aktivite üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla yaptıkları çalışmada araştırma sonunda, genotip ve çevrenin yanı sıra genotip×çevre etkileşiminin, şelatlama kapasitesi ve ORAC hariç buğday kepeğinin tüm antioksidan özelliklerini önemli ölçüde etkilediği bulunmuştur. ABTS<sup>+</sup> ve O<sub>2</sub> giderme özellikleri ve toplam fenolik içeriği için çevre, toplam varyansın en yüksek oranını (%60-68 arasında), genotip %22-27 ve genotip×çevre %8-14'ünü oluşturduğu bulunmuştur. Fenolik asit miktarları sırasıyla *p*-hidroksibenzoik, vanilya, siringik, kumarik ve ferulik asitler için sırasıyla 7.2-34.1, 7.1-34.2, 10.1-57.1, 2.5-17.0 ve 89.4-193.9 µg g<sup>-1</sup> aralığında olduğu bildirilmiştir. Bu verilerin hem genotipin hem de çevrenin sert kışlık buğdayının antioksidan özellikleri üzerinde önemli etkileri olabileceği varsayımını desteklemektedir.

Bitki polifenol içeriğinin ve antioksidan özelliğinin çeşitlilik, yer ve çevre koşulları gibi bir dizi faktöre bağlı olduğu iyi bilinmektedir (Klepacka vd., 2011; Yu vd., 2011).

Zhou ve Yu, (2004) yaptıkları bir çalışmada, değişik bölgelerde hasat edilen Trego buğday çeşidinin öğütülmesi sonucunda kepekten elde edilen ekstraktlarda siringik (32.5-33.3 µg g<sup>-1</sup>), ferulik (90.9-111.4 µg g<sup>-1</sup>), kumarik (3.7-6.4 µg g<sup>-1</sup>), *p*-hidroksibenzoik (11.1-

21.9  $\mu\text{g g}^{-1}$ ) ve vanilik (13.1-15.2  $\mu\text{g g}^{-1}$ ) asitleri gözlemişlerdir. Trego buğday kepeğinin siringik asit dışında fenolik asit değerlerinde farklılık olduğunu belirlemişlerdir.

Li vd. (2005) yaptıkları bir çalışmada, Çin’de hasat edilen beş kırmızı buğday çeşidinin öğütülmesiyle elde edilen kepek örneklerinin fenolik asit dağılımını incelemişlerdir. İncelenen örneklerde siringik, o-kumarik, ferulik, p-kumarik, kafeik, vanilik asitlerinin dışında gallik, gentisik ve p-hidroksibenzoik asitler belirlenmiştir. Ferulik asitin 1550-2119  $\mu\text{g g}^{-1}$  kepek değerinde ve baskın fenolik asit olduğu tespit edilmiştir.

Karabuğday antioksidanları ile ilgili daha önceki çalışmalarda yer, çevresel faktörler, yetiştirme mevsimi ve çeşitlerin yaygın karabuğday tohumu veya bitkideki fenoliklerini, flavonoidlerini ve rutin içeriğini etkilediğini göstermiştir (Oomah vd., 1996; Kitabayashi vd., 1995).

Onyeneho ve Hettiarachchy, (1992) makarnalık buğday kepeğinin fenolik asit incelenmesinde ferulik asit miktarının fazla olduğu ve miktarının 764 mg 100g<sup>-1</sup> olduğu gözlemişlerdir. Vanilik asit (637 mg 100g<sup>-1</sup>), protokateik asit (226 mg 100g<sup>-1</sup>), siringik asit (130 mg 100g<sup>-1</sup>), p-hidroksibenzoik asit (124 mg 100g<sup>-1</sup>), gentisik asit (108 mg 100g<sup>-1</sup>), klorojenik asit (84 mg 100g<sup>-1</sup>) ve kafeik asitin (116 mg 100g<sup>-1</sup>) olduğunu belirtmişlerdir.

Hansen vd. (2003) yaptıkları bir çalışmada, aynı türdeki geleneksel ve organik un karşılaştırıldığında, yulaf unu hariç tüm organik unlarda daha yüksek seviyelerde IDF ve TDF lifi bulunduğunu; bu farkın, büyük ihtimalle hasat yılı, genotipteki farklılıklar ve öğütme işleminden kaynaklanabileceği bildirmiştir.

Kanada’da sürekli yetiştirilen yazlık sert buğday çeşitlerinden elde edilen alkol bazlı çözücüde çözünen ekstraktlarının antioksidan aktiviteleri ve fenolik içeriklerinin belirlenmesi için yapılan bir çalışmada; antioksidan aktivite, toplam fenolik madde bakımından çevreler ve çeşitler arasında gözle görülür derecede farklılıklar tespit edilmiştir. Buğdayda çevre, genotip ve genotip x çevre interaksyonunun tanenin çeşitleri içerisinde birden fazla parametrede (antioksidan aktivite, fenolik asit içeriği ve toplam fenolik madde) antioksidan miktarını oldukça etkilediğini bölge farklılığının büyük oranda farklılıkların izlendiği tespit edilmiştir. Ortalama sıcaklığın ve yağışın tane gelişiminde antioksidan aktiviteyi ve fenolik asit içeriğini etkilememiştir. Analizi yapılan her genotip numunesinde antioksidan aktivite, fenolik asit içerikleri ve toplam fenol içeriklerinde

farklılıkların olduğu, buğdayın rengi ile antioksidan özellikleri arasında bir bağ olmadığı sonucuna varılmıştır (Mpofu vd., 2006).

Yapılan bazı çalışmalarda, liganlar ve diğer biyoaktif bileşiklerin miktarının; iklim, genotip, toprak vb. gibi parametrelere bağlı olduğu bildirilmektedir (Smeds vd., 2009; Lv vd., 2013).

Kalite özellikleri ve verimin dışında antioksidan aktivite ve toplam fenol ile ilgili yapılan çalışmalarda; tahılların sağlığa katkıda bulunan fenolik bileşiklerin (mineraller, fitokimyasallar ve vitaminler) olduğunu ve bu bileşiklerin oksijen türlerine karşı duyarlı, dejeneratif hastalıklara karşı koruyucu etkilerinin oldukları ayrıca antioksidan özelliklere sahip olduklarını gözlemlemişlerdir (Dykes ve Rooney, 2007).

Karabuğday ve buğday unlarının fenol içerikleri ve antioksidan özelliklerinin incelendiği bir çalışmada; karabuğday unundaki toplam fenol içeriğinin 476.3-618.9  $\mu\text{g}$  GAE  $\text{g}^{-1}$  olduğunu, buğday unundaki toplam fenol içeriğinin de 37.1-137.2  $\mu\text{g}$  GAE  $\text{g}^{-1}$  aralığında olduğu tespit edilmiştir. Bu iki un çeşidinin de tam tane unlarının yüksek antioksidan özelliğe sahip olduğu görülmüştür (Sedey vd., 2010).

Kim vd. (2006) yaptıkları bir çalışmada, dört ayrı buğday kepeğinin antioksidan aktivitesi ve toplam fenolik madde miktarı araştırılmıştır. Araştırma sonunda, toplam fenolik madde miktarının 3.3-3.9 mg GAE  $\text{g}^{-1}$  aralığında farklılık gösterdiği ve beyaz buğday kepeğinin toplam fenolik madde miktarının, kırmızı buğday kepeğinin toplam fenolik madde miktarından daha düşük olduğunu tespit edilmiştir. Beyaz ve kırmızı buğday kepek örneklerinden asit hidroliziyle elde edilen fraksiyonun alkali hidroliz ile elde edilen fraksiyonla karşılaştırıldığında, daha düşük antioksidan aktivite verdiği tespit edilmiştir. Kepek örnekleri metanol ile ekstrakte edildiğinde fenolik asit miktarının az olmasına karşın, yine de yüksek antioksidan aktivite verdiği görülmüştür. Numuneler,  $\beta$ -karoten-linoleik asit model sistem ( $\beta$ -CLAMS) modeliyle antioksidan aktiviteleri saptanmıştır.

Ragae vd. (2006), yaptıkları bir çalışmada; tahılların besinsel içerikleri ve antioksidan aktivitesi araştırılmıştır. Araştırmada kullanılan yumuşak ve sert buğday örneklerinden sağlanan unların fenolik bileşik içeriği, etanol su oranının (80:20, v/v) olduğu çözücü ile yapılmış; ABTS radikalini giderme kapasitesi tepkimenin başlangıcından 3 dakika sonunda ölçüm yapılmış ve yumuşak buğday ununda 8.3  $\mu\text{mol}$   $\text{g}^{-1}$ ,

sert buğday ununda ise 8.8  $\mu\text{mol TE g}^{-1}$  tespit edilmiştir. Numunelerin DPPH radikalini giderme kapasitesi ise tepkimenin başlamasından 10 dakika sonunda ölçüm alınmış; yumuşak buğday unu için 4.17  $\mu\text{mol g}^{-1}$ , sert buğday unu için ise 4.33  $\mu\text{mol g}^{-1}$  tespit edilmiştir. Yumuşak buğday ve sert buğday ununda fenolik madde miktarları sırasıyla, 501 ve 562  $\mu\text{g GAE g}^{-1}$  olarak bildirilmiştir.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Çalışmada Kullanılan Ekmeklik Buğday Genotipleri

Araştırmada, ekmeklik buğday genotiplerinin un ve kepek örneklerinde antioksidan aktivitelerinin belirlenmesinde, 2013-2014 ve 2014-2015 yetiştirme mevsimlerinde, organik ve konvansiyonel koşullarda yetiştirilmiş olan sekiz ekmeklik buğday genotipi materyal olarak kullanılmış olup; genotiplerin pedigri ve orijinleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Denemede kullanılan ekmeklik buğday genotiplerinin kayıt numaraları ile pedigri ve orijinleri

Kayıt	Pedigri	Orijin
1	BEZOSTAJA	Rusya
2	GÜN 91	Meksika
3	SULTAN 95	TR-Eskişehir
28	KARL/NIOBRARA//TAM200/KAUZ/3/TAM200/KAUZ	Türkiye/Cimmyt/Icarda
47	PYN*2/CO725052/4/PASTOR/3/KAUZ*2/OPATA//KAUZ	Meksika -Türkiye/Cimmyt/Icarda
48	OK98649/TX95V6608/3/ID#840335//PIN39/PEW	ABD-Türkiye/Cimmyt/Icarda
114	ST.ERYHTR 1287-08	Ukrayna
133	TX98D1170*2/TTCC365	ABD

##### 3.1.2. Denemelerin Yürütüldüğü Yıllardaki İklim Verileri

Denemelerin yürütüldüğü yıllardaki Gümüşhane İli iklim verileri Çizelge 3.2’de verilmiş olup; genel olarak 2014-2015 yetiştirme mevsiminin daha yağışlı geçmesine rağmen, buğdayın çiçeklenme ve dane dolum dönemine denk gelen Haziran-Temmuz aylarının bu sezon için daha az yağışlı olduğu görülmektedir.

Çizelge 3.2. Gümüşhane ili, 2014-2016 yılları arası ve uzun yıllar ortalaması (1950-2016) iklim verileri

Aylar	Ortalama Sıcaklık (°C)			Toplam Yağış (mm)			Nispi Nem (%)		
	2013-2014	2014-2015	Uzun yıllar	2013-2014	2014-2015	Uzun yıllar	2013-2014	2014-2015	Uzun yıllar
Ekim	12.3	14.4	13.8	28.2	61.4	34.3	53.5	64.6	54.0
Kasım	8.7	7.2	7.0	19.6	51.6	45.2	63.4	64.5	48.7
Aralık	-2.2	6.2	-1.3	31.3	14.2	45.7	65.0	63.0	66.3
Ocak	2.1	0.8	0.0	28.5	55.5	47.8	62.9	62.0	59.9
Şubat	3.3	3.3	4.6	22.1	34.4	33.4	54.3	59.5	54.3
Mart	8.9	7.3	7.3	45.3	67.4	64.2	55.7	55.9	50.6
Nisan	13.5	9.6	12.0	38.1	46.8	47.2	53.8	57.4	44.6
Mayıs	17.1	15.9	16.0	66.7	45.3	95.8	58.5	55.1	50.2
Haziran	20.8	20.5	20.5	31.0	40.4	69.1	51.5	60.6	51.5
Temmuz	26.0	24.5	24.1	19.3	2.8	5.8	48.7	48.8	41.4
Ort. / Toplam	11.05	10.97	10.40	330.1	419.8	488.5	56.73	59.14	52.15

### 3.1.3. Kullanılan Kimyasal Maddeler

2,2'-Azino-bis (3-etilbenztiyoazolin-6-sulfonikasit) (ABTS), neokuprin (2,9-dimetil-1,10-fenantrolin), 1,1-difenil-2-pikril-hidrazil (DPPH) radikali, gallik asit, kuersetin, trikloroasetik asit (TCA), Bakır (II) Klorür ( $\text{CuCl}_2$ ), Sodyum Asetat ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ ), Potasyum Persülfat ( $\text{K}_2\text{O}_8\text{S}_2$ ), Monosodyum Fosfat ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ), Hidrojen Klorür (HCl), Demir (II) Klorür ( $\text{FeCl}_2$ ), Amonyum Tiyosiyanat ( $\text{NH}_4\text{SCN}$ ), Alüminyum Nitrat  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ , Sodyum karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), Potasyum asetat ( $\text{CH}_3\text{COOK}$ ) Sigma- Aldrich GmbH, (Sternheim Germany)'dan satın alındı.

### 3.1.4. Yararlanılan Alet ve Cihazlar

- UV-VIS Spektrofotometre
- UV-Spektrofotometre küveti
- Otomatik pipetler
- Hassas terazi
- Vorteks
- Magnetik karıştırıcı
- Derin dondurucular (-20 ve -80°C)
- Saf su cihazı

- pH metre
- Falkon tüpü
- Evaporatör
- Çalkalayıcı

### 3.1.5. Ekstraktların Hazırlanması

Buğday danesi fraksiyonlarının (un ve kepek) ekstraksiyonunda etanol kullanıldı. Bu işlem için 10 g öğütülmüş buğday un ya da kepek örneği 50 mL etil alkol ile iki saat çalkalayıcıda çalkalandıktan sonra süzülüp, elde edilen kalıntıya 50 mL etil alkol ilave edilerek işlem tekrarlanıp süzüntüler birleştirildi. Örnekteki etanol 40°C’de evaporatörde uzaklaştırıldı ve kalıntı, etil alkol özütü olarak etiketlendi. Elde edilen un ve kepek özütleri, -18°C’de cam kaplarda analiz için saklandı.

#### 3.1.5.a. CUPRAC Metoduna Göre İndirgeme Kapasitesi Tayini İle İlgili Çözeltiler

1. 0.01 M’lık  $\text{CuCl}_2$  çözeltisinin hazırlanması: 0.067 g  $\text{CuCl}_2$  ( $M_A$ : 134.5 g mol<sup>-1</sup>) alındı ve 50 mL destile suda çözüldü.

2.  $7.5 \times 10^{-3}$  M’lık etanolik neokuprin çözeltisinin hazırlanması: 78 mg Neokuprin alındı ve 50 mL etanolde çözüldü.

3. 1 M’lık  $\text{CH}_3\text{COONa}$  tamponunun hazırlanması (pH:6.5): 8.2 g  $\text{CH}_3\text{COONa}$  alındı ve 80 mL saf suda çözüldü, pH-metre ile pH’sı 6.5’e ayarlandı ve toplam hacim 100 mL’ye saf su ile tamamlandı.

#### 3.1.5.b. DPPH· Serbest Radikal Giderme Aktivitesi İle İlgili Çözeltiler

1.  $10^{-3}$  M’lık DPPH· çözeltisinin hazırlanması: 0,025 g DPPH· 100 mL etanolde tamamen çözününceye kadar 16 saat boyunca manyetik karıştırıcı ile karıştırıldı.



### **3.1.5.c. ABTS<sup>•+</sup> Giderme Aktivitesi Tayini İle İlgili Çözeltiler**

1. ABTS<sup>•+</sup> çözeltisinin hazırlanması: 100 mL saf su içerisinde 0.15 g ABTS alınarak çözüldü.
2. Potasyum persülfat çözeltisinin hazırlanması: 0.04 g K<sub>2</sub>O<sub>8</sub>S<sub>2</sub>, 100 mL'lik ABTS<sup>•+</sup> çözeltisi içerisine azar azar eklenildi. Ve bu çözelti yarım saat magnetik karıştırıcıda karıştırıldı.

### **3.1.5.d. Total Fenolik Bileşik Miktarı Tayini İle İlgili Çözeltiler**

1. %2'lik Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> çözeltisinin hazırlanması: 2 gr Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 80 mL destile suda çözüldü ve toplam hacmi destile suyla 100 mL'ye tamamlandı.
2. FCR satın alındığı şekilde kullanılmıştır.
3. Standart gallik asit çözeltisinin hazırlanması: 10 mg gallik asit 10 mL destile suda çözüldü.

### **3.1.5.e. Total Flavonoit Bileşik Miktarı Tayini İle İlgili Çözeltiler**

1. %2'lik Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> çözeltisinin hazırlanması: 2 gr Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 80 mL destile suda çözüldü ve toplam hacmi destile suyla 100 mL'ye tamamlandı.
2. Standart kuersetin çözeltisinin hazırlanması: 25 mg kuersetin 25 mL destile etanolda çözüldü.
3. %10'luk Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> çözeltisinin hazırlanması: 10 gr Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> alındı ve 90 mL saf suda çözüldü.
4. 1 M'lik CH<sub>3</sub>COOK çözeltisinin hazırlanması: 9.9 gr CH<sub>3</sub>COOK alındı 80 mL destile suda çözüldü ve toplam hacmi destile suyla 100 mL'ye tamamlandı.

### 3.2. Yöntem

#### 3.2.1. Toplam Fenolik Bileşik Miktarı Tayini

Hazırlanan ekstrelerde bulunan fenolik bileşik miktarı, Folin-Ciocalteu reaktifi ile total olarak Singleton vd. (1999)'nin yöntemine göre belirlendi ve standart fenolik bileşik olarak gallik asit kullanıldı. Bunun için, öncelikle gallik asitten bir standart grafik hazırlandı. Un ve kepek ekstrelerinin mevcut fenolik bileşik miktarını belirlemek için hazırlanmış olan stok çözelti kullanıldı. Stok çözeltiden 750 µg ekstre alınarak bir vezin kabına konuldu ve hacim 23 mL'ye saf suyla tamamlandı. Karışıma 0.5 mL Folin-Ciocalteu reaktifi ve 3 dakika sonra da 1.5 mL %2'lik Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ilave edildi. Numuneler 2 saat oda sıcaklığında karıştırıldı. Bu süre sonunda numunelerin 760 nm'deki absorbansı, saf sudan oluşan köre karşı okundu. Numunelerin absorbans değerlerine karşılık gelen gallik asit ekivalen (GAE) miktarı standart grafikten elde edilen denklem yardımıyla tespit edildi. Sonuçlar, gallik asit ekivalen olarak verildi (Köksal vd., 2008).

#### 3.2.2. Toplam Flavonoit Miktarı Tayini

Hazırlanan ekstrelerinde bulunan total flavonoit miktarı, Park vd. (1997)'nin metoduna göre yapıldı. Bunun için bir vezin kabına 750 µg ekstre ilave edildi. Daha sonra deney tüpüne aktarılan ekstre, 0.1 mL (1 M) suda hazırlanmış CH<sub>3</sub>COOK ve 0.1 mL (%10) Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> çözeltilerini içeren 4.3 mL etanol çözeltisi ile seyreltilerek vortekste karıştırıldı. Oda sıcaklığında 40 dakika inkübe edildikten sonra 415 nm'de absorbansları kaydedildi. Toplam flavonoit konsantrasyonu tayini için kuersetin standart olarak kullanıldı ve standart kuersetin grafiğinden elde edilen denklemden toplam flavonoit konsantrasyonu mikrogram kuersetin ekivalen (KE) olarak belirlendi.

#### 3.2.3. Cu<sup>2+</sup>-Cu<sup>+</sup> İndirgeme Kapasitesi (CUPRAC Metodu)

Hazırlanan ekstrelerde, Cu<sup>2+</sup> indirgeme aktiviteleri bakır iyonları indirgeme metodunun (Apak vd., 2006) hafif bir modifikasyonu (Ak ve Gülçin, 2008) yapıldı. Tek konsantrasyonda (20 µg µL<sup>-1</sup>) hazırlanan ekstreleri içeren tüplere sırasıyla 0.125 mL CuCl<sub>2</sub> çözeltisi (0.01 M), 0.125 mL etanolik neokuprin çözeltisi (7.5x10<sup>-3</sup> M) ve 0.125 mL

CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub> tampon çözeltisi (1 M) eklendi. Son hacimler saf su ile 1 mL'ye tamamlandı. 30 dakika sonra 450 nm'de köre karşı absorbans değerleri ölçüldü. Kör olarak destile su kullanıldı.

#### **3.2.4. DPPH Serbest Radikalleri Giderme Aktivitesi**

DPPH<sup>•</sup> serbest radikal giderme aktivitesi, Blois (1958) metoduna göre yapıldı. Serbest radikal olarak DPPH<sup>•</sup>'in 1 mM'lık çözeltisi kullanıldı. Numune olarak daha önce hazırlanan 1 mg mL<sup>-1</sup> konsantrasyonundaki stok çözeltiler kullanıldı. Deney tüplerine sırasıyla 20 µg µL<sup>-1</sup> konsantrasyonlarında çözelti oluşturacak şekilde stok çözeltiler aktarıldı ve toplam hacimleri 2 mL olacak şekilde etanol ile tamamlandı. Daha sonra her bir numune tüpüne stok DPPH<sup>•</sup> çözeltisinden 0.5 mL ilave edildi. 30 dakika oda sıcaklığı ve karanlıkta inkübe edildikten sonra etanoldan oluşan köre karşı 517 nm'de absorbansları ölçüldü. Kontrol olarak, 2 mL etanol ve 0.5 mL DPPH<sup>•</sup> çözeltisi kullanıldı. Kontrole göre azalan absorbans geriye kalan DPPH<sup>•</sup> çözeltisi miktarını yani serbest radikal giderme aktivitesini verdi.

#### **3.2.5. ABTS Radikali Giderme Aktivitesi**

ABTS radikali giderme aktivitesi Re vd. (1999)'nin yaptığı metoda göre belirlendi. Öncelikle 7 mM'lık ABTS çözeltisi hazırlandı. Bu çözeltiye 2.45 mM'lık persülfat çözeltisi ilave edilerek ABTS radikalleri üretildi. ABTS radikal çözeltisi kullanılmadan önce kontrol çözeltisinin 734 nm'de absorbansı 0.1 M ve pH'sı 7.4 olan fosfat tamponu ile 0.700±0.025 nm'ye ayarlandı. ABTS radikal giderme aktivitesine bakılacak olan ekstrelerin 20 µg mL<sup>-1</sup> konsantrasyonlarına etanolla 1.5 mL'ye tamamlanmıştır. Ardından 0.5 mL ABTS radikal çözeltisi ilave edildi ve 30 dakika oda sıcaklığında inkübe edildi. Etanoldan oluşan köre karşı 734 nm'de absorbanslar kaydedildi.

#### **3.2.6. İstatistiksel Metot**

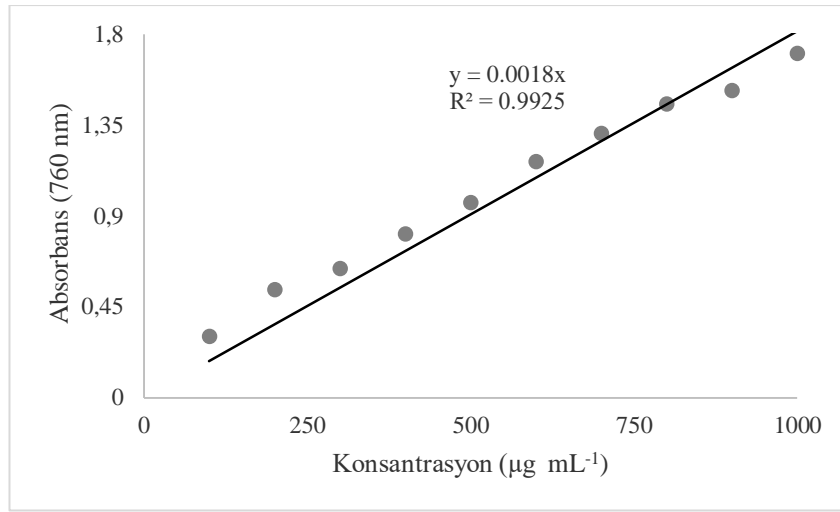
Laboratuvar denemelerinden sağlanan veriler, tesadüf parsellerinde bölünmüş parseller deneme desenine göre, üç tekerrürlü olarak; yetiştirme koşulları ana parsellere ve genotipler alt parsellere alınarak istatistik analize tabi tutulmuştur. Bu bağlamda, varyans analizleri (kareler ortalamaları ve değişim katsayıları) ile LSD testleri JMP istatistik paket programı ile yapılmıştır.

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

2013-2014 ve 2014-2015 yetiştirme mevsimlerinde organik ve konvansiyonel koşullarda yetiştirilen ekmeklik buğday genotiplerinin un ve kepek örneklerinde bazı antioksidan aktivitelerine ilişkin, varyans analiz sonuçlarından elde edilen kareler ortalama değerleri Çizelge 4.1’de; bu antioksidan özelliklere ilişkin ortalama değerler ise Çizelge 4.2-6 ile Şekil 4.3-16’da verilmiştir.

##### 4.1. Total Fenolik Bileşik Miktarı

Un ve kepek örneklerinin evapore edilmiş etanol ekstratlarında bulunan total fenolik bileşik miktarı tayininde standart olarak gallik asit kullanılmış olup; standart grafikten (Şekil 4.1) elde edilen denklem yardımıyla total fenolik bileşik miktarı gallik asit ekivalen (GAE) şeklinde hesaplandı ( $r^2$ : 0.9925).



Şekil 4.1. Total fenolik bileşik miktarı tayini için hazırlanan standart grafik

Un ve kepek örneklerinin evapore edilmiş alkol ekstratlarında bulunan total fenolik bileşik miktarı, standart grafikten elde edilen aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Absorbans} = 0.0018 \times [\text{Gallik Asit}]$$

Yukarıdaki denklemden yararlanılarak un ve kepek ekstratlarında bulunan total fenolik bileşik miktarları hesaplanarak Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. 2013-2014 ve 2014-2015 yetiştirme mevsimlerinde organik ve konvansiyonel yetiştirme koşullarında ekmeklik buğday genotiplerinin un ve kepek örneklerinde bazı antioksidan aktivitelerine ilişkin kareler ortalama değerleri

Örnek	Varyasyon Kaynağı	Sd	Kareler Ortalaması									
			Toplam Flavonoid		Toplam Fenolik		DPPH		ABTS		CUPRAC	
			2013- 2014	2014- 2015	2013- 2014	2014- 2015	2013- 2014	2014- 2015	2013- 2014	2014- 2015	2013- 2014	2014- 2015
UN	Yetiştirme Koşulları (YK)	1	571.444**	475.792**	5.787**	126.029**	17.088**	0.265	59.821	199.709	0.001	0.019**
	Tekerrür[YK]&Random	4	1.463	4.190	0.251	1.556	0.683	0.130	15.858	30.361	0.002	0.001
	Genotip (G)	7	480.848**	210.799**	75.220**	108.462**	5.755**	0.567**	51.085**	33.731	0.007**	0.004**
	YK×G	7	321.403**	634.034**	53.068**	42.196**	2.146**	2.834**	29.022	21.195	0.008**	0.002*
	Hata	28	2.766	1.080	0.853	5.069	0.225	0.136	13.442	19.510	0.001	0.001
	DK (%)		3.0	3.1	9.9	12.6	21.3	16.2	14.9	10.2	10.8	15.2
KEPEK	Yetiştirme Koşulları (YK)	1	76.029	3777.55**	181.481**	122.454**	9.983*	6.75*	2253.44**	6.114	0.013*	0.017**
	Tekerrür[YK]&Random	4	12.498	4.515	1.575	1.672	0.924	0.531	88.412	6.484	0.001	0.0002
	Genotip (G)	7	842.143**	716.336**	105.056**	34.994**	10.035**	4.534**	355.606**	104.541**	0.013**	0.009**
	YK×G	7	736.857**	1110.75**	79.424**	29.097**	27.808**	2.619**	358.057**	81.092**	0.003**	0.007**
	Hata	28	0.888	0.706	2.009	5.706	0.644	0.138	13.924	20.612	0.001	0.001
	DK (%)		1.88	2.6	9.94	23.3	15.4	18.2	13.1	9.8	9.71	7.0

DK, değişim katsayısını; Sd, serbestlik derecesini; \*, \*\* sırasıyla  $p<0.05$  ve  $p<0.01$  olasılık düzeylerindeki önem seviyelerini göstermektedir.

2013-2014 yetiştirme mevsiminde, ekmeklik buğday genotiplerinde, undaki total fenolik bileşik miktarı bakımından, organik ve konvansiyonel koşullar arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar ( $p<0.01$ ) görölmüş olup (Çizelge 4.1); konvansiyonel koşulların ( $9.65 \mu\text{g GAE mg}^{-1}$  ekstre), organik koşullardan ( $8.96 \mu\text{g GAE mg}^{-1}$  ekstre) daha yüksek total fenolik bileşik içerdii belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Ekmeklik buğday genotipleri, undaki total fenolik bileşik miktarı bakımından önemli ( $p<0.01$ ) değişimler göstermiş olup (Çizelge 4.1); ortalama değerler  $6.85\text{-}17.78 \mu\text{g GAE mg}^{-1}$  ekstre arasında dağılmıştır (Çizelge 4.2). Çizelge 4.1 incelendiğinde, yetiştirme koşulu $\times$ genotip (YK $\times$ G) interaksiyonunun istatistiksel olarak önemli olduğu ( $p<0.01$ ) ve bu interaksiyonun 3 ve 114 numaralı genotiplerin dışındaki genotiplerin, organik ve konvansiyonel koşullarda farklı gruplarda yer almasından kaynaklandii anlaşılmaktadır (Çizelge 4.2).

2014-2015 yetiştirme mevsimi, ekmeklik buğday genotiplerinin un örneklerinde total fenolik bileşik miktarı, yetiştirme koşullarına göre istatistiksel olarak önemli farklılık ( $p<0.01$ ) göstermiş olup (Çizelge 4.1); bir önceki yetiştirme mevsiminin (2013-2014) tersine, 2014-2015 yetiştirme mevsiminde, organik koşullar ( $19.47 \mu\text{g GAE mg}^{-1}$  ekstre), konvansiyonel koşullara ( $16.23 \mu\text{g GAE mg}^{-1}$  ekstre) göre daha yüksek değerler göstermiştir (Çizelge 4.2). Bu durum, fenolik bileşiklerin, yıllara göre iklim değişiminden kaynaklanabileceğini; hatta, farklı iklim koşullarında farklı yetiştirme koşullarının total fenolik bileşik miktarını farklı seviyelerde etkileyebileceğini göstermektedir. Konvansiyonel koşullarda, toprakta yeterli su bulunması durumunda bitki besinlerinin daha hızlı alındii ve dolayısıyla böyle koşullarda fenolik bileşiklerin de daha yeterli miktarda alınmış olabileceii düşünölmektedir. Nitekim, 2014-2015 yetiştirme mevsiminde dane dolumunun son dönemine denk gelen Temmuz ayı yağış miktarı ( $2.8 \text{ mm}$ ) bitki için yeterli olmadiiğndan (Çizelge 3.2), konvansiyonel koşullarda fenolik bileşiklerin alımı yavaşlamış olabilir. Benzer olarak, Doğru ve Bayram (2016) mısırdaki kuraklık stresine katlanma üzerine yaptıkları bir çalışmada, total fenolik bileşik miktarının tüm çeşitlerde orta ve şiddetli kuraklığa bağlı olarak arttığını bildirmişlerdir. 2014-2015 yetiştirme mevsiminde, ekmeklik buğday genotiplerinin total fenolik bileşik miktarı bakımından istatistiksel olarak farklılık ( $p<0.01$ ) gösterdiği (Çizelge 4.1); ortalama değerlere bakıldığında en yüksek değerin  $23.61 \mu\text{g GAE mg}^{-1}$  ekstre ile 2 numaralı genotipten, en düşük değerlerin ise  $12.41 \mu\text{g GAE mg}^{-1}$  ekstre ile 133 numaralı genotip ve  $12.22 \mu\text{g GAE mg}^{-1}$  ekstre ile 114 numaralı genotipten elde edildiği belirlenmiştir (Çizelge 4.2). 2013-2014 ve 2014-2015 un

ekstreleri, total fenolik bileşik miktarı bakımından literatür bulgularıyla kıyaslandığında; sonuçların genel olarak, daha önce yapılan çalışmalara göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Menteş-Yılmaz 2011 yılında yaptığı çalışmada, buğday çeşitlerinin toplam fenol miktarlarını, Ceyhan 99, Gerek 79, Kırac 66, Bezostaya çeşitleri için sırasıyla (2.14, 2.02, 2.06, 2.03  $\mu\text{g GAE mg}^{-1}$ ) bulmuştur. Ayrıca, YK×G interaksyonunun da total fenolik bileşik miktarı bakımından önemli farklılıklar ( $p<0.01$ ) gösterdiği (Çizelge 4.1); bu interaksyonun, 28, 48 ve 133 numaralı genotipler dışındaki genotiplerin, organik ve konvansiyonel koşullarda farklı gruplarda yer almasından kaynaklandığı anlaşılmaktadır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. 750  $\mu\text{g mL}^{-1}$  konsantrasyonunda 2013-2014 ve 2014-2015 yetiştirme mevsimlerinde organik ve konvansiyonel yetiştirme koşullarında ekmeklik buğday genotiplerinde un ve kepekte total fenolik bileşik miktarının karşılaştırmaları

Örnek	Genotipler	2013-2014 ( $\mu\text{g GAE mg}^{-1}$ ekstre)			2014-2015 ( $\mu\text{g GAE mg}^{-1}$ ekstre)		
		Organik	Konvansiyonel	Ortalama	Organik	Konvansiyonel	Ortalama
UN	1	8.52 cde*	10.19 b	9.35 b	25.19 ab	16.67 def	20.93 bc
	2	9.44 bc	6.48 gh	7.96 c	27.59 a	1.63 cd	23.61 a
	3	7.59 d-g	7.22 e-h	7.41 cd	25.56 a	17.59 def	21.57 ab
	28	10.56 b	8.15 c-f	9.35 b	18.89 cde	18.89 cde	18.89 cd
	47	9.26 bc	7.41 efg	8.33 bc	14.44 fg	21.67 bc	18.06 d
	48	9.07 bcd	5.74 h	7.41 cd	15.74 ef	14.44 fg	15.09 e
	114	6.85 fgh	6.85 fgh	6.85 d	14.26 fg	10.19 h	12.22 f
	133	10.37 b	25.19 a	17.78 a	14.07 fg	10.74 gh	12.41 f
	Ortalama	8.96 b	9.65 a	9.31	19.47 a	16.23b	17.85
	LSD <sub>(YK)</sub>		0.401			0.999	
KEPEK	LSD <sub>(G)</sub>		1.092			2.662	
	LSD <sub>(YK×G)</sub>		1.545			3.765	
	1	12.78 ef	14.44 de	13.61 bc	14.44 ab	8.89 cd	11.67 ab
	2	22.22 a	18.89 b	20.56 a	8.15 cd	11.11 bc	9.63 bc
	3	11.48 f	8.70 g	10.09 d	17.22 a	7.04 d	12.13 ab
	28	7.59 g	18.70 b	13.15 c	14.81 ab	9.44 cd	12.13 ab
	47	11.48 f	7.22 g	9.35 d	7.78 cd	8.70 cd	8.24 c
	48	8.70 g	15.37 cd	12.04 c	16.67 a	10.19 cd	13.43 a
	114	16.85 bc	23.33 a	20.09 a	7.59 cd	7.22 cd	7.41 c
	133	7.41 g	22.96 a	15.19 b	7.96 cd	6.48 d	7.22 c
	Ortalama	12.31 b	16.20 a	14.26	11.83 a	8.63 b	10.23
	LSD <sub>(YK)</sub>		1.006			1.036	
	LSD <sub>(G)</sub>		1.676			2.824	
	LSD <sub>(YK×G)</sub>		2.370			3.994	

\*: Aynı harf grubuna sahip ortalama değerler arasında 0.05 önem düzeyinde ( $p<0.05$ ) fark yoktur. LSD, least significance difference (en küçük güvenilir fark) değeri olup; YK, yetiştirme koşullarını; G, genotipi; YK×G, yetiştirme koşulu×genotip interaksyonunu göstermektedir.

2013-2014 yetiştirme mevsiminde, ekmeklik buğday genotiplerinde, kepekteki total fenolik bileşik miktarı bakımından, organik ve konvansiyonel koşullar arasında istatistiksel

olarak önemli farklılıklar ( $p<0.01$ ) görülmüş olup (Çizelge 4.1); konvansiyonel koşulların ( $16.20 \mu\text{g GAE mg}^{-1}$  ekstre), organik koşullardan ( $12.31 \mu\text{g GAE mg}^{-1}$  ekstre) daha yüksek değerler gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Ekmeklik buğday genotipleri, kepekteki total fenolik bileşik miktarı bakımından önemli ( $p<0.01$ ) değişimler göstermiş olup (Çizelge 4.1); ortalama değerlere bakıldığında  $9.35\text{-}20.56 \mu\text{g GAE mg}^{-1}$  ekstre arasında dağılım gözlenmiştir (Çizelge 4.3). Çizelge 4.1 incelendiğinde, yetiştirme koşulu $\times$ genotip (YK $\times$ G) interaksyonunun istatistiksel olarak önemli olduğu ( $p<0.01$ ) ve bu interaksyonun 1 numaralı genotip dışındaki genotiplerin, organik ve konvansiyonel koşullarda farklı gruplarda yer almasından kaynaklandığı anlaşılmaktadır (Çizelge 4.2).

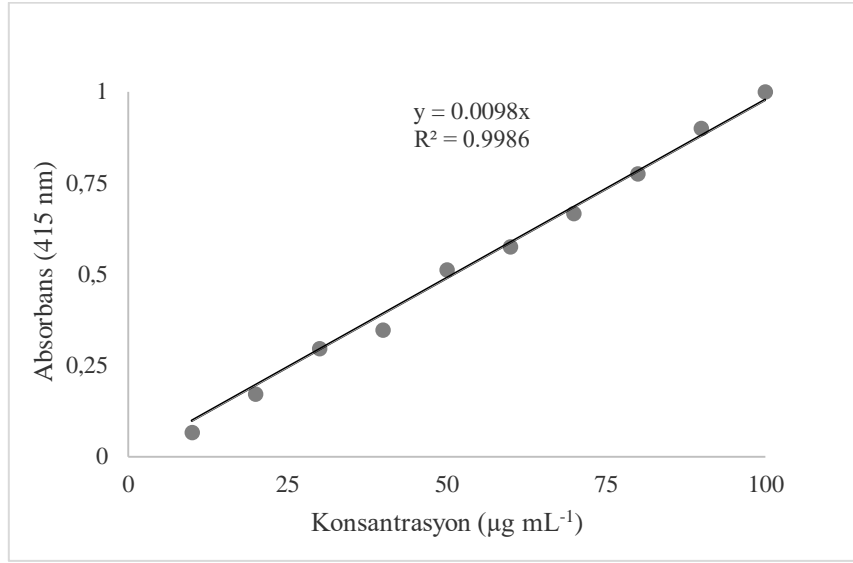
2014-2015 yetiştirme mevsimi, ekmeklik buğday genotiplerinin kepek örneklerinde total fenolik bileşik miktarı, yetiştirme koşullarına göre istatistiksel olarak önemli farklılık ( $p<0.01$ ) göstermiş olup (Çizelge 4.1); bir önceki yetiştirme mevsiminin (2013-2014) tersine, 2014-2015 yetiştirme mevsiminde, organik koşullar ( $11.83 \mu\text{g GAE mg}^{-1}$  ekstre), konvansiyonel koşullara ( $8.63 \mu\text{g GAE mg}^{-1}$  ekstre) göre daha yüksek değerler göstermiştir (Çizelge 4.2). 2014-2015 yetiştirme mevsiminde, ekmeklik buğday genotiplerinin total fenolik bileşik miktarı bakımından istatistiksel olarak farklılık ( $p<0.01$ ) gösterdiği (Çizelge 4.1); en yüksek değer  $13.43 \mu\text{g GAE mg}^{-1}$  ekstre ile 48 numaralı genotipten, en düşük değerin ise  $7.22$ ,  $7.41$  ve  $8.24 \mu\text{g GAE mg}^{-1}$  ekstre ile sırasıyla 133, 114 ve 47 numaralı genotiplerden elde edildiği belirlenmiştir (Çizelge 4.2). 2013-2014 ve 2014-2015 yetiştirme mevsimleri kepek ekstrelerinin, Iqbal vd. (2007)'nin Pakistan'da yaptıkları bir çalışmadaki 5 farklı buğdaydan elde edilen toplam fenolik madde miktarından ( $2.12\text{-}3.37 \mu\text{g GAE mg}^{-1}$ ) daha yüksek olduğu belirlenmiştir. 2014-2015 yetiştirme mevsiminde, YK $\times$ G interaksyonunun total fenolik bileşik miktarı bakımından önemli farklılıklar ( $p<0.01$ ) gösterdiği (Çizelge 4.1); bu interaksyonun, 1, 3, 28 ve 48 numaralı genotiplerin, organik ve konvansiyonel koşullarda farklı gruplarda yer almasından kaynaklandığı anlaşılmaktadır (Çizelge 4.2).

#### **4.2. Total Flavonoit Bileşik Miktarı**

Un ve kepek örneklerinin evaporete edilmiş etanol ekstrelerinde bulunan total flavonoit bileşik miktarı tayini için kuersetin standart bileşik olarak kullanıldı. Standart grafikten (Şekil 4.2) elde edilen denklem yardımı ile un ve kepek örneklerinin evapore



edilmiş ekstreleri içerisinde bulunan total flavonoit miktarı kuersetin ekivalen (KE) olarak hesaplandı ( $r^2$ : 0.9986).



Şekil 4.2. Total flavonoit miktarı tayini için hazırlanan standart grafik

Un ve kepek örneklerinin evapore edilmiş etanol ekstrelerinde bulunan total flavonoit miktarını hesaplamak için standart grafikte bulunan aşağıdaki eşitlik yardımıyla yapıldı.

$$\text{Absorbans} = 0.0098 \times [\text{KE}]$$

Total flavonoit miktarı tayini verilen eşitlikten yararlanılarak hesaplandı. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.3’de verilmiştir.

2013-2014 yetiştirme mevsiminde, ekmeklik buğday genotiplerinde, undaki total flavonoit bileşik miktarı bakımından, organik ve konvansiyonel koşullar arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar ( $p < 0.01$ ) görülmüş olup (Çizelge 4.1); organik koşulların ( $58.61 \mu\text{g KE mg}^{-1}$  ekstre), konvansiyonel koşullardan ( $51.71 \mu\text{g KE mg}^{-1}$  ekstre) daha yüksek total flavonoit bileşik içerdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Ekmeklik buğday genotipleri, undaki total flavonoit bileşik miktarı bakımından önemli ( $p < 0.01$ ) değişimler göstermiş olup (Çizelge 4.1); ortalama değer aralığı olarak  $42.46\text{-}67.14 \mu\text{g KE mg}^{-1}$  ekstre arasında dağılım gözlenmiştir (Çizelge 4.3). Çizelge 4.1 incelendiğinde, YK×G interaksiyonunun istatistiksel olarak önemli olduğu ( $p < 0.01$ ) ve bu interaksiyonun 28

numaralı genotipin dışındaki genotiplerin, organik ve konvansiyonel koşullarda farklı gruplarda yer almasından kaynaklandığı anlaşılmaktadır (Çizelge 4.3).

2014-2015 yetiştirme mevsimi, ekmeklik buğday genotiplerinin un örneklerinde total flavonoit bileşik miktarı, yetiştirme koşullarına göre istatistiksel olarak önemli farklılık ( $p<0.01$ ) göstermiş olup (Çizelge 4.1); bir önceki yetiştirme mevsiminde (2013-2014) olduğu gibi, 2014-2015 yetiştirme mevsiminde, organik koşullar ( $36.60 \mu\text{g KE mg}^{-1}$  ekstre), konvansiyonel koşullara ( $30.30 \mu\text{g KE mg}^{-1}$  ekstre) göre daha yüksek değerler göstermiştir (Çizelge 4.3).

2014-2015 yetiştirme mevsiminde, ekmeklik buğday genotiplerinin undaki total flavonoit bileşik miktarı bakımından istatistiksel olarak farklılık ( $p<0.01$ ) gösterdiği (Çizelge 4.1); en yüksek değer  $43.12 \mu\text{g KE mg}^{-1}$  ekstre ile 133 numaralı genotipten, en düşük değerin ise  $23.43 \mu\text{g KE mg}^{-1}$  ekstre ile 2 numaralı genotipten elde edildiği belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Ayrıca, YK×G interaksiyonunun total fenolik bileşik miktarı bakımından önemli farklılıklar ( $p<0.01$ ) gösterdiği (Çizelge 4.1); bu interaksiyonun, 48 numaralı genotip dışındaki genotiplerin, organik ve konvansiyonel koşullarda farklı gruplarda yer almasından kaynaklandığı anlaşılmaktadır (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. 750 µg mL<sup>-1</sup> konsantrasyonunda 2013-2014 ve 2014-2015 yetiştirme mevsimlerinde organik ve konvansiyonel yetiştirme koşullarında ekmeklik buğday genotiplerinde un ve kepekte total flavonoit miktarının karşılaştırmaları

Örnek	Genotipler	2013-2014 (µg KE mg <sup>-1</sup> ekstre)			2014-2015 (µg KE mg <sup>-1</sup> ekstre)		
		Organik	Konvansiyonel	Ortalama	Organik	Konvansiyonel	Ortalama
UN	1	62.14 <b>b*</b>	72.14 <b>a</b>	67.14 a	43.50 <b>b</b>	21.26 <b>j</b>	32.38 d
	2	54.11 <b>g</b>	36.15 <b>i</b>	45.13 f	29.52 <b>h</b>	17.35 <b>l</b>	23.43 f
	3	57.14 <b>ef</b>	62.99 <b>b</b>	60.06 b	39.59 <b>d</b>	31.73 <b>g</b>	35.66 c
	28	58.20 <b>def</b>	56.46 <b>fg</b>	57.33 c	42.86 <b>bc</b>	15.92 <b>l</b>	29.39 e
	47	61.63 <b>bc</b>	44.52 <b>h</b>	53.07 d	35.95 <b>f</b>	38.26 <b>de</b>	37.10 b
	48	56.05 <b>fg</b>	28.88 <b>j</b>	42.46 g	35.31 <b>f</b>	36.84 <b>ef</b>	36.07 bc
	114	60.34 <b>bcd</b>	70.31 <b>a</b>	65.32 a	41.36 <b>c</b>	19.49 <b>k</b>	30.42 e
	133	59.28 <b>cde</b>	42.24 <b>h</b>	50.76 e	24.69 <b>i</b>	61.56 <b>a</b>	43.12 a
	Ortalama	58.61 a	51.71 b	55.16	36.60 a	30.30 b	33.45
	LSD <sub>(YK)</sub>		0.969			1.641	
	LSD <sub>(G)</sub>		1.966			1.229	
	LSD <sub>(YK×G)</sub>		2.781			1.738	
KEPEK	1	55.34 <b>d</b>	64.83 <b>c</b>	60.08 b	45.64 <b>e</b>	26.73 <b>h</b>	36.18 e
	2	82.07 <b>a</b>	41.15 <b>i</b>	61.61 a	28.91 <b>g</b>	13.47 <b>k</b>	21.19 f
	3	34.59 <b>j</b>	23.37 <b>l</b>	28.98 g	84.80 <b>a</b>	27.96 <b>gh</b>	56.37 a
	28	43.47 <b>h</b>	72.69 <b>b</b>	58.08 c	50.20 <b>d</b>	32.17 <b>f</b>	41.18 c
	47	64.08 <b>c</b>	51.94 <b>e</b>	58.01 c	55.95 <b>c</b>	21.90 <b>i</b>	38.92 d
	48	49.83 <b>f</b>	43.37 <b>h</b>	46.60 e	55.44 <b>c</b>	17.82 <b>j</b>	36.63 e
	114	53.20 <b>e</b>	43.57 <b>h</b>	48.38 d	49.15 <b>d</b>	58.20 <b>b</b>	53.67 b
	133	26.56 <b>k</b>	48.09 <b>g</b>	37.32 f	26.63 <b>h</b>	56.53 <b>c</b>	41.58 c
	Ortalama	51.14	48.63	49.88	49.59 a	31.85 b	40.71
	LSD <sub>(YK)</sub>		Öd.			4.526	
	LSD <sub>(G)</sub>		1.11			0.993	
	LSD <sub>(YK×G)</sub>		Öd.			1.405	

\*: Aynı harf grubuna sahip ortalama değerler arasında 0.05 önem düzeyinde (p<0.05) fark yoktur. LSD, least significance difference (en küçük güvenilir fark) değeri olup; YK, yetiştirme koşullarını; G, genotipi; YK×G, yetiştirme koşulu×genotip interaksyonunu göstermektedir.

2013-2014 yetiştirme mevsiminde, ekmeklik buğday genotiplerinde, kepekteki total flavonoit bileşik miktarı bakımından, organik ve konvansiyonel koşullar arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar olmamakla birlikte (Çizelge 4.1); organik koşulların (51.14 µg KE mg<sup>-1</sup> ekstre), konvansiyonel koşullardan (48.63 µg KE mg<sup>-1</sup> ekstre) daha yüksek değerler içerdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Ekmeklik buğday genotipleri, kepekteki total flavonoit bileşik miktarı bakımından önemli (p<0.01) değişimler göstermiş olup (Çizelge 4.1); 28.98-61.61 µg KE mg<sup>-1</sup> ekstre arasında dağılım gözlenmiştir (Çizelge 4.3). Çizelge 4.1 incelendiğinde, 2013-2014 yetiştirme mevsiminde YK×G interaksyonunun istatistiksel olarak önemli farklılıklar gösterdiği; bu interaksyonun, total flavonoit bakımından tüm genotiplerin yetiştirme koşullarına göre farklılıklar göstermesinden, başka bir deyişle her hangi bir genotipin organik ya da konvansiyonel

koşullarda istatistiksel olarak bir üst ya da bir alt grupta yer almasından kaynaklanmaktadır.

2014-2015 yetiştirme mevsimi, ekmeklik buğday genotiplerinin kepek örneklerinde total flavonoit bileşik miktarı, yetiştirme koşullarına göre istatistiksel olarak önemli farklılık ( $p<0.01$ ) göstermiş olup (Çizelge 4.1); bir önceki yetiştirme mevsiminde (2013-2014) olduğu gibi, 2014-2015 yetiştirme mevsiminde de, organik koşullar ( $49.59 \mu\text{g KE mg}^{-1}$  ekstre), konvansiyonel koşullara ( $31.85 \mu\text{g KE mg}^{-1}$  ekstre) göre daha yüksek değerler göstermiştir (Çizelge 4.3). 2014-2015 yetiştirme mevsiminde, ekmeklik buğday genotiplerinin total flavonoit bileşik miktarı bakımından istatistiksel olarak farklılık ( $p<0.01$ ) gösterdiği (Çizelge 4.1); en yüksek değer  $56.37 \mu\text{g KE mg}^{-1}$  ekstre ile 3 numaralı genotipten, en düşük değerin ise  $21.19 \mu\text{g KE mg}^{-1}$  ekstre ile 2 numaralı genotipten elde edildiği belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Ayrıca, YK×G interaksiyonunun da total flavonoit bileşik miktarı bakımından önemli farklılıklar ( $p<0.01$ ) gösterdiği (Çizelge 4.1) anlaşılmaktadır. Bu interaksiyonun, bütün genotiplerinin organik ve konvansiyonel koşullarda farklı gruplarda yer almasından kaynaklandığı anlaşılmaktadır (Çizelge 4.3).

#### **4.3. $\text{Cu}^{2+}$ - $\text{Cu}^+$ İndirgeme Kuvveti (CUPRAC metodu)**

Un ve kepek ekstraktlarının kuprik iyonlarını ( $\text{Cu}^{2+}$ ) indirgeme kapasitesi,  $20 \mu\text{g mL}^{-1}$  konsantrasyonunda çözeltilerin  $450 \text{ nm}$ 'deki absorbansları ölçülerek belirlendi. Un ve kepek ekstraktlarının kuprik iyonlarını indirgeme kapasitesinin, kontrole göre absorbans artışına bağlı olarak doğru orantılı bir şekilde arttığı belirlendi. Her bir örnek için  $20 \mu\text{g mL}^{-1}$ 'deki absorbans değerleri karşılaştırılarak Çizelge 4.4'te verildi.

2013-2014 yetiştirme mevsiminde, ekmeklik buğday genotiplerinde, undaki kuprik iyonlarını indirgeme kapasitelerinin, organik ve konvansiyonel koşullar arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar ( $p<0.01$ ) olmadığı görülmüş (Çizelge 4.1); organik ve konvansiyonel koşullarda ortalama absorbans değeri aynı tespit edilmiştir ( $0.331$ ) (Çizelge 4.4). Ekmeklik buğday genotipleri, undaki kuprik iyonlarını indirgeme kapasiteleri bakımından önemli ( $p<0.01$ ) değişimler göstermiş olup (Çizelge 4.1); ortalama absorbans aralığı  $0.279$ - $0.398$  arasında tespit edilmiştir (Çizelge 4.4). Çizelge 4.1 incelendiğinde, yetiştirme koşulu×genotip (YK×G) interaksiyonunun istatistiksel olarak önemli farklılıklar

( $p<0.01$ ) gösterdiği (Çizelge 4.1); bu interaksiyonun, 2 ve 28 numaralı genotiplerin organik ve konvansiyonel koşullarda farklı gruplarda yer almasından kaynaklandığı anlaşılmaktadır (Çizelge 4.4).

2014-2015 yetiştirme mevsimi, ekmeklik buğday genotiplerinin un örneklerinde kuprik iyonlarını indirgeme kapasiteleri, yetiştirme koşullarına göre istatistiksel olarak önemli farklılık ( $p<0.01$ ) göstermiş olup (Çizelge 4.1); bir önceki yetiştirme mevsiminden (2013-2014) farklı olarak, 2014-2015 yetiştirme mevsiminde, konvansiyonel koşullar ortalama absorbands değeri 0.191, organik koşullara göre 0.151 absorbands değeri ile daha yüksek göstermiştir (Çizelge 4.4). 2014-2015 yetiştirme mevsiminde, ekmeklik buğday genotiplerinin kuprik iyonlarını indirgeme kapasiteleri bakımından istatistiksel olarak farklılık ( $p<0.01$ ) gösterdiği (Çizelge 4.1); en yüksek ortalama absorbands değeri 0.213 ile 47 numaralı genotipten, en düşük ortalama absorbands değeri ise 0.142 ile 114 numaralı genotipten elde edildiği belirlenmiştir (Çizelge 4.4). Ayrıca, YK×G interaksiyonunun da kuprik iyonlarını indirgeme kapasiteleri bakımından önemli farklılıklar ( $p<0.05$ ) gösterdiği (Çizelge 4.1); bu interaksiyonun, 1, 47, 48 ve 133 numaralı genotiplerin organik ve konvansiyonel koşullarda farklı gruplarda yer almasından kaynaklandığı anlaşılmaktadır (Çizelge 4.4).

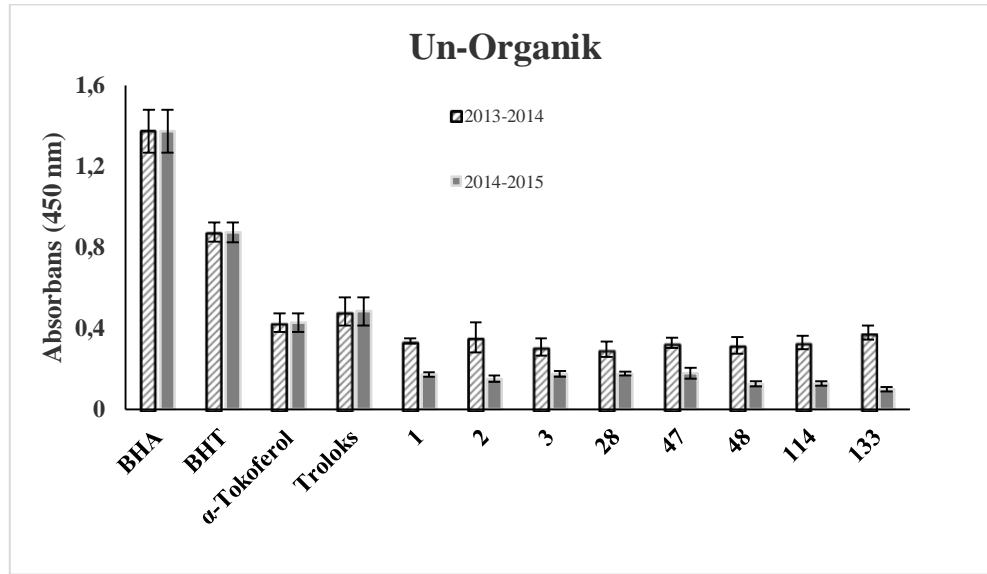
Çizelge 4.4. 20 µg mL<sup>-1</sup> konsantrasyonunda 2013-2014 ve 2014-2015 yetiştirme mevsimlerinde organik ve konvansiyonel yetiştirme koşullarında ekmeklik buğday genotiplerinde un ve kepekte kuprik (Cu<sup>2+</sup>) iyonlarının absorbens değerlerinin karşılaştırmaları

Örnek	Genotipler	2013-2014 (Absorbans Değeri)			2014-2015 (Absorbans Değeri)		
		Organik	Konvansiyonel	Ortalama	Organik	Konvansiyonel	Ortalama
N	1	0.339 b-f*	0.287 f	0.313 bc	0.172 cd	0.223 ab	0.197 ab
	2	0.356 b-e	0.203 g	0.279 c	0.152 def	0.162 c-f	0.157 cde
	3	0.309 def	0.312 def	0.310 bc	0.175 cd	0.181 bcd	0.178 bc
	28	0.297 ef	0.373 abc	0.335 b	0.176 cd	0.170 cde	0.173 bcd
	47	0.328 b-f	0.345 b-f	0.336 b	0.179 cd	0.247 a	0.213 a
	48	0.317 c-f	0.359 a-d	0.338 b	0.126 fg	0.199 bc	0.162 cde
	114	0.331 b-f	0.356 b-e	0.343 b	0.128 efg	0.156 c-f	0.142 e
	133	0.379 ab	0.417 a	0.398 a	0.100 g	0.192 bcd	0.146 de
	Ortalama	0.331	0.331	0.331	0.151 b	0.191 a	0.171
	LSD <sub>(YK)</sub>		Öd.			0.028	
KEPEK	LSD <sub>(G)</sub>		Öd.			0.031	
	LSD <sub>(YK×G)</sub>		0.060			0.044	
	1	0.145 ef	0.205 bc	0.175 c	0.122 cd	0.097 efg	0.109 d
	2	0.225 b	0.204 bc	0.214 b	0.097 efg	0.117 cd	0.107 d
	3	0.115 gh	0.116 gh	0.115 e	0.278 a	0.108 de	0.193 a
	28	0.112 gh	0.181 cd	0.146 d	0.197 b	0.097 efg	0.147 c
	47	0.168 de	0.156 de	0.162 cd	0.059 h	0.103 ef	0.081 e
	48	0.091 h	0.124 fg	0.107 e	0.186 b	0.129 c	0.157 b
	114	0.229 b	0.267 a	0.248 a	0.089 fg	0.088 g	0.088 e
	133	0.124 fg	0.224 b	0.174 c	0.097 efg	0.084 g	0.090 e
	Ortalama	0.151 b	0.185 a	0.168	0.141 a	0.103 b	0.121
	LSD <sub>(YK)</sub>		0.021			0.011	
	LSD <sub>(G)</sub>		0.019			0.010	
	LSD <sub>(YK×G)</sub>		0.027			0.014	

\*: Aynı harf grubuna sahip ortalama değerler arasında 0.05 önem düzeyinde (p<0,05) fark yoktur. LSD, least significance difference (en küçük güvenilir fark) değeri olup; YK, yetiştirme koşullarını; G, genotipi; YK×G, yetiştirme koşulu×genotip interaksyonunu göstermektedir.

2013-2014 yetiştirme mevsiminde, ekmeklik buğday genotiplerinde, kepekteki kuprik iyonlarını indirgeme kapasiteleri bakımından, organik ve konvansiyonel koşullar arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar (p<0.05) görülmüş olup (Çizelge 4.1); konvansiyonel koşulların ortalama absorbens değeri 0.185, organik koşullara göre (0.151) daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.4). Ekmeklik buğday genotipleri, kepekteki kuprik iyonlarını indirgeme kapasiteleri bakımından önemli (p<0.01) farklılıklar göstermiş olup (Çizelge 4.1); absorbens aralığı 0.107-0.248 arasında değişmiştir (Çizelge 4.4). Çizelge 4.1 incelendiğinde, YK×G interaksyonunun istatistiksel olarak önemli olduğu (p<0.01) ve bu interaksyonun 2, 3 ve 47 numaralı genotiplerin dışındaki genotiplerin, organik ve konvansiyonel koşullarda farklı gruplarda yer almasından kaynaklandığı anlaşılmaktadır (Çizelge 4.4).

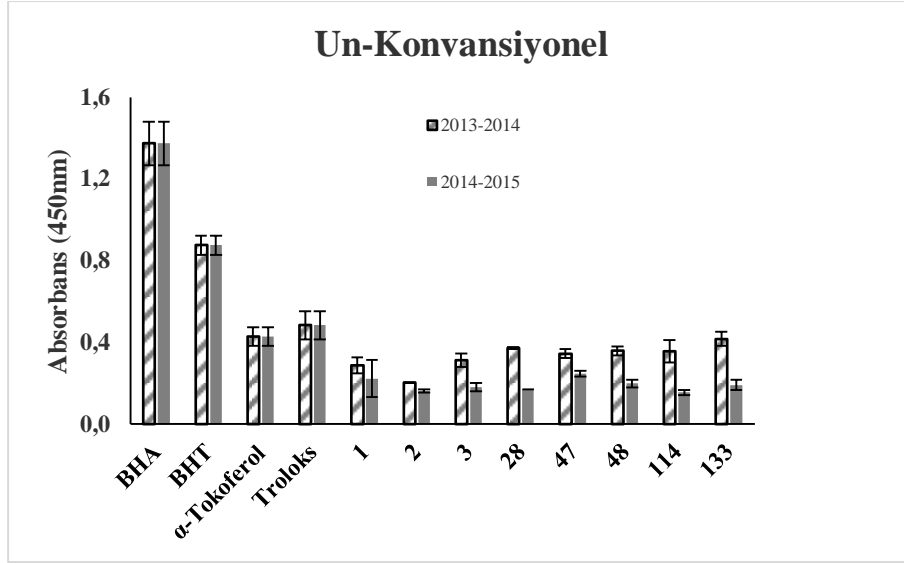
2014-2015 yetiştirme mevsimi, ekmeklik buğday genotiplerinin kepek örneklerinde kuprik iyonlarını indirgeme kapasiteleri, yetiştirme koşullarına göre istatistiksel olarak önemli farklılık ( $p<0.01$ ) göstermiş olup (Çizelge 4.1); bir önceki yetiştirme mevsiminin (2013-2014) tersine, 2014-2015 yetiştirme mevsiminde, organik koşullar (ortalama absorbans: 0.141) konvansiyonel koşullara (ortalama absorbans: 0.103) göre daha yüksek değerler göstermiştir (Çizelge 4.4). 2014-2015 yetiştirme mevsiminde, ekmeklik buğday genotiplerinin kuprik iyonlarını indirgeme kapasiteleri bakımından istatistiksel olarak farklılık ( $p<0.01$ ) gösterdiği (Çizelge 4.1); en yüksek ortalama absorbans değeri 0.193 ile 3 numaralı genotipten, en düşük değerin ise 0.081, 0.088 ve 0.090 absorbanslar ile sırasıyla 47, 114 ve 133 numaralı genotiplerden elde edilmiştir (Çizelge 4.4). Ayrıca, YK×G interaksiyonunun kuprik iyonlarını indirgeme bakımından önemli farklılıklar ( $p<0.01$ ) gösterdiği (Çizelge 4.1); bu interaksiyonun, 114 ve 133 numaralı genotipler dışındaki genotiplerin, organik ve konvansiyonel koşullarda farklı gruplarda yer almasından kaynaklandığı anlaşılmaktadır (Çizelge 4.4).



Şekil 4.3. 2013-2014/2014-2015 (un-organik) yıllarında Gümüşhane’de farklı çevrelerde yetiştirilmiş bazı kışlık ekmeklik buğdayların ( $20\mu\text{g mL}^{-1}$ ) konsantrasyonunda kuprik iyonlarını indirgeme aktivitelerinin karşılaştırılması (\*Barlar ortalama değerlerden standart sapmaları göstermektedir)

2013-2014/2014-2015 (Un-Organik) yıllarında Gümüşhane’de farklı çevrelerde yetiştirilmiş bazı kışlık ekmeklik buğdayların ( $20\mu\text{g mL}^{-1}$ ) konsantrasyonunda kuprik

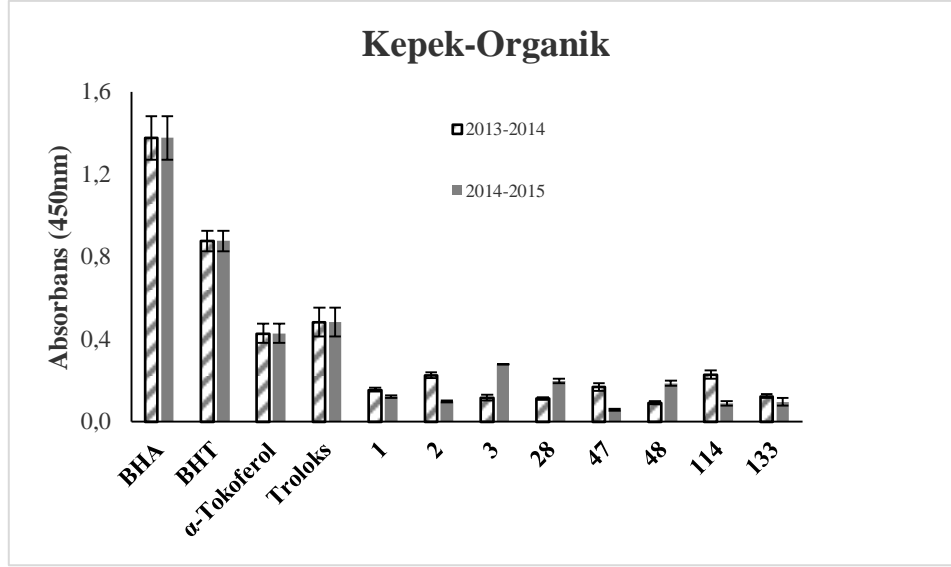
iyonlarını indirgeme aktiviteleri standart antioksidanlar olan BHA, BHT, Troloks ve  $\alpha$ -Tokoferol ile karşılaştırılarak Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Buna göre BHA ve BHT en yüksek indirgeme kapasitesi sergilerken 2013/2014 (Un-Organik) numunelerinin 2014/2015 (Un-Organik) numunelerinden daha yüksek indirgeme aktivitelerine sahip olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.4. 2013-2014/2014-2015 (Un-Konvansiyonel) yıllarında Gümüşhane’de farklı çevrelerde yetiştirilmiş bazı kışlık ekmeklik buğdayların ( $20 \mu\text{g mL}^{-1}$ ) konsantrasyonunda kuprik iyonlarını indirgeme aktivitelerinin karşılaştırılması

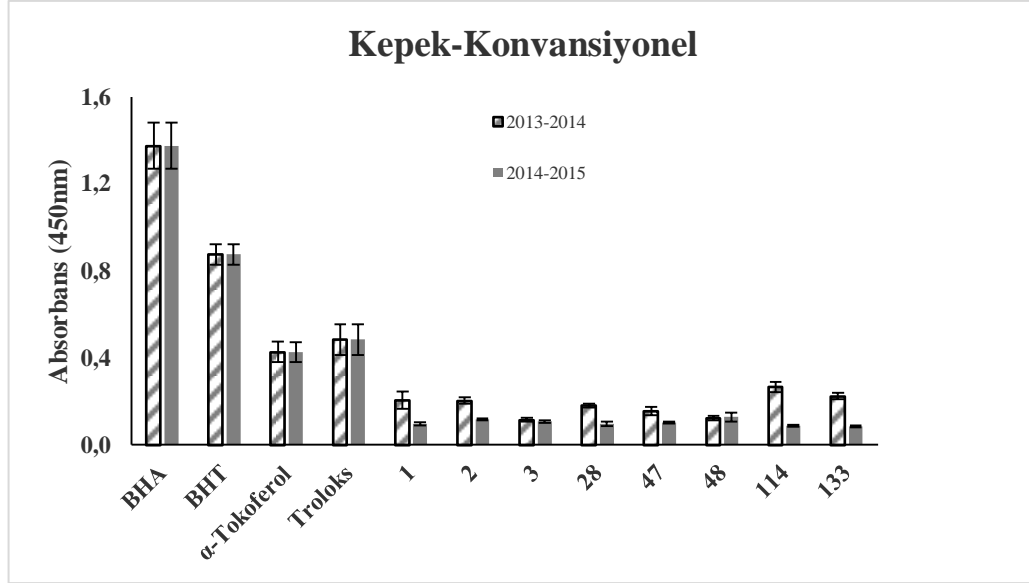
2013-2014/2014-2015 (Un-Konvansiyonel) yıllarında Gümüşhane’de farklı çevrelerde yetiştirilmiş bazı kışlık ekmeklik buğdayların ( $20 \mu\text{g mL}^{-1}$ ) konsantrasyonunda kuprik iyonlarını indirgeme aktiviteleri standart antioksidanlar olan BHA, BHT, Troloks ve  $\alpha$ -Tokoferol ile karşılaştırılarak Şekil 4.4’de gösterilmiştir. Buna göre, BHA ve BHT en yüksek indirgeme kapasitesi sergilerken 2013/2014 (Un-Konvansiyonel) numunelerinin 2014/2015 (Un-Konvansiyonel) numunelerinden daha yüksek indirgeme aktivitelerine sahip olduğu belirlenmiştir. 2013/2014 (Un-Konvansiyonel), 133 numaralı genotip standart antioksidan olan troloksa yakın kuprik indirgeme aktivitesi sergilemiştir.





Şekil 4.5. 2013-2014/2014-2015 (Kepek-Organik) yıllarında Gümüşhane’de farklı çevrelerde yetiştirilmiş bazı kışlık ekmeklik buğdayların ( $20 \mu\text{g mL}^{-1}$ ) konsantrasyonunda kuprik iyonlarını indirgeme aktivitelerinin karşılaştırılması

2013-2014/2014-2015(Kepek-Organik) yıllarında Gümüşhane’de farklı çevrelerde yetiştirilmiş bazı kışlık ekmeklik buğdayların ( $20 \mu\text{g mL}^{-1}$ ) konsantrasyonunda kuprik iyonlarını indirgeme aktiviteleri standart antioksidanlar olan BHA, BHT, Troloks ve  $\alpha$ -Tokoferol ile karşılaştırılarak Şekil 4.5’te gösterilmiştir. Buna göre, BHA ve BHT en yüksek indirgeme kapasitesi sergilerken genel olarak 2013/2014 (Kepek-Organik) numunelerinin 2014/2015 (Kepek-Organik) numunelerinden daha yüksek indirgeme aktivitelerine sahip olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.6. 2013-2014/2014-2015 (Kepek-Konvansiyonel) yıllarında Gümüşhane’de farklı çevrelerde yetiştirilmiş bazı kışlık ekmeklik buğdayların ( $20 \mu\text{g mL}^{-1}$ ) konsantrasyonunda kuprik iyonlarını indirgeme aktivitelerinin karşılaştırılması

2013-2014/2014-2015 (Kepek-Konvansiyonel) yıllarında Gümüşhane’de farklı çevrelerde yetiştirilmiş bazı kışlık ekmeklik buğdayların ( $20 \mu\text{g mL}^{-1}$ ) konsantrasyonunda kuprik iyonlarını indirgeme aktiviteleri standart antioksidanlar olan BHA, BHT, Troloks ve  $\alpha$ -Tokoferol ile karşılaştırılarak Şekil 4.6’da gösterilmiştir. Buna göre, BHA ve BHT en yüksek indirgeme kapasitesi sergilerken 2013/2014 (Kepek-Organik) genotiplerinin tamamı 2014/2015 (Kepek-Organik) genotiplerinden daha yüksek indirgeme aktivitelerine sahip olduğu belirlenmiştir.

#### 4.4. DPPH Serbest Radikal Giderme Aktivitesi

DPPH serbest radikali giderme aktivitesi tayinleri, her bir örnek için  $20 \mu\text{g mL}^{-1}$ ’deki absorbans değerleri karşılaştırılarak Çizelge 4.5’te % inhibisyon olarak verildi. DPPH serbest radikali giderme aktivitesi, % inhibisyon olarak aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır.

$$\text{DPPH}^\bullet \text{ giderme aktivitesi (\%)} = \left(1 - \frac{\lambda_{517-N}}{\lambda_{517-K}}\right) \times 100$$

Burada  $\lambda_{517-N}$  DPPH serbest radikal çözeltisine numune ilavesinden sonra bulunan absorbans değeri,  $\lambda_{517-K}$ , ise sadece DPPH serbest radikal çözeltisi içeren kontrol değerinin

absorbans değerini ifade eder. Pozitif kontrol olarak BHA, BHT,  $\alpha$ -tokoferol ve troloks kullanıldı.

2013-2014 yetiştirme mevsiminde, ekmeklik buğday genotiplerinde, undaki DPPH serbest radikali giderme aktivitesinin, organik ve konvansiyonel koşullar arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar ( $p<0.01$ ) görölmüş olup (Çizelge 4.1); organik koşulların ortalama DPPH serbest radikali giderme aktivitesi (%2.82), konvansiyonel koşullardan (%1.63) daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.5). Ekmeklik buğday genotipleri, undaki DPPH serbest radikali giderme aktivitesi bakımından önemli ( $p<0.01$ ) değişimler göstermiş olup (Çizelge 4.1); ortalama %1.11-3.81 arasında dağılım gözlenmiştir (Çizelge 4.5). Çizelge 4.1 incelendiğinde, 2013-2014 yetiştirme yılında YK×G interaksiyonunun istatistiksel olarak önemli olduğu ( $p<0.01$ ) ve bu interaksiyonun 1 ve 114 numaralı genotiplerin dışındaki genotiplerin, organik ve konvansiyonel koşullarda farklı gruplarda yer almasından kaynaklandığı anlaşılmaktadır (Çizelge 4.5).

2014-2015 yetiştirme mevsimi, ekmeklik buğday genotiplerinin un örneklerinde DPPH serbest radikali giderme aktivitesinin, yetiştirme koşullarına göre istatistiksel olarak önemli farklılıklar görölmemekle birlikte (Çizelge 4.1); 2014-2015 yetiştirme mevsiminde, konvansiyonel koşulların giderme aktivitesi (%2.36), organik koşullardan (%1.63) daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.5). 2014-2015 yetiştirme mevsiminde, ekmeklik buğday genotiplerinin DPPH serbest radikali giderme aktivitesi bakımından istatistiksel olarak farklılık ( $p<0.01$ ) gösterdiği (Çizelge 4.1); en yüksek değerin %2.60 ile 48 numaralı genotipten, en düşük değer ise %1.83 ile 3 numaralı genotipten elde edildiği belirlenmiştir (Çizelge 4.5). Ayrıca, YK×G interaksiyonunun DPPH serbest radikal giderme aktivitesi bakımından önemli farklılıklar ( $p<0.01$ ) gösterdiği (Çizelge 4.1); bu interaksiyonun, 28 ve 114 numaralı genotipler dışındaki genotiplerin, organik ve konvansiyonel koşullarda farklı gruplarda yer almasından kaynaklandığı anlaşılmaktadır (Çizelge 4.5).

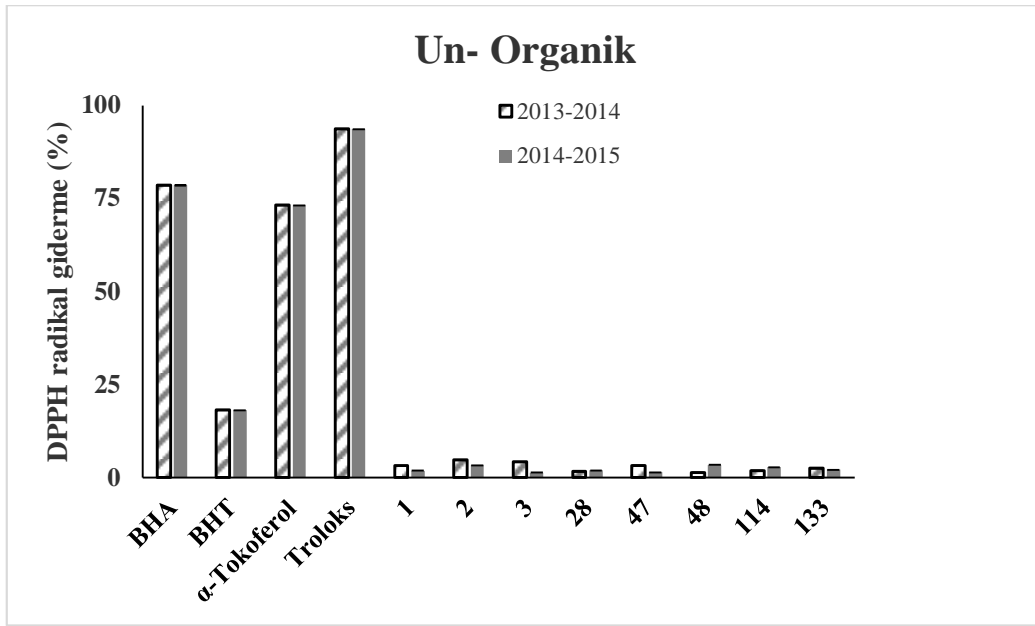
Çizelge 4.5. 20 µg mL<sup>-1</sup> konsantrasyonunda 2013-2014 ve 2014-2015 yetiştirme mevsimlerinde organik ve konvansiyonel yetiştirme koşullarında ekmeklik buğday genotiplerinde un ve kepekte DPPH serbest radikali giderme aktivitesinin karşılaştırmaları

Örnek	Genotipler	2013-2014			2014-2015		
		Giderme Aktivitesi (%)			Giderme Aktivitesi (%)		
		Organik	Konvansiyonel	Ortalama	Organik	Konvansiyonel	Ortalama
UN	1	3.18 bc*	2.77 bcd	2.97 b	1.83 fgh	2.54 de	2.18 ab
	2	4.69 a	2.93 bcd	3.81 a	3.31 abc	1.74 fgh	2.52 a
	3	4.18 a	2.22 def	3.20 b	1.32 h	2.34 def	1.83 b
	28	1.64 fg	0.58 hı	1.11 e	1.99 efg	1.77 fgh	1.88 b
	47	3.28 b	0.74 hı	2.01 c	1.41 gh	3.57 a	2.50 a
	48	1.32 gh	2.41 c-f	1.86 cd	3.44 ab	1.74 fgh	2.60 a
	114	1.83 efg	1.19 gh	1.51 cde	2.80 cd	2.35 def	2.57 a
	133	2.48 cde	0.22 ı	1.35 de	1.57 gh	2.83 bcd	2.20 ab
	Ortalama	2.82 a	1.63 b	2.22	1.63	2.36	1.99
	LSD <sub>(YK)</sub>		0.662			Öd.	
KEPEK	LSD <sub>(G)</sub>		0.561			0.436	
	LSD <sub>(YK×G)</sub>		0.793			0.617	
	1	4.48 d	8.27 ab	6.37 ab	4.02 a	2.75 bc	3.38 a
	2	8.81 ab	2.98 ef	5.89 bc	2.78 bc	1.20 fg	1.99 c
	3	5.05 d	1.11 g	3.08 f	2.96 b	2.09 d	2.52 b
	28	4.37 d	9.51 a	6.94 a	4.18 a	1.46 ef	2.82 b
	47	5.30 d	3.98 de	4.64 de	0.52 h	2.44 bcd	1.48 d
	48	8.12 b	2.36 fg	5.24 cd	1.86 de	1.46 ef	1.66 cd
	114	6.64 c	4.61 d	5.62 bc	0.77 gh	0.39 h	0.58 e
	133	2.52 f	5.18 d	3.85 ef	2.16 cd	1.46 ef	1.81 cd
	Ortalama	5.66 a	4.75 b	5.20	2.41 a	1.66 b	2.03
	LSD <sub>(YK)</sub>		0.771			0.584	
	LSD <sub>(G)</sub>		0.949			0.440	
	LSD <sub>(YK×G)</sub>		1.343			0.622	

\*: Aynı harf grubuna sahip ortalama değerler arasında 0.05 önem düzeyinde (p<0.05) fark yoktur. LSD, least significance difference (en küçük güvenilir fark) değeri olup; YK, yetiştirme koşullarını; G, genotipi; YK×G, yetiştirme koşulu×genotip etkileşimini göstermektedir.

2013-2014 yetiştirme mevsiminde, ekmeklik buğday genotiplerinde, kepekteki DPPH serbest radikali giderme aktivitesinin, organik ve konvansiyonel koşullar arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar (p<0.05) görülmüş olup (Çizelge 4.1); organik koşulların DPPH serbest radikal giderme aktivitesi (%5.66), konvansiyonel koşullardakinden (%4.75) daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.5). Ekmeklik buğday genotipleri, kepekteki DPPH serbest radikali giderme aktivitesi bakımından önemli (p<0.01) değişimler göstermiş olup (Çizelge 4.1); %3.08-6.94 arasında dağılım gözlenmiştir (Çizelge 4.5). Çizelge 4.1 incelendiğinde, YK×G etkileşiminin istatistiksel olarak önemli olduğu (p<0.01) ve bu etkileşimin 47 numaralı genotipin dışındaki genotiplerin, organik ve konvansiyonel koşullarda farklı gruplarda yer almasından kaynaklandığı anlaşılmaktadır (Çizelge 4.5).

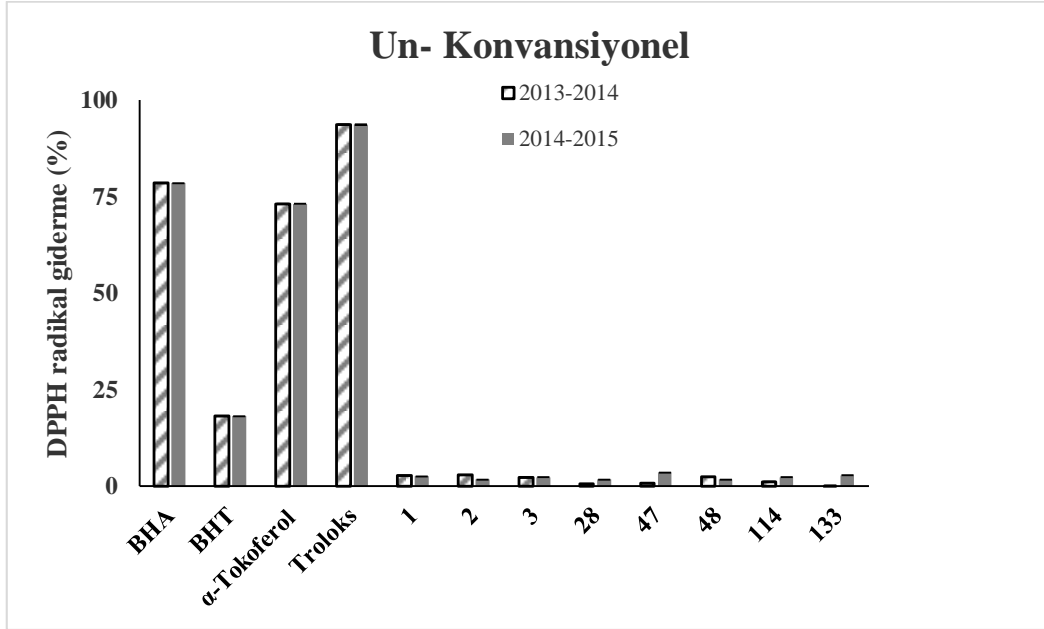
2014-2015 yetiştirme mevsimi, ekmeklik buğday genotiplerinin kepek örneklerinde DPPH serbest radikali giderme aktivitesinin, yetiştirme koşullarına göre istatistiksel olarak önemli farklılık ( $p<0.05$ ) göstermiş olup (Çizelge 4.1); bir önceki yetiştirme mevsiminde (2013-2014) olduğu gibi, 2014-2015 yetiştirme mevsiminde de organik koşullar (%2.41), konvansiyonel koşullara (%1.66) göre daha yüksek giderme göstermiştir (Çizelge 4.5). 2014-2015 yetiştirme mevsiminde ekmeklik buğday genotiplerinin DPPH serbest radikali giderme aktivitesi, istatistiksel olarak önemli farklılık ( $p<0.01$ ) göstermiş olup (Çizelge 4.1); en yüksek değer %3.38 ile 1 numaralı genotipte, en düşük değer ise %0.58 ile 114 numaralı genotipte belirlenmiştir (Çizelge 4.5). Ayrıca, YK×G interaksiyonunun DPPH serbest radikali giderme aktivitesinin istatistiksel olarak önemli ( $p<0.01$ ) bulunduğu (Çizelge 4.1); bu interaksiyonun, 47 numaralı genotip dışındaki genotiplerin, organik ve konvansiyonel koşullarda farklı gruplarda yer almasından kaynaklandığı anlaşılmaktadır (Çizelge 4.5).



Şekil 4.7. 2013-2014/2014-2015 (Un-Organik) yıllarında Gümüşhane’de farklı çevrelerde yetiştirilmiş bazı kışlık ekmeklik buğdayların ( $20 \mu\text{g mL}^{-1}$ ) konsantrasyonunda DPPH serbest radikali giderme aktivitelerinin karşılaştırması

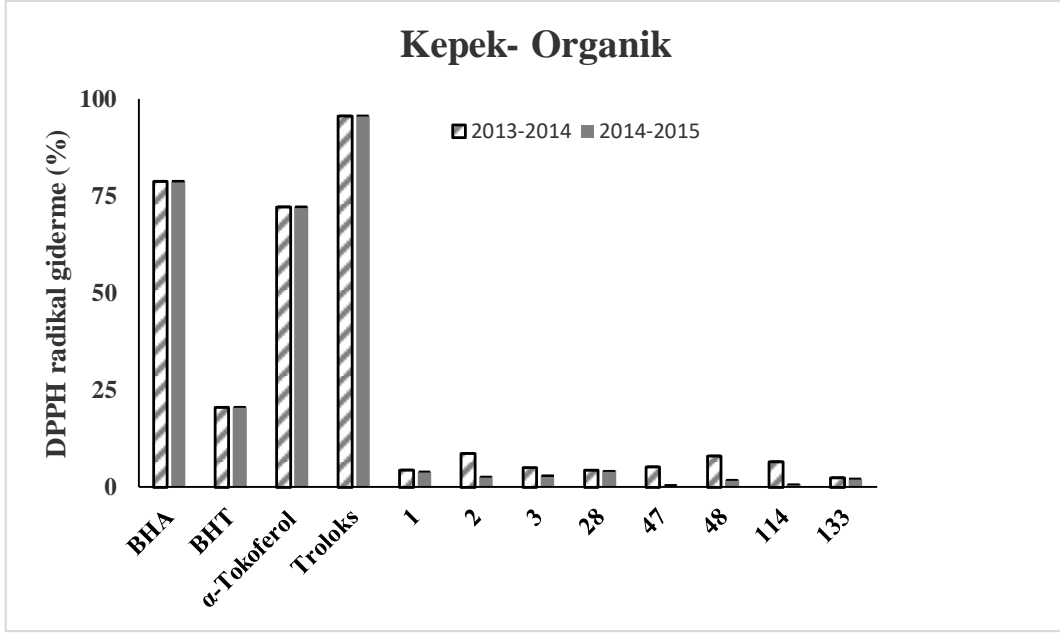
2013-2014/2014-2015 (Un-Organik) yıllarında Gümüşhane’de farklı çevrelerde yetiştirilmiş bazı kışlık ekmeklik buğdayların DPPH serbest radikali giderme aktiviteleri standart antioksidanlar olan BHA, BHT, Troloks ve α-Tokoferol ile karşılaştırılarak Şekil

4.7’de gösterilmiştir. 2013-2014 (Un-Organik) genotiplerinin 2014-2015 (Un-Organik) genotiplerine göre daha etkili DPPH serbest radikali giderme aktivitesi sergilediği görülmüştür.



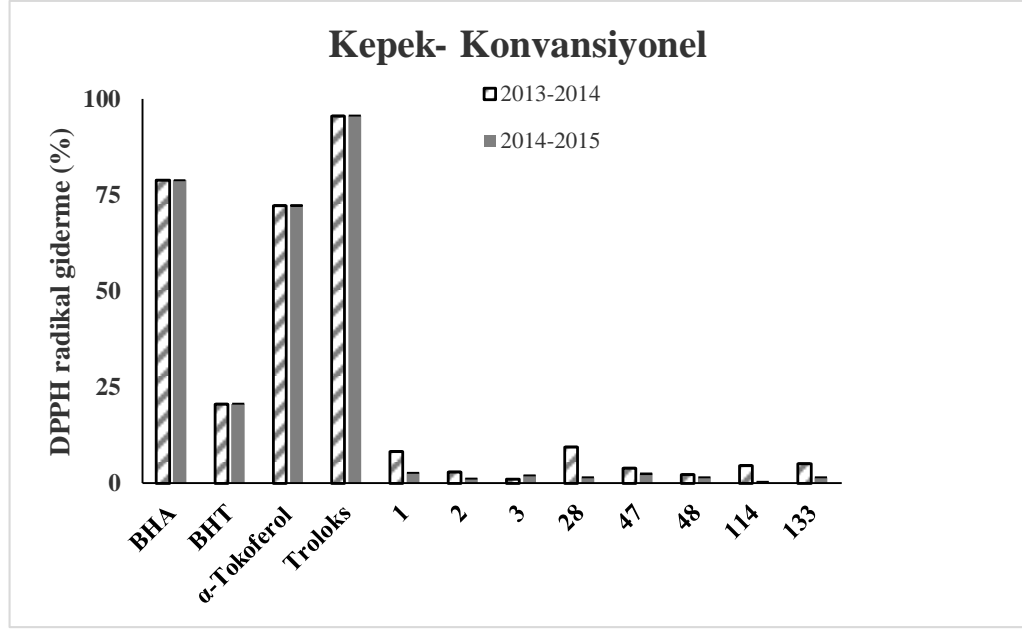
Şekil 4.8. 2013-2014/2014-2015 (Un-Konvansiyonel) yıllarında Gümüşhane’de farklı çevrelerde yetiştirilmiş bazı kışlık ekmeklik buğdayların ( $20 \mu\text{g mL}^{-1}$ ) konsantrasyonunda DPPH serbest radikali giderme aktivitelerinin karşılaştırması

2013-2014/2014-2015 (Un-Konvansiyonel) yıllarında Gümüşhane’de farklı çevrelerde yetiştirilmiş bazı kışlık ekmeklik buğdayların DPPH serbest radikali giderme aktiviteleri standart antioksidanlar olan BHA, BHT, Troloks ve α-Tokoferol ile karşılaştırılarak Şekil 4.8’de gösterilmiştir. ( $20 \mu\text{g mL}^{-1}$ ) konsantrasyonunda DPPH serbest radikali giderme aktivitelerine göre, 2014-2015 (Un-Konvansiyonel) genotiplerinin serbest radikal giderme aktiviteleri, 2013-2014 (Un-Konvansiyonel) genotiplerinden yüksek görülmüştür.



Şekil 4.9. 2013-2014/2014-2015 (Kepek-Organik) yıllarında Gümüşhane’de farklı çevrelerde yetiştirilmiş bazı kışlık ekmeklik buğdayların ( $20 \mu\text{g mL}^{-1}$ ) konsantrasyonunda DPPH serbest radikali giderme aktivitelerinin karşılaştırması

2013-2014/2014-2015 (Kepek-Organik) yıllarında Gümüşhane’de farklı çevrelerde yetiştirilmiş bazı kışlık ekmeklik buğdayların DPPH serbest radikali giderme aktiviteleri standart antioksidanlar olan BHA, BHT, Troloks ve  $\alpha$ -Tokoferol ile karşılaştırılarak Şekil 4.9’da gösterilmiştir. ( $20 \mu\text{g mL}^{-1}$ ) konsantrasyonunda DPPH serbest radikali giderme aktivitelerine göre, 2013-2014 (Kepek-Organik) genotiplerinin serbest radikal giderme aktiviteleri, 2014-2015 (Kepek-Organik) genotiplerinden yüksek görülmüştür.



Şekil 4.10. 2013-2014/2014-2015 (Kepek-Konvansiyonel) yıllarında Gümüşhane’de farklı çevrelerde yetiştirilmiş bazı kışlık ekmeklik buğdayların ( $20 \mu\text{g mL}^{-1}$ ) konsantrasyonunda DPPH serbest radikali giderme aktivitelerinin karşılaştırması

2013-2014/2014-2015 (Kepek-Konvansiyonel) yıllarında Gümüşhane’de farklı çevrelerde yetiştirilmiş bazı kışlık ekmeklik buğdayların DPPH serbest radikali giderme aktiviteleri standart antioksidanlar olan BHA, BHT, Troloks ve  $\alpha$ -Tokoferol ile karşılaştırılarak Şekil 4.10’da gösterilmiştir. ( $20 \mu\text{g mL}^{-1}$ ) konsantrasyonunda DPPH serbest radikali giderme aktivitelerine göre, 2013-2014 (Kepek-Konvansiyonel) 1 ve 28 numaralı genotiplerinin serbest radikal giderme aktiviteleri diğer genotiplerden daha etkili olduğu belirlenmiştir.

#### 4.5 ABTS<sup>+</sup> Radikal Giderme Aktivitesi

ABTS<sup>+</sup> radikal giderme aktivitesi de DPPH serbest radikal giderme aktivitesi gibi sulu karışımların, ekstraların ve içeceklerin ya da saf maddelerin antiradikal aktivitelerinin belirlenmesi amacıyla çoğunlukla kullanılmaktadır (Miller vd., 1996; Gülçin vd., 2007a). ABTS<sup>+</sup> radikal giderme aktivitesi tayini için her bir örnek  $20 \mu\text{g mL}^{-1}$ ’deki absorbans değerleri karşılaştırılarak Çizelge 4.6’da verildi.

2013-2014 yetiştirme mevsiminde, ekmeklik buğday genotiplerinde, undaki ABTS<sup>+</sup> radikal giderme aktivitesinin, yetiştirme koşullarına göre istatistiksel olarak önemli



farklılıklar ( $p<0.01$ ) göstermediği (Çizelge 4.1); başka bir deyişle ABTS<sup>+</sup> radikal giderme aktivitesi bakımından konvansiyonel koşulların (%25.67), organik koşullar (%23.43) ile benzerlik gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.6). Ekmeklik buğday genotipleri, undaki ABTS<sup>+</sup> radikal giderme aktivitesi bakımından önemli ( $p<0.01$ ) değişimler göstermiş olup (Çizelge 4.1); ortalama %20.41-28.72 arasında dağılım gözlenmiştir (Çizelge 4.6). Ayrıca, Çizelge 4.1 incelendiğinde, YK×G interaksiyonunun istatistiksel olarak önemli farklılıklar göstermediği anlaşılmaktadır.

2014-2015 yetiştirme mevsimi, ekmeklik buğday genotiplerinin un örneklerinde ABTS<sup>+</sup> radikal giderme aktivitesinin, yetiştirme koşullarına göre istatistiksel olarak önemli farklılıklar göstermediği (Çizelge 4.1); başka bir deyişle, konvansiyonel koşulların ABTS<sup>+</sup> radikal giderme aktivitesinin (%45.49), organik koşullardaki (%41.41) ile benzerlik gösterdiği ortaya konulmuştur (Çizelge 4.6). 2014-2015 yetiştirme mevsiminde, ekmeklik buğday genotipleri arasında ABTS<sup>+</sup> radikal giderme aktivitesi bakımından istatistiksel olarak farklılık görülmemekle birlikte (Çizelge 4.1); %39.67-47.17 arasında dağılım gözlenmiştir. Ayrıca, YK×G interaksiyonunun ABTS<sup>+</sup> radikal giderme aktivitesi bakımından istatistiksel olarak önemli bulunmadığı Çizelge 4.1’den anlaşılmaktadır.

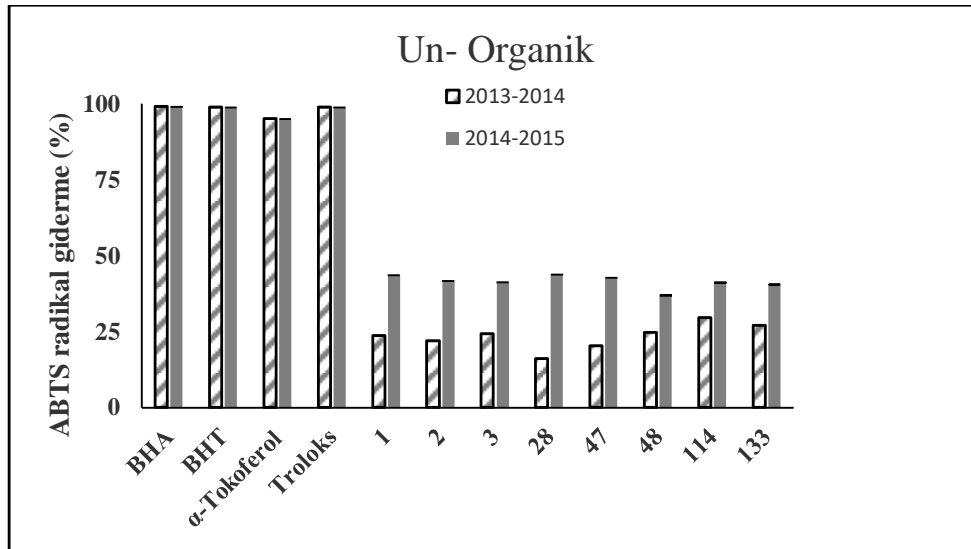
Çizelge 4.6. 20 µg mL<sup>-1</sup> konsantrasyonunda 2013-2014 ve 2014-2015 yetiştirme mevsimlerinde organik ve konvansiyonel yetiştirme koşullarında ekmeklik buğday genotiplerinde un ve kepekte ABTS<sup>+</sup> radikal giderme aktivitesinin karşılaştırmaları

Örnek	Genotipler	2013-2014			2014-2015		
		Giderme Aktivitesi %			Giderme Aktivitesi %		
		Organik	Konvansiyonel	Ortalama	Organik	Konvansiyonel	Ortalama
ÜN	1	23.64	22.81	23.22 cd*	43.52	50.83	47.17
	2	21.84	25.23	23.53 cd	41.70	50.20	45.95
	3	24.17	24.20	24.18 bcd	41.23	46.65	43.94
	28	16.13	27.92	22.02 cd	43.79	41.67	42.73
	47	20.28	20.55	20.41 d	42.66	43.56	43.11
	48	24.77	27.36	26.06 abc	36.88	42.46	39.67
	114	29.55	26.93	28.24 ab	41.07	41.80	41.43
	133	27.09	30.35	28.72 a	40.40	46.75	43.57
	Ortalama	23.43	25.67	24.55	41.41	45.49	43.45
	LSD <sub>(YK)</sub>		Öd.			Öd.	
KEPEK	LSD <sub>(G)</sub>		0.042			Öd.	
	LSD <sub>(YK×G)</sub>		Öd.			Öd.	
	1	21.08 e	40.34 bc	30.71 b	38.18 g	46.94 b-e	42.56 c
	2	36.79 c	35.62 c	36.20 a	39.14 fg	48.60 a-d	43.87 c
	3	19.45 e	23.67 de	21.56 d	55.15 a	46.78 cde	50.96 ab
	28	10.92 f	46.18 ab	28.55 bc	54.51 ab	50.36 abc	52.43 a
	47	28.15 d	21.28 e	24.71 cd	39.61 efg	46.81 cde	43.21 c
	48	7.64 f	24.37 de	16.00 e	54.88 a	46.18 c-f	50.53 ab
	114	35.72 c	44.12 ab	39.92 a	42.23 d-g	42.63 d-g	42.43 c
	133	12.85 f	46.65 a	29.75 b	45.09 c-g	46.18 c-f	45.63 bc
	Ortalama	21.57 a	35.28 b	28.42	46.10	46.81	46.45
	LSD <sub>(YK)</sub>		7.536			Öd.	
	LSD <sub>(G)</sub>		4.412			5.368	
	LSD <sub>(YK×G)</sub>		6.240			7.592	

\*: Aynı harf grubuna sahip ortalama değerler arasında 0.05 önem düzeyinde (p<0.05) fark yoktur. LSD, least significance difference (en küçük güvenilir fark) değeri olup; YK, yetiştirme koşullarını; G, genotipi; YK×G, yetiştirme koşulu×genotip etkileşimini göstermektedir.

2013-2014 yetiştirme mevsiminde, ekmeklik buğday genotiplerinde, kepekteki ABTS<sup>+</sup> radikal giderme aktivitesinin, organik ve konvansiyonel koşullara göre istatistiksel olarak önemli farklılıklar (p<0.01) gösterdiği (Çizelge 4.1); konvansiyonel koşulların ABTS<sup>+</sup> radikal giderme aktivitesinin (%35.28), organik koşullardan (%21.57) daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.6). Ekmeklik buğday genotipleri, kepekteki ABTS<sup>+</sup> radikal giderme aktivitesi bakımından önemli (p<0.01) değişimler göstermiş olup (Çizelge 4.1); genotiplere göre %16.00-39.92 arasında dağılım gözlenmiştir (Çizelge 4.6). Çizelge 4.1 incelendiğinde, YK×G etkileşiminin istatistiksel olarak önemli olduğu (p<0.01) ve bu etkileşimin 2 ve 3 numaralı genotiplerin dışındaki genotiplerin, organik ve konvansiyonel koşullarda farklı gruplarda yer almasından kaynaklandığı anlaşılmaktadır (Çizelge 4.6).

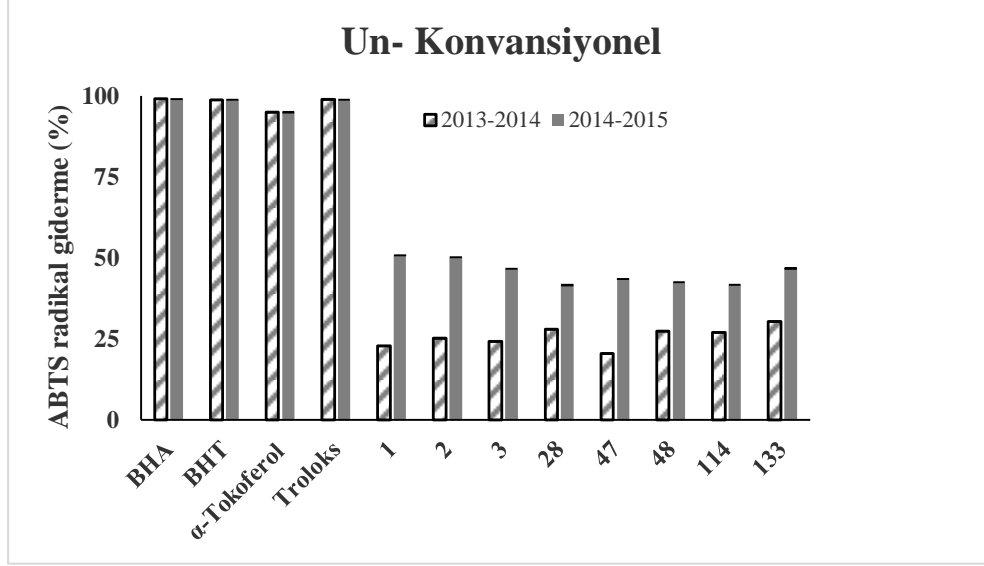
2014-2015 yetiştirme mevsimi, ekmeklik buğday genotiplerinin kepek örneklerinde ABTS<sup>++</sup> radikal giderme aktivitesi, yetiştirme koşullarına göre istatistiksel olarak önemli farklılıklar göstermemiş (Çizelge 4.1); diğer bir ifadeyle, bu yetiştirme mevsiminde, konvansiyonel koşulların ABTS<sup>++</sup> radikal giderme aktivitesinin (%46.81), organik koşullara (%46.10) göre daha yüksek değerler göstermiştir (Çizelge 4.6). 2014-2015 yetiştirme mevsiminde, ekmeklik buğday genotiplerinin ABTS<sup>++</sup> radikal giderme aktivitesi bakımından istatistiksel olarak farklılık ( $p<0.01$ ) gösterdiği (Çizelge 4.1); en yüksek değer %52.43 ile 28 numaralı genotipten, en düşük değer ise %42.43 ile 114 numaralı genotipten elde edildiği belirlenmiştir (Çizelge 4.6). Ayrıca, YK×G interaksyonunun ABTS<sup>++</sup> radikal giderme aktivitesi bakımından önemli farklılıklar ( $p<0.01$ ) gösterdiği (Çizelge 4.1); bu interaksyonun, 1, 2, 3 ve 48 numaralı genotiplerin, organik ve konvansiyonel koşullarda farklı gruplarda yer almasından kaynaklandığı anlaşılmaktadır (Çizelge 4.6).



Şekil 4.11. 2013-2014/2014-2015 (Un-Organik) yıllarında Gümüşhane’de farklı çevrelerde yetiştirilmiş bazı kışlık ekmeklik buğdayların (20 µg mL<sup>-1</sup>) konsantrasyonunda ABTS<sup>++</sup> giderme aktiviteleri radikali giderme aktivitelerinin karşılaştırması

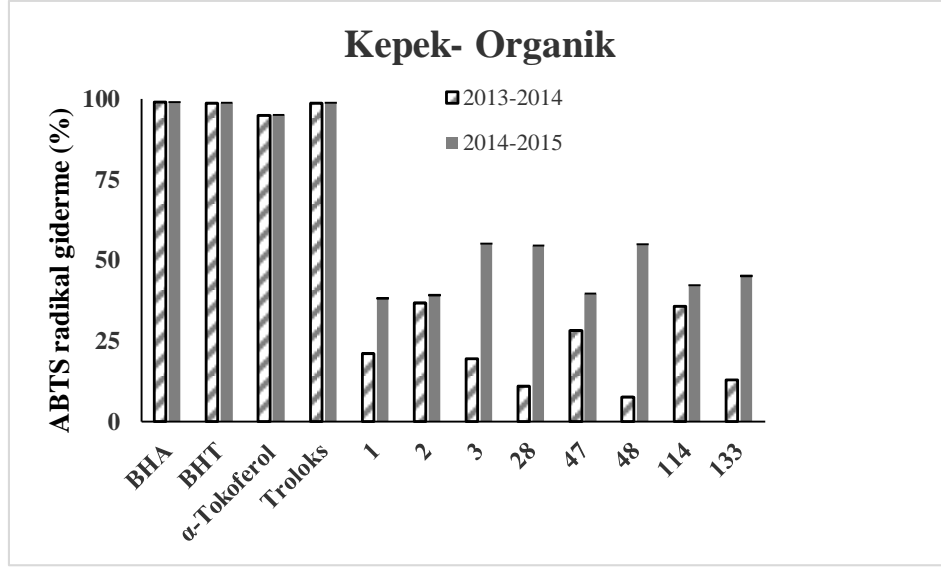
2013-2014/2014-2015 (Un-Organik) yıllarında Gümüşhane’de farklı çevrelerde yetiştirilmiş bazı kışlık ekmeklik buğdayların ABTS<sup>++</sup> radikali giderme aktiviteleri standart antioksidanlar olan BHA, BHT, Troloks ve α-Tokoferol ile karşılaştırılarak Şekil 4.11’de gösterilmiştir. 2014-2015 (Un-Organik) genotiplerinin 2013-2014 (Un-Organik)

genotiplerine göre daha etkili ABTS<sup>+</sup> radikali giderme aktivite yüzdelere sahip olduğu gözlemlenmiştir. 2014-2015 (Un-Organik) genotiplerinden ise 1 ve 28 numaralı olanların daha yüksek giderme yüzdesine sahip olduğu gözlemlenmiştir.



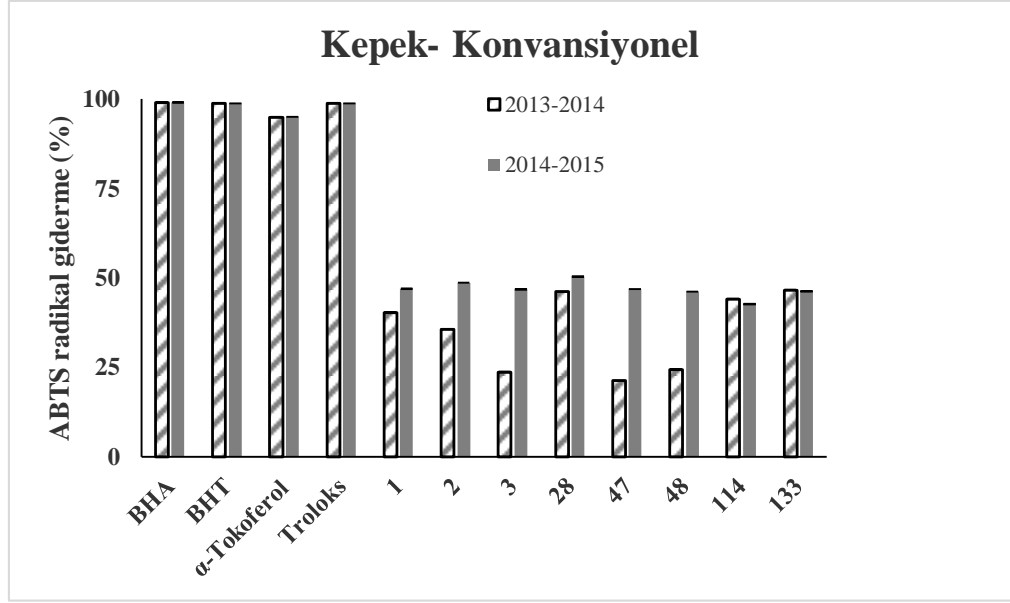
Şekil 4.12. 2013-2014/2014-2015 (Un-Konvansiyonel) yıllarında Gümüşhane’de farklı çevrelerde yetiştirilmiş bazı kışlık ekmeklik buğdayların (20 µg mL<sup>-1</sup>) konsantrasyonunda ABTS<sup>+</sup> giderme aktivitelerinin karşılaştırması

2013-2014/2014-2015 (Un-Konvansiyonel) yıllarında Gümüşhane’de farklı çevrelerde yetiştirilmiş bazı kışlık ekmeklik buğdayların (20 µg mL<sup>-1</sup>) konsantrasyonunda ABTS<sup>+</sup> giderme aktiviteleri standart antioksidanlar olan BHA, BHT, Troloks ve α-Tokoferol ile karşılaştırılarak Şekil 4.12’de gösterilmiştir. Buna göre 2014-2015 (Un-Konvansiyonel) genotiplerinin 2013-2014 (Un-Konvansiyonel) genotiplerine göre daha etkili ABTS<sup>+</sup> radikali giderme aktivite yüzdelere sahip olduğu gözlemlenmiştir. 2014-2015 (Un-Konvansiyonel) genotiplerinden ise 1 ve 2 numaralı olanların daha yüksek giderme yüzdesine sahip olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.13. 2013-2014/2014-2015 (Kepek-Organik) yıllarında Gümüşhane’de farklı çevrelerde yetiştirilmiş bazı kışlık ekmeklik buğdayların (20  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ) konsantrasyonunda ABTS<sup>+</sup> giderme aktiviteleri radikali giderme aktivitelerinin karşılaştırması

2013-2014/2014-2015 (Kepek-Organik) yıllarında Gümüşhane’de farklı çevrelerde yetiştirilmiş bazı kışlık ekmeklik buğdayların ABTS<sup>+</sup> radikali giderme aktiviteleri standart antioksidanlar olan BHA, BHT, Troloks ve  $\alpha$ -Tokoferol ile karşılaştırılarak Şekil 4.11’de gösterilmiştir. 2014-2015 (Kepek-Organik) genotiplerinin 2013-2014 (Kepek-Organik) genotiplerine göre daha etkili ABTS<sup>+</sup> radikali giderme aktivite yüzdesine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca 2014-2015 (Kepek-Organik) genotiplerinden 3, 28 ve 48 numaralı olanların %50 civarında giderme yüzdesine sahip olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.14. 2013-2014/2014-2015 (Kepek-Konvansiyonel) yıllarında Gümüşhane’de farklı çevrelerde yetiştirilmiş bazı kışlık ekmeklik buğdayların ( $20 \mu\text{g mL}^{-1}$ ) konsantrasyonunda ABTS<sup>+</sup> giderme aktivitelerinin karşılaştırması

2013-2014/2014-2015 (Kepek-Konvansiyonel) yıllarında Gümüşhane’de farklı çevrelerde yetiştirilmiş bazı kışlık ekmeklik buğdayların ABTS<sup>+</sup> radikali giderme aktiviteleri standart antioksidanlar olan BHA, BHT, Troloks ve α-Tokoferol ile karşılaştırılarak Şekil 4.14’te gösterilmiştir. Buna göre, 2014-2015 (Kepek-Konvansiyonel) genotiplerinin 2013-2014 (Kepek-Konvansiyonel) genotiplerine göre daha etkili ABTS<sup>+</sup> radikali giderme aktivitesine sahip olduğu gözlenmiştir. Ayrıca 2014-2015 (Kepek-Konvansiyonel) genotiplerinin neredeyse tamamı %50’ye yakın gidermeye sahip olduğu belirlenmiştir.

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Antioksidanlar, serbest radikallerin elektronlarını nötralize edebilme yeteneğine sahip moleküllerdir. Antioksidan ve pro-oksidan sistemler normal bir hücrede denge halindedir. Eğer antioksidan seviyesi azalırsa denge pro-oksidan yönüne doğru değişebilir. Bu duruma oksidatif stres denilmektedir. Son yıllarda, ROS incelemeleri farmakoloji, gıda, kimya, endüstri, gıda teknolojisi alanında önem kazanmıştır. Serbest radikallerin neden olduğu yaşlanma, kanser, kalp-damar hastalıklarındaki artış beslenmemizdeki antioksidan aktivite çalışmalarına olan ilgiyi arttırmıştır. Antioksidanlar, bu hastalıkların risklerini önemli ölçüde azaltmıştır (Gülçin, 2020).

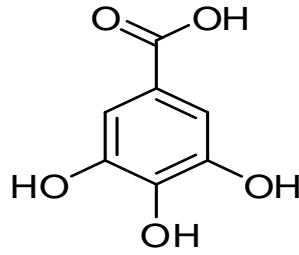
Fenolik bileşiklerin temel yapısal özelliği, bir veya daha fazla hidroksil grubu taşıyan aromatik bir halkadır. Çıkış maddeleri fenol olan fenolik ve flavonoit bileşikler, bitkilerde yoğun olarak tespit edilmiştir (Annakkaya, 2012). Bitkisel besinler, antioksidan görevi görebilen moleküller olan zengin fenolik kaynaklarıdır (Khoddami vd., 2013). Polifenoller, bitki türlerinde her yerde bulunan ve morfolojilerini, büyümelerini ve çoğalmalarını ve ayrıca parazitlere ve çevresel streslere karşı dirençlerini etkileyen biyoaktif moleküllerdir (Bahorun vd., 2004). Bu bileşikler kalp hastalığını önlemek, iltihabı azaltmak, kanser insidansını düşürmek, diyabet ve ayrıca insan hücrelerinde mutagenез oranlarını düşürür. Sağlıklı hücre ile meyve, sebze ve baklagiller gibi bitkisel ürünlerin tüketimindeki fenolik bileşiklerin varlığı ile doğru orantılıdır (Khoddami vd., 2013). Flavonoidler, antimutajenik, antibakteriyel, antiviral, antiinflamatuvar ve antitrombotik etkileri iyi karakterize edilmiştir. Flavonoidler damar genişletici ve trombosit ayrıştırıcı olarak hareket edebilir ve ayrıca etkili antioksidan ve serbest radikal temizleme yeteneklerine sahiptir (Bahorun vd., 2004). Antioksidanlar, hücre hasarları ile mücadele ederek insan sağlığı ve gıdaların korunmasında önemli bir yer tutar. Doğal ve sentetik antioksidanlar, özellikle ısı, ışık, bazı metallerin neden olduğu oksidasyona bağlı olarak bozulmayı, ekşimeyi veya renk değişikliğini geciktirdikleri için gıdalardaki koruyuculuğu uzun zamandır bilinmektedir (Meda vd., 2005).

Çalışmamız kapsamında kışlık ekmeklik buğday genotiplerinin un ve kepek örneklerinin özellikleri belirlenmiş, genotip ve çevre ilişkisinin bu özelliklerle etkileşimi incelenmiştir. Bu amaçla organik ve konvansiyonel şartlarda, farklı yıllarda yetiştirilmiş

kışlık ekmeklik buğday çeşitlerinin un ve kepek fraksiyonları; total fenolik bileşik miktarı, total flavonit miktarı, bakır indirgeme kapasitesi, DPPH radikal giderme aktivitesi ve ABTS radikal giderme aktivitesi gibi antioksidan özellikler bakımından değerlendirilmiştir. Bu bilgiler ışığında, çevresel koşulların etkileşimini, ürün yetiştirme koşullarını ya da her ikisinin birlikte düşünülerek buğdayın antioksidan özellikleri incelenerek geliştirilebilir çözümler bulmak amaçlanmıştır.

Fenolik bileşiklerin içerikleri bitki türü, saklama koşulları, iklim faktörleri, tarımsal yönetim, hasat zamanı ve aşamaları gibi birçok faktöre göre değişiklik göstermektedir (Çağlar ve Demirci, 2017).

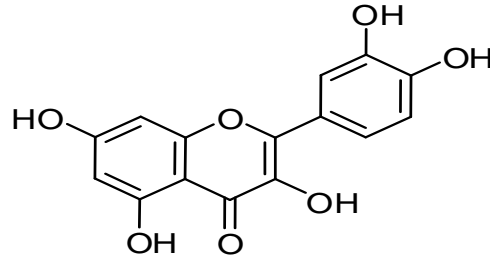
Un ve kepek örneklerinin toplam fenolik bileşik miktarını belirlemek amacıyla standart fenolik bileşik olarak gallik asit kullanılmıştır. (Şekil 5.1). Bu yöntem için gallik asidin farklı konsantrasyonlarında hazırlanmış çözeltilerinin 760 nm’de absorbansları ölçülerek, artan konsantrasyonla doğru orantılı olarak artan absorbans standart grafiği elde edilmiştir.



Şekil 5.1. Gallik asitin kimyasal yapısı

Toplam flavonoid miktarı tayini için ise standart olarak kuersetin kullanılarak kuersetin ekivalen (KE) olarak hesaplanmıştır (Şekil 5.2). Bu amaçla öncelikle kuersetinin farklı konsantrasyonlarında hazırlanmış çözeltilerinin 415 nm’de absorbansları ölçüldü. Artan konsantrasyonla doğru orantılı olarak artan absorbans değerlerinden standart grafiği elde edilmiştir.





Şekil 5.2. Kuersetinin kimyasal yapısı

2013-2014/2014-2015 yıllarında Gümüşhane’de farklı çevrelerde yetiştirilmiş bazı kışlık ekmeklik buğdayların toplam fenolik madde miktarı un genotipleri için 6.85-21.57  $\mu\text{g GAE mg}^{-1}$  ekstre bulunurken kepek için 7.22-20.56  $\mu\text{g GAE mg}^{-1}$  ekstre olduğu bulunmuştur.

Toplam fenolik bileşik ortalamaları bakımından yetiştirme sezonları un ve kepek için ayrı ayrı değerlendirildiğinde; ikinci yetiştirme sezonunun (2014-2015) un bakımından 17.85  $\mu\text{g GAE mg}^{-1}$  ekstre ile birinci yetiştirme sezonundan (2013-2014) (9.31  $\mu\text{g GAE mg}^{-1}$  ekstre) daha yüksek toplam fenolik bileşik miktarına sahip olduğu; bu durumun, ikinci yetiştirme sezonunda danenin hızlı dolum döneminde birinci yetiştirme sezonuna göre bitkilerin daha az yağış almasına bağlanabileceği sonucuna varılmış olup; nitekim, Bahorun vd. (2004) polifenollerin stres koşullarında bitki direncini belirlemede ortaya çıktıklarını belirtirken, Çağlar ve Demirci (2018) de fenollerin iklime göre değişebileceğini bildirmişlerdir. Ancak, kepek fraksiyonunda tersi denecek kadar olmasa da, toplam fenolik miktarının birinci sezonda (14.26  $\mu\text{g GAE mg}^{-1}$ ) ekstre ikinci sezona (10.23  $\mu\text{g GAE mg}^{-1}$ ) ekstre göre az da olsa fazla çıktığı belirlenmiştir. Bu zıt ilişki, aradaki bu küçük farkın kepek ve un fraksiyonlarındaki fenoliklerin kompozisyonuna da bakılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

2013-2014/2014-2015 yıllarında Gümüşhane’de farklı çevrelerde yetiştirilmiş bazı kışlık ekmeklik buğdayların toplam flavonoit madde miktarı un genotipleri için 23.43-67.14  $\mu\text{g KE mg}^{-1}$  ekstre bulunurken kepek için 21.19-61.61  $\mu\text{g KE mg}^{-1}$  ekstre olduğu bulunmuştur.

Farklı kepek fraksiyonlarının fonksiyonel özellikleri ve hamur reolojik özelliklerine etkisi ile ilgili bir çalışmada, toplam fenolik madde miktarı kaba kepek için 124.55 mg

GAE 100 g<sup>-1</sup>, ince kepek için 151.83 mg GAE 100 g<sup>-1</sup> ve un için 59.14 mg GAE 100 g<sup>-1</sup> olarak elde edilmiştir. Aynı çalışma için toplam flavonoit madde miktarı kaba kepek için 52.36 mg KE 100 g<sup>-1</sup>, ince kepek için 69.55 mg KE 100 g<sup>-1</sup> ve un için 6.27 mg KE 100 g<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir (Cingöz vd., 2017).

Bakır indirgeme metodu hem lipofilik hem de hidrofilik antioksidan metodudur. Bu yöntem neokuprinli ortamda kuprik iyonlarını kupröze indirgenmesine dayanmaktadır. Kromojenik oksitleyici ajan olarak Cu<sup>2+</sup> - neokuproin reaktifi tarafından gıda bileşeninin antioksidan kapasitesinin belirlenmesi için kullanılabilir. Bu reaktif oldukça kararlıdır. Reaksiyon sonucundaki kompleksin 450 nm’de maksimum absorbanşı ölçülerek belirlenir. Heterosiklik organik bir bileşik olan neokuprin indirgeyici bir ajandır (Apak vd., 2007; Gülçin, 2020). Bu metot kararlı, basit, düşük maliyetli, hızlı, seçimli ve indirgeyici maddenin türüne veya hidrofilikliğine dikkat edilmeden farklı antioksidanlar için kullanılabilen bir antioksidan metottur (Topal, 2014). Kullanılan sodyum asetat tamponu fizyolojik pH (7.0) değerine de yakındır. Bu nedenle fizyolojik pH’daki antioksidanlarla çalışmayı kolaylaştırır. Ayrıca CUPRAC reaktifi düşük redoks potansiyeline sahiptir. Bu sayede sınıflandırılmamış basit şekerler ve sitrik asit, olumlu redoks potansiyelleri nedeniyle CUPRAC reaktifi ile oksitlenmez, oysa pek çok fenolik antioksidan kolayca oksitlenir (Gülçin, 2020). Yulaf ekmeği üretim aşamalarının fenolik madde içeriği ve antioksidan aktiviteye etkisini inceleyen bir çalışmada CUPRAC metodu ile buğday unundan elde edilen indirgeme aktivitesini 48.2 mg TE 100 g<sup>-1</sup> km olarak belirtmişlerdir (Topçu vd., 2019).

Gıda, biyolojik sistemlerde ve farmasötik sanayilerinde antioksidanların radikal giderme aktiviteleri, ROS’ların risklerini veya zararlı etkilerini azalttığı ya da giderdiği için önemlidir. Gıda işleme veya farmasötik uygulamalarda serbest radikaller oluşmaktadır. Bu durum lipid peroksidasyonunu hızlandırarak ürün deformasyonuna yol açmaktadır (Min, 1998). DPPH<sup>•</sup> ve ABTS<sup>•+</sup> radikal giderme aktiviteleri tekrarlanabilir, basit ve hızlı antioksidan yöntemlerdendir. Ayrıca duyarlılıkları oldukça yüksektir. DPPH genellikle antioksidanların serbest radikal temizleme aktivitesini değerlendirmek için bir reaktif olarak kullanılır. DPPH radikali, koyu mor bir renk taşıyan birkaç kararlı organik nitrojen radikalinden biridir. DPPH<sup>•</sup>, menekşe rengine reaktif çözeltisinin antioksidan madde ile

etkileşimi sonucunda rengin gidermesi ile belirlenen hızlı, verimli ve kolay bir yöntemdir (Gülçin, 2020).

DPPH radikallerinin indirgemesinin esası hidrojen veren grupları bulunan antioksidan maddelerin varlığında, etil alkol içerisindeki DPPH radikallerinin indirgemesi esasına dayanmaktadır. İndirgeme sonucu radikal olmayan DPPH-H molekülü oluşmaktadır. Bu molekül 517 nm’de absorbansa sahip değildir. Bu nedenle DPPH serbest radikali miktarındaki azalma ölçülerek aktivite tayini yapılabilmektedir.

2013-2014/2014-2015 yıllarında Gümüşhane’de farklı çevrelerde yetiştirilmiş bazı kışlık ekmeklik buğdayların kepek genotiplerinin DPPH serbest radikal giderme oranları %0.58-6.37 aralığında bulunmuştur. Literatürde değerlendirilen bir çalışmada dokuz farklı kepek ve un numunelerinin DPPH serbest radikal giderme miktarları 0.83-4.16  $\mu\text{mol TE kg}^{-1}$  ekmek olarak belirlenmiştir (Menteş Yılmaz, 2011). Elli bir tane farklı buğdaydan alınan kepek örneklerinin DPPH serbest radikal giderme yöntemine göre belirlenmiş. Buna göre DPPH radikali giderme aktiviteleri %11.86-20.12 arası tespit edilmiştir (Verma vd., 2008).

ABTS<sup>+</sup> radikal giderme yönteminde öncelikle ABTS molekülünden ABTS<sup>•+</sup>’nin oluşturulması gerekmektedir. Oluşturulan ABTS<sup>•+</sup> molekülünün 734 nm’de maksimum absorbans sergilemesi esasına dayanır. ABTS<sup>•+</sup> giderme aktivitesi de sıvı gıdaların, ekstralarının, içeceklerin ve saf maddelerin radikal giderme aktiviteleri tayininde yaygın olarak kullanılmaktadır (Miller 1996; Gülçin 2006). Bu metot ile ABTS radikal katyonu potasyum persülfat varlığında ABTS<sup>•+</sup> oluşturulur. ABTS<sup>•+</sup>, iyonik şiddetten etkilenmeyen bir katyon radikali olduğu için yaygın pH aralığında kullanılmaya uygundur. ABTS<sup>•+</sup> radikal giderme aktivitesi hidrofilik ve hidrofobik bileşikler için uygun bir metottur. DPPH Radikali, ABTS<sup>•+</sup> radikalinden daha az aktif bir moleküldür. DPPH radikali, hidrojen atom transferi yapabilirken ABTS<sup>•+</sup> radikal reaksiyonları ise hidrojen atom transferi yanı sıra tek elektron transferi de yapabilmektedir (Gülçin 2012).

Bu tez kapsamında elde ettiğimiz sonuçlara göre 2014-2015 yetiştirme mevsiminde, ekmeklik buğday genotiplerinin ABTS<sup>•+</sup> radikal giderme aktivitesi %42.43-52.43 aralığında oldukça etkili olduğu tespit edilmiştir. Literatürdeki bazı çalışmalarla karşılaştırıldığında numunelerimizin daha yüksek ABTS<sup>•+</sup> radikal giderme aktivitesine

sahip olduğu düşünölmektedir. Ragaee vd. (2006), Troloks eşdeğerine göre yaptıkları bir çalışmada ABTS<sup>•+</sup> radikal giderme aktivitesinin, yumuşak buğday ununda 8.3 µmol TE g<sup>-1</sup>, sert buğday ununda ise 8.8 µmol TE g<sup>-1</sup> tespit edilmiştir. Yine başka bir çalışmada troloks eşdeğerine göre ABTS<sup>•+</sup> radikal giderme aktivitesi 16.2 ile 21.5 µmol TE g<sup>-1</sup> arasında bulunmuştur (Moore vd., 2006).

Sonuç olarak, bu tez çalışmasında ele alınan antioksidan özelliklerinin çevre koşullarına (yıllara dolayısıyla iklime ve yetiştirme koşullarına), ekmeklik buğday genotiplerine ve bunların interaksiyonlarına göre önemli değışiklikler gösterdiği ve bu durumun ilerleyen çalışmalarda gözden kaçırılmaması ve gıda ürünlerinin tasarımında mutlaka dikkate alınması gerektiği; hatta, fenolik ve flavonoitlerin bileşenlerinin de göz önünde tutulması gerekmektedir.

## 6. KAYNAKLAR

- Adam, A., Lopez, H.W., Leuillet, M., Demigne, C. ve Remesy, C., 2002. Whole wheat flour exerts cholesterol-lowering in rats in its native form and after use in bread-making, Food Chemistry, 80, 337-344.
- Adom, K. K., Sorrells, M.E. ve Liu, R.H., 2003. Phytochemical profiles and antioxidant activity of wheat varieties, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51, 7825-7834.
- Adom, K.K. ve Liu, R.H., 2002. Antioxidant activity of grains, Journal Agricultural and Food Chemistry, 50, 6182-6187.
- Ak, T., ve Gülçin, İ., 2008. Antioxidant and radical scavenging properties of curcumin, Chemico Biological Interaction, 174, 27-37.
- Aksoy, U. ve Altındışli, A., 1996. Ekolojik (Organik, Biyolojik) tarım, Ekolojik Tarım Organizasyonu Demeği, İzmir.
- Alberts, DS., Ritenbaugh, C., Story, JA., Aickin, M., Rees-McGee, S., Buller, MK., Atwood, J., Phelps, J., Ramanujam, PS., Bellapralu, S., Patel, J., Bextinger, L. ve Clark, L., 1996. Randomised double blinded placebo controlled study of the effect of wheat bran fibre and calcium on faecal bile acids in patients with respected adenomatous colon polyps, Journal of the National Cancer Institute, 88(2), 81-92.
- Allard, R.W. ve Bradshaw, A.D., 1964. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding, Crop Science, 4,503-508.
- Altın, A., Atalay, H. ve Tanay, B., 2017. Bir antioksidan olarak E vitamini, Balıkesir Sağlık Bilimleri Dergisi, 6, 149-157.
- Andersson, AAM., Dimberg, L., Aman, P. ve Landberg, R., 2014. Recent findings on certain bioactive components in whole grain wheat and rye, Journal of Cereal Science,59(3), 294-311.
- Anıl, M., 2006. Antioksidan olarak tahıllar, Hububat-Hububat Ürünleri Teknolojisi Kongre ve Sergisi, 7-8 Eylül 2006, Gaziantep.
- Annakkaya, P., 2012. Turna yemişi (*Vaccinium macrocarpon*) ve mersinin (*Myrtus communis*) liyofilize edilmiş su ekstraktlarının antioksidan kapasitelerinin belirlenmesi ve fenolik içeriklerinin aydınlatılması. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 101s.
- Anonim., 1996. Türk Tarımında Buğdayın Yeri ve Önemi. İstanbul Ticaret Odası Yayını No: 1996-55, 54S.
- Anonim., 2020. Türkiye İstatistik Kurumu, [http:// www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr), 13 Nisan, 2020.

- Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M. ve Çelik E.S., 2007. Mechanism of antioxidant capacity assays and the CUPRAC (cupric ion reducing antioxidant capacity) assay, Microchimica Acta, 160, 413-419.
- Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M., Karademir, S.E. ve Erça, E., 2006. The cupric ion reducing antioxidant capacity and polyphenolic content of some herbal teas, International Journal of Food Science and Nutrition, 57, 292-304.
- Aras, Ö., 2006. Üzüm ve üzüm ürünlerinin toplam karbonhidrat, protein, mineral madde ve fenolik bileşik içeriklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 67s.
- Aruoma, O.I., 1998. Free radicals, oxidative stress, and antioxidants in human health and disease, Journal of the American Oil Chemists', 75, 199-212.
- Bahar, B., 1999. Çukurova koşullarında farklı buğday genotiplerinin hasat öncesi çimlenmeye duyarlılığı ve dayanıklılığının saptanması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi, Adana, 89s.
- Bahorun, T., Luximon Ramma, A., Crozier, A. ve Aruoma, O., 2004. Total phenol, flavonoid, proanthocyanidin and vitamin C levels and antioxidant activities of Mauritian vegetables, Journal of the Science of Food and Agriculture, (84), 1553-1561.
- Bakkalbaşı, E., 2009. Farklı ambalaj materyalleri ve depo koşullarının ceviz içi bileşimine etkisi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 156s.
- Basaga, H.S., 1990. Biochemical aspects of free radicals, Biochemistry and Cell Biology, 68, 989-998.
- Başer, HC., 2002. Fonksiyonel Gıdalar ve Nutrasötikler, 14. Bitkisel İlaç Hammaddeleri Toplantısı, 29-31 Mayıs 2002, Eskişehir.
- Blois, M.S., 1958. Antioxidant deteminations by the use of a stable free radical, Nature, 26, 1199-1200.
- Brankovic, G., Dragičević, V., Dodig, D., Zoric, M., Knežević, D., Žilić, S., Denčić S. ve Šurlan, G., 2015. Genotype × Environment interaction for antioxidants and phytic acid contents in bread and durum wheat as influenced by climate, Chilean Journal Of Agricultural Research, 75(2),139-146.
- Bulkley, G.B., 1983. The role of free oxygen radicals in human disease processes, Surgery, 94, 407-411.
- Burda, S. ve Oleszek, W., 2001. Antioxidant and antiradical activities of flavonoids, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49, 2774-2779.
- Bülbül, M., Tanrıvermiş, H. ve Gündoğmuş, E., 2000. Tarımsal Kalkınmanın Çevre Üzerine Etkileri, Sorunları ve Çözüm Önerileri, 4. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi, 6-8 Eylül 2000, Tekirdağ.

- Cain, P. ve Wilcockson, S., 1994. Alternative Farming Systems, in: the UK Strategy for Sustainable Agriculture: A Critical Analysis, Eds: M.Whitby And N. Ward, University Of Newcastle Upon Tyne, Centre For Rural Economy, Uk, p.67-72.
- Cingöz, A., Akpınar, Ö. ve Sayaslan, A., 2017. Farklı Kepek Fraksiyonlarının Fonksiyonel Özellikleri ve Hamur Reolojik Özelliklerine Etkisi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 34 (3), 128-138.
- Cornelli, U., 2009. Antioxidant use in nutraceuticals, Clinics in Dermatology, 27, 175-194.
- Čukelj, N., Ajredini, S., Krpan, M., Novotni, D., Voučko, B., Špoljarić, I.V., Hruškar, M., ve Ćurić, D., 2015. Bioactives in organic and conventional milled cereal products from Croatian market, Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition, 10 (1-2), 23-30.
- Çağlar, M.Y. ve Demirci, M., 2017. Üzümsü Meyvelerde Bulunan Fenolik Bileşikler ve Beslenmedeki Önemi, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 7(11), 18-26.
- Çakatay, U. ve Kayalı, R., 2006. Serbest radikal biyokimyasının tarihsel süreçteki gelişimi, Cerrahpaşa Tıp Dergisi, 37, 162-167.
- Daitota, I., 1989. Organic Farm Markets a Come Back And Moncy, Development Forum, 17, 5-24.
- Dayan-Sercan, S., 2013. Tekirdağ İli Buğday Ekim Alanlarında Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum L.*) Çeşitlerinde Görülen Tahıl Virüs Hastalıklarının Buğday Kalitesi Üzerine Etkilerinin Araştırılması, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 66s.
- De Brier, N., Hemdane, S., Dornez, E., Gomand, S.V., Delcour, J.A. ve Courtin, C.M., 2015. Structure, chemical composition and enzymatic activities of pearlings and bran obtained from pearled wheat (*Triticum aestivum L.*) by roller milling, Journal of Cereal Science, 62, 66-72.
- Decker, E., Beecher, G., Slavin, J., Miller, H.E. ve Marquart, L., 2002. Whole grains as a source of antioxidants, Cereal Foods World, 47(8), 370-373.
- Demirbaş, N. ve Atış, E., 2005. Türkiye tarımında gıda güvencesi buğday örneğinde irdelenmesi, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 42(1), 179-190.
- Demirci, R., Erkuş, A., Tanrıvermiş, H., Gündoğmuş, E., Parıltı, N. ve Özudoğru, H., 2002. Türkiye’de ekolojik tarım ürünleri üretiminin ekonomik yönü ve geleceği: Ön araştırma sonuçlarının tartışılması, V. Türkiye Tarım Ekonomisi Kongresi, 18-20 Eylül 2002, Erzurum.
- Dewettinck, K., Bockstaele, F.V., Künhe, B., Van de Walle, D., Courtens, T.M. ve Gellynck, X., 2008. Nutritional value of bread: influence of processing, food interaction and consumer perception, Journal of Cereal Science, 48, 243-257.
- Dinelli, G., Carretero, A.S., Di Silvestro, R., Marotti, I., Fu, S., Benedettelli, S., Ghiselli, L. ve Gutierrez, A.F., 2009. Determination of phenolic compounds in modern and

- old varieties of durum wheat using liquid chromatography coupled with time-of-flight mass spectrometry, Journal of Chromatography A, 1216, 7229-7240.
- Doğru, A. ve Bayram, N.E., 2016. A study on drought stress tolerance in some maize (*Zea mays* L.) cultivars, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 20(3), 509-519.
- Duthie, G. ve Crozier, A., 2000. Plant-derived phenolic antioxidants, Current Opinion Lipidology, 11, 43-47.
- Dykes, L., ve L.W, Rooney., 2007. Phenolic compounds in cereal grains and their health benefits, Cereal Foods World, 52, 105-111.
- Fares, C., Codianni P. ve Menga, V., 2012. Effects of organic fertilization on quality and antioxidant properties of hulled wheats, Italian Journal of Food Science, 24(2), 188-193.
- Feng, H., Li, S., L., Xue, L., An, L. ve Wang, X., 2007. The interactive effects of enhanced UV-B radiation and soil drought on spring wheat, South African Journal of Botany, 73,429-434.
- Fernandez-Panchon, M.S., Villano, D., Troncoso, A.M. ve Garcia-Parrilla, M.C., 2008. Antioxidant activity of phenolic compounds: From *in vitro* results to *in vivo* evidence, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 48, 649-671.
- Flohe, R.B. ve Traber, M.G., 1999. Vitamin E: function and metabolism, The FASEB Journal, 13, 1145-1155.
- Giet, JM., Roiseux, O. ve Blecker, C., 2010. Enzymatic process development for the extraction of ferulic from wheat bran, Biotechnology, Agronomy, Society and Environment, 14(2), 537-540.
- Godbout, J.P., Berg, B.M., Kelley, K.W. ve Johnson, R.W., 2004.  $\alpha$ -Tocopherol reduces lipopolysaccharide-induced peroxide radical formation and interleukin-6 secretion in primary murine microglia and in borani, Journal of Neuroimmunology, 149, 101-109.
- Gök, V. ve Serteser, A., 2003. Doğal antioksidanların biyoyararlılığı, 3. Gıda Mühendisliği Kongresi, 2-4 Ekim 2003, Ankara.
- Gökpinar, Ş., Koray, T., Akçiçek, E., Göksan, T. ve Durmaz, Y., 2006. Algal antioksidanlar, Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 23, 85-89.
- Guo, X.D., Ma, Y.J., Parry, J., Gao, M.J., Yu, L.L. ve Wang, M., 2011. Phenolics content and antioxidant activity of tartary buckwheat from different locations, Molecules, 16, 9850-9867.
- Gutierrez, F., Albi, M.A., Palma, R., Rios, J.L. ve Olias, J.M., 1989. Bitter taste of virgin olive oil; correlation of sensoryevaluation and instrumental HPLC analysis, Journal of Food Science, 54, 68-70.



- Gülçin, G., Büyükokuroğlu, M.E. ve Küfrevioğlu, Ö.G., 2003. Metal chelating and hydrogen peroxide scavenging effects of melatonin, Journal of Pineal Research, 34, 278-281.
- Gülçin, İ., 2006. Antioxidant activity of caffeic acid (3,4-dihydroxycinnamic acid), Toxicology, 217, 213-220.
- Gülçin, İ., 2006a. Antioxidant and antiradical activities of L-Carnitine, Life Sciences, 78, 803-811.
- Gülçin, İ., 2007. Comparison of *in vitro* antioxidant and antiradical activities of Ltyrosine and L-Dopa, Amino Acids, 32, 431-438.
- Gülçin, İ., 2011. Antioxidant activity of eugenol-a structure and activity relationship study, Journal of Medicinal Food, 14, 975-985.
- Gülçin, İ., 2012. Antioxidant activity of food constituents: an overview, Archives of Toxicology, 86, 345-391.
- Gülçin, İ., Alici, H.A. ve Cesur, M., 2005a. Determination of *in vitro* antioxidant and radical scavenging activities of propofol, Chemical and Pharmaceutical Bulletin, 53, 281-285.
- Gülçin, İ., 2020. Antioxidants and antioxidant methods: an updated overview, Archives of Toxicology, 94, 651–715.
- Gülçin, İ., Berashvili, D. ve Gepdiremen, A., 2005. Antiradical and antioxidant activity of total anthocyanins from *Perilla pankenensis* decne, Journal of Ethnopharmacology, 101, 287-293.
- Gülçin, İ., Köksal, E., Elmastas, M. ve Aboul-Enein, H.Y., 2007a. Determination of *in vitro* antioxidant and radical scavenging activity of *Verbascum oreophilum* C. KOCH var. Joannis, Research Journal of Biological Sciences, 2, 372-382.
- Gülçin, İ., Küfrevioğlu, Ö.İ., Oktay, M. ve Büyükokuroğlu, M.E., 2004. Antioxidant, antimicrobial, antiulcer and analgesic activities of nettle (*Urtica dioica* L.), Journal of Ethnopharmacology, 90, 205-215.
- Gülçin, İ., Mshvildadze, V., Gepdiremen, A. ve Elias, R., 2006. Antioxidant activity of a triterpenoid glycoside isolated from the berries of *Hedera colchica*: 3-O-( $\beta$ -Dglucopyranosyl)-hederagenin, Phytotherapy Research, 20, 130-134.
- Gülçin, İ., Oktay, M., Kireççi, E. ve Küfrevioğlu, Ö.İ., 2003a. Screening of antioxidant and antimicrobial activities of anise (*Pimpinella anisum* L.) seed extracts, Food Chemistry, 83, 371-382.
- Güleşçi, N. ve Aygöl, İ., 2016. Beslenmede yer alan antioksidan ve fenolik madde içerikli çerezler, Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 5, 109-129.
- Günaydın, B. ve Çelebi, H., 2003. Genel anesteziğin serbest radikaller ve antioksidanlarla ilişkileri, Anestezi Dergisi, 11, 87-98.

- Gür, E. ve Altuğ, T., 2001. Antioksidanlar. Gıda katkı maddeleri (Gıda Katkı Maddeleri Altuğ, T., Ed.). Meta Basım . İzmir. 17- 39.
- Gürkan, E., 2007. Avrupa Birliği'nde organik tarım pazarı.Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 61s.
- Hagerman, A.E., Riedl, K.M., Jones, G.A., Sovik, K.N., Ritchard, N.T., Hartzfeld, P.W. ve Riechel, T.L., 1998. High molecular weight plant polyphenolics (tannins) as biological antioxidants, Journal Agricultural and Food Chemistry, 46, 1887-1892.
- Halliwell, B. ve Gutteridge, J.M.C., 1999, Free radicals in biology and medicine. 3rd ed., Clarendon Press Oxford, 530-533.
- Halliwell, B., 1994. Free Radicals and antioxidants: A personal view, Nutritional Review, 52, 253-265.
- Han, H., 2012. Altın Çilek (*Physalis peruviana*) ve Keten (*Linum usitatissimum*) Tohumunun Antioksidan Kapasitelerinin Belirlenmesi ve Fenolik İçeriklerinin Aydınlatılması. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 112s.
- Hansen, H.B., Rasmussen, C.V.; Knudsen, K.E.B. ve Hansen, Å., 2003. Effects of genotype and harvest year on content and composition of dietary fibre in rye (*Secale cereale L*) grain, Journal of the Science of Food and Agriculture, 83(1), 76-85.
- Hemery, Y., Rouau, X., Lullien-Pellerin, V., Barron, C. ve Abecassis, J., 2007. Dry processes to develop wheat fractions and products with enhanced nutritional quality, Journal Cereal Science, 46, 327-347.
- Hudson, J.F., 1990. Food antioxidants. Elsevier Applied Science, London.
- Iqbal, S., Bhanger, M.I. ve Anwar, F., 2007. Antioxidant properties and components of bran extracts from selected wheat varieties commercially available in Pakistan, Lebensmittel-Wissenschaft Technologie, 40, 361-367.
- Ivanisova, E., Ondrejovic, M., Drab, S. ve Tokar, M., 2011. The evaluation of antioxidant activity of milling fractions of selected cereals grown in the year 2010, Scientific Journal for Food Industry, 5(4), 28-33.
- Jittrepotch, N., Ushio, H. ve Ohshima, T., 2006. Effects of EDTA and a combined use of nitrite and ascorbate on lipid oxidation in cooked Japanese sardine (*Sardinops melanostictus*) during refrigerated storage, Food Chemistry, 99, 70-82.
- Jones, J.M., Reicks, M., Adams, J., Fulcher, G. ve Marquart, L., 2004. Becoming proactive with the whole-grains message, Nutrition Today, 39, 10-17.
- Karakaya, S., El, S.N.,1997. Flavonoidler ve sağlık. Beslenme ve Diyet Dergisi, 26, 54-60.
- Katiyar, S.K. ve Mukhtar, H., 1997. Tea Antioxidants in cancer chemoprevention, Journal of Cellular Biochemistry, 27, 59-67.

- Kaya, S., Pirinççi, İ. ve Bilgili, A., 1998. Veteriner Hekimliğinde Toksikoloji, Medisan Yayın Serisi, Ankara.
- Kehre, J.P. ve Smith, J.V., 1994. Free radicals in biology: sources, reactivities and roles in etiology of human diseases; in Frei B(ed): natural antioxidants in human health and disease, San Diego, Academic Press, 25-62.
- Khoddami, A., Wilkes, M. ve Roberts, T. 2013. Techniques for analysis of plant phenolic compounds, Molecules, 18(2), 2328-2375.
- Kim, D.O. ve Lee, C.Y., 2004. Comprehensive Study On Vitamin C Equivalent Antioxidant Capacity (VCEAC) Of Various Polyphenolics In Scavenging A Free Radical And Its Structural Relationship, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 44(4), 253-273.
- Kim, K.H., Tsao, R., Yang, R. ve Cui, S.W., 2006. Phenolic acid profiles and antioxidant activities of wheat bran extracts and effect of hydrolysis conditions, Food Chemistry, 95, 466-473.
- Kitabayashi, H., Ujihara, A., Hirose, T. ve Minami, M., 1995. Varietal difference and heritability for rutin content in common buckwheat, *Fagopyrum esculentum* Möench. Japanese Journal of Breeding, 45, 75-79.
- Klepacka, J., Gujska, E. ve Michalak, J., 2011. Phenolic compounds as cultivar- and variety-distinguishing factors in some plant products, Plant Foods for Human Nutrition, 66, 64-69.
- Koca ve Karadeniz., 2003. Serbest radikal oluşum mekanizmaları ve vücuttaki antioksidan savunma sistemleri, Gıda Mühendisliği Dergisi, 16, 32-37.
- Köksal, E. ve Gülçin, İ., 2008. Antioxidant activity of cauliflower (*Brassica oleracea* L.), Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 32, 65-78.
- Kün, E., 1988. Serin İklim Tahılları, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 1032. 322 s, Ankara.
- Lai, L.S., Chou, S.T. ve Chao, W.W., 2001. Studies on the antioxidative activities of Hsian-tsao (*Mesona procumbens* Hemsl) leaf gum, Journal of Agricultural Food Chemistry, 49, 963-968.
- Lampkin, N.H. ve Padel, S., 1994. The economics of organic farming an international perspective, CAB International, UK.
- Lee, J., Koo, N. ve Min, DB., 2004. Reactive oxygen species, aging, and antioxidative nutraceuticals, Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 3, 21-33.
- Lee, Y., 2005. Role of NADPH oxidase-mediated generation of reactive oxygen species in the mechanism of apoptosis induced by phenolic acids in HepG2 human hepatoma cells, Archives of Pharmacal Research, 28, 1183-1189.

- Li, W., Shan, F., Sun, S., Corke, H. ve Beta, T., 2005. Free radical scavenging properties and phenolic content of Chinese black-grained wheat, Journal Agriculture Food Chemistry, 53, 8533-8536.
- Liu, R.H., 2007. Whole grain phytochemicals and health, Journal of Cereal Science, 46, 207-219.
- Liyana-Pathirana, C. M. ve Shahidi, F., 2006. Antioxidant properties of commercial soft and hard winter wheats (*Triticum aestivum* L.) and their milling fractions, Journal of the Science of Food and Agriculture, 86, 477-485.
- Liyana-Pathirana, C.M. ve Shahidi, F., 2006a. Importance of insoluble-bound phenolics to antioxidant properties of wheat, Journal Science Food Chemistry, 54, 1256-1264.
- Liyana-Pathirana, C.M. ve Shahidi, F., 2007. Antioxidant and free radical scavenging activities of whole wheat and milling fractions, Food Chemistry, 101, 1151-1157.
- Lopez, H.W., Adam, A., Leenhardt, F., Scalbert, A. ve Remesy, C., 2001. Control of the nutritional value of bread, Industries des Cereales, 124, 15-20.
- Lv, J., Lu, Y., Niu, Y., Whent, M., Ramadan, M.F., Costa, J. ve Yu, L.L. 2013. Effect of genotype, environment, and their interaction on phytochemical compositions and antioxidant properties of soft winter wheat flour, Food Chemistry, 138(1), 454-462.
- MacDonald-Wicks, L.K., Wood, L.G. ve Garg, M.L., 2006. Methodology for the determination of biological antioxidant capacity *in vitro*: a review, Journal of the Science of Food and Agriculture, 86, 2046-2056.
- MacDougall, D.B., 2002. Colour in food improving quality. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England, 179-221s.
- Marie, W., 2008. Identification of Bioactive Compounds in Wheat. Doktora Tezi, Centre for Phytochemistry and Pharmacology School of Environmental Science and Management Southern Cross University, Avustralya, 226s.
- Meda, A., Lamien, C.E., Romito, M., Millogo, J. ve Nacoulma, O.G., 2005. Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity, Food Chemistry, 91, 571-577.
- Menteş-Yılmaz, Ö., 2011. Türkiye'de yetiştirilen başlıca buğday çeşitlerinin antioksidan aktivitelerinin ve fenolik asit dağılımlarının belirlenmesi ve ekmeğin nar kabuğu ekstraktı ile zenginleştirilmesi. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 89s.
- Meral, R., Doğan, İ.S. ve Kanberoğlu, G.S., 2012. Fonksiyonel gıda bileşeni olarak antioksidanlar, Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitü Dergisi, 2, 45-50.
- Miller, D.D., 1996. Minerals. Food Chemistry, Fennema, O.R. (Ed.), Dekker: New York, pp. 617-649.

- Min, K.S. Boer, E., Tambo, T. ve Atwater, H.A. 1998. Tuning the emission wavelength of Si nanocrystals in SiO<sub>2</sub> by oxidation, Applied Physics Letters, 72, 2577-2579.
- Moore, J., Liu, G.J., Zhou, K. ve Yu, L., 2006. Effects of Genotype and Environment on the Antioxidant Properties of Hard Winter Wheat Bran, Journal Agriculture Food Chemistry, 54, 5313-5322.
- Moure, A., Cruz, J.M., Franco, D., Dominguez, M., Sineiro, J., Dominguez, H., Nunez, M.J. ve Parajo, J.C., 2001. Natural antioxidants from residual source, Food Chemistry, 72, 145-171.
- Mpofu, A., Sapirstein, H.D. ve Beta, T., 2006. Genotype and environmental variation in phenolic content, phenolic acid composition and antioxidant activity of hard spring wheat, Journal Agriculture Food Chemistry, 54, 1265-1270.
- Nichenametla, N.N., Taruscio, T.G., Barney, D.L. ve Exon, J.H., 2006. A review of the effects and mechanisms of polyphenolics in cancer, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 46, 161-183.
- Okarter, N., Liu, T.C., Sorrells, M.E. ve Liu, R.H., 2010. Phytochemical content and antioxidant activity of six diverse varieties of whole wheat, Food Chemistry, 119, 249-257.
- Olesen, J.E., Trnka, M., Kersebaum, K.C., Skjelvag, A.O., Seguin, B., Peltonen-Sainio, P., Rossi, Kozyra, F. ve Micale, F., 2011. Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change, European Journal of Agronomy, 34, 96-112.
- Onyeneho, S.N. ve Hettiarachchy, N.S., 1992. Antioxidant activity of durum wheat bran, Journal Agriculture Food Chemistry, 40, 1496-1500.
- Oomah, B.D. ve Mazza, G., 1996. Flavonoids and antioxidative activities in buckwheat, Journal Agriculture Food Chemistry, 44, 1746-1750.
- Özer, M.S., 1998. Kepekli ekmeklerin bazı niteliklerinin incelenmesi ve kalitelerinin iyileştirilmesi olanakları. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 152 s.
- Özkaya, H. ve Özkaya, B., 2005. Öğütme Teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, No: 30, Ankara.
- Öztürk Sarıkaya, S.B., 2009. Bazı fenolik asitlerin antioksidan kapasitelerinin belirlenmesi ve insan karbonik anhidraz izoenzimleri (hCA-I ve hCA-II) üzerine etkilerinin incelenmesi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Packer, L., Hiramatsu, M. ve Yoshikawa, T., 1999. Antioxidant food supplements in human health, San Diego: Academic Press, 511p.

- Park, Y.K., Koo, M.H., Ikegaki, M. ve Contado, J.I., 1997. Comparison of the flavonoid aglycone contents of *Apis mellifera* propolis from various regions of Brazil, Arquivos de Biologiae Tecnologia, 40, 97-106.
- Prieto, P., Pineda, M. ve Aguilar, M., 1999. Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: Specific application to the determination of vitamin E, *Analytical Biochemistry*, 269, 337-341.
- Pokorny, J., 1999. Antioxidants in food preservation. In: Shafiur Rahman M (ed) *Handbook of food preservation*. Marcel Dekker, New York, pp 309-337.
- Pomeranz, Y., 1971. *Wheat chemistry and technology*. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota, USA.
- Poyrazoğlu, E., Gökmen, V. ve Artık, N., 2002. Organic acids and phenolic compounds in pomegranates (*Punica Granatum L.*) grown in Turkey, Journal of Food Composition and Analysis, 15, 567-575.
- Pratt, D.E. ve Hudson, B.J.F., 1990, Natural antioxidants not exploited commercially in food antioxidants. Hudson B.J F. (eds.), Elsevier Applied Science, London. pp. 171-191.
- Ragaei, S., Abdel-Aal, E.M. ve Noaman, M., 2006. Antioxidant activity and nutrient composition of selected cereals for food use, Food Chemistry, 98, 32-38.
- Rauha, J.P., Tammela, P., Summanen, J., Vuorela, P., Kahkonen, M., Heinonen, M., Hopia, A., Kujala, T., Pihlaja, K., Törnquist, K. ve Vuorela, H., 1999. Action of some plant extracts containing flavonoids and other phenolic compounds on calcium fluxes in clonal rat pituitary GH<sub>4</sub>C<sub>1</sub> cells, Pharmaceutical and Pharmacological Letters, 9, 66-69.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. ve Rice-Evans C., 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay, Free Radical Bioology and Medicine, 26, 1231-1237.
- Rehman, Z.U., Habib, F. ve Shah, W.H., 2004. Utilization of potato peels extract as a natural antioxidant in soy bean oil, Food Chemistry, 85, 215-220.
- Rene, D.T., Yolanda, V., ve Zeno, A., 2001. Comparison of the antioxidants content of fruits, vegetables, and tea measured as vitamin C equivalents, Toxicology, 166, 63-69.
- Revanappa, S. B. ve Salimath, P. V., 2011. Phenolic acid profiles and antioxidant activities of different wheat (*Triticum aestivum L.*) varieties, Journal of Food Biochemistry, 35, 759-775.
- Rish, S.J. ve Ho, C.T., 1997. *Spices*. American Chemical Society, p206, USA.
- Saldamlı, İ., 2007. *Gıda Kimyası Hacettepe Üniversitesi Yayınları*, Ankara, 463-492s.

- Scalbert, A., Manach, C., Morand, C., Rémésy, C. ve Jiménez, L., 2005. Dietary polyphenols and the prevention of diseases, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 45, 287-306.
- Sedej, I. J., Sakač, M.B., Mišan, A. Č. ve Mandić, A. I., 2010. Antioxidant activity of wheat and buckwheat flours, Zbornik Matice Srpske Za Prirodne Nauke, 118, 59-68.
- Semenov, M.A., Stratonovitch, P., Alghabari, F. ve Gooding, M.J., 2014. Adapting wheat in Europe for climate change, Journal of Cereal Science, 59, 245-256.
- Serafini, M. ve Del Rio, D., 2004. Understanding the association between dietary antioxidants, redox status and disease: is the total antioxidant capacity the right tool, Redox Report, 9, 145-152.
- Shahidi, F. ve Naczki, M., 1995, Food phenolics sources chemistry effects applications, Technomic Publication, USA, 235-277s.
- Shahidi, F., Janitha, P.K. ve Wanasundara, P.D., 1992. Phenolic antioxidants, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 32, 67-103.
- Sherwin, E.R., 1990. In: Branen, A.L., Davidson, P.M., Salminen, S., (eds) Food additives, Marvel Dekker Incorporated, 139-193, New York.
- Sies, H., 1997. Oxidative stress: oxidants and antioxidants, Experimental Physiology, 82, 291-295.
- Singleton, V.L., Orthofer, R. ve Lamuela-Raventos, R.M., 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent, Methods in Enzymology, 299, 152-178.
- Sizer, F. ve Whitney, E., 1997. Nutrition: Concepts and Controversies. West/Wadsworth, New York.
- Skerget, M., Kotnik, P., Hadolin, M., Hras, A.R., Simonic, M. ve Knez, Z., 2005. Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities, Food Chemistry, 89, 191-198.
- Slavin, J., 2003. Why whole grains are protective: biological mechanisms, Proceedings of the Nutrition Society, 62, 129-134.
- Slavin, J.L., 2000. Mechanisms for the impact of whole grain foods on cancer risk, Journal of American College of Nutrition, 19 (3), 300-307.
- Slavin, J.L., Jacobs, D., Marquart, L. ve Wiemer, K., 2001. The role of whole grains in disease prevention, Journal of American Dietetic Association, 101, 780-785.
- Smeds, A.I., Eklund, P.C. ve Willför, S.M., 2012. Content, composition, and stereochemical characterisation of lignans in berries and seeds, Food Chemistry, 134, 1991-1998.

- Southorn, P.A., 1988. Free radicals in medicine. 1. Chemical nature and biological reactions, Mayo Clinic Proceedings, 63, 381-389.
- Stahl, W. ve Sies, H., 2002, Introduction: Reactive oxygen species, Research Monographs, 1-2.
- Stamler, J.S., Singel, D.J. ve Loscalzo, J., 1992. Biochemistry of nitric oxide and its redoxactivated forms, Science, 258, 1898-1902.
- Steven, S., 1995. Nitric oxide: pathophysiological mechanisms, Annual Review of Physiology, 57, 737-769.
- Stracke, B.A., Eitel, J., Watzl, B., Mader, P. ve Rufer, C.E., 2009. Influence of the production method of phytochemical concentrations in whole wheat (*Triticum aestivum* L.): A comparative study, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 57,10116-10121.
- Summanen, J., Vuorela, P., Rauha, J.P., Tammela, P., Marjamaki, K., Pasternack, M., Törnquist, K. ve Vuorela, H., 2001. Effects of simple aromatic compounds and flavonoids on Ca<sup>2+</sup> fluxes in rat pituitary GH(4)C(1) cells, European Joournal of Pharmacology, 414, 125-133.
- Thompson, D. ve Moldeus, P., 1988. Cytotoxicity of butylated hydroxy-anisole and butylated hydroxytoluene in isolated rat hepatocytes, Biochemical Pharmacology, 37, 2201-2207.
- TK 5996, 2010. Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu, 27610.
- Topal, M., 2014. Bazı Kinizarin Türevleri: Antioksidan Kapasiteleri Ve Karbonik Anhidraz I ve II İzoenzimleri Üzerine İnhibisyon Etkileri. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 133s.
- Topçu, B., Tacer Caba, Z. ve Nilüfer Erdil, D., 2019. Yulaf Ekmeği Üretim Aşamalarının Fenolik Madde İçeriği ve Antioksidan Aktiviteye Etkisi, Food and Health, 5(1), 48-63.
- Tüzün, C., 1996, Organik Kimya, Ankara: Palme Yayıncılık, 597-598s.
- Ünal, S., 1979. Buğdaylarda kaliteyi etkileyen faktörler ve birbirleri arasındaki ilişkiler, Gıda, 4 (2), 71-79.
- Ünal, S., 1991, Hububat Teknolojisi. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çoğaltma Yayınları, No:29, İzmir.
- Vaher, M., Matso, K., Levandi, T., Helmja, K. ve Kaljurand, M. 2010. Phenolic compounds and the antioxidant activity of the bran, flour and whole grain of different wheat varieties, Procedia Chemistry, 2, 76-82.
- Valenzuela, A.B. ve Nieto, S.K., 1996. Synthetic and natural antioxidants: food quality protectors, Grasas y Aceites, 47, 186-196.



- Ward, J.L., Poutanen, K., Gebruers, K., Piironen, V., Lampi, A.M., Nystrom, L., Andersson, A.A.M., Aman, P., Boros, D., Rakszegie, M., Bedo, Z. ve Shewry, P.R., 2008. The healthgrain cereal diversity screen: concept, results and prospects, Journal Agriculture Food Chemistry, 56, 9699-9709.
- Wei, Y.H. ve Pang, C.Y., 2005. The role of mitochondria in human aging process, Biotechnology International, 17, 8-13.
- Verma, A., Uzun, O., Hu, Y., Han, H., Watson, N., Chen, S., Irvine, D.J. ve Stellacci, F., 2008. Surface-structure-regulated cell-membrane penetration by monolayer-protected nanoparticles, Nature materials, 7, 588-595.
- Wichi, H.P., 1988. Enhanced tumour development by butylated hydroxyanisole (BHA) from the perspective of effect on forestomach and oesophageal squamous epithelium, Food and Chemical Toxicology, 26, 717-723.
- Yanbeyi, S., 1999. Aspirin ve antioksidant butylated hydroxyanisole'ün tavşanlarda eritrosit total katalaz, süperoksit dismutaz ve glutatyon peroksidaz aktiviteleri üzerine etkileri. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 88s.
- Yu, L., 2008, Overview and prospective, In: Wheat antioxidants (Editör: Yu, L.), Wiley Interscience, John Wiley & Sons, Inc. Publication, USA, 25-41s.
- Zhou, K. ve Yu, L.L., 2004. Antioxidant properties of bran extracts from trego wheat grown at different location, Journal Agriculture Food Chemistry, 52, 1112-1117.

## **ÖZGEÇMİŞ**

1994 yılında Ağrı’da doğdu. İlköğrenimi Ağrı’da, ortaöğrenimini İstanbul’da lise öğrenimini de Ağrı’da tamamladı. 2013 yılında girdiği Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü’nden 2017 yılında mezun oldu. 2017-2019 Eğitim öğretim yılında Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim dalında yüksek lisans öğrenimine başladı.