

T.C.
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



FARKLI LOKASYONLARDA YETİŞTİRİLEN
KARABUĞDAYLARIN ÖĞÜTME FRAKSİYONLARININ
BAZI KALİTE ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EMİNE TANRIKULU

TEZ DANIŞMANI
Prof.Dr. Erkan Yalçın

BOLU, OCAK - 2023

KABUL VE ONAY SAYFASI

Emine TANRIKULU tarafından hazırlanan “**FARKLI LOKASYONLARDA YETİŞTİRİLEN KARABUĞDAYLARIN ÖĞÜTME FRAKSİYONLARININ BAZI KALİTE ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**” adlı tez çalışması jürimiz tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak oy birliğiyle kabul edilmiştir.
13/01/2023

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman

Prof. Dr. Erkan YALÇIN
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

.....

Üye

Prof. Dr. Hande Selen ERGE
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

.....

Üye

Doç. Dr. Mustafa Tuğrul MASATCIOĞLU
Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Onayı

Prof. Dr. İbrahim KÜRTÜL

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir,

aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Teze ilişkin 01/02/2023 tarihinde Turnitin adlı intihal tespit programından enstitü müdürlüğünce belirlenen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan benzerlik raporuna göre, tezin benzerlik oranı % 14 olarak tespit edilmiştir.

.....

EMİNE TANRIKULU

ÖZET

FARKLI LOKASYONLARDA YETİŞTİRİLEN KARABUĞDAYLARIN ÖĞÜTME FRAKSİYONLARININ BAZI KALİTE ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EMİNE TANRIKULU

BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. ERKAN YALÇIN)

BOLU, OCAK - 2023

(XIII + 96)

Bu araştırmada, farklı lokasyonlarda yetiştirilmiş yerli karabuğday çeşitlerinin (*Aktaş cv.* ve *Güneş cv.*) valsli değirmen fraksiyonlarının (kıрма unu, öğütme unu ve ince kepek) ve yüksek hızlı santrifugal değirmende öğütülen tam karabuğday unlarının bazı fiziksel, kimyasal, besinsel ve çirilenme özellikleri incelenmiştir. Karabuğdayların kıрма unu, öğütme unu ve ince kepek fraksiyonlarının protein, kül, ham yağ ve toplam besinsel lif (TBL) değerleri sırasıyla %5,5-16,6, %0,33-6,68, %0,28-9,56 ve %2,2-55,2 arasında değişmiştir. Kıрма ve öğütme unlarında nişasta değerleri %60,4-84,8 arasında değişmiştir. Tam karabuğday unu, kıрма unu ve öğütme unlarında suda çözünür madde ve su bağlama kapasitesi değerleri sırasıyla %6,53-10,23 ve %209,7-241,6; %1,23-4,10 ve %150,7-178,8; %6,9-17,7 ve 153,1-166,5 arasında değişmiştir. Aynı örneklerin su tutma kapasitesi (g su/g) ve yağ absorplama kapasitesi (g yağ/g) değerleri sırasıyla 1,85-2,08 ve 0,97-1,08; 1,43-1,63 ve 1,09-1,18; 1,52-1,74 ve 1,09-1,22 arasında değişmiştir. İnce kepek fraksiyonlarının tüm fonksiyonel özellikleri diğer örneklerden daha yüksek bulunmuştur. İnce kepeklerin renk değerleri incelendiğinde diğer örneklerle göre en düşük parlaklık (L^*) ve beyazlık indeksi (Bİ) değerlerine, fakat en yüksek kırmızılık (a^*) ve sarılık (b^*) değerlerine sahip olduğu görülmüştür. En yüksek L^* ve Bİ değerleri kıрма unlarında saptanmıştır. Dimetil sülfoksit (DMSO) ve %50'lik metanol ile yapılan ekstraksiyonlarda, toplam fenolik madde miktarı (mg gallik asit/g) tüm lokasyonlardan elde edilen tam karabuğday unu ve valsli değirmen fraksiyonlarında ince kepek > tam karabuğday unu > öğütme unu > kıрма unu olarak bulunmuştur. Tüm öğütme fraksiyonları içerisinde en yüksek ve en düşük toplam flavonoid (mg rutin/g) miktarı sırasıyla ince kepek ve kıрма unu fraksiyonlarında tespit edilmiştir. Tam karabuğday unlarının toplam flavonoid miktarları ise kıрма ve öğütme unlarından yüksek bulunmuştur. En yüksek antioksidan aktivite değerleri ince kepek fraksiyonlarında saptanmıştır. Tam karabuğday unu, kıрма ve öğütme unlarının çirilenme özellikleri hızlı viskozite ölçer cihazında incelenmiştir. Kıрма ve öğütme unlarında çirilenme sıcaklığı 74,7-77,7 °C arasında değişirken, tam karabuğday unlarında 92,3-94,8 °C arasında tespit edilmiştir. Tam karabuğday unlarının pik viskozite, sıcak çiriliş viskozitesi, kırılma viskozitesi ve son viskozite değerleri öğütme ve kıрма unlarına göre daha düşük bulunmuştur.

ANAHTAR KELİMELER: Karabuğday, Valsli Değirmen, Öğütme Unu, Kıрма Unu, İnce Kepek, Tam Karabuğday Unu

ABSTRACT

INVESTIGATION OF SOME QUALITY PROPERTIES OF MILLING FRACTIONS OF BUCKWHEATS GROWN IN DIFFERENT LOCATIONS

MSC THESIS

EMİNE TANRIKULU

BOLU ABANT İZZET BAYSAL UNIVERSITY

INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES

DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING

(SUPERVISOR: PROF. DR. ERKAN YALÇIN)

BOLU, JANUARY 2023

(XIII + 96)

In this research, some physical, chemical, nutritional and pasting properties of roller milling fractions (breaking flour (BF), reducing flour (RF) and fine bran (FB)) and wholegrain buckwheat flours (WBF) obtained from ultra centrifugal mill of native buckwheat cultivars (*Aktaş cv.* ve *Güneş cv.*) grown in different locations were investigated. Protein, ash, crude oil and total dietary fibre values of BF, RF and FB of buckwheats changed in the ranges of %5,5-16,6, %0,33-6,68, %0,28-9,56 and %2,2-55,2, respectively. Starch contents in the BF and RF samples changed in the range of %60,4-84,8. In the WBF, BF and RF samples, the water solubility and water binding capacity values changed in the ranges of %6,53-10,23 and %209,7-241,6; %1,23-4,10 and %150,7-178,8; %6,9-17,7 and 153,1-166,5, respectively. The water holding capacity (g water/g) and oil absorption capacity (g oil/g) values of same samples changed in the ranges of 1,85-2,08 and 0,97-1,08; 1,43-1,63 and 1,09-1,18; 1,52-1,74 and 1,09-1,22, respectively. All functional properties of FB fractions were found as the highest compared to other samples. It was seen that the FB fractions had the lowest brightness (L^*) and whiteness index (WI) values, on the other hand they had the highest redness (a^*) and yellowness (b^*) values compared to the other samples. The highest L^* and WI values were detected in BF samples. Total phenolic compounds (mg gallic acid/g) extracted from the WBF and roller milling fractions using dimethyl sulphoxide (DMSO) and 50% methanol were found as FB > WBF > RF > BF. The highest and the lowest total flavonoid (mg rutin/g) contents among the roller milled fractions were determined in FB and BF samples, respectively. The total flavonoid contents of WBF samples were higher than that of the BF and RF samples. The highest antioxidant activity properties were detected in FB fractions. The pasting properties of WBF, BF and RF samples were investigated using the rapid viscosity analyser. The pasting temperature of BF and RF samples changed in the range of 74,7-77,7 °C; in contrast it was detected in the range of 92,3-94,8 °C in the WBF samples. Peak viscosity, hot paste viscosity, breaking viscosity and final viscosity values of WBF samples were found as lower than that of the RF and BF samples.

KEYWORDS: Buckwheat, Roller Mill, Reducing Flour, Breaking Flour, Fine Bran, Wholegrain Buckwheat Flour

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL VE ONAY SAYFASI	iii
ETİK BEYAN.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
TABLO LİSTESİ	x
FOTOĞRAF LİSTESİ	xi
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ	xii
TEŞEKKÜR	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETLERİ	5
2.1 Karabuğday: Botaniksel, Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	5
2.2 Karabuğdayın Öğütülmesi	13
2.3 Karabuğdayın Gıda Ürünlerinde Kullanımı	15
2.4 Karabuğdayın Tıbbi Bitkisel Özellikleri	17
3. MATERYAL VE YÖNTEM	21
3.1 Materyal	21
3.2 Yöntem	24
3.2.1 Kimyasal Analizler	24
3.2.1.1 Nem Miktarı Tayini.....	24
3.2.1.2 Kül Miktarı Tayini.....	24
3.2.1.3 Protein Miktarı Tayini	24
3.2.1.4 Ham Yağ Miktarı Tayini	24
3.2.1.5 Toplam Nişasta Miktarı Tayini	25
3.2.1.6 Toplam Besinsel Lif Miktarı Tayini.....	25
3.2.2 Biyoaktif Madde Özelliklerinin Belirlenmesi	26
3.2.2.1 Toplam Fenolik Madde Miktarı Tayini.....	26
3.2.2.2 Toplam Flavonoid Miktarı Tayini	26
3.2.2.3 Antioksidan Aktivite Tayini	29
3.2.3 Fonksiyonel Özelliklerin Belirlenmesi.....	32
3.2.3.1 Suda Çözünen Madde ve Su Bağlama Kapasitesi Tayini	32
3.2.3.2 Su Tutma Kapasitesi ve Yağ Absorplama Kapasitesi Tayini.....	32
3.2.4 Fiziksel Analizler.....	33
3.2.4.1 Renk Değerleri ve Beyazlık İndeksi Tayini	33
3.2.5 Çirilenme Özelliklerinin Hızlı Viskozite Ölçer (Rapid Visco Analyzer- RVA) Cihazında Belirlenmesi	34
3.3 İstatistik.....	35

4. BULGULAR	36
4.1 Farklı Lokasyonlarda Yetiştirilen Karabuğdayların Valsli.....	36
Değirmende Öğütülmesi.....	36
4.2 Farklı Lokasyonlarda Yetiştirilen Karabuğdayların Öğütme	39
Ürünlerinin Bazı Kimyasal Özellikleri.....	39
4.3 Tam Karabuğday Unları ve Valsli Değirmen Öğütme Fraksiyonlarının Renk Özellikleri ve Beyazlık İndeksi Değerleri	50
4.4 Suda Çözünen Madde, Su Bağlama Kapasitesi, Su Tutma Kapasitesi ve Yağ Absorplama Kapasitesi Sonuçları	53
4.5 Karabuğday Örneklerinin Toplam Fenolik Madde Miktarları	57
4.6 Toplam Flavonoid Madde Miktarı Sonuçları	62
4.7 Karabuğday Örneklerinin Antioksidan Aktivite Özellikleri.....	66
4.8 Tam Karabuğday Unlarının ve Valsli Değirmen Öğütme Fraksiyonlarının Çirişlenme Özellikleri	73
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	81
6. KAYNAKLAR.....	85
7. EKLER.....	92
7.1 Farklı lokasyonlarda yetiştirilen karabuğdayların valsli değirmen öğütme ürünleri (g) ve kayıp miktarları (g).....	92
7.2 Tam karabuğday unlarının çirişlenme özelliklerinin sıcaklık-zaman kontrollü hızlı viskozimetre cihazında	93
(RVA) incelenmesi (*gübresiz üretim)	93
7.3 Kırma unlarının çirişlenme özelliklerinin sıcaklık-zaman kontrollü hızlı viskozimetre cihazında (RVA) incelenmesi (*gübresiz üretim)	94
7.4 Öğütme unlarının çirişlenme özelliklerinin sıcaklık-zaman kontrollü hızlı viskozimetre cihazında (RVA) incelenmesi (*gübresiz üretim)	95
8. ÖZGEÇMİŞ	96

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1	Valsli değirmende (MLU 202, Bühler, İsviçre) öğütme diyagramı (Motte vd., 2021).....	22
Şekil 3.2	TFM miktarının hesaplanmasında gallik asit standart maddesi ve DMSO çözeltisi ile hazırlanan standart doğru grafiği.	27
Şekil 3.3	TFM miktarının hesaplanmasında gallik asit standart maddesi ve %50'lik metanol çözeltisi ile hazırlanan standart doğru grafiği. ...	27
Şekil 3.4	TFLM miktarının hesaplanmasında kullanılan ve rutin standart maddesinin metanolde çözündürülmesi ile hazırlanan standart doğru grafiği.	28
Şekil 3.5	ABTS radikalinin farklı konsantrasyonlarda hazırlanan Troloks antioksidan bileşiği ile süpürülmesi sonucu oluşturulan standart doğru.	31
Şekil 3.6	İnhibisyon (%) değerinin hesaplanmasında kullanılan standart doğru.	31
Şekil 4.1	Karabuğdayın anatomik yapısı (Steadman vd., 2001).....	37

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1 Farklı lokasyonlarda yetiştirilen karabuğday örnekleri ve araştırmada kullanılan öğütme ürünleri	21
Tablo 3.2 Hızlı viskozite ölçer cihazında karabuğday örneklerine.....	35
Tablo 4.1 Karabuğdayların valsli değirmende öğütülmesi ve açığa çıkan fraksiyonların toplam ürün miktarına göre verim (%) değerleri	38
Tablo 4.2 Tam karabuğday unlarının bazı kimyasal özellikleri	40
Tablo 4.3 Karabuğdayların valsli değirmende öğütülmesi ile elde edilen kırma unlarının bazı kimyasal özellikleri	42
Tablo 4.4 Karabuğdayların valsli değirmende öğütülmesi ile elde edilen öğütme unlarının bazı kimyasal özellikleri	44
Tablo 4.5 Karabuğdayların valsli değirmende öğütülmesi ile elde edilen ince kepek fraksiyonlarının bazı kimyasal özellikleri	47
Tablo 4.6 Tam karabuğday unlarının ve valsli değirmen öğütme fraksiyonlarının renk özellikleri ve beyazlık indeksi değerleri	51
Tablo 4.7 Tam karabuğday unlarının ve valsli değirmen öğütme fraksiyonlarının bazı fonksiyonel özellikleri	54
Tablo 4.8 Tam karabuğday unu ve valsli değirmen öğütme ürünlerinin dimetil sülfoksit (DMSO) ekstraksiyonu ile belirlenen.....	58
Tablo 4.9 Tam karabuğday unu ve valsli değirmen öğütme ürünlerinin %50'lik metanol ekstraksiyonu ile belirlenen.....	60
Tablo 4.10 Tam karabuğday unu ve valsli değirmen öğütme ürünlerinin toplam flavonoid madde miktarı sonuçları.....	64
Tablo 4.11 Tam karabuğday unu ve valsli değirmen öğütme ürünlerinin DPPH radikalini süpürme aktivitesi (%) sonuçları	68
Tablo 4.12 Tam karabuğday unu ve valsli değirmen öğütme ürünlerinin antioksidan aktivitesinin Troloks Eşdeğerliği	70
Tablo 4.13 Tam karabuğday unlarının çirilenme özellikleri	74
Tablo 4.14 Karabuğdayların valsli değirmende öğütülmeleriyle elde edilen kırma ve öğütme unlarının çirilenme özellikleri.....	77

FOTOĞRAF LİSTESİ

Sayfa

Fotoğraf 3.1 Çorum lokasyonunda yetişen *Aktaş cv.* çeşidinin tam karabuğday unu ve valsli değirmende öğütülmesiyle elde edilen fraksiyonları 23



KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

AACCI	: American Association of Cereal Chemists International
ABTS	: 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit) diamonyum tuzu
DMSO	: Dimetil sülfoksit
DPPH	: 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil
RVA	: Rapid Visco Analyser
TEAK	: Troloks eşdeğeri antioksidan kapasitesi
TROLOKS	: (±)-6-hidroksi-2,5,7,8-tetrametilkroman-2-karboksilik asit



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam süresince bilgi ve deneyimleriyle sonsuz destek olan değerli tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Erkan YALÇIN'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca,

Karabuğdayların (*cv. Güneş, cv. Aktaş*) farklı lokasyonlardan temin edilmesindeki katkılarından dolayı Konya Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne ve aynı kurumun araştırmacılarından Dr. Ahmet GÜNEŞ'e;

Karabuğdayların valsli değirmende (Bühler, Uzwil, İsviçre) ve yüksek hızlı santrifugal değirmende (ZM 200, Retsch, Almanya) öğütülmesi için bizlere laboratuvarlarını açan Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne (Yenimahalle, Ankara) ve aynı kurumun araştırmacılarından Ziraat Yük. Müh. Dönüş ERMİŞER'e;

Tez çalışmamda çirilenme özelliklerinin incelenmesi için bizlere Hızlı Viskozite Ölçer (Rapid Visco Analyzer-RVA) cihazını laboratuvarımızda kullanıma açan EVALAB (Çukurova, Adana) firmasına;

Tez çalışmamın laboratuvar çalışmalarında yol gösteren ve yardımcı olan bölümümüz Dr. Öğr. Üyesi Derya ATALAY'a ve Arş. Gör. Kübra ERYAŞAR ÖRER'e;

Tez çalışmamın laboratuvar çalışmalarında bana yardımcı olan, cesaret veren ve arkadaşlığı ile hep yanımda bulunan Gıda Yük. Müh. Ayşenur ARSLAN'a;

Tez çalışmam sırasında özveri ve anlayış gösteren, bana her zaman güvenen, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen babam İlyas TANRIKULU'na, annem Kamile TANRIKULU'na, kardeşim Emirhan TANRIKULU'na ve arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Emine TANRIKULU

1. GİRİŞ

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü, beslenme ve sağlığın iyileştirilmesi, geçim kaynaklarının korunması, gelecekteki gıda güvenliğine ve sürdürülebilir kalkınmaya önemli ölçüde katkıda bulunabilecek pek çok bitkinin yetersiz kullanıldığını belirlemiştir. Bu yeterince kullanılmayan ürünlerin, fonksiyonel gıda sektöründe gizli açlık kriziyle mücadele etmek ve ekonomik gelir sağlamak için muazzam bir potansiyele sahip olduğu belirtilmiştir. Bunlardan pseudo-tahıllar (karabuğday, kinoa, amarant) bugüne kadar büyük ölçekli üretim ve tüketim amaçlı düşünülmemiştir. Dünyadaki gıda güvenliğinin büyük ölçüde yalnızca birkaç ürüne bağımlı hale geldiği ve küresel kalori talebinin %50'sinden fazlasının başlıca tahıllar olan buğday, pirinç ve mısırdan sağlandığı ifade edilmiştir. Tarım endüstrisi, yeterli gıda arzını sağlarken, verim ve kalite standartlarını korumak için büyük zorluklarla karşı karşıyadır. Ayrıca, dünya nüfusunun 2050 yılına kadar 10,9 milyara ulaşacağı tahmin edildiğinden, gıda kriziyle mücadele etmek yakın gelecekte önemli hale gelecektir. Bununla birlikte, küresel iklim kriziyle çevreye verilen zararlar ve ürün kaybı gibi endişeler, keşfedilmemiş bitkilerin üretimini ve kullanımını teşvik etmektedir. 21. yüzyılın tarla bitkileri olarak kabul edilen ve besin içeriği yüksek olan pseudo-tahılların yetiştirilmesi ve kullanımının gözden geçirilmesi gerektiği ifade edilmiştir. Ayrıca, pseudo-tahıllar iklim değişikliğine dayanıklı ürünlerdir, yetersiz beslenme ve gelecekteki gıda krizleriyle mücadele etmek için geleceğin ürünleri olarak kabul edilmektedirler (Pirzadah et al., 2020).

Karabuğdaya olan ilginin büyük ölçüde artmasının sebebi glutensiz özelliğinden ve besleyicilik kalitesinden kaynaklandığı belirtilmiştir. Karabuğday proteinleri toksik değildir ve çölyak hastalığı olan kişiler için beslenme açısından önemli bir kaynaktır. Karabuğday alerjisinin ortaya çıkma oranının, toksik prolamin tip proteinleri içeren tahıllara oranla önemli ölçüde düşük olduğu söylenmiştir. Karabuğday, bol miktarda flavonoid ve önemli oranda nişasta içeren birkaç pseudo-tahıldan biridir. Karabuğday tüketiminin insanlarda olumlu sağlık etkileri gösterdiği ve biyolojik işlevleri olan çeşitli besin maddelerine sahip olduğu belirtilmiştir.

Hayvan deneyleri, karabuğday ununun diyabeti, obeziteyi, hipertansiyonu ve hiperkolesterolemiyi önleyebileceğini göstermiştir. Karabuğday tanelerinde bir dizi nutrasötik bileşikler bulunur, bunlar; nişasta, protein, antioksidan, besinsel lif ve eser elementlerdir. Karabuğday proteinlerinin biyolojik değeri, diğer protein kaynakları ile karşılaştırılabilir düzeydedir. Karabuğdayın artan dünya nüfusu ve tüketicilerin yüksek proteinli gıdaları tercih etmesi sebebiyle insan beslenmesinde önemi hızla artmaktadır. Bitki proteinleri, düşük karbon ayak izi nedeniyle küresel protein ihtiyacını karşılamanın sürdürülebilir araçları olarak görülmektedir. Yüksek kaliteli proteinlerin yanı sıra karabuğday taneleri, profilaktik değeri olan bazı bileşenler içerir, bunlar: flavonoidler, fagopirinler ve tiamin bağlayıcı proteinlerdir. Gıda endüstrisi için karabuğday taneleri, fonksiyonel gıdaların üretiminde kullanılacak değerli bir hammaddedir. Karabuğday unu, besleyici değeri ve insan sağlığının potansiyel teşviki göz önüne alındığında, beslenmede veya gıda ürünlerinde değerli ve önemli bir bileşen olabilir. Çeşitli biyolojik işlevlere, örneğin antimutajenik, antikanserojenik ve yaşlanmaya karşı karabuğdayın antioksidan aktivitesinin etkili olabileceği belirtilmiştir.

Karabuğday, organik tarım ve sağlıklı gıdalar için alternatif mahsullere örnek bir bitkidir. Tahıllar ve karabuğday arasındaki temel benzerliklerden biri nişastalı endosperm (pseudo-tahıllarda perisperm) içermeleridir. Hem tahıl taneleri hem de karabuğday tohumları yenilebilir ve nişastalı olmayan bir alöron katmanına sahiptir. Karabuğday tanesi; kavuz, spermaderm, endosperm ve embriyodan oluşmuştur. Genellikle kavuzu çıkarıldıktan sonra tahıl olarak kullanılır ve una öğütülür. Karabuğday, kaynatılarak veya mekanik olarak kavuzundan ayrılabilir. Geleneksel olarak, öğütülmüş karabuğday unu makarna, ekmek ve diğer unlu mamüller için kullanılabilir. Makarna ve diğer ürünler için uygun tekstürel özellikler, karabuğday proteinleri ve nişastasının dengelenmesiyle elde edilebileceği belirtilmiştir. Rusya ve Ukrayna'da karabuğday tohumlarının çoğu 'Kasha' adı verilen tahıl tanesi olarak tüketilmektedir. Ayrıca Japonya'nın Tokushima şehri ve bazı bölgelerinde insanlar karabuğdayı tahıllar gibi tüketirler. Karabuğday üretimi ve işlenmesi bu ülkelerde yerel ekonomileri desteklemiştir ve bazı bölgelerin kültürüyle derinden ilişkilidir. Japonya'da karabuğday ununun genellikle erişte, şekerleme, ekmek gibi diğer gıdalara; sirke gibi fermentasyon ürünlerine ve shotyu gibi alkollü içkilere işlendiği belirtilmiştir. Ayrıca,

yapraklarının sebze olarak da kullanıldığı ve ayrıca kurutularak çay ve toz haline getirilebildiği belirtilmiştir. Karabuğday bitkisinin çiçekleri beyaz, pembe veya kırmızı renklidir ve üretim alanlarında nektar kaynağı olarak kullanılarak bal üretiminin sağlandığı da ifade edilmiştir.

Ülkemizde karabuğday tarımı geniş alanlarda yapılmamakla birlikte, yerli karabuğday çeşitlerinin (*Güneş cv.* ve *Aktaş cv.*) Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nde (Konya) geliştirilmesiyle tarımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Ülkemiz birçok glutensiz ürünü yurt dışından büyük bütçeler ile ithal etmektedir. Dolayısıyla çölyak hastalığı, gluten alerjisi ve gluten hassasiyeti bulunan bireyler için karabuğday ekiminin yaygınlaştırılması gerekmektedir.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'de farklı lokasyonlarda yetiştirilen yaygın (common) karabuğday çeşitlerinin (*Güneş cv.* ve *Aktaş cv.*) tam karabuğday unu olarak ve ayrıca valsli değirmende fraksiyonlarına (kıрма unu, öğütme unu, ince kepek) ayrılarak öğütüldükten sonra bazı fiziksel, kimyasal, besinsel ve çirilenme özelliklerini incelemektir. Bu amaçla, 2020 yılı yazı sonunda ülkemizin Konya (*Güneş cv.* ve *Aktaş cv.*), Çorum (*Aktaş cv.*), Kars (*Aktaş cv.*), Bilecik (*Aktaş cv.*, *gübreli ve gübresiz üretim*) ve Gümüşhane (*Aktaş cv.*) illerinden karabuğday örnekleri toplanmıştır. Daha sonra karabuğdaylar Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü'nde (Yenimahalle, Ankara) tam karabuğday unlarına ve ayrıca valsli Bühler değirmeninde fraksiyonlarına ayrılarak öğütülmüştür. Karabuğdaylar tavlandıktan sonra valsli Bühler değirmeninde kıрма unu, öğütme unu, ince kepek ve kalın kepek fraksiyonlarına ayrılmıştır. Ülkemizde yerli karabuğdayların bu şekilde farklı fraksiyonlara öğütülmesinden sonra bazı fiziksel, kimyasal, besinsel ve çirilenme özelliklerinin incelenmesi ilk kez yapılmıştır. Valsli Bühler değirmeni tipik bir un değirmeninin pilot ölçekte tasarlanmış bir örneğidir. Genellikle ekmeklik buğdayın valsli Bühler değirmeninde öğütülmesi ile kıрма unu, öğütme unu, ince kepek ve kalın kepek çıkmaktadır. Fakat bu tez çalışmasında, ilk kez bir pseudo-tahıl olan karabuğday valsli Bühler değirmeninde öğütülmüş, değirmenin eleklerinden aynı buğdayın öğütülme prensibinden hareket ederek fraksiyonlar toplanmıştır. Burada unutulmaması gereken nokta karabuğdayın anatomik yapısının buğdaydan çok farklı oluşudur. Örneğin buğdayın öğütülmesinde açığa çıkan öğütme unu nişasta

bakımından zengin, kül içeriği düşük bir materyal iken; karabuğdayın öğütölmesi ile aynı elekten çıkan öğütme ununun nişasta içeriği düşük, kül içeriği ise yüksek bulunmuştur. Bu tamamıyla her iki tahılın anatomik yapılarının farklı olmasından kaynaklanmıştır. Bu tez çalışması bu bakımdan özgün bir araştırma niteliği taşımaktadır. Araştırmamız, farklı lokasyonlardan temin edilen karabuğdayların, yüksek hızlı santrifugal değirmenden çıkan tam karabuğday unlarının ve ayrıca valsli değirmenden çıkan fraksiyonlarının gıda sanayiinde kullanılabilirliği hususunda geniş bilgi sahibi olunmasına önemli katkıda bulunacaktır.



2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

2.1 Karabuğday: Botaniksel, Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Karabuğday, *Polygonaceae* familyasının *Fagopyrum* cinsine ait çift çenekli (dikotiledon), 16 çift kromozoma sahip otsu bir bitkidir. Dünyada pek çok karabuğday türü vardır ve başlıca dokuz türü tarımsal değere sahiptir. *Fagopyrum esculentum* Moench (yaygın karabuğday) ve *Fagopyrum tataricum* Gaertn (Tartar karabuğdayı) ağırlıklı olarak en çok yetiştirilen iki türüdür. Yaygın karabuğday türü yetiştirilen başlıca tür olmasına rağmen, Tartar karabuğdayı oldukça ilgi görmektedir. *Fagopyrum tataricum*, Himalaya Dağları orjinlidir ve en az 4000 yıldır yetiştirildiği bildirilmiştir. Karabuğday, 'buğday' olarak adlandırılrsa da *Gramineae* familyası ile herhangi bir yakınlığı yoktur ve hem renk hem de tane yapısı (üçgen somun şeklinde) ile hiçbir benzerlik göstermediği belirtilmiştir. Genel olarak, karabuğday bitkisi, 0,5-2,5 m yüksekliğe kadar büyüeyebilen, tek yıllık bir bitkidir. Karabuğday, yaz mevsimi kısa olan ülkelerde tarımı yapılabilen, hızlı büyüyen bir bitkidir. Temmuz ayından itibaren bir aydan biraz fazla bir sürede bitki, ekimden hasata kadar tüm yaşam döngüsünü çiçeklenme döneminde tamamlar. Marjinal ekosistemlere geniş adaptasyon kabiliyeti sayesinde, bu alanlarda ekonomik fayda ve tarımsal güvenlik amaçlı ekilmektedir. Diğer tahıllar ile kıyaslandığında karabuğdayın verimi düşüktür, ancak bazı avantajlara sahiptir. Örneğin özel bir toprak veya gübreleme gereksiniminin olmadığı, alçak ve yüksek rakımlara uyum sağlayabildiği bildirilmiştir. Ayrıca, türler arasında çiçeklenme özellikleri ve tohum şekli açısından çeşitlilik gösterir ve sadece çiçek özellikleri ile ayırt edilebildiği belirtilmiştir (De Francischi vd., 1994; Campbell, 1997; Li ve Zhang, 2001; Gavric vd., 2018; Habtemariam, 2019; Joshia vd., 2020; Aubert vd., 2021).

Karabuğdayın kavuzu, arpa veya yulaf ile karşılaştırıldığında daha serttir, kavuzun altında perikarp (meyve kabuğu) bulunur. Geleneksel olarak kavuzu soyulmuş karabuğday tanesi (*buckwheat groat*) koyu, kırmızımsı kahverengi, sert ve camsıdır ve daha güçlü bir aromaya sahiptir. Ön pişirme olmadan kavuzları soyulmuş taneler yumuşaktır, unsudur ve daha hafif bir aromaya sahiptir. Taze olduklarında açık yeşil, bayatken sarı veya açık kırmızı tondadırlar. Orta ve Doğu

Avrupa'da (Slovenya, Hırvatistan, Polonya, Ukrayna ve Rusya), karabuğday kavuzunun hala geleneksel yolla açıldığı bildirilmiştir. Geleneksel karabuğday kavuzu çıkarma işleminde, aroma bileşiklerinin, kavuzdan tohuma veya tam tersi şeklinde de transfer olabildiği belirtilmiştir (Janes vd., 2010).

Karabuğday, Rusya'nın ve Kuzey Çin'in birçok yerinde, kavuzu soyulduktan sonra tüm tanenin kaynatılıp yendiği geleneksel bir üründür. Karabuğday, önceleri Uzak Doğu ve Doğu Avrupa ülkelerinde önemli bir tarla bitkisiydi. Karabuğday, 17. yüzyıldan itibaren göçmenler tarafından Amerika ve Güney Afrika'ya tanıtılmıştır. Yüzyıllardır yetiştirilen karabuğday, günümüzde en önemli alternatif ürünlerden biri ve fonksiyonel gıda üretimi için değerli bir hammadde olmuştur. Modern tarımsal üretimde, benzersiz besleyici değere ve nutrasötik özelliklere sahip antik pseudo-tahılların (karabuğday, kinoa, amarant) da dahil edilmesi, gıda kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve açlıkla mücadele için potansiyel bir strateji oluşturmıştır. Karabuğdayın, muazzam nutrasötik potansiyeli sebebiyle değer verilen bir pseudo-tahıl olduğu ifade edilmiştir.

Çin, dünyanın en büyük karabuğday üreticilerinden biridir ve yıllık yaklaşık 100×10^4 ha karabuğday ekim alanına ve yaklaşık 100×10^4 ton yıllık karabuğday verimine sahiptir. Yaygın karabuğday üretimi esas olarak Çin'in kuzey bölgelerinde gerçekleşir, bu bölgeler: İç Moğolistan, Shaanxi, Gansu, Ningxia ve Shanxi'dir, burada toplam yıllık karabuğday ekim alanı 70×10^4 ha ve yıllık toplam karabuğday verimi 75×10^4 – 80×10^4 tondur (Qin vd., 2010). Pseudo-tahıl olan karabuğdayın uzun yıllardır ekiminin azaldığı, ancak son zamanlarda beslenme ve sağlık yararlarına olan ilgi ve talep, karabuğday ekiminin yeniden canlanmasına yol açtığı bildirilmiştir (Park vd., 2022).

Karabuğdayın, nişasta, protein, ham yağ, besinsel lif, polifenolik bileşikler (karotenoidler), vitaminler, mineraller ve fitosteroller gibi çeşitli besin öğelerini içerdiği bildirilmiştir. Bununla birlikte, bileşenlerin toplam içeriğinin çeşite veya çevresel faktörlere bağlı olduğu belirtilmiştir (Aubert vd., 2021). Karabuğday tanelerinin merkezinde nişastalı endosperm bulunur. Karabuğday ununda farklı öğütme yöntemlerine bağlı olarak %70-91 oranında nişasta bulunduğu bildirilmiştir. Karabuğday, nispeten küçük nişasta granüllerine ve tahıllardan daha

yüksek amiloz içeriğine sahiptir. Nişastanın amiloz içeriği, gıdanın pişirilmesi sırasında retrograde nişastanın meydana gelmesinin sebebidir. Karabuğday unundaki polifenoller ve lipidlerin nişasta ile kovalent olmayan kompleksler oluşturabildiği söylenmiştir. Bu kompleksler α -amilaz aktivitesini inhibe ederek, retrograde nişastanın amilaza dirençli hale gelmesine sebep olduğu belirtilmiştir. Nişastasının bu eşsiz özelliğinden dolayı karabuğday, hiperglisemik hastaların beslenmesine uygun bir gıda olabileceği belirtilmiştir. Beslenme açısından bakıldığında, üç çeşit nişasta vardır: hızlı sindirilebilir nişasta, yavaş sindirilebilir nişasta ve dirençli nişastadır. Dirençli nişasta ince bağırsakta enzimler tarafından sindirilemez ve kalın bağırsakta mikroflora tarafından kısmen veya tamamen fermente edilir. Dirençli nişastanın besinsel lif ile benzerlik gösterdiği ifade edilmiştir (Skrabanja vd., 2001; Tomotake vd., 2002; Sedej vd., 2012; Joshia vd., 2020; Sujka vd., 2022).

Karabuğday nişastasının çirşlenme özellikleri incelendiğinde, tahıl nişastalarından daha yüksek pik viskozitesi sergilediği ve kök ve yumru nişastalarına benzer çirşlenme davranışı gösterdiği ifade edilmiştir. Karabuğday nişastasının süper moleküler glukan yapıları granülün daha çok şişmesine ve jelleşme eğilimi göstermesine ve pik viskoziteyi artırdığı bildirilmiştir. Ayrıca, pik viskozite ve jelatinizasyon sıcaklığının karabuğday çeşidine göre farklılık gösterdiği belirtilmiştir (Wijngaard ve Arendt, 2006). Çirşlenme, nişasta granüllerinin suyu emerek genleştiği ve son olarak granülün belli bir sıcaklıkta patlayarak jelatinizasyona uğradığı fizikokimyasal bir olaydır. Pik viskozite, artan numune içeriği ile öncelikle azalmış, sonra artmış ve nihayet azalmıştır. Bunun sebebi, Common karabuğday kavuzunun ve kepek parçacıklarının suyu nişasta granüllerinden daha hızlı emmesi ve ortam suyu için rekabet oluşturarak nişasta granüllerinin şişmesinin bastırılması şeklinde açıklanmıştır (Dziadek vd., 2016).

Liu vd. (2022) karabuğday ununun sulu ortamda ısıtılması sırasında suyun kademeli olarak nişasta granüllerine nüfuz ettiğini ve nişasta granüllerinin şişmeye başladığını ve belli bir sıcaklık derecesinde nişasta jelatinizasyonunun gerçekleştiğini ve daha sonra pik viskoziteye ulaştığını belirtmiştir. Karabuğday ununda kepek oranı artış gösterdiğinde nişasta granüllerinin seyredildiğini ve bunun nişasta jelatinizasyon özelliklerini olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir. Düşük

kırılma viskozitesi değerinin, yüksek sıcaklıktaki çirişlenme sırasındaki nişasta granüllerinin karıştırmayla incelmeye karşı gösterdiği dirence bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Düşük katılaşma (setback) viskozitesi değerinin nişastanın retrogradasyon eğiliminin daha az olacağını göstermişlerdir. Bunda, karabuğday ununda artan kepek veya kavuz miktarının önemli rol oynadığını belirtmişlerdir.

Karabuğday, protein bileşimi nedeniyle besin değeri yüksek bir pseudo-tahıl olarak kabul edilir. Karabuğdayın, türüne göre değişmekle birlikte kuru ağırlık üzerinden %8-18 protein içerdiği bildirilmiştir. Karabuğdayın kepek fraksiyonları tüm öğütme fraksiyonları arasında en yüksek protein konsantrasyonuna sahip olduğu bildirilmiştir. Karabuğdaydaki protein içeriğinin piriņ, buğday, sorgum, darı ve mısırdan daha fazla olduğu belirtilmiştir. Protein içeriği yulaf unundan sonra en yüksek ikinci sırada olduğu belirtilmiştir. Karabuğday depo proteinlerinin, albumin, globülin, prolamin ve glutelin içerdiği gösterilmiştir (Jing vd., 2016). Tahıllarda, %70'lik alkolde çözünen prolaminler başlıca depo proteinleriyken, globülinler çoğunlukla karabuğdayda bulunan ve seyreltik tuz zeltelerinde çözünen basit proteinlerdir. Ikeda vd. (1991) göre, yaygın karabuğday tohumları %64,5 globulin, %12,5 albümin, %8,0 glutelin ve küçük bir prolamin yüzdesinden (%2,9) meydana geldiğini bildirmiştir. Öte yandan, karabuğdayın protein sindirilebilirliğinin nispeten düşük olduğu ifade edilmiştir. Karabuğday proteinleri esansiyel amino asitler açısından zengindir; özellikle insan sağlığı için gerekli sekiz amino asidin tamamının karabuğdayda bulunduğu belirtilmiştir. Karabuğday proteininin, lizin, arjinin, sistein ve metiyonin dahil olmak üzere esansiyel amino asitleri, özellikle çoğu insanda sınırlayıcı amino asit olarak kabul edilen lizin amino asitini önemli miktarda (5.9 g/100 g protein) içerdiği bildirilmiştir. Karabuğdayda "gluten" olarak kabul edilen "prolamin proteinlerine" ok az düzeyde rastlanmıştır (3,8-5,2 mg prolamin/100 g tohum). Bu sebeple lyak hastaları için önemli bir gıda kaynağı olduğu rapor edilmiştir. Karabuğday proteini ile ilgili en büyük problem hem insanlarda hem de hayvanlarda düşük sindirilebilirlik özelliğine sahip olmasdır. Common karabuğdayda düşük sindirilebilirliğin, proteaz inhibitörleri ve tanenler gibi anti-besinsel bileşiklerden kaynaklandığı belirtilmiştir.

Karabuğday proteinleri ve peptitlerinin, fonksiyonel gıda ürünlerinde kullanılabilme potansiyeline sahip olduğu söylenmiştir. Protein, karabuğdayın önemli bir bileşeni olduğundan, bu ürünlerin beslenme ve yeme kalitesi protein özelliklerinden etkilenebileceği belirtilmiştir. Örneğin karabuğday alerjisinin ortaya çıkma oranı, gluten içeren tahılların tüketimiyle ilişkili alerjiden önemli ölçüde düşük olduğu ifade edilmiştir.

Karabuğdaydaki toplam besinsel lif miktarının, genetik ve çevresel farklılıklara göre değiştiği bildirilmiştir. Besinsel lifler esas olarak tohum kabuğu ve gövde gibi dış tohum katmanlarında bulunur. Bu ise kavuzu çıkarılmış karabuğday tanesinde yaklaşık %7 gibi çok düşük besinsel lif yüzdesi olduğunun kanıtıdır. Toplam besinsel lifin ana bileşenleri selüloz, hemiselülöz, gamlar ve lignindir. Bunlar nişastalı endosperm, aleuron, tohum kabuğu ve kavuzların hücre duvarlarında yoğunlaşmıştır. Beslenme açısından toplam besinsel lif, çözünür besinsel lif ve çözünmeyen besinsel lif olmak üzere ikiye ayrıldığı belirtilmiştir. Çözünmeyen besinsel lif; mide, ince bağırsak ve kolonda geçiş süresini azaltır ve dışkı kütlesini artırdığı ifade edilmiştir. Kabızlığı önlemek veya tedavi etmek için posalı yiyecekler tavsiye edilmektedir. Karabuğdaydaki çözünür besinsel lif, yüksek viskozitesi sebebiyle mide boşalmasını yavaşlatır, glukoz gibi belirli besinlerin emilimini yavaşlatarak ince bağırsakta geçiş süresini artırdığı bildirilmiştir. Genel olarak, pseudo-tahılların besinsel lif bileşimi, tahıllardan çok meyve ve sebzelerinkine benzediği bildirilmiştir. Besinsel liflerinin, antioksidant, anti-kanserojen ve immünomodülatör gibi bir dizi biyolojik fonksiyonlara sahip olduğu belirtilmiştir (Ikeda vd., 1991; Skrabanja vd., 2001; Holasova vd., 2002; Tomotake vd., 2002; Bonafaccia vd., 2003; Sun ve Ho 2005; Şensoy vd., 2006; Wijngaard ve Arendt, 2006; Min vd., 2010; Sedej vd., 2012; Dziadek vd., 2016; Srichuwong vd., 2017; Zhou vd., 2018; Gavric vd., 2018; Jimenez vd., 2019; Yıldız vd., 2019; Joshia vd., 2020; Jin vd., 2021; Zhu, 2021).

Konya ekolojik koşullarında yetiştirilen karabuğdayın; nem, kül, karbonhidrat, ham protein ve ham yağ miktarları ile yağ asidi (doymuş ve doymamış) ve mineral (makro ve mikro elementler, ağır metaller) kompozisyonu incelenmiştir (Kan, 2011). Buna göre, nem, kül, karbonhidrat, protein ve ham yağ miktarları sırasıyla %9,47, %2,12, %74,58, %11,20 ve %2,63 olarak bulunmuştur.

Toplam doymuş ve doymamış yağ asiti miktarları ise sırasıyla %20,18 ve %76,37 olarak belirlenmiştir.

Karabuğdayda meydana gelen aroma bileşiklerinden, serbest yağ asitlerinin oksidasyonu ve bozunması ile oluşan uçucu karbonil bileşiklerinin sorumlu olduğu bildirilmiştir. Öte yandan, karabuğdayın un kalitesi buğday gibi diğer mahsullere göre daha kolay bozulur. Lipitler tohumun önemli bileşenidir ve diğer ürünlerde olduğu gibi karabuğday ürünlerinde de önemli olduğu belirtilmiştir. Kavuzun çıkarılmasından sonra tohum kabuğu (testa) rengi karabuğday için önemli bir özelliktir. Genellikle Japon değirmenciler, gıda tedarikçileri, erişte üreticileri ve bazı tüketiciler yeşil renge değer verdiği bildirilmiştir. Yeşil renkli kavuzsuz karabuğday tohumu (*buckwheat groat*) elde etmek için tohumun erken hasat edilmesi gerektiği, ancak bunun verimi olumsuz etkilediği belirtilmiştir. Bu sebeple, olgun tohum kabuğunda yeşil renge sahip çeşitler arzu edilir. Testa'daki yeşil rengin, klorofil birikiminden kaynaklandığı rapor edilmiştir. Öte yandan, kavuz çıkarıldıktan sonra karabuğday tohumunun ışığa maruz kaldığında kolayca kahverengiye döndüğü belirtilmiştir. Bu renk değişiminin, tohum muhafazası sırasında da kavuzu çıkarılmasa bile gözlemlendiği bildirilmiştir. Japonya'da, kahverengi tohum genellikle daha düşük kalitede kabul edilir. Bu sebeple, kolayca kahverengileşmeyen ve depolama sırasında yeşil rengini uzun süre koruyan karabuğday çeşitlerinin tercih edildiği ifade edilmiştir (Zielinski ve Kozłowska, 2000).

Karabuğdayda bulunan fenolik bileşikler tanenin her bir bölümünde farklı dağılım ve konsantrasyona sahip olan serbest formda bulunur, fenolik bileşikler karabuğday tanesinin dış katmanlarında (gövde ve kepek) yoğunlaşmıştır. Araştırmalarda, dış katmanların protein, lipit, besinsel lif ve kül içeriği açısından iç katmanlardan daha zengin olduğu vurgulanmıştır. Karabuğday unlarındaki toplam serbest polifenolik bileşik içeriği şu şekilde belirtilmiştir: kepek > endosperm unu > kavuzu çıkarılmış karabuğday unu > tam karabuğday unu. Toplam serbest fenolik bileşiklerin %66-79'una tekabül eden flavonoidlerin, karabuğday tanesinin iç tabakalarından çok dış tabakalarında daha yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu tespit edilmiştir (Martín-García vd., 2019).

Karabuğdayın, tahıl tanelerine kıyasla daha yüksek bir antioksidan aktiviteye sahip olduğu belirtilmiştir (Zielinski ve Kozłowska, 2000). Karabuğday flavonoidleri; tane, fide ve yeşil yapraklarındaki antioksidan aktiviteye atfedilen baskın fenolik bileşikler olarak tanımlanmıştır. Flavonoid bileşiklerden rutin, özellikle toplam flavonoid içeriğinin yaklaşık %90'ını oluşturur. Son yıllarda, karabuğdayda rutin, kuersetin ve flavon C glikozitler (orientin, viteksin ve izoviteksin dahil) gibi çeşitli flavonoid bileşikler tanımlanmıştır (Zielinska vd., 2012). Genel olarak flavonoidler, tohumların hücre duvarlarında bağlı formlarda bulunur ve bunları çıkarmak için alkali, asit veya enzim ekstraksiyonları gereklidir. Bununla birlikte, karabuğday tanesindeki ana flavonoid bileşiklerden biri olan rutin, çoğunlukla serbest formda bulunur ve etanol, metanol veya aseton çözücüler kullanılarak kolayca ekstrakte edilebilir formda olduğu belirtilmiştir (Hung ve Morita, 2008). Karabuğdayın, düşük kalorili ve besinsel açıdan zengin sağlıklı bir gıda seçeneği olarak son yıllarda popülerlik kazanan ve rutin biyoaktif bileşiğini yüksek miktarda (%0,5-0,7) içeren bir pseudo-tahıl olduğu bildirilmiştir. Karabuğdayın, tokoferoller ve fenolik maddeler gibi potansiyel antioksidanlar, yani 3-flavanoller, rutin, fenolik asitler ve bunların türevlerini içerdiği çeşitli çalışmalarda belirtilmiştir (Oomah vd., 1996; Holasova vd., 2002). Rutinin, diğer flavonoidlerle birlikte farmakolojik aktiviteye sahip bir bileşik olduğu gösterilmiştir. Rutinin; güçlü antioksidan, nöroprotektif, antikanserojenik, vazoprotektif, sitoprotektif (hücre koruyucu) ve kardiyoprotektif özelliklere sahip, bitkilerde yaygın olarak bulunan bir flavonoid olduğu bildirilmiştir (Inglett vd., 2011; Sedej vd., 2012; Habtemariam, 2019; Sujka vd., 2022).

Karabuğday çeşiti, çevre ve yetiştirme koşulları, öğütme ve rafine edilme yönteminin fenolik bileşiklerin miktarını ve dağılımını ve nihai antioksidan aktiviteyi etkileyebileceği belirtilmiştir (Gallardo vd., 2006). Çoğu fenolik bileşiklerin gövdedeki hücre duvarı bileşenlerine bağlı olduğu, çoğu tahıl tanesinden farklı olarak, karabuğdayın, tüm tanede dağılmış serbest formda fenolik bileşikler içerdiği belirtilmiştir. Rutin ve kateşinin toplam flavonoidlerin büyük bir bölümünü oluşturduğu bildirilmiştir. Karabuğdayın kavuzları ve unu karşılaştırıldığında, kavuzlarının daha yüksek seviyelerde flavonoid bileşiklerden rutin, kuersetin ve hiperosid içerdiği, ancak daha düşük seviyelerde epikateşin ve epikateşin gallat içerdiği bildirilmiştir. Kavuzlarda rutin, hiperosid ve kuersetin

düzeylerinin, undaki epikateşin hariç, karabuğday unundan daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Lee vd., 2016). Hung ve Morita (2008), karabuğday öğütme fraksiyonlarını incelemiş ve fenolik asitlerin ve flavonoidlerin esas olarak tanenin dış katmanlarında yer aldığını belirlemişlerdir. Soral-Śmietana vd. (2008) karabuğday tanelerinin ve kavuzunun, sağlığı iyileştirici ve biyolojik aktiviteye sahip flavonoidler ve flavonlar, fenolik asitler, yoğun tanenler, fitosteroller ve fagopirinler içerdiğini belirtmişlerdir.

Batı Kanada'da üç farklı yerde 4 yıl boyunca yetiştirilen dört çeşit karabuğdayın flavonoid içeriği ve antioksidan aktiviteleri üzerine çeşidin, lokasyonun ve yetiştirme mevsiminin etkileri incelenmiştir. Tohumun flavonoid ve rutin içeriği üzerine lokasyon etkili iken, yetiştirme mevsiminin kavuzların flavonoid içeriği üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur. Antioksidan aktiviteler üzerine çeşit x lokasyon etkisinin daha fazla olduğu bildirilmiştir (Oomah ve Mazza, 1996). Diğer çalışmalarda da yetiştirme lokasyonunun, karabuğdayın rutin ve fenolik asit gibi antioksidan bileşiklerini etkilediği, iklim koşullarının ise besin bileşiminde etkili olduğu ileri sürülmüştür (Gavric vd., 2018; Kalinova ve Vrchotova, 2011).

Polifenolik bileşikler, eşleşmemiş elektronu stabilize edebilen ve aromatik fenolik halkaya sahip ideal antioksidanlardır. Polifenoller, özellikle meyve, tahıl ve sebzelerde bulunan fenolik maddeler, antibakteriyel, antiviral, anti-inflamatuvar, antialerjik, antitrombotik ve vazodilatör aktiviteler dahil olmak üzere sağlık yararları bulunan başlıca biyoaktif bileşiklerdir (Inglett vd., 2011). Bu sebeple, sağlığın iyileştirilmesi, kardiyovasküler hastalıklar ve kanser hastalıklarından korunmak için bitki fenolikleri araştırmacılar arasında ilgi odağı olmuştur. Tahılların polifenolik maddeleri hem serbest hem de bağlı formlarda bulunur. Genellikle, serbest fenolik bileşikler perikarpın dış tabakasında bulunurken, bağlı fenolik maddeler hücre duvarına ester bağlarla bağlanırlar. Karabuğdayın serbest formda bulunan fenolik bileşiklerin çoğunu içerdiği belirtilmiştir. Buna karşılık, diğer tahıl tanelerinin fenolik bileşiklerinin hücre duvarı bileşenlerine bağlı halde olduğu bildirilmiştir (Fu-hua vd., 2013).

Vücuttaki serbest oksijen radikalleri oksidatif stresi artırarak kardiyovasküler bozukluk, katarakt, kanser ve romatizma gibi bir dizi rahatsızlığın ortaya çıkmasına sebep olur. Meyve ve sebzelerde bulunan fitokimyasallar, serbest radikalleri süpürerek antioksidan görevi görürler ve hücreleri korurlar. Rutin ve kuersetin, karabuğdayda bulunan antioksidan aktiviteye sahip ana fenolik bileşiklerdir. Karabuğdaydaki rutin ve kuersetin seviyelerinin büyük ölçüde yetiştirme koşuluna ve çeşite bağlı olduğu belirtilmiştir (Watanabe vd., 1995; 1997; Wijngaard ve Arendt, 2006).

Fenolik bileşikler esas olarak karabuğday tanelerinin dış katmanlarında bulunur ve fraksiyonlarının serbest formda, ester ve kompleks formlarda bulunan flavonoidler ve fenolik asitlerden meydana geldiği bildirilmiştir (Hes vd., 2012; Zvikas vd., 2017). Toplam fenolik bileşik içeriği ve antioksidan aktivite, kepekli karabuğday unlarında, kavuzu çıkarılmış karabuğday unlarından daha yüksektir. Tam tahıllı karabuğday unlarının rutin flavonoid içeriği, kavuzu çıkarılmış karabuğday unlarından daha yüksek bulunmuştur (Yıldız vd., 2019).

Zielinski ve Kozłowska (2000), farklı kepekli tahılların %80'lik metanol ekstraktlarının antioksidan aktivitelerini şöyle bulmuşlardır: karabuğday > arpa > yulaf > buğday = çavdar. Karabuğdaydaki fenolik bileşikler, yani 3-flavanoller, rutin, fenolik asitler ve bunların türevleri, yulaf ve arpanın antioksidan bileşenlerinden daha güçlü aktiviteye sahip olduğu ayrıca bildirilmiştir (Holasova vd., 2002).

2.2 Karabuğdayın Öğütülmesi

Tahıl öğütme, gıda endüstrisinde kullanılan kuru ve yaş öğütme teknikleri ile muhtemelen dünyadaki en eski üretim yöntemidir (Cappelli vd., 2020). Öğütme, karabuğday tanesinin fiziksel olarak ezilmesiyle başlar, bunu kavuz ve perikarptan perisperm ayrılması izler. Karabuğday tanesi için dört ana öğütme yöntemi kullanılır; taş değirmen, merdane tipi değirmen, ultra santrifugal değirmen ve ıslak öğütmedir (Liu vd., 2018). Burada öğütme yöntemi, elde edilen fraksiyonların özelliklerini önemli ölçüde etkiler. Taş değirmen, diğer öğütme yöntemlerine kıyasla, kullanım kolaylığı ve sistemin basitliği, unda daha yüksek

makro/mikro elementler ve polifenol seviyeleri gibi belirgin avantajlara sahiptir (Gavric vd., 2018). Karabuğday öğütmenin yan ürünleri olan karabuğday kavuzu ve kepeği genellikle artık olarak ayrıldığı bildirilmiştir (Zhang vd., 2017).

Karabuğday, valsli değirmenlerde veya taş değirmenlerde öğütülebilir (Li ve Zhang, 2001; Zhu, 2016). Parçacık boyutu ve zedelenmiş nişasta gibi öğütme özellikleri, tahıl ununun fiziksel, fonksiyonel özellikleri ve mikro yapıları üzerinde önemli etkilere sahiptir ve dolayısıyla unlu mamüllerin işlenmesini ve kalitesini etkiler. Öğütme sırasındaki mekanik enerji, şişme, çözünürlük, plastikleşme ve çirşlenme gibi nişasta özelliklerini etkileyen, nişasta granüllerinde yapısal hasarlara sebep olduğu belirtilmiştir (Wang vd., 2021b).

Karabuğdayın öğütme ve eleme işlemleri ile nişasta ve protein açısından zengin fraksiyonlar elde etmenin mümkün olabileceği belirtilmiştir (Bonafaccia vd., 2003). Karabuğday tohumu öğütme fraksiyonlarının her biri bileşimde çok farklı oranlarda merkezi endosperm (perisperm), embriyo ve ana dokuları içerir. Canlı olgun kuru karabuğday tohumundaki canlı dokular olan embriyo ve aleuron, protein, lipit ve mineralleri içerdiği bildirilmiştir (Steadman vd. 2001; Wang vd., 2021a).

Karabuğday tohumlarının un haline getirilmesi sırasında, kavuz (karabuğday tanesinin %17-20'si) taş kavuz ayırıcı tarafından ayrılır. Kavuzu çıkarılmış tane (*buckwheat groat*), kepek (%10–24) ve kepeksiz una (%55–70) öğütülebilir. Kepeksiz un esas olarak perispermnden oluşur ve gıdalarda insan beslenmesi için kullanıldığı bildirilmiştir. Ayrıca, öğütme sırasında endosperm, kepek ve tohum fraksiyonlarından oluşan razmol fraksiyonu (*midlings*) da açığa çıkar ki bu da orijinal karabuğdayın %12'sini oluşturan bir öğütme yan ürünü olduğu belirtilmiştir (Martín-García vd., 2019).

Karabuğdayın öğütme fraksiyonlarının bileşimi çok farklılık gösterir. Proteinler, lipitler, çözünür karbonhidratlar ve mineraller embriyoda yoğunlaşmıştır. Karabuğday kepeğinin, besinsel lif ve özellikle çözünür besinsel lif kaynağı olduğu, ayrıca protein bakımından zengin olduğu bildirilmiştir (Steadman vd., 2001). Karabuğdaydaki lipitler de embriyoda yoğunlaşmıştır, bu

da kepek fraksiyonunun lipid açısından en zengin öğütme fraksiyonu olmasına sebep olmaktadır. Karabuğday trigliseritlerinin nötr lipidlerin başlıca bileşeni olduğu belirtilmiştir (Krkoskova ve Mrazova, 2005).

Bir başka çalışmada da, en yüksek antioksidan özelliklere, toplam fenolik ve flavonoid içeriğine ve fenolik asit konsantrasyonuna karabuğdayın kepek fraksiyonunun sahip olduğu, bunu kavuz ve rafine un fraksiyonlarının izlediği belirtilmiştir (Guo vd., 2012).

2.3 Karabuğdayın Gıda Ürünlerinde Kullanımı

Pseudo-tahılların, nişasta, proteinler, besinsel lif, lipidler, mineraller ve polifenoller dahil olmak üzere çeşitli besin öğelerinin önemli kaynağı olduğu bildirilmiştir. Pseudo-tahıllar, tahıllara benzer pişirme ve işleme özelliklerine sahiptir. Pseudo-tahıllardan üretilen "sağlıklı" unlu mamüllerin ve içeceklerin ticari olarak geliştirildiği belirtilmiştir (Jimenez vd., 2019; Srichuwong vd., 2017).

Dünyada karabuğday tarımı azalış göstermiştir, ancak son zamanlarda karabuğdayın yüksek protein, nişasta, besinsel lif, bazı mineraller, vitaminler, flavonoidler ve diğer biyoaktif bileşiklerinin gündeme gelmesiyle ve ayrıca glutensiz olması sebebiyle karabuğday tarımına olan ilgi yeniden artmaya başlamıştır (Krkoskova ve Mrazova, 2005). Karabuğdayın yüksek miktardaki nişasta ve proteinleri göz önüne alındığında hem insan tüketiminde hem de hayvan yemi olarak potansiyel kullanımının olduğu belirtilmiştir (Habtemariam, 2019).

Karabuğdayın ana tüketim şekli kavuzu çıkarılmış tohumudur. Kavuzu çıkarılmış tanelerin besin açısından zengin olması ve öğütüldüğünde karabuğday unundan hazırlanan gıdaların insan sağlığına yararlı etkileri sebebiyle karabuğday son zamanlarda birçok ülkede popüler olmaya başlamıştır. Karabuğday ununa, embriyo genellikle dahil edilir bu nedenle lipidler tarafından bozulma riski özellikle önemlidir. Son ürünün fonksiyonel özelliklerini iyileştirmek için buğday esaslı ürünlerin karabuğday unu ile zenginleştirildiği bildirilmiştir. Tahıllara

kıyasla karabuğday proteini, nispeten yüksek lizin seviyesi sebebiyle yüksek besinsel kaliteye sahip olduğu bildirilmiştir. Karabuğdayın toplam nişastasının %33,5-37,8'inde enzime dirençli nişasta bulunduğundan düşük glisemik indeksli gıdaların formüle edilmesinde potansiyel bir kaynak olduğu belirtilmiştir. Karabuğday unu öğütüldüğünde karabuğday kreplerinde, ekmeklerde, makarnalarda ve eriştelerde kullanıldığı bildirilmiştir. Karabuğday ayrıca, kavrulduktan sonra çay olarak tüketimi üzerine bir araştırmada da incelenmiştir. Geleneksel olarak erişte, hamur tatlısı, pankek yapmak için buğday unu yerine Common karabuğday ununun kullanıldığı belirtilmiştir (Skrabanja vd., 2001; Tomotake vd., 2002; Wijngaard ve Arendt, 2006; Pruska-Kedzior vd., 2008; Zhang vd., 2010; Sedej vd., 2011; Sedej vd., 2012).

Karabuğday tohumları sahip olduğu kaliteli proteinleri, yoğun fenolik bileşikleri ve iyi dengelenmiş esansiyel amino asitleri ve mineralleri nedeniyle potansiyel bir "fonksiyonel gıda" olarak dünya çapında tüketilmektedir (Dizlek vd., 2009).

Karabuğday ürünlerinin yüksek besinsel değeri ve karabuğday eriştelerinin bazı ülkelerde en sevilen gıda olması ve ayrıca sağlığı geliştirici etkileri sebebiyle bazı beslenme yöntemlerinde önerildiği bildirilmiştir. Karabuğday unu, buğday unu gibi hamur haline getirilemez, çünkü karabuğday unu çok daha az prolamin tip proteinleri içermektedir. Unlu mamül üretim sırasında karabuğday unu sıklıkla buğday unu ile karıştırılır. Bir çalışmada, karabuğday unu, buğday unu ile farklı oranlarda karıştırılmış, meydana gelen hamurun reolojik özellikleri analiz edilmiştir (Wet vd., 1995). Farinograf ile yapılan araştırmaya göre, karabuğday unu oranı arttıkça hamur gelişimi ve stabilitesinin azaldığı, yumuşama derecesinin ise arttığı belirlenmiştir. Karabuğday unu oranı %30'a çıktığında farinograf grafiği daha az değişmiş fakat karabuğday unu oranı %70'e ulaştığında, karıştırıcıda normal bir hamur hazırlamanın mümkün olmadığı görülmüş ve test edilen parametrelerin önemli ölçüde dalgalandığı görülmüştür (Wet vd., 1995).

Japonya'da karabuğday unu genellikle erişte yapımında kullanılır. Karabuğday ununun fiziksel özellikleri, ham erişte hamurunun işlenmesi ve kesilmesinde önemlidir. Buğday ununun aksine, karabuğday unu gluten içermez

ve bu sebeple karabuğday hamuru ve eriştelerdeki dayanıklılık ve kullanım özellikleri (çatlamaya karşı direnç gibi) buğday unundaki kadar mükemmel değildir (Yoshimoto vd., 2004).

Proteinlerin, gıda ürünü geliştirmede kullanımlarını belirleyen başlıca fonksiyonel özellikleri: çözünürlük, emülsifikasyon, su ve yağ tutma kapasitesi ve köpürme kapasitesidir. Karabuğday proteini, yaygın olarak kullanılan bazı gıda proteinleri ile karşılaştırılabilir fonksiyonel özelliklere sahip olduğundan gıda uygulamaları için potansiyel özelliklere sahiptir. Örneğin emülsifikasyonun, gıda ürünlerinde yağ ve lezzetin tutulmasını ve tekstürün korunmasını sağladığı bildirilmiştir (Jin vd., 2021).

2.4 Karabuğdayın Tıbbi Bitkisel Özellikleri

Tüketicilerin beslenme ve sağlık arasındaki ilişki farkındalığı, fonksiyonel gıdaların daha fazla kabul görmesine ve tüketimine yol açmıştır. Unlu mamüller Avrupa nüfusunun beslenme tarzında baskın ve çok popüler olarak kabul görmektedir. Fonksiyonel gıdalar, süt ürünleri ve şekerleme gibi sektörlerde hızla popülerlik kazanırken, unlu mamüller sektöründe nispeten daha az gelişmiş durumdadır. Unlu mamüllerin üretiminde gerekli tahılların, yüksek miktarda fenolik bileşik içerdiği bilinmektedir. Tahılların sistematik tüketimi ile birçok kronik hastalığın önlenmesi ve iyileştirilmesindeki olumlu etkilerin fenolik bileşiklerin antioksidan aktivitelerine bağlanmıştır. En sık kullanılan tahılların antioksidan aktivitesine kıyasla karabuğdayın, rutin flavonoidi sayesinde daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu bildirilmiştir (Kreft vd., 2006).

Karabuğday, prebiyotik gıda olarak dünya pazarında giderek daha çok ilgi çeken bir ürün olmuştur (Bonafaccia vd., 2003). Karabuğdayın birçok pozitif fizyolojik etkileri vardır. Karabuğday glutensiz olduğu için çölyak hastaları için güvenlidir (Ikeda vd., 1997). Ayrıca hem hipertansiyon hem de hiperkolesteroleminin önlenmesi ve tedavisinde etkili olduğu bildirilmiştir. Bunun karabuğdaydaki besinsel lif içeriği ile bağlantılı olabileceği belirtilmiştir; gıdalardaki besinsel lif bileşenlerinin gastrointestinal sistemde olumlu bir

fizyolojik etkiye sahip olabileceği ve ayrıca diğer besinlerin metabolizmasını önemli ölçüde etkileyebileceği ifade edilmiştir (Skrabanja, 2004).

Xuan ve Tsuzuki (2004) karabuğdayı alleopatik bitkiler arasında göstermiştir. Karabuğday ununun, kolik hastalarının (ayrıca glutene duyarlı enteropathy olarak da bilinir) beslenmeleri için değerli bir bileşen olabileceği ifade edilmiştir. Kolik hastalığı, gluten intoleransı ile bağlantılı, ince bağırsakta meydana gelen genetik bir hastalık olduğu belirtilmiştir. Ancak özellikle erişkin hastalarda, çölyak hastalığı olarak adlandırılan hastalığın görülme sıklığında artış olduğu bildirilmiştir.

Karabuğdayın önemli sağlık etkileri; tüketiminden sonra kan serumundaki kolesterol konsantrasyonunda, glisemik ve insülin indekslerinde bir azalma olduğu vurgulanmıştır (Skrabanja vd., 2001; Tomotake vd., 2002; Sedej vd., 2012).

Karabuğday proteinlerinin sıçanlarda hipokolesterolemik aktivite, vücut yağının baskılanması, kabızlık, meme karsinogenezi ve kolon karsinogenezinin önlenmesi ve hamsterlarda safra taşı oluşumunun engellenmesi gibi birçok fizyolojik aktivitesinin bulunduğu rapor edilmiştir. Ayrıca bu proteinlerin, soya proteini izolatlarına göre daha yüksek çözünür azot indeksi ve daha yüksek su tutma, emülsifiye etme ve köpürme kapasiteleri gibi bazı üstün fonksiyonel özelliklere sahip olduğu belirtilmiştir (Bejosano ve Corke, 1999; Tomotake vd., 2002; Zheng vd., 1998; Tang, 2007).

Karabuğday, bulaşıcı olmayan çeşitli hastalıklarda iyileştirici ve önleyici rolleri sebebiyle büyük ilgi görmüştür. Araştırmalarda mevsim alerjilerine karşı koruduğu, damar elastikiyetini artırdığı ve iç kanamayı önlediği rapor edilmiştir. Ayrıca, kan şekerini düşürdüğü ve başta rutin flavonoidi olmak üzere yüksek antioksidan aktiviteye sahip bileşikler içerdiği bildirilmiştir (Guo vd., 2007; Iqbal vd., 2021).

Karabuğday, laktik asit bakterileri bakımından zengin olduğu için prebiyotik bir ürün olarak nitelendirilir. Vücutta bağırsakların çalışmasını teşvik ettiği, hücre

çoğalmasını engelleyerek kolon kanseri riskini azalttığı rapor edilmiştir. Bununla beraber karabuğday, kangreni engellediği ve radyasyon alan kişilerin vücut direncini artırdığı bildirilmiştir. Karabuğdayın önemli bir flavonoidi olan rutin, östrojenik reseptörleri bağlayarak tümör oluşumunu engellediği, antienflematuar ve hipertensif bir etki göstererek kan damarlarının kırılabilirliğini azalttığı çeşitli araştırmalarda gösterilmiştir (Bavec ve Bavec, 2006; Hung ve Morita 2008; Ahmed vd., 2014).

Tartar karabuğdayının kökünün de romatizmal hastalıklar ve kanser gibi kronik hastalıkların tedavisinde geleneksel Çin tıbbının bir parçası olduğu ifade edilmiştir. Karabuğdayın tıbbi bitki olarak kullanılmasının sebeplerinden biri de içerdiği yüksek miktardaki fenolik bileşiklerdir (Jing vd., 2016; İnanır vd., 2019). Karabuğday, ayrıca, önemli bir doğal antioksidan grubunu temsil eden yüksek miktarda flavonoid bileşiklerine sahip olduğu ifade edilmiştir. Epidemiyolojik çalışmalar, flavonoidlerin koroner kalp hastalıklarına ve muhtemelen kansere karşı koruyucu bir rolü olduğunu öne sürmüştür. Karabuğday tohumlarındaki flavonoidlerin içeriği ve bileşimi, farklı karabuğday türlerinde büyük farklılık gösterdiği belirtilmiştir (Qin vd., 2010).

Karabuğday, fonksiyonel gıdalarda önemli antioksidan aktivite kaynağıdır, bu sebeple karabuğday ürünlerinin kolesterol seviyesini düşürdüğü, yorgunluk semptomlarını azalttığı ve insanlarda solunum yollarını açtığı bildirilmiştir (Kreft vd., 2020).

Karabuğdayın sayısız biyoaktif flavonoidlerinin insan sağlığı üzerindeki yararlı etkileri onu süper bir gıda yapmıştır. Bununla birlikte, karabuğdayın flavonoid içeriği farklı genotipler, dokular, gelişim evreleri, yetiştirme koşulları arasında farklılıklar gösterdiği bildirilmiştir. Son birkaç yılda, bitki esaslı besin antioksidanları, uygun bir homeostatik dengeyi sürdürmek için hücrel oksidatif stresin önlenmesindeki kanıtlanmış rolleri sebebiyle büyük ilgi görmüştür. Karabuğday taneleri, özellikle kepek, aleuron tabakası, çok miktarda çeşitli fenolik bileşikler ve kateşinler içerdiği, bunların güçlü antioksidan aktiviteye sahip olduğu belirtilmiştir. Bağırsak lümenindeki besinsel lifler ve bağırsak epitelindeki diğer moleküller ile karabuğdayın fenolik bileşikleri, hayvan

vücudunda oksidatif strese karşı koruma sağladığı bildirilmiştir. Karabuğday bazlı gıda ürünleri ve ekstraktlarının, reaktif oksijen türlerinin sebep olduğu *in vitro* DNA hasarını güçlü bir şekilde önleyerek yaşlanmayı ve buna bağlı kronik rahatsızlıkları geciktirdiği bildirilmiştir (Joshia vd., 2020).

Karabuğday çiçeği ve yaprağının, son yıllarda insan sağlığına olumlu etkileri sebebiyle ilgi odağı haline geldiği söylenmiştir. Bu sebeple karabuğday tüketiminin birçok hastalığın önlenmesine katkı sağlayabileceği bildirilmiştir (Golob vd., 2016).



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Bu araştırmada, Türkiye’de farklı lokasyonlarda 2019 yılında yetiştirilen karabuğdaylar kullanılmıştır, karabuğdayların temin edildiği lokasyonlar, lokasyon koordinatları ve çeşit isimleri **Tablo 3.1**’de gösterilmiştir. Karabuğdayların ekim ve yetiştirme koşulları şu şekilde özetlenebilir: 8 kg/dekar ekim ve 15 kg diamonyum fosfat (DAP, %18-46’lık)/dekar gübreleme yapılmıştır, 0-30 cm toprak derinliği uygulanmıştır, tüm lokasyonlarda killi toprak özelliği bulunmaktadır. Karabuğday örnekleri farklı lokasyonlardan temin edildikten sonra yabancı maddelerinden temizlenmiştir. Daha sonra iki farklı değirmende öğütüldükten sonra öğütme ürünleri incelenmiştir. Karabuğdaylar öncelikle öğütme nem oranına tavlandıktan sonra pilot ölçekli valsli değirmende (MLU 202, Bühler, Uzwil, İsviçre) öğütülmüş ve dört farklı fraksiyona ayrılmıştır, bunlar: öğütme unu, kırma unu, ince kepek ve kalın kepektir. Valsli değirmenin kırma ve öğütme valslerinin aralıkları (μ) ve kırma ve öğütme unlarının elde edilmesinde kullanılan ipek elek çapları (μ) **Şekil 3.1**’de verilmiştir.

Tablo 3.1 Farklı lokasyonlarda yetiştirilen karabuğday örnekleri ve araştırmada kullanılan öğütme ürünleri

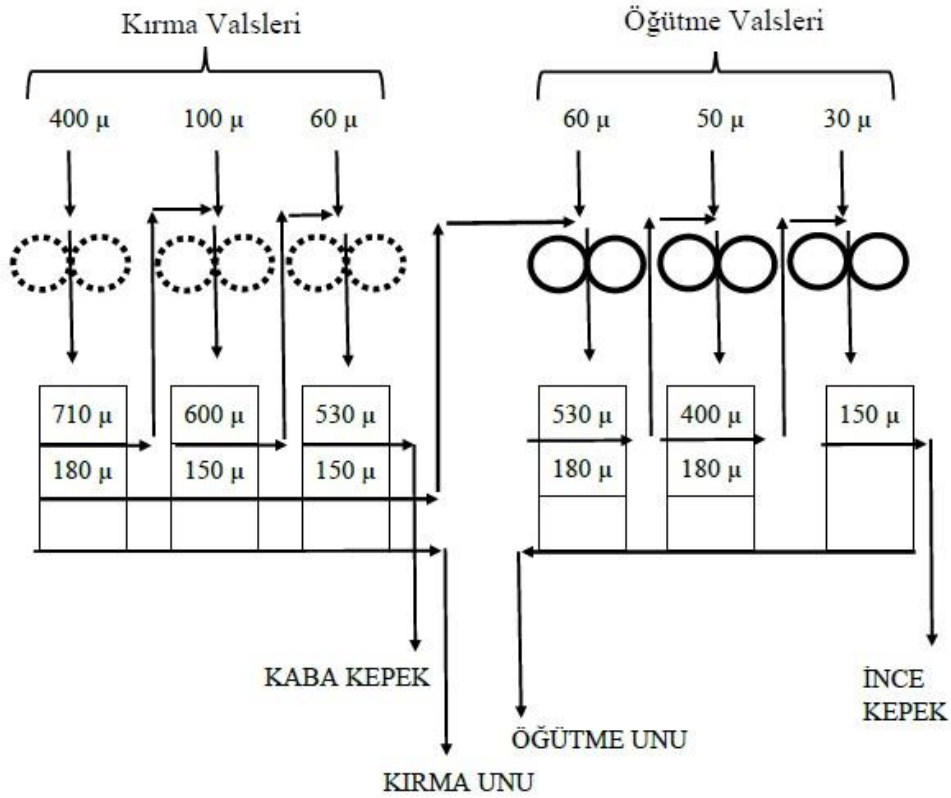
Lokasyon	Koordinat	Çeşit	Karabuğday Öğütme Ürünleri
Çorum	40,5499°N, 34,9537° E	<i>Aktaş cv.</i>	Tam Karabuğday Unu (Retsch) Öğütme Unu (Bühler) Kırma Unu (Bühler) İnce Kepek (Bühler)
Kars	40,6013°N, 43,0975° E	<i>Aktaş cv.</i>	
Konya	37,8746°N, 32,4932° E	<i>Aktaş cv.</i>	
Bilecik	40,1426°N, 29,9793° E	<i>Aktaş cv.</i>	
Bilecik*	40,1426°N, 29,9793° E	<i>Aktaş cv.</i>	
Gümüşhane	40,4608° N, 39,4803° E	<i>Aktaş cv.</i>	
Konya	37,8746°N, 32,4932° E	<i>Güneş cv.</i>	

*gübresiz üretim

Karabuğdayların valsli değirmende öğütülmesi sonucunda her bir örneğe ait toplam ürün (g) miktarı ve öğütme verimi (%) değerleri aşağıdaki formüllere göre hesaplanmıştır:

$$\text{Toplam Ürün (g)} = \text{Kırma Unu (g)} + \text{Öğütme Unu (g)} + \text{İnce Kepek (g)} + \text{Kalın Kepek (g)}$$

$$\text{Öğütme Verimi (\%)} = \frac{\text{Kırma Unu}_{(g)} + \text{Öğütme Unu}_{(g)}}{\text{Toplam Ürün}_{(g)}}$$

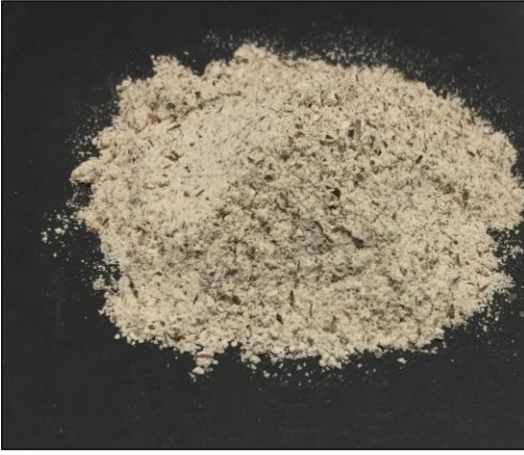


Şekil 3.1 Valsli değirmende (MLU 202, Bühler, İsviçre) öğütme diyagramı (Motte vd., 2021).

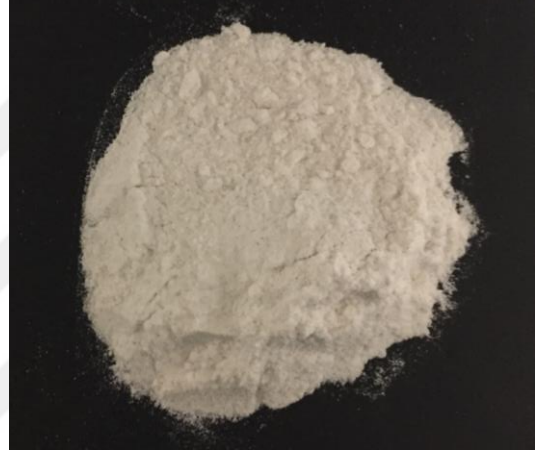
Ayrıca, karabuğday örneklerinin bir kısmı yüksek hızlı (ultra) santrifugal laboratuvar değirmeninde (ZM 200, Retsch, Almanya) öğütülmüştür. Yüksek hızlı santrifugal laboratuvar değirmeninde homojen partikül büyüklüğünü sağlamak için 500 µ'luk metal trapezoid elek kullanılmıştır. Öğütme sonunda elde edilen materyal "tam karabuğday unu" olarak tanımlanmıştır. Öğütülen karabuğday

örneklerinin kırma unu, öğütme unu, ince kepekleri ve ayrıca tam karabuğday unları polietilen plastik torbalarda, +4°C’de muhafaza edilmiştir. Araştırmada kullanılan, Çorum lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* karabuğday çeşidine ait tam karabuğday unu, kırma unu, öğütme unu ve ince kepek örneklerinin sembolik fotoğrafları **Fotoğraf 3.1**’de gösterilmiştir.

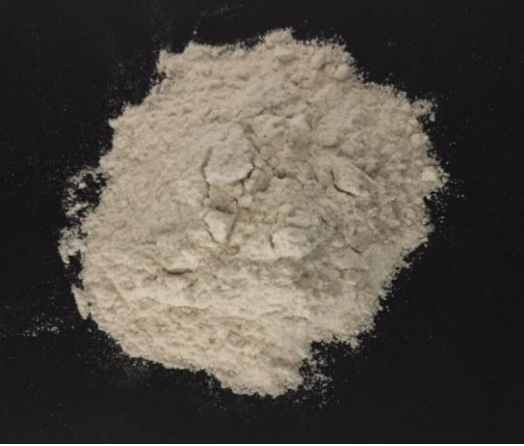
Fotoğraf 3.1 Çorum lokasyonunda yetişen *Aktaş cv.* çeşidinin tam karabuğday unu ve valsli değirmende öğütülmesiyle elde edilen fraksiyonları



a. Tam Karabuğday Unu



b. Kırma Unu



c. Öğütme Unu



d. İnce Kepek

3.2 Yöntem

3.2.1 Kimyasal Analizler

3.2.1.1 Nem Miktarı Tayini

Karabuğday örneklerinin nem miktarı AACCI Approved Methods of Analysis Metot No. 44-15.02 (AACCI, 2010)'a göre üçer tekrarlı olarak yapılmıştır. Ortalama nem miktarı sonuçları % olarak verilmiştir.

3.2.1.2 Kül Miktarı Tayini

Karabuğday örneklerinin kül miktarı, AACCI Approved Methods of Analysis Metot No. 08-01.01 (AACCI, 2010)'a göre üçer tekrarlı olarak yapılmıştır. Ortalama kül miktarı sonuçları (%) kuru madde üzerinden hesaplanarak verilmiştir.

3.2.1.3 Protein Miktarı Tayini

Karabuğday örneklerinin protein miktarı (%), AACCI Approved Methods of Analysis Metot No. 46-12.01 (AACCI, 2010)'a göre üçer tekrarlı olarak yapılmıştır. Mikro-Kjeldahl metoduna göre belirlenen azot miktarı (%N), protein miktarı (%) hesaplaması için 6,25 faktörü ile çarpılmıştır. Ortalama protein miktarı sonuçları (%) kuru madde üzerinden verilmiştir.

3.2.1.4 Ham Yağ Miktarı Tayini

Karabuğday örneklerinin ham yağ miktarı, AACCI Approved Methods of Analysis Metot No. 30-25.01 (AACCI, 2010)'a göre üçer tekrarlı olarak yapılmıştır. Yaklaşık 3 gram örnek tartım kâğıdına tartılıp sıkıca sarıldıktan sonra kartuş içerisine yerleştirilmiştir. Soxhelet yönteminde, çözücü olarak 150 ml hekzan kullanılarak ham yağ ekstraksiyon işlemi yapılmıştır. Ortalama ham yağ sonuçları (%) kuru madde üzerinden hesaplanarak verilmiştir.

3.2.1.5 Toplam Nişasta Miktarı Tayini

Karabuğday örneklerinde toplam nişasta miktarı Megazyme Total Starch Assay Kit (Megazyme International Ireland Limited, İrlanda) enzimatik analiz kiti kullanılarak spektrofotometrik olarak tespit edilmiştir. Kullanılan yöntemin prensibi temelde AACCI Approved Methods of Analysis Metot No. 76.13 (AACCI, 2010) yöntemine dayanmaktadır. Buna göre, 0,1'er g örnek üç adet polipropilen tüplere tartılmıştır. α -amilaz ve amiloglukosidaz enzimleri ile örneklerdeki nişastanın glukoza kadar parçalanması sağlanarak, açığa çıkan glukoz, glukoz oksidaz/peroksidaz (GOPOD) çözeltisi ile reaksiyona sokulmuştur. Tüplerin 40°C'de 20 dakika inkübasyonu sonunda spektrofotometrede (Shimadzu 1700, Japonya) 510 nm dalga boyunda absorbansları ölçülmüştür. Ortalama sonuçlar kuru madde üzerinden % toplam nişasta miktarı olarak verilmiştir.

3.2.1.6 Toplam Besinsel Lif Miktarı Tayini

Karabuğday örneklerinin toplam besinsel lif (TBL) içerikleri Megazyme Total Dietary Fiber Assay Kit (Megazyme International Ireland Limited, Wicklow, Ireland) analiz kiti kullanılarak belirlenmiştir. Bu analiz kitinde yöntemin presibi AACCI Approved Methods of Analysis Metot No: 32-05.01 yöntemine dayanmaktadır. Buna göre 0,25'er g örnek üç tekrarlı olacak şekilde polipropilen tüplere tartılmıştır. Cam krozelere 0,6 g celite tartılarak 135°C'de 2 saat bekletildikten sonra darası alınıp analiz için hazırlanmıştır. Karabuğday örnekleri sırasıyla ısıya dayanıklı α -amilaz, proteaz ve amiloglukozidaz enzimleri ile hidrolize edilerek, nişastanın ve proteinlerin parçalanması son olarak dekstrinlerin glukoz birimlerine ayrılması sağlanmıştır. Sonrasında %95'lik etil alkol ile besinsel lifler çöktürülmüş ve çözelti önceden darası alınmış cam krozelerden vakumda süzölmüştür. Erlendeki kalıntı besinsel lifler sırasıyla %78'lik etil alkol, %95'lik etil alkol ve aseton ile yıkandıktan sonra cam krozeler etüvde bir gece 105°C'de kurumaya bırakılmıştır. Daha sonra krozeler tartılarak ham besinsel lif miktarı belirlenmiştir. Cam krozeler, kül doğrulamasının yapılması için kül fırınında 500°C'de 2 saat yakma işlemine tabi tutulmuştur. Etüvde kurutma işleminden sonra bulunan ham lif miktarından, kül miktarı

ıkarılarak % TBL miktarı hesaplanmış ve daha sonra ortalama sonuçlar kuru madde üzerinden verilmiştir.

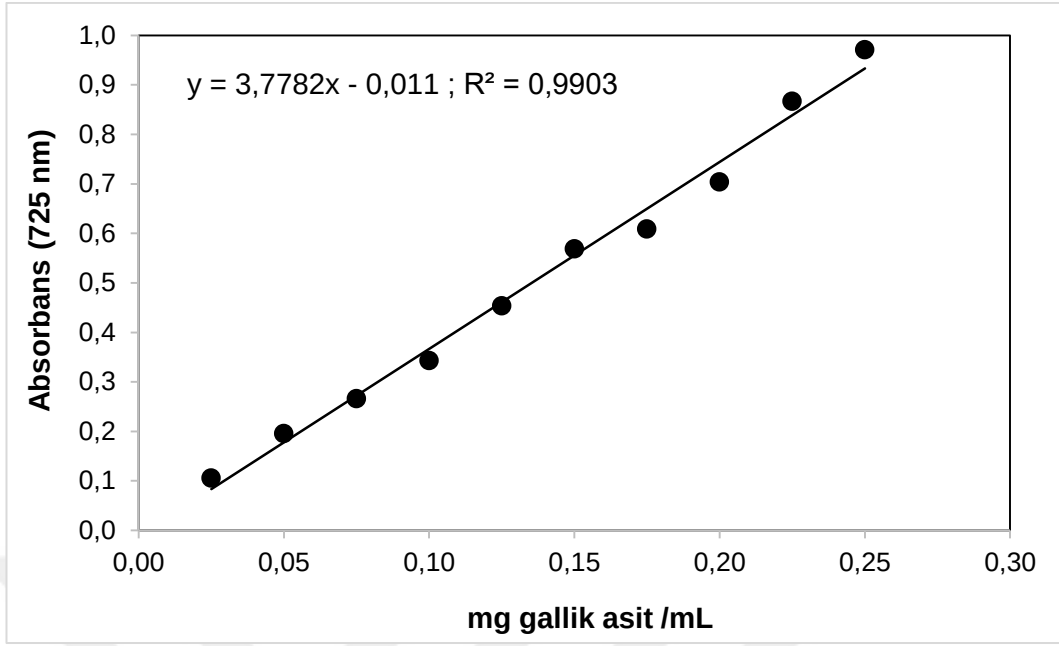
3.2.2 Biyoaktif Madde zelliklerinin Belirlenmesi

3.2.2.1 Toplam Fenolik Madde Miktarı Tayini

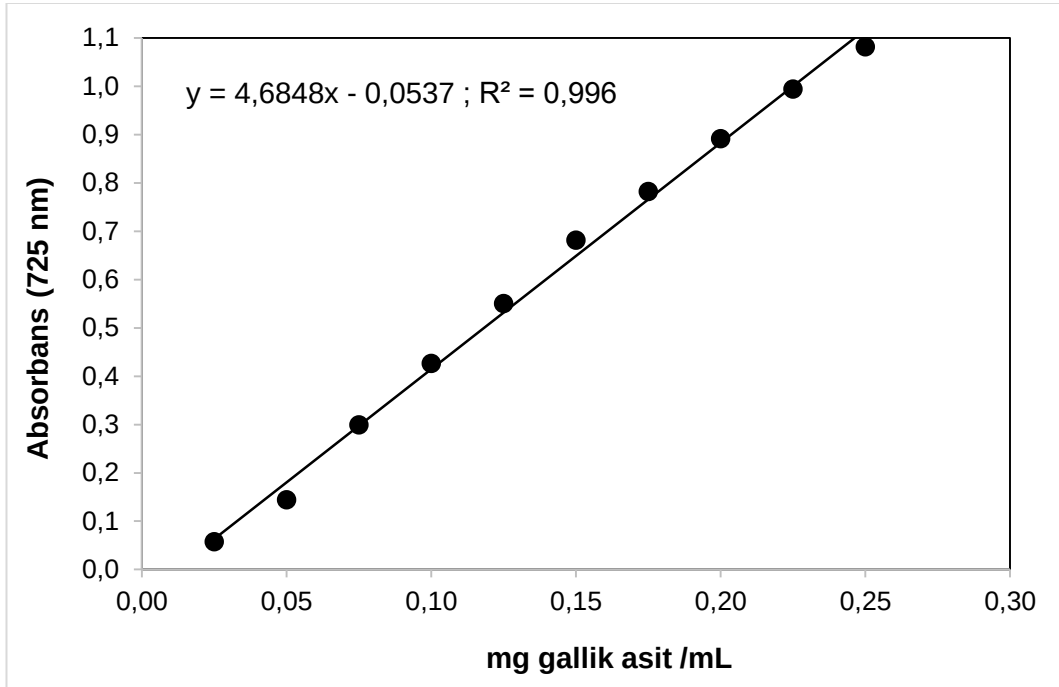
Karabuğday örneklerinde toplam fenolik madde (TFM) miktarı, dimetil sülfoksit (DMSO) ve ayrıca %50'lik metanol ekstraksiyon zlteleri kullanılarak Gutfinger (1981) ve Singleton vd. (1999) tarafından nerilen Folin-Ciocalteu yöntemi modifiye edilerek belirlenmiştir. Nişasta gibi polimerik bileşiklere bağlı halde bulunan fenolik maddelerin serbest hale getirilmesi DMSO ile sağlanmıştır. Örnekler, 1:25 oranında DMSO veya %50'lik metanol ile ekstrakte edilmiştir. Bunun için, örnekler 15 dakikada bir vortekslenmek üzere oda sıcaklığında 1 saat ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuştur. Ekstraksiyon sonunda 9000 rpm'de 15 dakika santrfj (NF 1200, NÜVE, Ankara) yapılmıştır. Süpernatant zerine distile su ve Folin-Ciocalteu zltisi ilave edilip oda sıcaklığında 3 dakika reaksiyona bırakılmıştır. Sonrasında 0,5 mL %20'lik doymuş sodyum karbonat (Na_2CO_3) ve 0,75 mL distile su eklenmiş ve örnekler oda sıcaklığında ve karanlıkta 1 saat tekrar reaksiyona bırakılmıştır. Reaksiyon sonunda meydana gelen mavi rengin absorbandsı 725 nm dalga boyuna ayarlanmış spektrofotometrede (Shimadzu, Japonya) llmştir. TFM miktarının hesaplanmasında, DMSO veya %50'lik metanolde gallik asit standart maddesi ile hazırlanan standart doğru grafikleri kullanılmıştır (**şekil 3.2 ve şekil 3.3**). Sonuçlar, mg gallik asit eşdeğeri/g örnek olarak kuru madde üzerinden verilmiştir.

3.2.2.2 Toplam Flavonoid Miktarı Tayini

Toplam flavonoid madde (TFLM) içeriği Dewanto, Wu, Adom ve Liu'nin (2002) yöntemine göre bazı modifikasyonlar yapılarak belirlenmiştir. Buna göre, 2,5 g örnek 10 mL metanol ile karıştırılarak 1 saat 40 C'deki ultrasonik su banyosunda ekstrakte edilmiştir. Bağlı fenolikleri serbest hale getirmek için 4 M NaOH ilave edilerek 2 saat oda sıcaklığında karanlıkta çalkalanmıştır.

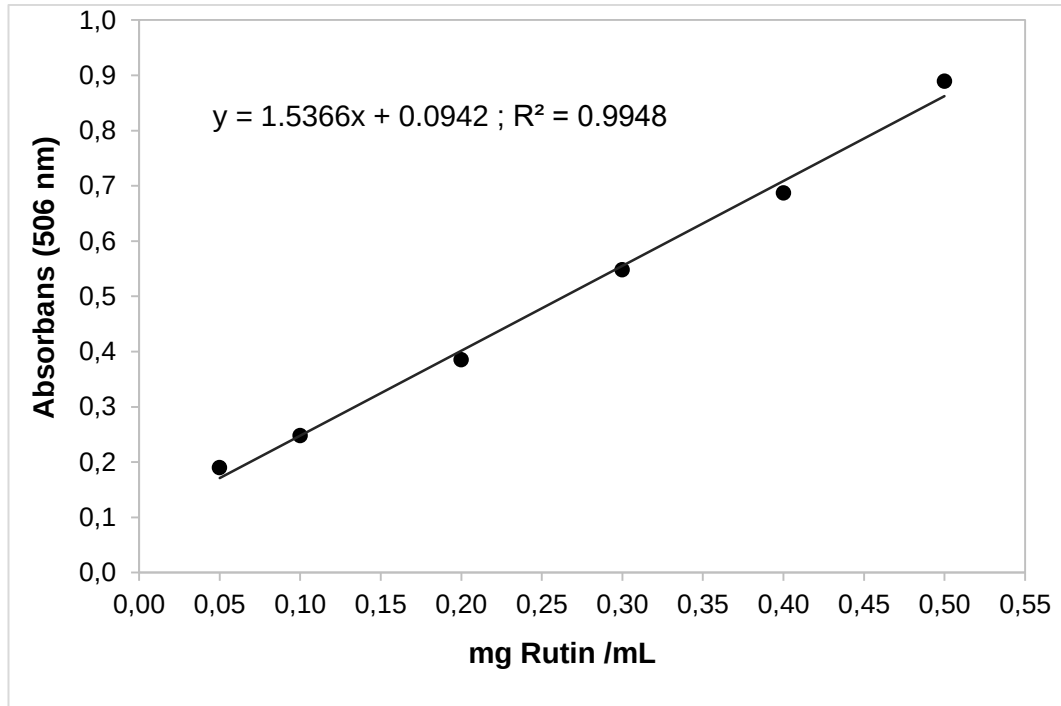


Şekil 3.2 TFM miktarının hesaplanmasında gallik asit standart maddesi ve DMSO çözeltisi ile hazırlanan standart doğru grafiği.



Şekil 3.3 TFM miktarının hesaplanmasında gallik asit standart maddesi ve %50'lik metanol çözeltisi ile hazırlanan standart doğru grafiği.

Santirifugasyon işleminden sonra süpernatant TFLM analizinde kullanılmıştır. Analizde öncelikle 8,5 mL %20'lik etil alkol, 0,85 mL ekstrakt ve 0,375 mL 0,5 M sodyum nitrit (NaNO_2) ile karıştırılmıştır. Beş dakika sonra 0,375 mL 0,3 M $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ çözeltisi eklenmiş ve karışım 5 dakika daha reaksiyona bırakılmış ve daha sonra 2,5 mL 1 M NaOH eklenmiştir. Flavonoid-alüminyum kompleksinin oluşturduğu rengin absorbansı 10 dakika sonra 506 nm'ye ayarlanmış spektrofotometrede ölçülmüştür. Toplam flavonoid madde miktarının hesaplanmasında metanolde çözündürülen rutin standart maddesi (0,05-0,5 mg Rutin/mL) ile hazırlanan standart doğru grafiği kullanılmıştır (Şekil 3.4). Analizler üçer tekrarlı olarak gerçekleştirilmiş ve ortalama sonuçlar kuru madde üzerinden mg rutin eşdeğeri (RE)/g örnek olarak verilmiştir.



Şekil 3.4 TFLM miktarının hesaplanmasında kullanılan ve rutin standart maddesinin metanolde çözündürülmesi ile hazırlanan standart doğru grafiği.

3.2.2.3 Antioksidan Aktivite Tayini

Karabuğday örneklerinde antioksidan aktivite, 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) radikalini süpürme aktivitesi (Yu vd., 2002) ve troloks eşdeğeri antioksidan kapasitesi (TEAK) yöntemleri (Yu vd., 2002; Ragae vd., 2006; Masatcıoğlu vd., 2013) modifiye edilerek belirlenmiştir. Antioksidan aktivitenin, DPPH radikalini süpürme aktivitesi için 0,1 g örnek polipropilen tüplere tartılmış, üzerine 1 mL ultra saf su eklenerek 1 saat boyunca ekstraksiyon işlemi yapılmıştır. Ekstraksiyon sonunda 3 mL etil alkol ilave edilmiş ve çok hızlı bir şekilde vorteks karıştırmadan sonra 8965xg'de 20 dakika santrüfjü edilmiştir. Süpernatantlar, taze hazırlanmış 100 µM DPPH çözeltisi içeren alüminyum folyoya sarılı tüplere eklenmiştir. Daha sonra tüpler 10 dakika oda sıcaklığında ve karanlıkta reaksiyona bırakılmıştır. Reaksiyon sonunda meydana gelen rengin bekletilmeden 517 nm dalga boyuna ayarlanmış spektrofotometrede absorbans ölçümü yapılmıştır. Şahit çözeltinin absorbansı da belirlendikten sonra aşağıda gösterilen denkleme göre sonuçlar hesaplanmıştır. Analizler üçer tekrarlı yapılmış ortalama değer kuru madde üzerinden DPPH radikalini yakalama aktivitesi (%) olarak standart sapmaları ile verilmiştir.

$$DPPH \text{ Radikalini Yakalama Aktivitesi (\%)} = 100 \times E \times \frac{\left(\frac{G - H}{G}\right)}{M}$$

M: Örnek ağırlığı, g

E: Örneğin kuru madde üzerinden ağırlığı, g

G: Şahit çözeltinin absorbansı

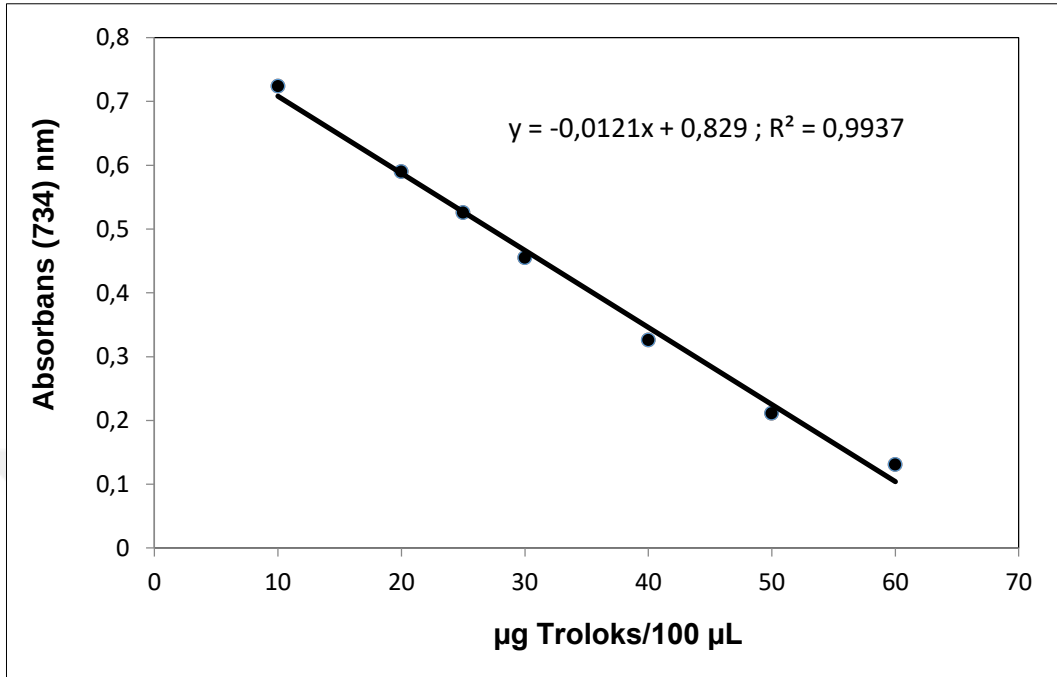
H: Örnek absorbansı

Karabuğday örneklerinin antioksidan aktivitesinin troloks eşdeğeri antioksidan kapasitesi (TEAK) yöntemine göre belirlenmesinde, öncelikle örneklerin selüloz tozuyla katı-katı dilüsyonları (1:5 oranında) hazırlanmıştır. Bu dilüsyonlardan altı konik tüplere 10 mg tartılmıştır. Yönteme göre, 2,45 mM potasyum persülfat (K₂S₂O₈) içeren 7,46 mM 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolin-6-

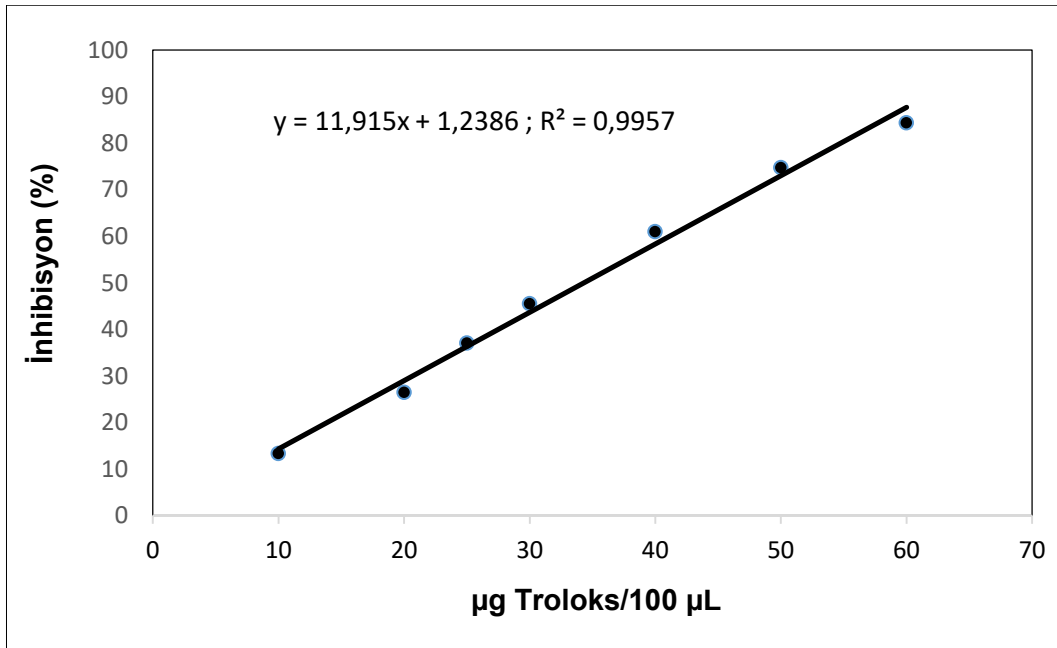
sülfonik asit) diamonyum tuzu (ABTS) çözeltisi karanlıkta 16 saat bekletilerek ABTS•+ radikalinin oluşturulması sağlanmıştır. Radikal çözeltinin 734 nm dalga boyundaki absorbansı $0,800 \pm 0.02$ olacak şekilde %50 (v/v)'lik etil alkol ile seyreltilmiştir. Örneklerin üzerine 10 mL (5+5 mL) absorbansı ayarlanmış ABTS•+ radikal çözeltisi eklenmiştir. Daha sonra karıştırma ünitesinde yatay konumdaki örneklerin 24 dakikalık reaksiyon süresi (mavi-yeşil rengin kaybolması için geçen süre) başlatılmıştır. Süre sonunda örnekler 8965xg'de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Seyreltilmiş ABTS•+ radikal çözeltisinden 1,25 mL kuvartz küvete alınarak, %50 (v/v)'lik etil alkol çözeltisine karşı başlangıç absorbans değeri belirlenmiştir. Mikro küvet içindeki radikal çözeltisi üzerine ekstraktan 0,1 mL eklenir eklenmez kronometre çalıştırılmış ve 6 dakika boyunca, her bir dakikada absorbans ölçümü yapılarak sonuçlar kaydedilmiştir. Örneklerde bulunan antioksidan bileşikler, radikal çözeltinin rengini gittikçe açarak 6 dakikalık süreçte absorbans değerleri zamana bağlı olarak azalmıştır. Araştırmada, 6. dakika sonunda saptanmış olan absorbans değeri esas alınarak, başlangıç değerine göre yüzde azalma oranı (% inhibisyon) aşağıdaki denkleme göre hesaplanmıştır:

$$\text{Inhibisyon (\%)} = \frac{\text{Başlangıç absorbansı} - \text{Son absorbans}}{\text{Başlangıç absorbansı}} \times 100$$

Analizler, üç tekrarlı olarak yapılmış ve ortalama değer belirlenmiştir. Sonuçlar, mutlak metil alkolde çözünen ve sentetik bir antioksidan olan ($\pm$)-6-hidroksi-2,5,7,8-tetrametilkroman-2-karboksilik asit (Troloks) ile hazırlanan ve “ABTS radikalinin süpürülmesi ile meydana gelen absorbansa karşılık Troloks konsantrasyonu (μg Troloks/100 μL)” ve “inhibisyona (%) karşılık Troloks konsantrasyonu (μg Troloks/100 μL)” standart doğru grafikleri (**Şekil 3.5 ve Şekil 3.6**) kullanılarak hesaplanmış ve TEAK değeri kuru madde üzerinden “mmol Troloks eşd./kg örnek” olarak verilmiştir.



Şekil 3.5 ABTS radikalinin farklı konsantrasyonlarda hazırlanan Troloks antioksidan bileşiği ile süpürülmesi sonucu oluşturulan standart doğru.



Şekil 3.6 İnhibisyon (%) değerinin hesaplanmasında kullanılan standart doğru.

3.2.3 Fonksiyonel Özelliklerin Belirlenmesi

3.2.3.1 Suda Çözünen Madde ve Su Bağlama Kapasitesi Tayini

Karabuğday örneklerinin suda çözünen madde miktarı (SÇM, %) ve su bağlama kapasitesi (SBK, %) Singh ve Singh (2003) yöntemine göre yapılmıştır. Buna göre, 0,5'er g karabuğday örneği, önceden darası alınmış üç adet polipropilen tüplere tartılmış ve üzerine 10 mL distile su eklenmiştir. Tüpler, 90 dakika boyunca 10 dakikada bir vorteks karıştırıcı ile karıştırılmıştır. Sonrasında tüpler 4000xg'de 10 dakika santrüfjü edilmiştir. SÇM miktarının belirlenmesi için, süpernatantlar önceden darası alınmış metal kaplara dökülerek etüvde 2 saat boyunca 100°C'de kurumaya bırakılmıştır. Yaş çökeltiyi içeren polipropilen tüpler de etüvde 100°C'de tamamen kuruyana kadar bekletilmiştir. Her iki kurutma sonunda desikatörde sabit tartıma getirilen polipropilen tüpler ve metal kaplar hassas terazide tartılmıştır. SÇM (%) ve SBK (%) aşağıdaki eşitliklere göre hesaplanmıştır. Ortalama sonuçlar, standart sapmaları ile birlikte verilmiştir.

$$SÇM (\%) = \frac{\text{Kuru süpernatant ağırlığı (g)}}{\text{Tartılan örnek miktarı (g)}} \times 100$$

$$SBK (\%) = \frac{\text{Islak çökelti ağırlığı (g)} - \text{Kuru çökelti ağırlığı (g)}}{\text{Tartılan örnek miktarı (g)}} \times 100$$

3.2.3.2 Su Tutma Kapasitesi ve Yağ Absorplama Kapasitesi Tayini

Karabuğday örneklerinin su tutma kapasitesi (STK, g H₂O/g) ve yağ absorplama kapasitesi (YAK, g sıvı yağ/g) Ahmedna vd. (1999)'un yöntemi modifiye edilerek yapılmıştır. Buna göre, 1,0'er g örnek önceden darası alınmış üç adet polipropilen tüplere tartılmış ve yüzeyi kaplayacak şekilde 10 mL distile su, örneğin su ile tam temas edebilmesi için spatül ile karıştırılarak, ilave edilmiştir.

Örnek tamamen ıslandıktan sonra tüpler 2000xg'de 15 dakika santrüfj edilmiştir. Süpernatant yavaşça eğik bir şekilde dökülerek su uzaklaştırılmış ve tüpteki çökelti tartılmıştır. Ortalama sonuçlar g su/g örnek olarak standart sapmaları ile verilmiştir.

$$\text{Su Tutma Kapasitesi} = \frac{M_2 - M_1}{M_0}$$

STK: Su tutma kapasitesi, g su/g örnek

M_0 : Örnek ağırlığı, g

M_1 : Tüp ağırlığı + Örnek ağırlığı, g

M_2 : Tüp ağırlığı + Sulu Çökelti, g

YAK tayini için 1,0'er g örnek önceden darası alınmış üç adet cam tüplere tartılmış ve üzerine 10 mL ticari ayçiçek yağı, örneğin yağ ile tam temas edebilmesi için spatül ile karıştırılarak, eklenmiştir. Daha sonra 30 dakika boyunca 5 dakikada bir 30 saniye karıştırılan tüpler, örnek tamamen yağ ile karıştırıldıktan sonra 1600xg'de 10 dakika santrüfj edilmiştir. Süpernatant dikkatlice uzaklaştırılmış ve tüpteki çökelti tartılmıştır. Ortalama sonuçlar g yağ/g örnek olarak standart sapmaları ile verilmiştir.

$$\text{Yağ Absorplama Kapasitesi} = \frac{A_2 - A_1}{A_0}$$

YAK : Yağ absorplama kapasitesi, g sıvı yağ/g

A_0 : Örnek ağırlığı, g

A_1 : Tüp ağırlığı + Örnek ağırlığı, g

A_2 : Tüp ağırlığı + Yağlı Çökelti, g

3.2.4 Fiziksel Analizler

3.2.4.1 Renk Değerleri ve Beyazlık İndeksi Tayini

Karabuğday örneklerinde renk tayini taşınabilir renk tayin cihazı (Minolta CR-400, Konica Minolta Sensing, Inc., Osaka, Japonya) kullanılarak yapılmıştır. Bu cihazda renk ölçümü CIE (International Commission on Illumination, 1976) $L^*a^*b^*$ sistemine (L^* [0-100= koyuluk-parlaklık], a^* [$-a$ = yeşillik, $+a$ = kırmızılık], b^* [$-b$ = mavilik, $+b$ = sarılık]) göre yapılmaktadır. Renk ölçümü her bir örnek için üç tekrarlı yapılmış ve ortalamaları alınarak sonuçlar standart sapmaları ile verilmiştir. Beyazlık indeksi (Bİ) değeri Wronkowska ve Haros (2014) yöntemine göre aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır:

$$Bİ = 100 - [(100 - L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$$

3.2.5 Çişişlenme Özelliklerinin Hızlı Viskozite Ölçer (Rapid Visco Analyzer-RVA) Cihazında Belirlenmesi

Tam karabuğday unu, kırma unu ve öğütme unlarının sulu ortamda ısıtılmasıyla meydana gelen çişişlenme ile viskozitedeki değışim özellikleri temelde AACCI Approved Methods of Analysis Metot 76-21.01 (AACCI, 2010) yöntemi olmak üzere, Haros vd. (2004) ve Wronkowska ve Haros (2014) yöntemlerine göre yapılmıştır. Buna göre, bu araştırmada sıcaklık-süre-hız kontrollü hızlı viskozite ölçer (Rapid Visco Analyzer-RVA) cihazı (RVA-4500, Perten, ABD) kullanılmıştır. Cihaza ait 13 dakikalık “General Pasting Model, STD” analiz profili kullanılarak (**Tablo 3.2**) çişişlenme özellikleri ve viskozitedeki değışim incelenmiştir. Analiz için cihazın özel alüminyum kabına %14 nem esasına göre ~3-3,5 g örnek tartılmış ve üzerine 25 mL distile su ilave edilmiştir. Daha sonra karıştırıcı palet alüminyum kabın içine konmuş ve kap cihaza yerleştirilmiştir. Karışım önce 50 °C’de 1 dakika tutularak homojen bir sıcaklık oluşturulmuştur. Buna göre, süspansiyon 50 °C’de ve 960 rpm’de 10 saniye, hemen ardından 160 rpm’de 50 saniye karıştırılmıştır. Daha sonra sıcaklık 12 °C/dk hızla örnek 50 °C’den 95 °C’ye 3,42 dakikada ısıtılmış ve 95 °C’de 3,30 dakika ısıtmaya devam edilmiştir. Ardından çişişlenmiş örnek 95 °C’den 50 °C’ye 3,48 dakikada soğutulmuş ve 50 °C’de 2,0 dakika daha karıştırılarak bekletilmiştir.

Tablo 3.2 Hızlı viskozite ölçer cihazında karabuğday örneklerine uygulanan 13 dakikalık standart un profili parametreleri ve değerleri

Zaman (saat:dak:sn)	Parametre	Değer
00:00:00	Sıcaklık	50 °C
00:00:00	Hız	960 rpm
00:00:10	Hız	160 rpm
00:01:00	Sıcaklık	50 °C
00:04:42	Sıcaklık	95 °C
00:07:12	Sıcaklık	95 °C
00:11:00	Sıcaklık	50 °C
00:13:00	Sıcaklık	50 °C

Araştırmada, çirilenme sıcaklığı (jelatinizasyon sıcaklığı, °C), pik zamanı (dak), pik viskozitesi (PV, cP), sıcak çirish viskozitesi (SÇV, cP), karıştırma ile viskozite azalması yani kırılma viskozitesi (PV-SÇV, cP), son (soğuk) viskozite (SV, cP), değerleri RVA cihazından kaydedilmiştir. Analizler her bir örnek için üçer tekrarlı yapılmış, ortalama değerler standart sapmalarıyla birlikte verilmiştir.

3.3 İstatistik

Tüm analizler üç tekrarlı olarak yapılmış ve ortalamalar standart sapma değerleri ile ilgili tablolarda verilmiştir. Analiz sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesinde Statgraphics Centurion 18 istatistik paket programı kullanılmıştır. Tüm veriler tek yönlü ANOVA ile analiz edilmiştir. Ortalamalar arası fark %95 güven aralığında ($P < 0,05$ önemlilik seviyesinde) Fisher's Least Significance Difference (LSD) testi kullanılarak belirlenmiştir.

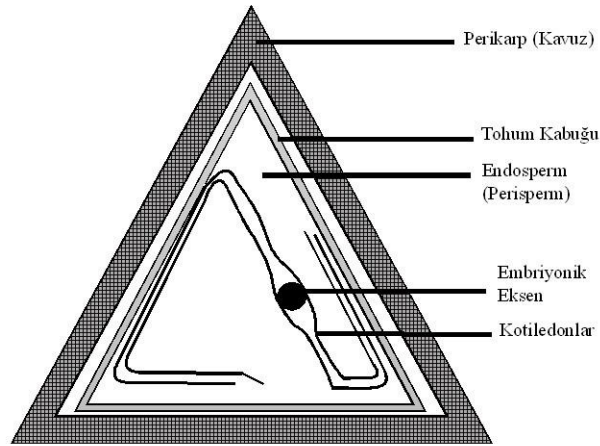
4. BULGULAR

4.1 Farklı Lokasyonlarda Yetiştirilen Karabuğdayların Valsli Değirmende Öğütülmesi

Karabuğday örnekleri valsli Bühler değirmeninde fraksiyonlarına ayrılarak öğütülmüştür. Karabuğdaylar tavlandıktan sonra valsli Bühler değirmeninde kırma unu, öğütme unu, ince kepek ve kalın kepek fraksiyonlarına ayrılmıştır. Bühler MLU 202 valsli değirmenin öğütme diyagramı daha önce Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Öğütme diyagramında vals aralıkları ve elek çapları mikron (μ) olarak verilmiştir. Ülkemizde yerli karabuğdayların bu şekilde farklı fraksiyonlara öğütülmesinden sonra bazı fiziksel, kimyasal, besinsel ve çirşlenme özelliklerinin incelenmesi ilk kez bu tez çalışmasında yapılmıştır. Valsli Bühler değirmeni tipik bir un değirmeninin pilot ölçekte tasarlanmış bir örneğidir. Genellikle buğdayın valsli Bühler değirmeninde öğütülmesi ile kırma unu, öğütme unu, ince kepek ve kalın kepek çıkmaktadır. Fakat bu çalışmada, ilk kez bir pseudo-tahıl olan karabuğday valsli Bühler değirmeninde öğütülmüş, değirmenin eleklerinden aynı buğdayın öğütülme prensibinden hareket ederek fraksiyonlar toplanmıştır. Burada unutulmaması gereken nokta karabuğdayın anatomik yapısının buğdaydan çok farklı oluşudur. Karabuğdayın detaylı anatomik yapısı **Şekil 4.1**’de gösterilmiştir. Örneğin buğdayın öğütülmesinde öğütme valselerinden açığa çıkan öğütme unu nişasta bakımından zengin ve kül içeriği düşük bir materyal iken; karabuğdayın öğütülmesi ile aynı öğütme valslerinden çıkan öğütme ununun nişasta içeriği düşük ve kül içeriği ise yüksek bulunmuştur. Bu tamamıyla her iki tahılın anatomik yapılarının farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu tez çalışması karabuğdayın valsli değirmen fraksiyonlarının incelenmesi bakımından özgün bir araştırma niteliği taşımaktadır.

Karabuğdayların valsli Bühler değirmeninde öğütülmesi ve açığa çıkan fraksiyonların toplam ürün miktarına göre verim (%) değerleri **Tablo 4.1**’de, gerçek ürün ve kayıp miktarları (g) **EK 1**’de gösterilmiştir. Buna göre, karabuğdayların öğütme verimleri %53,0-59,1 arasında değişmiştir. En yüksek verim (%59,1) Çorum lokasyonundan temin edilen *Aktaş cv.* çeşiti ile elde edilmiştir.

En düşük verim (%53,0) ise Gümüşhane lokasyonundan temin edilen *Aktaş cv.* çeşitinde tespit edilmiştir. Toplam ürün miktarına göre kalın kepek, ince kepek, kırma unu ve öğütme ununun verim (%) değerleri sırasıyla %26,9-31,7, %13,4-17,5, %24,5-32,9 ve %21,2-31,1 arasında değişmiştir. Görüldüğü üzere, valsli değirmende öğütme sonucunda kalın kepek oranı ince kepek miktarından daha yüksek bulunmuştur. Bununla birlikte valsli değirmende öğütmede, genellikle kırma unu verimi (%), öğütme unu veriminden (%) yüksek tespit edilmiştir. Karabuğdayların valsli değirmende öğütülmesi sırasında meydana gelen kayıp oranı ise %3,0-7,3 arasında değişmiştir. En az öğütme kaybı (%3,0) Bilecik'te gübresiz üretimi gerçekleşen *Aktaş cv.* çeşitinde görülürken, en fazla öğütme kaybı (%7,0) Çorum lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinde belirlenmiştir (**Tablo 4.1, EK 1**).



Şekil 4.1 Karabuğdayın anatomik yapısı (Steadman vd., 2001).

Bu araştırmada ince kepek, kırma unu ve öğütme unu fraksiyonlarının bazı kimyasal, fiziksel ve besinsel özellikleri tam karabuğday unları ile karşılaştırılarak ilgili tablolarda verilmiştir. Araştırmada kalın kepek fraksiyonları analizlere dahil edilmemiştir. Ayrıca, kırma unu ve öğütme unu fraksiyonlarının sulu ortamda ısıtılması ile çirilenme özelliklerindeki değişim hızlı viskozite ölçerde (rapid visco analyzer-RVA) incelenerek tam karabuğday unlarının çirilenme özellikleri ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 4.1 Karabuğdayların valsli değirmende öğütülmesi ve açığa çıkan fraksiyonların toplam ürün miktarına göre verim (%) değerleri

Lokasyon/Çeşit	Tane Nemi (%)	Örnek Miktarı (g)	İlave Su (ml)	Tavlama Nemi (%)	Toplam Ürün (g)	Öğütme Verimi (%)	Kalın Kepek (%)	İnce Kepek (%)	Kırma Unu (%)	Öğütme Unu (%)
Konya/Güneş cv.	10,4	1590,7	86,4	15,0	1589,8	56,2	27,1	16,7	31,7	24,4
Konya/Aktaş cv.	11,9	1000,0	30,0	14,5	993,8	55,6	26,9	17,5	24,5	31,1
Çorum/Aktaş cv.	10,3	1000,0	43,5	14,0	967,0	59,1	26,9	14,1	30,3	28,8
Kars/Aktaş cv.	11,0	1000,0	47,3	15,0	986,0	55,8	27,6	16,6	25,4	30,4
Bilecik/Aktaş cv. *	10,3	1209,4	66,8	15,0	1237,5	57,3	28,4	14,2	32,4	24,9
Bilecik/Aktaş cv.	9,9	1575,3	94,4	15,0	1586,6	57,8	28,8	13,4	32,9	24,9
Gümüşhane/Aktaş cv.	11,0	788,6	36,7	15,0	792,6	53,0	31,7	15,3	31,9	21,2

*gübresiz üretim

4.2 Farklı Lokasyonlarda Yetiştirilen Karabuğdayların Öğütme Ürünlerinin Bazı Kimyasal Özellikleri

Tam karabuğday unlarının nem, protein, kül, ham yağ, toplam nişasta ve toplam besinsel lif içerikleri (%) kuru madde üzerinden **Tablo 4.2**'de verilmiştir. Tam karabuğday unlarının tüm lokasyonlarda nem miktarı %10,3-11,4; protein miktarı %11,9-14,5; kül miktarı 1,93-2,15; ham yağ miktarı 2,37-3,14; toplam nişasta içerikleri %45,4-63,0 ve toplam besinsel lif miktarları %29,1-36,0 arasında değişmiştir. En yüksek protein miktarı (%14,5) Konya lokasyonunda yetiştirilen *Güneş cv.* ve Çorum lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* karabuğdaylarında bulunmuştur, bulunan değerler Konya lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinin protein değeri (%14,3) ile istatistiksel olarak benzerdir ($P>0,05$). En yüksek ham yağ miktarı (%3,14) Konya lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinde saptanmıştır, bulunan değerler Konya lokasyonunda yetiştirilen *Güneş cv.* (%3,10) ve Çorum lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* (%3,09) karabuğdayları ile istatistiksel olarak benzerdir ($P>0,05$). Bilecik lokasyonunda gübresiz yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitindeki ham yağ miktarı (%2,37) en düşük bulunmuştur. En yüksek ve en düşük toplam nişasta miktarı Bilecik lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* (%63,0) ve yine Bilecik lokasyonunda gübresiz yetiştirilen *Aktaş cv.* (%45,4) örneğinde tespit edilmiştir ($P<0,05$). En yüksek kül (%2,15) miktarı Bilecik lokasyonunda gübresiz yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinde tespit edilmiştir. En yüksek toplam besinsel lif miktarı (%36,0; $P<0,05$) Konya lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinde belirlenmiştir.

Yıldız vd. (2019) tam karabuğday ununun ortalama toplam besinsel lif, toplam nişasta ve dirençli nişasta içeriğini sırasıyla %29,5, %52,9 ve %4,64 olarak bulurken, kavuzsuz karabuğday unları için bulunan ortalama değerler ise sırasıyla %7,6, %78,1 ve %4,38'dir. Aynı araştırmacılar tam karabuğday unlarında ortalama protein, kül ve ham yağ içeriğini sırasıyla %14,9, %3,0 ve %3,45 olarak bulurken, kavuzsuz karabuğday unlarında ortalama aynı değerler sırasıyla %14,9, %1,84 ve %3,1 olarak bulunmuştur. Sedej vd. (2011) yaptığı bir çalışmada, tam karabuğday ununun nem, protein, kül, ham yağ ve toplam nişasta değerlerini ise sırasıyla %9,7, %13,4, %1,9, %3,0 ve %67,4 olarak bulmuştur.

Tablo 4.2 Tam karabuğday unlarının bazı kimyasal özellikleri

Lokasyon/Çeşit	Nem ^z (%)	Protein ^{zy} (%)	Kül ^{zy} (%)	Ham Yağ ^{zy} (%)	Toplam Nişasta ^{zy} (%)	Toplam Besinsel Lif ^{zy} (%)
Konya/Güneş cv.	11,3±0,36 ^{ab}	14,5±0,30 ^a	1,94±0,039 ^b	3,10±0,209 ^{ab}	58,2±2,39 ^{bc}	33,1±0.70 ^c
Konya/Aktaş cv.	10,3±0,45 ^c	14,3±0,34 ^a	1,93±0,011 ^b	3,14±0,125 ^a	50,8±1,83 ^e	36,0±0.20 ^a
Çorum/Aktaş cv.	10,6±0,30 ^c	14,5±1,09 ^a	1,98±0,017 ^b	3,09±0,068 ^{ab}	55,2±1,25 ^d	29,1±0.53 ^f
Kars/Aktaş cv.	10,8±0,04 ^{bc}	12,0±0,26 ^c	2,12±0,032 ^a	2,50±0,265 ^d	61,2±0,85 ^{ab}	31,0±0.26 ^e
Bilecik/Aktaş cv. *	10,4±0,19 ^c	12,0±0,15 ^{bc}	2,15±0,023 ^a	2,37±0,116 ^d	45,4±1,94 ^f	32,6±0.95 ^d
Bilecik/Aktaş cv.	10,4±0,30 ^c	13,0±0,60 ^b	2,13±0,062 ^a	2,85±0,077 ^{bc}	63,0±1,71 ^a	34,7±0.38 ^b
Gümüşhane/Aktaş cv.	11,4±0,04 ^a	11,9±0,15 ^c	2,12±0,023 ^a	2,59±0,130 ^{cd}	57,0±0,71 ^{cd}	32,9±0.68 ^{cd}

^zOrtalama ± standart sapma (n=3). Aynı sütun içinde farklı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($P<0,05$).

^yKuru madde üzerinden verilmiştir.

*Gübresiz üretim

Bhinder vd. (2020) karabuğday unlarının kül, protein, ham yağ ve toplam nişasta içeriklerini sırasıyla %1,76-2,80, %9,06-14,88, %2,02-3,60 ve %66,25-72,53 arasında bulmuşlardır. Nem değerleri ise %7,23-10,79 arasında bulunurken, Ispiryan vd. (2021)'de karabuğday ununun nem oranı %13.90 olarak tespit etmişlerdir. Bonafaccia vd. (2003) ise tam karabuğday ununda protein içeriğini %11,7, kül miktarını %2,19, ham yağ miktarını %2,8, toplam nişasta içeriğini %55,8 ve toplam besinsel lif miktarını %27,3 olarak bulmuşlardır. Steadman vd. (2001) tam karabuğday ununda bulunan nem, nişasta, protein, toplam besinsel lif ve ham yağ değerlerini sırasıyla %11,8, %54,5, %12,3, %7,0 ve %3,8 olarak bulmuşlardır. Qin vd. (2010) Tartar karabuğday unlarında ortalama kül, protein, ham yağ ve toplam nişasta değerlerini kuru madde üzerinden sırasıyla %2,38, %10,5, %2,83 ve %70,22 olarak bulurken, Common karabuğday unlarında aynı ortalama değerleri sırasıyla %2,17, %10,32, %2,76 ve %73,69 olarak bulmuşlardır.

Farklı lokasyonlardan yetiştirilen karabuğdayların valsli değirmende öğütülmesi ile elde edilen kırma unlarında nem, protein, kül, ham yağ, toplam nişasta ve toplam besinsel lif değerleri (%) kuru madde üzerinden **Tablo 4.3**'te gösterilmiştir. Buna göre, kırma unlarının nem, protein, kül, ham yağ, toplam nişasta ve toplam besinsel lif değerleri sırasıyla %12,3-14,7; %5,5-11,6; %0,33-0,73; %0,28-1,18; %60,4-84,8 ve %2,2-4,6 arasında değişmiştir. En yüksek protein miktarı (%11,6) Gümüşhane lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinin kırma ununda bulunurken, Bilecik lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinin kırma unu ile benzer protein miktarına (%11,0) sahip olduğu görülmüştür ($P>0,05$). Diğer lokasyonlarda yetiştirilen karabuğdayların kırma unlarının protein miktarı birbirine yakın olmakla birlikte %5,5-6,9 arasında değişmiştir. En yüksek nişasta içeriği (%84,8) Kars lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinin kırma ununda belirlenirken, Bilecik ve Gümüşhane lokasyonlarında yetiştirilen aynı çeşitinin kırma unları (sırasıyla %81,8 ve %81,6) ile istatistiksel olarak benzer bulunmuştur ($P>0,05$). Kars lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinin kırma unu en yüksek nişasta içeriğine sahipken, aynı kırma unu en düşük protein içeriğine (%5,5) sahip olmuştur. Kırma unları içerisinde en yüksek toplam besinsel lif (%4,6), kül (%0,73) ve ham yağ (%1,18) Konya lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşiti ile sağlanmıştır ($P<0,05$).

Tablo 4.3 Karabuğdayların valsli değirmende öğütülmesi ile elde edilen kırma unlarının bazı kimyasal özellikleri

Lokasyon/Çeşit	Nem ^z (%)	Protein ^{zy} (%)	Kül ^{zy} (%)	Ham Yağ ^{zy} (%)	Toplam Nişasta ^{zy} (%)	Toplam Besinsel Lif ^{zy} (%)
Konya/Güneş cv.	13,6±0,14 ^c	5,9±0,57 ^{cd}	0,33±0,018 ^c	0,54±0,053 ^{cd}	60,4±2,71 ^d	3,6±0,30 ^b
Konya/Aktaş cv.	12,3±0,04 ^e	6,9±0,48 ^b	0,73±0,017 ^a	1,18±0,140 ^a	71,9±2,53 ^c	4,6±1,23 ^a
Çorum/Aktaş cv.	13,0±0,43 ^d	6,5±0,44 ^{bc}	0,48±0,029 ^b	0,46±0,019 ^{de}	82,9±0,67 ^{ab}	2,2±1,77 ^e
Kars/Aktaş cv.	14,0±0,11 ^b	5,5±0,31 ^d	0,48±0,035 ^b	0,57±0,010 ^c	84,8±0,42 ^a	3,4±0,28 ^{bc}
Bilecik/Aktaş cv. *	14,6±0,08 ^a	6,3±0,99 ^{bcd}	0,43±0,018 ^b	0,28±0,020 ^f	80,5±0,86 ^b	3,2±0,30 ^{bcd}
Bilecik/Aktaş cv.	14,7±0,01 ^a	11,0±0,55 ^a	0,37±0,058 ^c	0,38±0,024 ^e	81,8±0,89 ^{ab}	2,7±0,06 ^{de}
Gümüşhane/Aktaş cv.	14,1±0,02 ^b	11,6±0,48 ^a	0,36±0,007 ^c	0,78±0,028 ^b	81,6±1,11 ^{ab}	2,9±0,54 ^{cd}

^zOrtalama ± standart sapma (n=3). Aynı sütun içinde farklı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($P<0,05$).

^yKuru madde üzerinden verilmiştir.

*Gübresiz üretim

Karabuğday ununda nem, ham protein, kül, ham yağ ve nişasta miktarları sırasıyla %10,1, %8,3, %0,9, %1,9 ve %68,2 olarak bulunmuştur (Sedej vd., 2011). Skrabanja (2004) karabuğday unlarının nişasta, ham protein, ham yağ ve kül değerleri sırasıyla %70,4-91,7, %4,4-11,9, %0,5-3,3 ve %0,6-2,7 arasında, toplam besinsel lif değerlerini ise %2,7-8,1 arasında bulmuştur. Yapılan bir başka araştırmada, karabuğday unu örneklerinin besin değerleri araştırılmıştır. Nem, kül, ham yağ, protein ve toplam nişasta değerleri sırasıyla %10,98, %1,55, %2,15, %16,01 ve %61,51 (Iqbal vd., 2021).

Karabuğdayların valsli değirmende öğütülmesi ile elde edilen öğütme unlarının bazı kimyasal özellikleri kuru madde üzerinden **Tablo 4.4**'te gösterilmiştir. Buna göre, nem, protein, kül, ham yağ, toplam nişasta ve toplam besinsel lif miktarları sırasıyla %11,6-13,4; %10,1-16,6; %1,36-1,79; %1,58-3,13; %65,6-82,3 ve %6,1-9,1 arasında değişmiştir. En yüksek protein miktarı (%16,6) Çorum lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinin öğütme ununda tespit edilmiş olup, bunu Gümüşhane lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinin öğütme unu (%15,2) izlemiştir ($P>0,05$). Öğütme unları içerisinde en düşük protein miktarı (%10,1) Bilecik lokasyonunda gübresiz olarak yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinde saptanmıştır. Bununla beraber, gübresiz yetiştirilen aynı karabuğday örneğinin öğütme ununda en düşük ham yağ (%1,58; $P<0,05$) fakat en yüksek toplam nişasta (%82,3) miktarı saptanmıştır, aynı lokasyonda gübreli yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinin toplam nişasta miktarı (%79,3) ile aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$). Öğütme unları içerisinde en yüksek ham yağ (%3,13) ve toplam besinsel lif (%9,1; $P<0,05$) miktarı Konya lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* karabuğdayı ile sağlanmıştır. Çorum lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinden elde edilen öğütme ununun toplam besinsel lif miktarı %8,3 olup diğer örnekler ile arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$).

Ma vd. (2020) çiğ karabuğday unu üzerine yaptıkları çalışmalar sonucu protein değerlerinin %7,32-13,44, ham yağ içeriğinin %1,18-2,99 ve toplam nişasta içeriğinin %72,35-80,87 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir.

Tablo 4.4 Karabuğdayların valsli değirmende öğütülmesi ile elde edilen öğütme unlarının bazı kimyasal özellikleri

Lokasyon/Çeşit	Nem ^z (%)	Protein ^{zy} (%)	Kül ^{zy} (%)	Ham Yağ ^{zy} (%)	Toplam Nişasta ^{zy} (%)	Toplam Besinsel Lif ^{zy} (%)
Konya/Güneş cv.	13,2±0,25 ^b	11,5±0,51 ^{bc}	1,36±0,024 ^f	2,08±0,085 ^c	75,2±0,34 ^b	6,1±0,26 ^d
Konya/Aktaş cv.	11,6±0,38 ^d	13,0±0,11 ^b	1,74±0,030 ^{ab}	3,13±0,159 ^a	68,1±1,40 ^d	9,1±0,32 ^a
Çorum/Aktaş cv.	12,2±0,11 ^c	16,6±0,52 ^a	1,79±0,024 ^a	2,99±0,048 ^a	67,6±0,88 ^d	8,3±0,57 ^b
Kars/Aktaş cv.	12,4±0,04 ^c	11,6±0,88 ^{bc}	1,67±0,029 ^d	2,38±0,067 ^b	71,9±0,48 ^c	6,3±0,04 ^d
Bilecik/Aktaş cv. *	12,4±0,09 ^c	10,1±0,21 ^c	1,74±0,037 ^{bc}	1,58±0,083 ^d	82,3±1,61 ^a	6,7±0,16 ^c
Bilecik/Aktaş cv.	13,4±0,07 ^a	10,4±1,30 ^c	1,51±0,018 ^e	1,96±0,080 ^c	79,3±0,67 ^a	6,1±0,15 ^d
Gümüşhane/Aktaş cv.	13,3±0,01 ^{ab}	15,2±0,47 ^a	1,69±0,037 ^{cd}	2,84±0,052 ^a	65,6±1,06 ^d	6,9±0,21 ^c

^zOrtalama ± standart sapma (n=3). Aynı sütun içinde farklı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($P<0,05$).

^yKuru madde üzerinden verilmiştir.

*Gübresiz üretim

Tang (2007) karabuğday ununda protein, ham yağ, nem ve kül değerlerini sırasıyla %12,7; %3,0; %13,1 ve %1,6 olarak bulmuştur.

Gavric vd. (2018), üç yıllık ekim denemeleri sonucunda karabuğday ununun ortalama ham protein içeriğini %10,94-14,26 arasında, ortalama nişasta içeriğini %62,34-63,78 arasında bulmuştur. Joshia vd. (2020) ise karabuğday unlarının nişastasını, farklı öğütme yöntemlerine bağlı olarak %70-91 arasında bulmuşlardır. Sedej vd. (2012), karabuğdayın tane fraksiyonlarını inceledikleri çalışmalarında; tam karabuğday ununda %10,0 nem, %1,93 kül, %12,4 protein tespit etmişleridir; karabuğday kavuzunda (perikarp) %8,33 nem, %1,44 kül, %4.11 protein ve kavuzu çıkarılmış karabuğday tanesinde %9,97 nem, %2,11 kül ve %14,2 protein saptamışlardır.

Kan (2011) Konya ekolojik koşullarında yetişen karabuğdayın nem, kül, karbonhidrat, ham protein ve ham yağ miktarlarını sırasıyla %9,47; %2,12; %74,58; %11,20 ve %2,63 olarak bulmuşlardır. Toplam doymuş ve doymamış yağ asitleri ise sırasıyla %20,18 ve %76,37 olarak belirlenmiştir. Doymuş yağ asitlerinden en yüksek palmitik asit (%15.87) bulunurken, doymamış yağ asitlerinden en çok oleik asit (%39.73) tespit edilmiştir.

Sujka vd. (2022) karabuğday kavuzunun temel kimyasal bileşimi incelenmişler ve nem, protein, kül, ham yağ ve besinsel lif miktarlarını kuru madde üzerinden sırasıyla %8,22; %5,40; %1,93; %0,50 ve %78,87 olarak belirlemişlerdir.

Wang vd. (2021b) süper ısıtma işleminin kavuzsuz karabuğday (Common) üzerine etkisini inceledikleri bir çalışmada, işlem görmemiş kavuzsuz karabuğday unu örneğinin protein, ham yağ ve toplam nişasta değerlerini sırasıyla %13,61; %2,71 ve %67,41 olarak bulmuştur. Aynı karabuğdayı üç ay depoladıktan sonra karabuğday unundaki protein, ham yağ ve toplam nişasta miktarı sırasıyla %13,78; %2,68 ve %67,83 olmuştur.

Karabuğdayların valsli değirmende öğütülmesi ile elde edilen ince kepek fraksiyonlarının nem, protein, kül, ham yağ ve toplam besinsel lif miktarları kuru madde üzerinden **Tablo 4.5**'te gösterilmiştir. Buna göre, karabuğday ince kepeklerinin nem, protein, kül, ham yağ ve toplam besinsel lif miktarları sırasıyla %10,6-11,3; %8,2-10,5; %4,51-6,68; %6,03-9,56 ve %39,1-55,2 arasında değişmiştir. İnce kepek fraksiyonları içinde en yüksek protein miktarı (%10,5; $P<0,05$) Gümüşhane lokasyonunda yetişen *Aktaş* cv. çeşitinde gözlenirken, aynı ince kepek örneğinde en yüksek ham yağ miktarı %9,56 olup, bunu %9,28 ham yağ oranı ile Bilecik lokasyonunda yetişen *Aktaş* cv. çeşitinin ince kepek fraksiyonu takip etmiştir ($P>0,05$). Konya lokasyonunda yetişen *Aktaş* cv. çeşitinin ince kepek fraksiyonu en düşük protein (%8,2) ve ham yağ (%6,03) miktarına sahip olurken, aynı ince kepek fraksiyonunda en yüksek toplam besinsel lif miktarı (%55,2) saptanmıştır. Bununla birlikte Bilecik lokasyonunda gübresiz yetiştirilen *Aktaş* cv. çeşitinin ince kepek fraksiyonu en yüksek kül miktarına (%6,68; $P<0,05$) sahip olurken, aynı ince kepek fraksiyonunun toplam besinsel lif miktarı (%39,1) en düşük değer olarak bulunmuştur.

Bonafaccia vd. (2003) iki farklı karabuğday türü (Common ve Tartary) ile yaptığı çalışmada, karabuğdayları taş değirmende öğütmüş ve karabuğdayların tam tanesinde, ununda ve kepeğinde bazı kimyasal analizler yapmıştır. Buna göre, Common (yaygın ekimi yapılan karabuğday) karabuğdayın tam tanesinde bulunan protein, kül, ham yağ, nişasta ve toplam besinsel lif miktarları sırasıyla %11,7; %2,19; %2,88; %55,8 ve %27,38 olarak bulunmuştur. Aynı karabuğdayın kepeğinde bulunan değerler sırasıyla %21,6; %4,08; %7,20; %40,7 ve %26,37 olarak tespit edilmiştir. Common karabuğdayının ununda bulunan değerler ise sırasıyla %10,6; %1,82; %2,34; %78,4 ve %6,77 olarak saptanmıştır.

Liu vd. (2022) gıda sanayiinden temin ettikleri karabuğday kavuzu ve kepeğinin buğday unundan yapılan erişte hamuru üzerine etkisini inceledikleri bir çalışmada, karabuğday kepeğinin kül, ham lif, protein ve ham yağ miktarını sırasıyla %4,09; %15,36; %27,34 ve %6,26 olarak tespit etmişlerdir. Aynı araştırmacılar, karabuğday kavuzundaki kül, ham lif, protein ve ham yağ miktarını sırasıyla %0,20; %26,33; %3,77 ve %0,84 olarak saptamışlardır.

Tablo 4.5 Karabuğdayların valsli değirmende öğütülmesi ile elde edilen ince kepek fraksiyonlarının bazı kimyasal özellikleri

Lokasyon/Çeşit	Nem^z (%)	Protein^{zy} (%)	Kül^{zy} (%)	Ham Yağ^{zy} (%)	Toplam Besinsel Lif^{zy} (%)
Konya/ <i>Güneş cv.</i>	11,3±0,17 ^{ab}	9,3±0,21 ^{bc}	5,65±0,041 ^d	9,08±0,026 ^b	43,9±0,72 ^b
Konya/ <i>Aktaş cv.</i>	10,9±0,10 ^{bc}	8,2±0,47 ^d	4,89±0,036 ^e	6,03±0,057 ^e	55,2±1,30 ^a
Çorum/ <i>Aktaş cv.</i>	11,1±0,09 ^{ab}	8,6±0,38 ^{cd}	4,51±0,074 ^f	7,32±0,082 ^d	40,2±1,63 ^d
Kars/ <i>Aktaş cv.</i>	10,6±0,05 ^c	9,0±0,52 ^{bc}	5,68±0,120 ^d	8,48±0,122 ^c	43,4±0,76 ^{bc}
Bilecik/ <i>Aktaş cv.</i> *	10,9±0,51 ^{bc}	9,7±0,30 ^b	6,68±0,051 ^a	9,24±0,209 ^b	39,1±0,92 ^d
Bilecik/ <i>Aktaş cv.</i>	11,3±0,03 ^a	8,7±0,35 ^{cd}	6,51±0,067 ^b	9,28±0,212 ^{ab}	41,3±1,24 ^{cd}
Gümüşhane/ <i>Aktaş cv.</i>	10,7±0,13 ^c	10,5±0,40 ^a	5,83±0,038 ^c	9,56±0,304 ^a	45,4±1,63 ^b

^zOrtalama ± standart sapma (n=3). Aynı sütun içinde farklı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($P<0,05$).

^yKuru madde üzerinden verilmiştir.

*Gübresiz üretim

Skrabanja vd. (2004) *Fagopyrum esculentum* Moench ‘Siva’ karabuğdayını valsli değirmende fraksiyonlarına ayırarak öğütmüş ve öğütme fraksiyonlarının besinsel özelliklerini incelemiştir. Karabuğdayın 6 adet kepek fraksiyonlarında toplam nişasta, ham protein, ham yağ ve kül değerleri kuru madde üzerinden sırasıyla %20,3-42,6; %19,2-31,3; %4,6-9,7 ve %4,2-6,7 arasında değişmiştir. Kepek örneklerinde toplam besinsel miktarlarını ise kuru madde üzerinden %15,4-21,3 olarak tespit edilmiştir. Aynı araştırmacılar öğütmede ayırdıkları karabuğday kavuzu örneğindeki toplam nişasta, ham protein, ham yağ, kül ve toplam besinsel lif değerlerini kuru madde üzerinden sırasıyla %0,5; %3,7; %0,4; %1,3 ve %91,8 olarak belirlemişlerdir.

Sinkovic vd. (2022) Common karabuğday ve Tartar karabuğday örneklerinin üç yıl boyunca yetiştirmişler ve her yılın sonunda taş değirmende öğüttükten sonra metal ve polyester eleklerden eleyerek her yıl Common karabuğdaydan 7 adet, Tartar karabuğdayından 6 adet fraksiyon toplamışlardır. Fraksiyonlar kepeksiz un, kepek (farklı partikül boyutunda kepek fraksiyonları mevcuttur), semolina ve kavuzdur. Buna göre, Common karabuğdayın tam tanesinde, kepeksiz ununda, ince kepeğinde, semolinada ve kavuzunda bulunan ortalama ham protein ve ham yağ miktarları sırasıyla %11,1 ve 2,1; %5,9 ve 0,6; %32,7 ve 7,5; %23,2 ve 5,0; %4,7 ve 0,7’dir. Tartar karabuğdayının aynı örneklerinde bulunan ortalama ham protein ve ham yağ miktarları sırasıyla %11,2 ve 2,6; %9,7 ve 1,9; %32,0 ve 9,5; %32,0 ve 9,3; %3,2 ve 0,3’dür.

Guo vd. (2007) 10 farklı karabuğday türünden toplam 179 adet tam karabuğdayın protein miktarlarını incelemiş, bunlardan 92 adet Common tip karabuğday örneğindeki protein miktarının kuru madde üzerinden %8,81-18,71 arasında değiştiğini ve ortalama değerin %12,93 olduğunu belirlemişlerdir. Çalışılan 57 adet tam Tartary tip karabuğdayın protein miktarının kuru madde üzerinden %7,82-17,94 arasında değiştiğini ve ortalama değerin %12,17 olduğunu saptamışlardır. Ortalama değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark olmadığı görülmüştür ($P>0,01$).

Christa ve Soral-Smietana (2008) yaptıkları derleme çalışmasında karabuğday tanesinin protein içeriğinin %12,0-18,9 arasında değiştiğini, kepek

fraksiyonlarının oldukça yüksek miktarda protein içerdiğini, karabuğday kavuzunun düşük miktarda protein (~%4) içerdiğini ve fakat karabuğday embriyosundaki proteinin %55,9 kadar çıktığını bildirmiştir. Ayrıca, tam karabuğday ununda toplam nişasta miktarının %59-70, toplam lipit miktarının %1,5-4,0 arasında değiştiğini; karabuğday ununda ham yağ miktarının ise %3'ün üzerinde olduğunu vurgulamışlardır.

Kimyasal özellikler incelendiğinde, aynı lokasyonda tam karabuğday ununun genel olarak protein, kül, ham yağ ve toplam besinsel lif içeriğinin kırma ve öğütme unundan daha yüksek olduğu; nişasta içeriğinin ise kırma ve öğütme ununa göre düşük olduğu görülmüştür. İnce kepek fraksiyonlarının protein değerleri ise tam karabuğday unu ve öğütme unlarından düşük, kırma unlarından genellikle yüksek bulunmuştur. En yüksek kül miktarı ince kepek fraksiyonlarında, daha sonra tam karabuğday ununda ve sonra öğütme ununda görülürken kırma unundaki kül miktarı en düşük bulunmuştur. En yüksek ham yağ miktarı ince kepek fraksiyonlarında belirlenirken, tam karabuğday ununda ve öğütme unlarında daha düşük ve fakat birbirine benzer bulunmuştur, kırma unlarında ham yağ miktarı incelenen örnekler arasında en düşük değerler olarak tespit edilmiştir. Tam karabuğday ununun toplam nişasta miktarı, kırma ve öğütme unlarından daha düşük çıkarken, genel olarak kırma ununun toplam nişasta içeriği öğütme unundan daha yüksek bulunmuştur. Karabuğdayların ince kepek fraksiyonları en yüksek toplam besinsel lif miktarına sahip olmuştur (**Tablo 4.2, 4.3, 4.4 ve 4.5**).

Son olarak Bilecik lokasyonunda gübresiz yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinin tam ununda diğer örneklerle göre kül ve toplam besinsel lif miktarları en yüksek bulunurken, ham yağ ve toplam nişasta değerleri diğer örneklerle göre en düşük belirlenmiştir, protein değeri ise birçok lokasyona göre düşük bulunmuştur. Gübresiz yetiştirilen karabuğdayın öğütme unu fraksiyonu diğer örneklerle göre en düşük protein ve ham yağ miktarına sahipken, aynı öğütme unu örneğinin nişasta içeriği öğütme unları içerisinde en yüksek bulunmuştur. Gübresiz yetiştirilen karabuğdayın ince kepek fraksiyonunun sonuçlarına bakıldığında ise tüm ince kepek örnekleri içinde en yüksek kül miktarına ve fakat en düşük toplam besinsel lif miktarına sahip olduğu görülmüştür.

4.3 Tam Karabuğday Unları ve Valsli Değirmen Öğütme Fraksiyonlarının Renk Özellikleri ve Beyazlık İndeksi Değerleri

Tam karabuğday unlarının ve karabuğdayların valsli değirmende elde edilen öğütme fraksiyonlarının renk özellikleri ve beyazlık indeksi değerleri **Tablo 4.6**'da gösterilmiştir. Buna göre, tam karabuğday unlarının, ince kepek, kırma unu ve öğütme unlarının L^* (parlaklık/koyuluk) değerleri sırasıyla 76,98 - 79,47; 67,59 - 69,88; 91,27 - 93,95; 88,68 - 91,32 arasında değişmiştir. Tüm lokasyonlarda en yüksek L^* parlaklık değerleri kırma unlarında görülmüş olup bunu öğütme unları ve tam karabuğday unları takip etmiştir. Tüm lokasyonlarda ince kepek fraksiyonlarının L^* parlaklık değerleri en düşüktür. Tam karabuğday unlarının, ince kepek, kırma unu ve öğütme unlarının a^* (kırmızılık/ yeşillik) değerleri sırasıyla 1,57 - 2,70; 2,78 - 4,70; 0,12 - 0,36; 0,03 - 0,45 arasında değişmiştir. Tüm lokasyonlarda en yüksek a^* kırmızılık değerleri ince kepek fraksiyonlarında görülmüş olup bunu sırasıyla tam karabuğday unu ve öğütme unları takip etmiştir. Tüm lokasyonlarda kırma unlarının a^* kırmızılık değerleri en düşük bulunmuştur. Tam karabuğday unlarının, ince kepek, kırma unu ve öğütme unlarının b^* (sarılık/ mavilik) değerleri sırasıyla 9,16 - 10,38; 14,13 - 15,42; 4,88 - 6,80; 7,66 - 10,59 arasında değişmiştir. Tüm lokasyonlarda en yüksek b^* sarılık değerleri ince kepek fraksiyonlarında görülmüş olup bunu sırasıyla tam karabuğday unları ve öğütme unları takip etmiştir. Tüm lokasyonlarda en düşük b^* sarılık değerleri kırma unlarında görülmüştür. Tam karabuğday unlarının, ince kepek, kırma unu ve öğütme unlarının beyazlık indeksi değerleri sırasıyla 75,0 - 77,4; 64,6 - 66,5; 88,9 - 92,2; 84,4 - 88,3 arasında değişmiştir. Tüm lokasyonlarda en yüksek beyazlık indeksi değerleri, L^* parlaklık değerlerinde olduğu gibi kırma unlarında görülmüştür, bunu sırasıyla öğütme unları ve tam karabuğday unları takip etmiştir. Tüm lokasyonlarda en düşük beyazlık indeksi değerleri, L^* parlaklık değerlerinde olduğu gibi ince kepek fraksiyonlarında gözlenmiştir. Araştırmamızda bulunan sonuçların, bir karabuğday örneğimizin CD1 model, valsli Chopin (Fransa) değirmende öğütülmesi sonucu açığa çıkan fraksiyonların renk değerleri ile uyumlu olduğu, buğdayın valsli değirmende öğütülmesinden çok daha farklı sonuçlar verdiği görülmüştür.

Tablo 4.6 Tam karabuğday unlarının ve valsli değirmen öğütme fraksiyonlarının renk özellikleri ve beyazlık indeksi değerleri

Lokasyon/Çeşit	L^{*zy}	a^{*zy}	b^{*zy}	Beyazlık İndeksi ^{zy}
Tam Karabuğday Unları				
Bilecik/ <i>Aktaş cv.</i>	76,98±0,387 ^d	2,38±0,157 ^{ab}	9,25±0,584 ^c	75,0±0,20 ^c
Bilecik/ <i>Aktaş cv. *</i>	77,33±0,300 ^{cd}	2,70±0,150 ^a	9,44±0,332 ^b	75,2±0,40 ^{bc}
Çorum/ <i>Aktaş cv.</i>	77,23±0,637 ^d	1,91±0,068 ^c	9,65±0,065 ^b	75,1±0,61 ^c
Gümüşhane/ <i>Aktaş cv.</i>	77,99±0,600 ^{bc}	2,13±0,075 ^b	10,26±0,168 ^{ab}	75,6±0,53 ^{bc}
Kars/ <i>Aktaş cv.</i>	77,30±0,315 ^{cd}	2,41±0,055 ^a	9,16±0,043 ^d	75,4±0,28 ^{bc}
Konya/ <i>Aktaş cv.</i>	78,37±0,260 ^b	1,57±0,095 ^d	10,38±0,115 ^a	75,9±0,24 ^b
Konya/ <i>Güneş cv.</i>	79,47±0,275 ^a	1,66±0,055 ^{cd}	9,22±0,157 ^c	77,4±0,20 ^a
İnce Kepekler				
Bilecik/ <i>Aktaş cv.</i>	67,59±0,608 ^b	4,70±0,350 ^a	14,93±0,443 ^{ab}	65,2±0,32 ^b
Bilecik/ <i>Aktaş cv. *</i>	68,59±0,415 ^{ab}	4,35±0,456 ^a	14,17±0,285 ^{cd}	64,9±0,59 ^b
Çorum/ <i>Aktaş cv.</i>	69,88±0,968 ^a	3,59±0,320 ^b	14,32±0,274 ^{bcd}	66,4±0,82 ^a
Gümüşhane/ <i>Aktaş cv.</i>	68,90±0,483 ^b	3,57±0,107 ^{bc}	15,42±0,280 ^a	65,1±0,41 ^b
Kars/ <i>Aktaş cv.</i>	68,17±0,825 ^{ab}	4,35±0,455 ^a	14,86±0,315 ^{abc}	64,6±0,76 ^b
Konya/ <i>Aktaş cv.</i>	68,00±0,248 ^{ab}	2,95±0,453 ^{cd}	14,37±0,680 ^{bcd}	64,7±0,94 ^b
Konya/ <i>Güneş cv.</i>	69,85±1,010 ^a	2,78±0,259 ^d	14,13±0,310 ^d	66,5±1,02 ^a
Kırma Unları				
Bilecik/ <i>Aktaş cv.</i>	93,95±0,300 ^a	0,36±0,020 ^a	4,88±0,080 ^e	92,2±0,26 ^a
Bilecik/ <i>Aktaş cv. *</i>	93,58±0,084 ^a	0,25±0,020 ^b	5,11±0,036 ^{cd}	91,7±0,06 ^{ab}
Çorum/ <i>Aktaş cv.</i>	92,49±0,134 ^b	0,17±0,043 ^c	5,44±0,223 ^b	90,7±0,23 ^c
Gümüşhane/ <i>Aktaş cv.</i>	93,81±0,254 ^a	0,29±0,025 ^b	5,06±0,050 ^{de}	92,0±0,17 ^{ab}
Kars/ <i>Aktaş cv.</i>	93,20±0,210 ^{ab}	0,29±0,045 ^b	5,24±0,070 ^c	91,4±0,19 ^{bc}
Konya/ <i>Aktaş cv.</i>	91,27±0,226 ^c	0,15±0,015 ^c	6,80±0,098 ^a	88,9±0,23 ^d
Konya/ <i>Güneş cv.</i>	92,51±1,305 ^b	0,12±0,026 ^c	5,09±0,036 ^{cd}	90,9±1,07 ^c
Öğütme Unları				
Bilecik/ <i>Aktaş cv.</i>	91,32±0,202 ^a	0,43±0,040 ^a	7,71±0,085 ^d	88,3±0,20 ^a
Bilecik/ <i>Aktaş cv. *</i>	90,60±0,405 ^{bc}	0,45±0,045 ^a	7,66±0,111 ^d	87,8±0,30 ^{ab}
Çorum/ <i>Aktaş cv.</i>	89,31±0,092 ^d	0,03±0,020 ^d	9,12±0,278 ^b	85,9±0,24 ^d
Gümüşhane/ <i>Aktaş cv.</i>	90,57±0,320 ^{bc}	0,43±0,032 ^{ab}	8,25±0,081 ^c	87,4±0,19 ^{bc}
Kars/ <i>Aktaş cv.</i>	90,15±0,617 ^c	0,45±0,032 ^a	8,19±0,137 ^c	87,1±0,55 ^c
Konya/ <i>Aktaş cv.</i>	88,68±0,182 ^d	0,36±0,030 ^b	10,59±0,069 ^a	84,4±0,11 ^e
Konya/ <i>Güneş cv.</i>	91,14±0,508 ^{ab}	0,22±0,037 ^c	7,71±0,102 ^d	88,2±0,42 ^a

^zOrtalama ± standart sapma (n=3). ^yAynı sütun içinde farklı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($P<0,05$).

*Gübresiz üretim

Bonafaccia vd. (2003) Common ve Tartar karabuğdayları ile yaptıkları bir çalışmada, her iki karabuğdayı taş değirmende öğütmüş ve L^* , a^* ve b^* değerlerini tanede en yüksek, unlarında en düşük olarak bulmuşlardır. Kepek fraksiyonlarının renk değerlerini ise ikisinin ortasında tespit etmişlerdir. Common ve Tartar karabuğday tane ve fraksiyonlarında renk değerlerinin ise birbirine çok yakın olduklarını görmüşlerdir. Görüldüğü gibi karabuğday tanelerinin parlaklık değerleri öğütme fraksiyonlarından yüksektir. Araştırmada Slovenya çeşidi *Siva cv.*'nın açık gümüş gri bir kavuza sahipken; Rusya, Kanada ve Asya orijinli karabuğdayların Tartar karabuğdayından da daha koyu renkli bir kavuza sahip olduklarını belirtmişlerdir.

Skrabanja vd. (2004) *Fagopyrum esculentum* Moench 'Siva' karabuğdayını valsli değirmende fraksiyonlarına ayırarak öğütmüş ve öğütme fraksiyonlarının renk özelliklerini incelemiştir. Buna göre kepeksiz unun ortalama L^* , a^* , b^* değerlerini sırasıyla; 87,44, -0,9, 7,2; kaba unun ortalama L^* , a^* , b^* değerlerini sırasıyla 85,4, -1,0, 7,9; kepek fraksiyonlarının ortalama değer L^* , a^* , b^* değerlerini sırasıyla 71,5; -0,5; 13,1 olarak bulmuşlardır. Aynı çalışmada kavuzun L^* , a^* , b^* değerleri sırasıyla 43,1; 1,6; 6,2 olarak belirlenmiştir.

Qin vd. (2010), 21 adet Tartar karabuğdayı ve 18 adet Common karabuğdayını parçalayıcıda öğüttükten sonra 60 mesh'lik (250 μ) elekten elemişler ve unlarında bazı analizler yapmışlardır. Tartar karabuğday unlarında ortalama L^* , a^* , b^* değerlerini ve ortalama beyazlık indeksi değerini sırasıyla 67,27; 2,13; 12,73 ve 67,53 olarak bulmuşlar, aynı değerleri Common karabuğday unlarında ortalama 71,87; 1,95; 8,36 ve 71,73 olarak bulmuşlardır.

Sakhare vd. (2014) maş fasulyesinin öğütme fraksiyonlarında yaptıkları araştırmada, L^* değerinin kırma unlarında öğütme unlarına göre daha yüksek çıktığını belirlemişlerdir. Bunun sebebini, kırma valslerinde daha fazla vals aralığının bulunması ve tohum kabuğunun (perikarp) daha az öğütülmesi, bununla birlikte redüksiyon valslerinde vals aralıklarının daha yakın olduğu için tohum kabuğunun rahatlıkla öğütüldüğü şeklinde açıklamışlardır.

Ma v. (2020) Common ve Tartar karabuğdaylarının kavurma işlemiyle bazı özelliklerindeki değişimi inceledikleri çalışmalarında, işlem görmemiş karabuğday unlarındaki L^* değerlerini 79,48 - 89,06; a^* değerlerini -0,22 - 1,21 ve b^* değerlerini 6,40 - 17,72 arasında bulmuşlardır.

4.4 Suda Çözünen Madde, Su Bağlama Kapasitesi, Su Tutma Kapasitesi ve Yağ Absorplama Kapasitesi Sonuçları

Tam karabuğday unlarının ve valsli değirmen öğütme fraksiyonlarının suda çözünen madde (SÇM, %) ve su bağlama kapasitesi (SBK, %), su tutma kapasitesi (STK, g H₂O/g) ve yağ absorplama kapasitesi (YAK, g sıvı yağ/g) değerleri **Tablo 4.7**'de gösterilmiştir. Bu araştırmada, SÇM ve SBK değerleri, karabuğday polisakkaritlerinin fonksiyonel özellikleri hakkında fikir verirken, STK ve YAK değerleri karabuğday proteinlerinin fonksiyonel özellikleri hakkında bilgi vermektedir. Buna göre, tam karabuğday unlarında, ince kepek, kırma unu ve öğütme unlarında SÇM değerleri sırasıyla %6,53 - 10,23; %18,42 - 28,33; %1,23 - 4,10 ve %6,99 - 17,70 arasında değişmiştir. Aynı örneklerdeki SBK değerleri sırasıyla %209,7 - 241,6; %364,8 - 684,7; %150,7 - 178,8 ve %153,1 - 166,5 arasında değişmiştir. Görüldüğü üzere, en yüksek SÇM ve SBK değerleri ince kepek fraksiyonlarında bulunmuştur. Fonksiyonel özelliklerden SÇM değerlerinde ince kepek fraksiyonlarında bulunan nişasta ve çözünür besinsel lif etkili olurken, yüksek SBK değerlerinde ince kepek fraksiyonlarındaki çözünemeyen besinsel lif miktarı etkili olmuştur. Genellikle, en düşük SÇM değerleri kırma unu fraksiyonlarında görülürken, en düşük SBK değerleri genellikle öğütme unlarında görülmüştür. En yüksek SÇM ve SBK değerlerinde ince kepek fraksiyonlarını sırasıyla genellikle öğütme unları ve tam karabuğday unları izlemiştir.

Tam karabuğday unlarında, ince kepek, kırma unu ve öğütme unlarında STK değerleri sırasıyla 1,85 - 2,08 g H₂O/g; 3,38 - 4,88 g H₂O/g; 1,43 - 1,63 g H₂O/g ve 1,52 - 1,74 g H₂O/g arasında değişmiştir. Aynı örneklerdeki YAK değerleri sırasıyla 0,97 - 1,08 g sıvı yağ/g; 2,00 - 2,23 g sıvı yağ/g; 1,09 - 1,18 g sıvı yağ/g ve 1,09 - 1,22 g sıvı yağ/g arasında değişmiştir (**Tablo 4.7**).

Tablo 4.7 Tam karabuğday unlarının ve valsli değirmen öğütme fraksiyonlarının bazı fonksiyonel özellikleri

Lokasyon/Çeşit	SÇM ^{zy} (%)	SBK ^{zy} (%)	STK ^{zy} (g H ₂ O /g)	YAK ^{zy} (g sıvı yağ /g)
Tam Karabuğday Unları				
Bilecik/ <i>Aktaş cv.</i>	6,80±0,141 ^e	221,9±0,80 ^e	1,85±0,018 ^c	0,98±0,008 ^{cd}
Bilecik/ <i>Aktaş cv.*</i>	6,53±0,082 ^e	224,3±0,28 ^d	1,96±0,016 ^b	0,97±0,008 ^d
Çorum/ <i>Aktaş cv.</i>	10,23±0,247 ^a	209,7±0,54 ^g	1,94±0,080 ^b	1,03±0,011 ^b
Gümüşhane/ <i>Aktaş cv.</i>	7,20±0,017 ^d	241,6±0,83 ^a	2,08±0,011 ^a	1,02±0,006 ^{bc}
Kars/ <i>Aktaş cv.</i>	6,53±0,243 ^e	226,2±0,36 ^c	2,04±0,025 ^a	1,01±0,047 ^{bcd}
Konya/ <i>Aktaş cv.</i>	9,73±0,104 ^b	237,3±0,54 ^b	2,06±0,035 ^a	1,08±0,019 ^a
Konya/ <i>Güneş cv.</i>	8,90±0,080 ^c	213,5±0,20 ^f	1,96±0,004 ^b	1,05±0,032 ^{ab}
İnce Kepekler				
Bilecik/ <i>Aktaş cv.</i>	21,90±1,455 ^c	459,1±0,51 ^d	3,71±0,077 ^c	2,00±0,104 ^d
Bilecik/ <i>Aktaş cv.*</i>	23,70±1,047 ^b	684,7±7,75 ^a	3,39±0,084 ^e	2,21±0,065 ^{ab}
Çorum/ <i>Aktaş cv.</i>	20,82±0,157 ^{cd}	371,6±1,63 ^f	3,68±0,053 ^d	2,05±0,088 ^{cd}
Gümüşhane/ <i>Aktaş cv.</i>	21,63±1,300 ^c	481,4±7,60 ^c	3,77±0,044 ^c	2,12±0,018 ^{bc}
Kars/ <i>Aktaş cv.</i>	19,73±0,887 ^{de}	441,2±15,37 ^e	3,94±0,077 ^b	2,18±0,038 ^{ab}
Konya/ <i>Aktaş cv.</i>	18,42±0,536 ^e	508,1±1,98 ^b	4,88±0,042 ^a	2,24±0,005 ^a
Konya/ <i>Güneş cv.</i>	28,33±0,389 ^a	364,8±2,24 ^f	3,38±0,066 ^e	2,23±0,052 ^{ab}
Kırma Unları				
Bilecik/ <i>Aktaş cv.</i>	1,30±0,140 ^d	174,9±0,96 ^b	1,50±0,057 ^{bc}	1,18±0,024 ^a
Bilecik/ <i>Aktaş cv.*</i>	1,23±0,083 ^d	156,5±0,62 ^d	1,51±0,007 ^{bc}	1,09±0,032 ^b
Çorum/ <i>Aktaş cv.</i>	2,34±0,289 ^b	175,7±0,66 ^b	1,53±0,053 ^b	1,11±0,036 ^b
Gümüşhane/ <i>Aktaş cv.</i>	1,85±0,061 ^c	150,7±1,13 ^f	1,43±0,039 ^d	1,09±0,068 ^b
Kars/ <i>Aktaş cv.</i>	1,83±0,100 ^c	154,0±0,19 ^e	1,46±0,017 ^{cd}	1,10±0,013 ^b
Konya/ <i>Aktaş cv.</i>	4,10±0,040 ^a	178,8±0,97 ^a	1,63±0,056 ^a	1,12±0,029 ^{ab}
Konya/ <i>Güneş cv.</i>	1,63±0,011 ^c	169,4±1,15 ^c	1,45±0,023 ^{cd}	1,10±0,010 ^b
Öğütme Unları				
Bilecik/ <i>Aktaş cv.</i>	6,99±0,064 ^e	165,4±0,34 ^b	1,60±0,035 ^b	1,19±0,058 ^{ab}
Bilecik/ <i>Aktaş cv.*</i>	17,70±0,087 ^a	166,5±0,46 ^a	1,62±0,045 ^b	1,16±0,033 ^{abc}
Çorum/ <i>Aktaş cv.</i>	11,83±0,103 ^b	155,2±0,89 ^e	1,54±0,033 ^c	1,17±0,037 ^{ab}
Gümüşhane/ <i>Aktaş cv.</i>	10,20±0,092 ^c	153,1±0,05 ^f	1,53±0,012 ^c	1,13±0,046 ^{bc}
Kars/ <i>Aktaş cv.</i>	9,00±0,150 ^d	163,1±0,78 ^c	1,54±0,016 ^c	1,09±0,043 ^c
Konya/ <i>Aktaş cv.</i>	11,66±0,099 ^b	166,1±0,45 ^{ab}	1,74±0,024 ^a	1,17±0,032 ^{ab}
Konya/ <i>Güneş cv.</i>	8,69±0,332 ^d	157,4±0,66 ^d	1,52±0,009 ^c	1,22±0,023 ^a

^zOrtalama ± standart sapma (n=3). ^yAynı sütun içinde farklı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır (P<0,05). *Gübresiz üretim. SÇM: Suda Çözünür Madde. SBK: Su Bağlama Kapasitesi. STK: Su Tutma Kapasitesi. YAK: Yağ Absorplama Kapasitesi.

Görüldüğü üzere en yüksek STK ve YAK değerleri ince kepek fraksiyonlarında gözlenmiştir. Bunda, kepek fraksiyonlarında bulunan sırasıyla hidrofilik ve hidrofobik proteinlerin rol oynadığı düşünülmektedir. Bilindiği üzere STK ve YAK'nin, bitkisel proteinlerin gıdalardaki başlıca fonksiyonel özelliklerinden olduğu bildirilmiştir. Bununla birlikte en düşük STK ve YAK değerleri sırasıyla kırma unlarında ve tam karabuğday unlarında belirlenmiştir.

Yıldız vd. (2019) *Güneş cv.* ve *Aktaş cv.* çeşitlerinin tam karabuğday unlarında suda çözünen madde değerlerini sırasıyla %8,7 ve %8,5; aynı çeşitlerin kavuzsuz karabuğday unlarında (*buckwheat groat flour*) sırasıyla %6,3 ve %6,6 olarak bulmuşlardır. Görüldüğü üzere tam karabuğday unlarının suda çözünen madde değerleri, kavuzsuz karabuğday unlarına göre daha yüksektir. Aynı çalışmada, *Güneş cv.* ve *Aktaş cv.* çeşitlerinin tam karabuğday unlarında su bağlama kapasitesi sırasıyla %223,4 ve %228,3; kavuzsuz karabuğday unlarında sırasıyla %164,8 ve %174,7 olarak tespit etmişlerdir. Burada da tam karabuğday unlarının su bağlama kapasite değerlerinin, kavuzsuz karabuğday unlarına göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir.

Wijngaard ve Arendt (2006), karabuğday nişastasının su bağlama kapasitesinin %109,9 olarak belirtmiş ve buğday ve mısır nişastasından daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Bunun da karabuğday nişastasının çok küçük boyutta olması ve yüzey alanının oldukça geniş olmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir.

İki farklı kavuzu çıkarılmış karabuğday unundan ekstrakte edilen nişasta örneklerinin su bağlama kapasitesi değerleri %102 (%22 amilozlu) ve %94 (%28,5 amilozlu) olarak bulunmuştur (Acquistucci ve Fornal, 1997). Aynı çalışmada, buğday nişastasının su bağlama kapasitesi %100 (%25 amilozlu) olarak tespit edilmiştir. Araştırmacılar daha çok amorf yapıya sahip nişasta örneğinin daha fazla suyu absorbe ettiğini ifade etmişlerdir.

Kasar vd. (2021) Hindistan'ın Himalaya bölgesinin dört farklı lokasyonundan temin ettikleri 4 farklı karabuğday (*Fagopyrum esculentum*) örneklerini valsli değirmende öğütürerek öğütme fraksiyonlarının fonksiyonel

özelliklerini incelemişlerdir. Kepeksiz karabuğday unlarının su bağlama kapasitesi, yağ bağlama kapasitesi, şişme gücü ve suda çözünen madde indeksi sırasıyla %180,1-190,6, %172,2-186,1, 9,1-9,5 g su/g ve %7,6-9,4 arasında değişmiştir. İri taneli (grit/irmik) karabuğdayın su bağlama kapasitesi %192,4-213,1; yağ bağlama kapasitesi %175,5-190,0; şişme gücü 7,2-8,4 g su/g ve suda çözünen madde indeksini %12,2-14,0 arasında tespit etmişlerdir. Kepek fraksiyonlarının aynı özelliklerini ise sırasıyla; %192,8-244,7; %183,8-203,1; 7,3-7,4 g su/g ve %16,2-18,4 olarak tespit etmişlerdir. Kavuz fraksiyonunun su bağlama kapasitesi, yağ bağlama kapasitesi, şişme gücü ve suda çözünen madde indeksi değerleri sırasıyla %233,8-246,5; %206,3-221,2; 5,1-5,4 g su/g ve 17,0-19,8 arasında bulmuşlardır. Araştırmacılar, su bağlama kapasitesi üzerine protein ve besinsel liflerin etkili olabileceğini, proteinlerdeki polar amino asitlerin de bunda rol oynayabileceğini belirtmişlerdir. Yağ bağlama kapasitesinde ise protein ve nişasta içeriğinin önemli olduğunu ve et ürünlerinde karabuğday ürünleri kullanıldığında, pişme kaybının azaltılmasında ve pişmiş ürünün boyut stabilitesinin korunmasında etkili olabileceğini ifade etmişlerdir.

Bhinder vd. (2020) 23 farklı Tartar karabuğdayını süper değirmende öğüttükten sonra 250 µ'luk elekten geçirmiş ve karabuğday unlarının su absorpsiyon kapasitesi ve yağ absorpsiyon kapasitelerini incelemişlerdir. Buna göre, Tartar karabuğdayı unlarının su absorpsiyon kapasiteleri 0,82-1,40 g su/g arasında, yağ absorpsiyon kapasitesi değerleri ise 2,25-2,73 g yağ/g arasında değişmiştir. Araştırmacılar, protein ve nişasta içeriği ve partikül büyüklüğüne ek olarak protein molekülü yüzeyindeki non-polar amino asit miktarının yağ absorplama kapasitesini artırdığını, hidrofobik proteinlerin oldukça yüksek yağ absorplama kapasitesine sahip olduğunu, non-polar amino asitler ile yağ asitleri arasındaki etkileşimin bunda rolü bulunduğunu belirtmişlerdir. Su bağlama kapasitesinde de asidik amino asitlerin yani polar amino asitlerin su moleküllerini bağlamada etkili olduklarını ve su bağlama kapasitesini artırdıklarını bildirmişlerdir. Yüksek su bağlama kapasitesine sahip unların geniş kullanım alanlarının olabileceğini, örneğin hazır çorba ve et ürünleri gibi gıdalarda viskoziteyi artırarak tekstürel kıvamın iyileştirilebileceğini, hamur işlemeyi kolaylaştırarak fırın ürünlerinin tazeliğinin sağlanmasında etkili olabileceğini belirtmişlerdir (Bhinder vd., 2020).

4.5 Karabuğday Örneklerinin Toplam Fenolik Madde Miktarları

Tam karabuğday unlarının ve valsli değirmen öğütme ürünlerinin dimetilsülfoksit (DMSO) ekstraksiyonu ile tespit edilen toplam fenolik madde (TFM) miktarları (mg gallik asit eşd./g örnek) kuru madde üzerinden **Tablo 4.8**'de gösterilmiştir. Buna göre, TFM miktarı tam karabuğday unlarında 4,84 - 7,06 mg gallik asit eşd./g; ince kepeklerde 9,90 - 13,11 mg gallik asit eşd./g; kırma unlarında 1,13 - 2,50 mg gallik asit eşd./g ve öğütme unlarında 2,20 - 4,03 mg gallik asit eşd./g arasında değişmiştir. En yüksek TFM miktarı tüm lokasyonların ince kepek fraksiyonlarında görülmüş olup bunu tam karabuğday unlarındaki TFM miktarları izlemiştir. En düşük TFM miktarları tüm lokasyonlarda kırma unlarında görülmüştür. Tüm örnekler içerisinde, DMSO ekstraksiyonu ile en yüksek TFM miktarı Kars lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* karabuğdayının ince kepek fraksiyonunda (13,11 mg gallik asit eşd./g örnek) gözlenmiş olup, Gümüşhane lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinin ince kepek fraksiyonundaki TFM miktarı (13,03 mg gallik asit eşd./g örnek) ile arasındaki fark istatistikel olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$).

Yıldız vd. (2019) DMSO ekstraksiyonu ile *Güneş cv.* ve *Aktaş cv.* çeşitlerinin tam karabuğday unlarında TFM miktarlarını sırasıyla 2,08 ve 1,72 mg gallik asit eşd./ g örnek; kavuzsuz karabuğday unlarında 1,24 ve 1,14 mg gallik asit eşd./ g örnek olarak bulmuşlardır.

Arslan vd. (2022) DMSO ekstraksiyonu ile *Güneş cv.* ve *Aktaş cv.* çeşitlerinin tam karabuğday unlarında TFM miktarlarını sırasıyla 5,2 ve 5,4 mg ferulik asit eşd./ g örnek; kavuzsuz karabuğday unlarında 4,8 ve 4,7 mg ferulik asit eşd./ g örnek olarak bulmuşlardır.

Liu vd. (2018), kavuzsuz Tartar karabuğdayını ultrasantrifugal değirmen, valsli değirmen, taş değirmen ve ıslak öğütme yöntemleri ile karabuğday ununa öğütmüştür. Mutlak metil alkol ekstraksiyonu sonucunda TFM içeriklerini kuru madde üzerinden sırasıyla 16,82; 11,30; 15,80 ve 6,11 mg gallik asit eşd./g örnek olarak bulmuşlardır.

Tablo 4.8 Tam karabuğday unu ve valsli değirmen öğütme ürünlerinin dimetil sülfoksit (DMSO) ekstraksiyonu ile belirlenen toplam fenolik madde miktarları (mg gallik asit eşd./g)

Toplam Fenolik Madde (mg gallik asit eşd./g)				
Lokasyon/Çeşit	Tam Karabuğday Unu ^{zy}	İnce Kepek ^{zy}	Kırma Unu ^{zy}	Öğütme Unu ^{zy}
Konya/Güneş cv.	4,84±0,064 ^f	10,43±0,084 ^e	1,20±0,007 ^d	2,20±0,003 ^f
Konya/Aktaş cv.	7,06±0,060 ^a	12,58±0,046 ^b	2,50±0,005 ^a	4,03±0,045 ^a
Çorum/Aktaş cv.	5,10±0,012 ^e	9,90±0,063 ^f	1,53±0,055 ^b	3,43±0,058 ^b
Kars/Aktaş cv.	6,67±0,013 ^c	13,11±0,022 ^a	1,47±0,015 ^c	3,17±0,022 ^c
Bilecik/Aktaş cv. *	6,87±0,069 ^b	10,80±0,077 ^d	1,13±0,049 ^e	2,51±0,005 ^e
Bilecik/Aktaş cv.	5,39±0,009 ^d	12,30±0,127 ^c	1,19±0,009 ^d	2,63±0,052 ^d
Gümüşhane/Aktaş cv.	6,90±0,001 ^b	13,03±0,091 ^a	1,50±0,022 ^{bc}	3,10±0,009 ^c

^zOrtalama ± standart sapma (n=3), kuru madde üzerinden verilmiştir.

^yAynı sütun içinde farklı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($P<0,05$).

*Gübresiz üretim

Fu-hua vd. (2013), Common ve Tartar karabuğdaylarından oluşan 10 adet karabuğdayın kavuz, kepek ve unlarında, %80'lik soğuk aseton ekstraksiyonu ile TFM miktarlarını belirlemişlerdir. Buna göre kavuzlarda TFM içeriği 13,59 - 26,19 mg gallik asit eşd./g; kepeklerde 8,76 - 27,18 mg gallik asit eşd./g ve unlarda 8,62 – 15,85 mg gallik asit eşd./g arasında değişmiştir.

Tam karabuğday unlarının ve valsli değirmen öğütme ürünlerinin %50'lik metanol ekstraksiyonu ile tespit edilen toplam fenolik madde (TFM) miktarları (mg gallik asit eşd./g örnek) kuru madde üzerinden **Tablo 4.9**'da gösterilmiştir. Buna göre, tam karabuğday unlarında TFM miktarı 2,64 - 3,62 mg gallik asit eşd./g; ince kepeklerde 9,03 - 12,34 mg gallik asit eşd./g; kırma unlarında 0,79 - 1,68 mg gallik asit eşd./g ve öğütme unlarında 2,17 - 3,52 mg gallik asit eşd./g arasında değişmiştir. En yüksek TFM miktarı tüm lokasyonların yine ince kepek fraksiyonlarında görülmüş olup bunu tam karabuğday unlarındaki TFM miktarları izlemiştir. En düşük TFM miktarları tüm lokasyonlarda yine kırma unlarında görülmüştür. Tüm örnekler içerisinde, %50'lik metanol ekstraksiyonu ile en yüksek TFM miktarı Bilecik lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* karabuğdayının ince kepek fraksiyonunda (12,34 mg gallik asit/g örnek) gözlenmiş olup, Gümüşhane lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinin ince kepek fraksiyonundaki TFM miktarı (12,32 mg gallik asit/g örnek) ile arasındaki fark istatistikel olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$).

Genel olarak DMSO ekstraksiyonu ile tüm öğütme ürünlerinde daha fazla TFM ekstrakte edilmiştir. Her iki ekstraksiyon çözeltisi kullanılarak tüm lokasyonlarda yetiştirilen karabuğdayların öğütme ürünlerinde TFM miktarı ince kepek> tam karabuğday unu>öğütme unu>kırma unu şeklinde tespit edilmiştir. Ayrıca, her iki ekstraksiyon çözeltisi ile Konya lokasyonunda yetiştirilenn *Aktaş cv.* çeşitinin öğütme unu, kırma unu ve tam karabuğday unlarında en yüksek TFM miktarı saptanmıştır.

Yıldız vd. (2019) mutlak metanol ekstraksiyonu ile *Güneş cv.* ve *Aktaş cv.* çeşitlerinin tam karabuğday unlarında TFM miktarlarını sırasıyla 2,34 ve 2,12 mg gallik asit eşd./ g örnek; kavuzsuz karabuğday unlarında 1,51 ve 1,64 mg gallik asit eşd./ g örnek olarak bulmuşlardır.

Tablo 4.9 Tam karabuğday unu ve valsli değirmen öğütme ürünlerinin %50'lik metanol ekstraksiyonu ile belirlenen toplam fenolik madde miktarları (mg gallik asit eşd./g)

Toplam Fenolik Madde (mg gallik asit eşd./g)				
Lokasyon/Çeşit	Tam Karabuğday Unu ^{zy}	İnce Kepek ^{zy}	Kırma Unu ^{zy}	Öğütme Unu ^{zy}
Konya/Güneş cv.	2,84±0,016 ^e	10,20±0,066 ^d	1,02±0,011 ^c	2,61±0,012 ^c
Konya/Aktaş cv.	3,62±0,027 ^a	11,06±0,036 ^c	1,68±0,047 ^a	3,52±0,025 ^a
Çorum/Aktaş cv.	2,64±0,031 ^f	9,03±0,063 ^e	1,22±0,005 ^b	3,15±0,056 ^b
Kars/Aktaş cv.	3,18±0,039 ^c	12,14±0,090 ^b	0,93±0,017 ^d	2,30±0,020 ^d
Bilecik/Aktaş cv. *	3,16±0,022 ^c	11,16±0,072 ^c	0,79±0,033 ^e	2,24±0,013 ^e
Bilecik/Aktaş cv.	2,97±0,020 ^d	12,34±0,042 ^a	0,94±0,026 ^d	2,17±0,037 ^f
Gümüşhane/Aktaş cv.	3,50±0,056 ^b	12,32±0,047 ^a	1,04±0,028 ^c	2,63±0,030 ^c

^zOrtalama ± standart sapma (n=3), kuru madde üzerinden verilmiştir.

^yAynı sütun içinde farklı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($P<0.05$).

*Gübresiz üretim.

Arslan vd. (2022) %80'lik metil alkol ekstraksiyonu ile *Güneş cv.* ve *Aktaş cv.* çeşitlerinin tam karabuğday unlarında TFM miktarlarını sırasıyla 5,2 ve 5,1 mg ferulik asit eşd./ g örnek; kavuzsuz karabuğday unlarında 4,0 ve 3,9 mg ferulik asit eşd./ g örnek olarak bulmuşlardır.

Guo vd. (2012) Tartar karabuğdayının kavuz, ince kepek, kaba kepek ve kepeksiz ununda, %80'lik soğutulmuş aseton ekstraksiyonu uygulayarak TFM analizi yapmıştır. Araştırmalarında, kavuzda 3,06 g gallik asit eşd./100 g, kaba kepekte 7,71 g gallik asit eşd./100 g, ince kepekte 9,49 g gallik asit eşd./100 g ve kepeksiz ununda 1,02 g gallik asit eşd./100 g TFM tespit etmişlerdir.

Gavric vd. (2018) Slovenya orjinli Darja çeşiti Common karabuğdayının üç yıllık ekim çalışmalarında, TFM içeriklerini 2011 yılında 0,37 mg gallik asit eşd./ g, 2012 yılında 3,67 mg gallik asit eşd./ g ve 2013 yılında 0,35 mg gallik asit eşd./ g olarak bulmuşlardır.

Sedaj vd. (2012) karabuğday kavuzunda, tam karabuğday ununda ve kavuzsuz karabuğday ununda TFM analizini %80 etil alkol ekstraksiyonu ile gerçekleştirmişler ve tam karabuğday ununun TFM içeriğini 1,87; kavuzunun 2,09 ve kavuzsuz karabuğday ununun ise 1,69 mg gallik asit eşd./g olarak tespit etmişlerdir.

Martín-García vd. (2019) karabuğday kepeğinde, razmolünde ve kepeksiz ununda TFM analizini %80'lik etil alkol ile gerçekleştirmiş ve TFM miktarlarını kepekte 1932,30 mg/kg; razmol ununda 1605,57 mg/kg; kepeksiz ununda 254,10 mg/kg ve kavuzu çıkarılmış tanede 910,25 mg/kg olarak bulmuşlardır. Aynı araştırmacılar serbest fenolik bileşiklerin kepekte yoğunlaştığını, bağlı fenolik bileşiklerin ise razmol ununda ve kepekte biriktiğini bildirmişlerdir.

Zhang vd. (2017) çalışmalarında sekiz adet kavuzsuz Common karabuğdayın kavuz, kepek ve endosperm fraksiyonlarındaki TFM miktarlarını ardışık olarak %70'lik aseton ve %50'lik metanol ile belirlemiş ve sırasıyla 2255,2 – 7407,2 mg/100 g, 1940,5 – 2642,3 mg/100 g ve 393,7 to 719,4 mg/100 g arasında bulmuşlardır. Görüldüğü gibi TFM miktarları en çok

kavuz>kepek>endosperm şeklinde değişmekte olup bu tez çalışmasında bulunan sonuçlar ile benzerlik göstermektedir.

Sujka vd. (2022) makarna üretiminde semolina yerine karabuğday kavuzunu kullandıkları çalışmalarında, kavuzun %50'lik metanol ekstraktında TFM miktarını kuru madde üzerinden 21,55 mg gallik asit eşd./g olarak saptamışlardır.

Guo vd. (2011) iki farklı Tartar karabuğdayı çeşitini 3 farklı lokasyonda yetiştirmişler ve serbest ve bağlı fenolik madde miktarını sırasıyla %80'lik soğutulmuş aseton ve 2 mol/L NaOH ekstraksiyonları ile belirlemişlerdir. Araştırmalarında *Xingku No.2* çeşitinde TFM miktarını kuru madde üzerinden 5150-9660 µmol gallik asit eşd./100 g; *Diqing* çeşitindeki TFM miktarını kuru madde üzerinden 7700-9260 µmol gallik asit eşd./100 g arasında tespit etmişlerdir.

Mazahir vd. (2022) Tartar ve Common karabuğdaylarını laboratuvar tip valsli değirmende fraksiyonlara ayırdıktan sonra farklı ekstraksiyon çözeltileri (su, %50-70 metanol, %50-70 etanol) kullanarak hazırladıkları ekstraktlarda TFM analizi gerçekleştirmişlerdir. Araştırmalarında, en düşük TFM miktarları tüm fraksiyonlarda su ile yapılan ektratlerde görülmüştür, bununla birlikte çözeltilerdeki konsantrasyon artışı ile birlikte tüm fraksiyonlarda TFM artmıştır. Örneğin Tartar karabuğdayının %70 etanol ile hazırlanan ekstraktlarında (21,01 mg gallik asit eşd./g), Common karabuğdayına (19,81 mg gallik asit eşd./g) göre daha yüksek miktarda TFM saptanmıştır. Tüm ekstraksiyon çözeltilerinde her iki karabuğdayın fraksiyonlarındaki TFM miktarı kavuz >ince kepek > kaba un > kepeksiz un şeklinde değişmiştir.

4.6 Toplam Flavonoid Madde Miktarı Sonuçları

Tam karabuğday unlarının ve valsli değirmen öğütme ürünlerinin toplam flavonoid miktarı (TFL, mg Rutin eşd./kg) kuru madde üzerinden **Tablo 4.10**'da gösterilmiştir. Buna göre, TFL miktarı tam karabuğday unlarında 0,79-1,07 mg Rutin eşd./g; ince kepeklerde 2,72-2,94 mg Rutin eşd./g; kırma unlarında 0,19-

0,41 mg Rutin eşd./g ve öğütme unlarında 0,42-0,61 mg Rutin eşd./g arasında değişmiştir. En yüksek TFL değerleri tüm lokasyonlarda ince kepek fraksiyonlarında görülmüş olup bunu tam karabuğday unlarının TFL değerleri izlemiştir. En düşük TFL değerleri tüm lokasyonlarda kırma unlarında görülmüştür. Tüm örnekler içerisinde, en yüksek TFL değeri Çorum lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* karabuğdayının ince kepek fraksiyonunda (2,94 mg Rutin eşd./g) gözlenmiş olup, bunu Bilecik lokasyonunda gübresiz yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinin ince kepek fraksiyonunun TFL değeri (2,93 mg Rutin eşd./g) takip etmiş ve aralarındaki farkın istatistikel olarak önemli olmadığı görülmüştür ($P>0,05$). Tam karabuğday unları içerisinde en yüksek TFL değeri (1,07 mg Rutin eşd./g) yine Bilecik lokasyonunda gübresiz yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinde saptanmıştır ($P<0,05$). Öğütme unları içerisinde en yüksek TFL değeri (0,61 mg Rutin eşd./g) Konya lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinde gözlenmiştir ($P<0,05$). Kırma unları içerisinde en yüksek TFL değeri (0,41 mg Rutin eşd./g) yine Konya lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinde belirlenmiştir ($P<0,05$).

Guo vd. (2012) Tartar karabuğdayının öğütme fraksiyonlarının fenolik bileşik ve antioksidan özelliklerini inceledikleri çalışmalarında, kavuz, kaba kepek, ince kepek ve kepeksiz unda fenolik bileşik, flavonoidler, fenolik asitlerin ve bunların antioksidan özelliklerinin birbirinden çok farklılık gösterdiğini bildirmişlerdir. Tüm fraksiyonlarda, serbest fenolik bileşiklerin bağlı fenolik bileşiklerden daha fazla bulunduğunu belirlemişlerdir. Araştırmalarında Tartar karabuğdayının kavuz, kaba kepek, ince kepek ve kepeksiz un fraksiyonlarında TFL bileşik miktarını kuru madde üzerinden sırasıyla 4,22; 9,65; 14,07 ve 1,91 g Rutin eşd./100 g olarak tespit etmişlerdir. Görüldüğü gibi ince kepek fraksiyonunun TFL miktarı, kepeksiz undan daha yüksektir, buna göre bulguların bu tez çalışmasındaki sonuçlar ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Martín-García vd. (2019) kavuzsuz karabuğdayı valsli değirmende öğüttükten sonra elde ettikleri kepekte, razmolde ve kepeksiz un fraksiyonlarında ve ayrıca valsli değirmende öğütülmemiş kavuzsuz karabuğday (*groat*) ununda TFL miktarlarını kuru madde üzerinden sırasıyla 1422,52 mg/kg, 1056,94 mg/kg, 157,84 mg/kg ve 614,46 mg/kg olarak bulmuşlardır.

Tablo 4.10 Tam karabuğday unu ve valsli değirmen öğütme ürünlerinin toplam flavonoid madde miktarı sonuçları

Toplam Flavonoid Madde ^{a*} (mg Rutin eşd./g örnek)				
Lokasyon/Çeşit	Tam Karabuğday Unu ^{zy}	İnce Kepek ^{zy}	Kırma Unu ^{zy}	Öğütme Unu ^{zy}
Konya/Güneş cv.	0,87±0,003 ^d	2,77±0,013 ^e	0,19±0,002 ^{ef}	0,58±0,003 ^b
Konya/Aktaş cv.	0,85±0,003 ^e	2,82±0,028 ^c	0,41±0,009 ^a	0,61±0,008 ^a
Çorum/Aktaş cv.	0,79±0,004 ^f	2,94±0,005 ^a	0,36±0,003 ^b	0,55±0,019 ^c
Kars/Aktaş cv.	0,91±0,007 ^c	2,87±0,013 ^b	0,20±0,008 ^{de}	0,46±0,004 ^e
Bilecik/Aktaş cv. *	1,07±0,002 ^a	2,93±0,009 ^a	0,18±0,014 ^f	0,42±0,009 ^f
Bilecik/Aktaş cv.	0,79±0,004 ^f	2,72±0,048 ^e	0,23±0,002 ^c	0,49±0,005 ^d
Gümüşhane/Aktaş cv.	0,95±0,003 ^b	2,88±0,012 ^b	0,21±0,002 ^d	0,55±0,005 ^c

^zOrtalama ± standart sapma (n=3), kuru madde üzerinden verilmiştir.

^yAynı sütun içinde farklı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($P<0.05$).

*Gübresiz üretim

Araştırmalarında bulunan değerlerin bu tez çalışmasında bulunan sonuçlar ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Hung ve Morita (2008), tam karabuğdayı 16 farklı fraksiyona ayırdıktan sonra fenolik bileşik ve antioksidan aktivitelerini inceledikleri çalışmalarında, flavonoidlerin, serbest formdan ziyade bağlı formda bulunan fenolik bileşikler olduğunu saptamışlardır. Aynı durumun pirinç, buğday, mısır ve yulafta da görüldüğünü, flavonoidlerin hücre duvarlarına bağlı olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmalarında fenolik bileşik içeriği en düşük fraksiyon ile fenolik bileşik içeriği en yüksek olan fraksiyonlarda TFL içeriğinin 23,5-1354,1 g Rutin eşd./g arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca, ticari karabuğday unlarında dış tabakaların öğütme ile uzaklaştırılmasından dolayı flavonoid içeriğinin azaldığını, dolayısıyla tam karabuğday unu olarak tüketmenin sağlık açısından daha faydalı olacağını söylemişlerdir. Bu tez çalışmasındaki bulgular da yapılan çalışmalar ile benzerlik göstermektedir ki ince kepek ve tam karabuğday unlarında daha yüksek TFL miktarı gözlenmiştir.

Qin vd. (2010), 21 adet Tartar karabuğdayı ve 18 adet Common karabuğdayını parçalayıcıda öğüttükten sonra 60 mesh'lik (250 ) elekten elemişler ve unlarındaki flavonoid ekstraksiyonunu %70'lik metanol ile yapmışlardır. Araştırmalarında Tartar karabuğdayların TFL miktarlarının Common karabuğdaylarından 10 kat daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Tartar karabuğdaylarında TFL miktarını 6,65-22,74 mg/g; Common karabuğdayların TFL miktarını ise 0,67-2,25 mg/g arasında bulmuşlardır. Ayrıca, karabuğdaydaki flavonoid miktarının çeşit ve yetiştirme koşullarına bağlı olduğunu bildirmişlerdir.

Guo vd. (2011) iki farklı Tartar karabuğdayı çeşitini 3 farklı lokasyonda yetiştirmişler ve serbest ve bağlı fenolik madde miktarını sırasıyla %80'lik soğutulmuş aseton ve 2 mol/L NaOH ekstraksiyonları ile belirlemişlerdir. Araştırmalarında *Xingku No.2* eşitinde toplam flavonoid madde miktarını kuru madde üzerinden 2077-2479 mol rutin eşd./100 g; *Diqing* eşitindeki toplam flavonoid madde miktarını kuru madde üzerinden 2260-2534 mol rutin eşd./100 g arasında tespit etmişlerdir.

Liu vd. (2018) Tartar karabuğdayını kavuzundan uzaklaştırdıktan sonra ultrafine değirmen ve ıslak öğütme yöntemleri ile öğütmüş, ayrıca kavuzunu uzaklaştırmadan taş değirmen ve valsli değirmende öğütmüştür. Daha sonra herbir un örneğinin polifenolik maddelerini mutlak metanol ile ekstrakte etmişlerdir. Buna göre ultrafine değirmen, valsli değirmen, taş değirmen ve ıslak öğütme yöntemleri ile üretilen karabuğday unları ekstraktlarının toplam flavonoid madde miktarlarını kuru madde üzerinden sırasıyla 727,7; 416,7; 642,3 ve 448,7 mg rutin eşd./100 g olarak bulmuşlardır.

Lee vd. (2016) Common ve Tartar karabuğdaylarının kavuz ve kavuzsuz unlarındaki (*groat*) fenolik maddeleri %80'lik aseton ile ekstrakte etmişlerdir. Araştırmalarında Common karabuğdayının kavuz ve kavuzsuz ununda toplam flavonoid madde miktarını sırasıyla 0,553 mg/g ve 0,311 mg/g; Tartar karabuğdayının aynı kısımlarındaki toplam flavonoid miktarını sırasıyla 2,24 mg/g ve 12,2 mg/g olarak bulmuşlardır.

Mazahir vd. (2022) Tartar ve Common karabuğdaylarını laboratuvar tip valsli değirmende fraksiyonlara ayırdıktan sonra farklı ekstraksiyon çözeltileri (su, %50-70 metanol, %50-70 etanol) kullanarak hazırladıkları ekstraktlarda TFL miktarlarını incelemişlerdir. Karabuğdaylardaki flavonoid miktarının çeşit ve ekstraksiyon çözeltilerinden önemli ölçüde etkilendiğini bildirmişlerdir. Tartar karabuğdayından %70'lik etanol ile hazırlanan ekstrakttaki TFL içeriği (1233,99 mg Kuersetin eşd./100 g) Common tip karabuğdayın TFL miktarından (1088,62 mg Kuersetin eşd./100 g) daha yüksek bulunmuştur. Karabuğdayın TFL miktarı üzerine çeşitin önemli bir etkisinin bulunduğunu söylemişler, ayrıca karabuğdaydaki TFL miktarının buğdaydan daha fazla olduğunu bildirmişlerdir.

4.7 Karabuğday Örneklerinin Antioksidan Aktivite Özellikleri

Tam karabuğday unlarının ve valsli değirmen öğütme ürünlerinin DPPH radikalini süpürme aktivitesi (%) sonuçları kuru madde üzerinden **Tablo 4.11**'de gösterilmiştir. Buna göre, DPPH radikalini süpürme aktivitesi tam karabuğday unlarında %32,23-44,40; ince kepeklerde %80,81-98,34; kırma unlarında %10,72-

16,02 ve öğütme unlarında %17,27-29,23 arasında değişmiştir. En yüksek DPPH radikalini süpürme aktivitesi tüm lokasyonlarda ince kepek fraksiyonlarında görülmüş olup bunu tam karabuğday unlarının DPPH radikalini süpürme aktivitesi izlemiştir. En düşük DPPH radikalini süpürme aktivitesi tüm lokasyonlarda kırma unlarında görülmüştür. Tüm örnekler içerisinde, en yüksek DPPH radikalini süpürme aktivitesi Bilecik lokasyonunda gübresiz yetiştirilen *Aktaş cv.* karabuğdayının ince kepek fraksiyonunda (%98,34, $P<0,05$) gözlenmiş olup, bunu yine Bilecik ve Gümüşhane lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinin ince kepek fraksiyonlarının DPPH radikalini süpürme aktiviteleri (sırasıyla %96,22 ve %96,19, $P>0,05$) takip etmiş ve aralarındaki farkın istatistikel olarak önemli olduğu görülmüştür ($P<0,05$). Tam karabuğday unları içerisinde en yüksek DPPH radikalini süpürme aktivitesi (%44,40) yine Bilecik lokasyonunda gübresiz yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinde saptanmıştır. Öğütme ve kırma unları içerisinde en yüksek DPPH radikalini süpürme aktivitesi değerleri sırasıyla Kars (%29,23, $P<0,05$) ve Çorum (%16,02, $P<0,05$) lokasyonlarında yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinden elde edilen fraksiyonlarda gözlenmiştir.

Arslan vd. (2022) çalışmalarında *Güneş cv.* ve *Aktaş cv.* çeşitlerinin tam karabuğday unlarında DPPH radikalini süpürme aktivitesini kuru madde üzerinden sırasıyla %59,4 ve %62,2; aynı çeşitlerin kavuzsuz karabuğday unlarında kuru madde üzerinden sırasıyla %51,9 ve %53,0 olarak bulmuşlardır.

Yıldız vd. (2019) bir araştırmasında *Güneş cv.* ve *Aktaş cv.* çeşitlerinin tam karabuğday unlarında DPPH radikalini süpürme aktivitesini kuru madde üzerinden sırasıyla %55,8 ve %49,4; aynı çeşitlerin kavuzsuz karabuğday unlarında kuru madde üzerinden sırasıyla %36,1 ve %34,5 olarak bulmuşlardır.

Guo vd. (2012) Tartar karabuğdayının öğütme ürünlerinin (kavuz, ince kepek, kaba kepek ve kepeksiz un) antioksidan özelliklerini inceledikleri çalışmalarında, fraksiyonlardaki serbest fenoliklerin radikalleri süpürme aktivitelerinin bağlı fenoliklerden daha yüksek olduğunu, serbest fenoliklerin DPPH radikalini süpürme aktivitelerinin %61,0-81,0 olduğunu bildirmişlerdir.

Tablo 4.11 Tam karabuğday unu ve valsli değirmen öğütme ürünlerinin DPPH radikalini süpürme aktivitesi (%) sonuçları

DPPH Radikalini Süpürme Aktivitesi (%)				
Lokasyon/Çeşit	Tam Karabuğday Unu ^{zy}	İnce Kepek ^{zy}	Kırma Unu ^{zy}	Öğütme Unu ^{zy}
Konya/Güneş cv.	39,43±0,675 ^c	92,47±0,596 ^d	11,74±0,278 ^{cd}	20,39±0,172 ^d
Konya/Aktaş cv.	38,83±0,079 ^d	95,72±0,304 ^b	14,46±0,594 ^b	17,27±0,456 ^e
Çorum/Aktaş cv.	32,23±0,237 ^g	80,81±0,378 ^e	16,02±0,727 ^a	23,06±0,206 ^c
Kars/Aktaş cv.	36,54±0,183 ^f	94,42±0,431 ^c	12,50±0,306 ^c	29,23±0,478 ^a
Bilecik/Aktaş cv. *	44,40±0,268 ^a	98,34±0,236 ^a	11,30±0,327 ^{de}	20,80±0,232 ^d
Bilecik/Aktaş cv.	38,26±0,354 ^e	96,22±0,225 ^b	10,72±0,456 ^e	22,60±0,692 ^d
Gümüşhane/Aktaş cv.	42,07±0,059 ^b	96,19±0,408 ^b	12,07±0,253 ^{cd}	28,27±0,502 ^b

^zOrtalama ± standart sapma (n=3), kuru madde üzerinden verilmiştir.

^yAynı sütun içinde farklı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($P<0.05$).

*Gübresiz üretim.

Tam karabuğday unlarının ve valsli değirmen öğütme ürünlerinin antioksidan aktivitesinin Troloks eşdeğerliği antioksidan kapasitesi (TEAK, mmol Troloks eşd./kg) olarak hesaplanmış ve sonuçlar kuru madde üzerinden **Tablo 4.12**'de gösterilmiştir. Buna göre, TEAK değerleri tam karabuğday unlarında 8,07-8,94 mmol Troloks eşd./kg; ince kepeklerde 14,02-15,76 mmol Troloks eşd./kg; kırma unlarında 1,43-3,00 mmol Troloks eşd./kg ve öğütme unlarında 3,66-4,93 mmol Troloks eşd./kg arasında değişmiştir. En yüksek TEAK değerleri tüm lokasyonlarda ince kepek fraksiyonlarında görülmüş olup bunu tam karabuğday unlarının TEAK değerleri izlemiştir. En düşük TEAK değerleri tüm lokasyonlarda kırma unlarında görülmüştür. Tüm örnekler içerisinde, en yüksek TEAK değeri Bilecik lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* karabuğdayının ince kepek fraksiyonunda (15,76 mmol Troloks eşd./kg, $P<0,05$) gözlenmiş olup, bunu Gümüşhane lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinin ince kepek fraksiyonunun TEAK değeri (15,25 mmol Troloks eşd./kg) takip etmiş ve aralarındaki farkın istatistikel olarak önemli olmadığı görülmüştür ($P>0,05$). Tam karabuğday unları içerisinde en yüksek TEAK değeri (8,94 mmol Troloks eşd./kg) Bilecik lokasyonunda gübresiz yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinde ve Gümüşhane lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinde saptanmıştır ($P>0,05$). Öğütme unları içerisinde en yüksek TEAK değeri (4,93 mmol Troloks eşd./kg) Konya ve Gümüşhane lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinde gözlenmiştir ($P>0,05$). Kırma unları içerisinde en yüksek TEAK değeri (3,00 mmol Troloks eşd./kg) Konya lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinde belirlenmiştir ($P<0,05$).

Genel olarak bu araştırmada bulunan toplam fenolik madde miktarları ile antioksidan aktivite özellikleri arasında uyumluluk gözlenmiştir. Literatürde de belirtildiği gibi polifenolik maddelerin antioksidan aktiviteleri bulunmaktadır. Karabuğdayın kavuz, kepek kısımları ve ayrıca tam karabuğday unları toplam fenolik madde miktarı bakımından zengin oldukları ve bunun da antioksidan aktiviteye olumlu yönde etki ettiği çeşitli araştırmalarda bildirilmiştir.

Arslan (2019) yüksek lisans tezindeki çalışmasında *Güneş cv.* ve *Aktaş cv.* çeşitlerinin tam karabuğday unlarında TEAK değerlerini sırasıyla 7,7 mmol Troloks eşd./kg ve 9,0 mmol Troloks eşd./kg; aynı çeşitlerin kavuzsuz karabuğday unlarında sırasıyla 6,2 ve 5,6 mmol Troloks eşd./kg olarak bulmuşlardır.

Tablo 4.12 Tam karabuğday unu ve valsli değirmen öğütme ürünlerinin antioksidan aktivitesinin Troloks Eşdeğerliği Antioksidan Kapasitesi (TEAK, mmol Troloks eşd./ kg) sonuçları

Antioksidan Aktivite (mmol Troloks eşd./ kg)				
Lokasyon/Çeşit	Tam Karabuğday Unu ^{zy}	İnce Kepek ^{zy}	Kırma Unu ^{zy}	Öğütme Unu ^{zy}
Konya/Güneş cv.	8,69±0,166 ^a	14,91±0,481 ^b	1,43±0,124 ^d	3,66±0,046 ^d
Konya/Aktaş cv.	8,65±0,403 ^a	15,35±0,332 ^{ab}	3,00±0,106 ^a	4,93±0,140 ^a
Çorum/Aktaş cv.	8,07±0,281 ^b	15,19±0,101 ^{ab}	2,03±0,160 ^c	4,05±0,023 ^c
Kars/Aktaş cv.	8,63±0,280 ^a	15,13±0,214 ^{ab}	1,98±0,134 ^c	4,39±0,232 ^b
Bilecik/Aktaş cv. *	8,94±0,126 ^a	14,02±0,400 ^c	2,52±0,258 ^b	3,96±0,226 ^c
Bilecik/Aktaş cv.	8,67±0,197 ^a	15,76±0,241 ^a	1,81±0,091 ^c	4,05±0,202 ^c
Gümüşhane/Aktaş cv.	8,94±0,156 ^a	15,25±0,635 ^{ab}	2,38±0,059 ^b	4,93±0,049 ^a

^z Ortalama ± standart sapma (n=3), kuru madde üzerinden verilmiştir.

^y Aynı sütun içinde farklı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($P<0.05$).

*Gübresiz üretim.

Guo vd. (2012) Tartar karabuğdayının öğütme fraksiyonlarının antioksidan özelliklerini inceledikleri çalışmalarında, en yüksek ABTS^{•+} radikalini süpürme aktivitesine ince kepek fraksiyonundaki serbest fenoliklerin sahip olduğunu, bunu kaba kepek, kavuz ve daha sonra kepeksiz undaki serbest fenoliklerin antioksidan aktivitesinin izlediğini belirtmişlerdir. Bağlı fenolik bileşiklerin DPPH[•] radikalini süpürme antioksidan aktivitesi incelendiğinde, en yüksek kavuzda, daha sonra kaba kepek, ince kepek ve en düşük antioksidan aktiviteye kepeksiz undaki bağlı fenoliklerin sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Aynı araştırmacılar, Tartar karabuğdayının dış katmanlarının daha yüksek miktarda fenolik bileşikler içerdiğini ve bu yüzden daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğunu ve tahıla dayalı beslenmede tam karabuğday tüketmenin sağlık açısından daha faydalı olacağını bildirmişlerdir. Guo vd. (2012) kavuz, kaba kepek ve ince kepek fraksiyonlarının potansiyel fonksiyonel gıda katkısı olarak kullanılabileceğini vurgulamışlardır.

Suzuki vd. (2020) yaptıkları derleme çalışmasında karabuğdayın tahıllara göre daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğunu ve antioksidan aktivite ile toplam polifenolik bileşik miktarı arasında önemli korelasyonun bulunduğunu belirtmişlerdir. Aynı araştırmacıların yaptığı bir çalışmada, bazı karabuğday çeşitlerinin 2007 yılındaki antioksidan aktivitesi kuru madde üzerinden 17,8-28,5 µmol Troloks eşd./g, aynı karabuğdayların 2008 yılındaki antioksidan aktivitesini ise 18,2-27,6 µmol Troloks eşd./g arasında bulmuşlardır.

Hung ve Morita (2008), tam karabuğdayı 16 farklı fraksiyona ayırdıktan sonra fenolik bileşik ve antioksidan aktivitelerini inceledikleri çalışmalarında, serbest ve bağlı fenolikleri soğutulmuş %80'lik etil alkol ile ekstrakte etmişlerdir. Bu çalışmaya göre karabuğday tanesinin merkezi kısmından dış tabakasına doğru serbest fenolik bileşik miktarının arttığını ve buna bağlı olarak antioksidan aktivitenin yükseldiğini görmüşlerdir. Araştırmalarında fenolik bileşik miktarı yüksek olan fraksiyonlarda TEAK değerinin de yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Örneğin iç kısımlardan dış kısma doğru serbest fenolik bileşiklerin antioksidan kapasitesi 0,28 µM Troloks eşd./g'den 12,45 µM Troloks eşd./g'a; iç kısımlardan dış kısma doğru bağlı fenolik bileşiklerin antioksidan kapasitesi ise 0,32 µM Troloks eşd./g'den 3,99 µM Troloks eşd./g'a yükseldiğini tespit etmişlerdir.

Sedey vd. (2012) araştırmalarında tam karabuğday unu, karabuğday kavuzu ve kavuzsuz karabuğday ununda bulunan polifenolik bileşiklerin ekstraksiyonunu %80'lik etil alkol ile yapmıştır. Buna göre kavuz ekstraktındaki hidroksil radikalini süpürme aktivitesini, tam karabuğday ununa göre 8 kat daha fazla olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca, tüm ekstraktlardaki hidroksil ve süperoksit radikalini süpürme aktivitesini, sentetik antioksidan bütillenmiş hidroksi anisol (BHA) maddesinden daha yüksek olduğunu gözlemlemişlerdir. Aynı şekilde kavuz ekstraktının DPPH· radikalini süpürme aktivitesinin BHA'dan daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca, kavuzun DPPH· radikalini süpürme aktivitesinin kavuzsuz karabuğday unundan 18 kat daha fazla olduğunu bulmuşlardır. Yazarlar aynı zamanda tam karabuğday ununun önemli miktarda kavuz içerdiiğini ve fırıncılık ürünlerinde kullanılabileceğini belirtmiştir.

Liu vd. (2018) Tartar karabuğdayını kavuzundan uzaklaştırdıktan sonra ultrafine değirmen ve ıslak öğütme yöntemleri ile öğütmüş, ayrıca kavuzunu uzaklaştırmadan taş değirmen ve valsli değirmende öğütmüştür. Daha sonra herbir un örneğinin fenolik maddelerini mutlak metanol ile ekstrakte etmişlerdir. Buna göre ultrafine değirmen, valsli değirmen, taş değirmen ve ıslak öğütme yöntemleri ile üretilen karabuğday unları ekstratlarının DPPH radikalini süpürme aktivitesini kuru madde üzerinden sırasıyla 14,9; 10,9; 14,5 ve 10,3 mmol Troloks eşd./ 100 g olarak bulmuşlardır.

Lee vd. (2016) Common ve Tartar karabuğdaylarının kavuz ve kavuzsuz unlarındaki (*groat*) fenolik maddeleri %80'lik aseton ile ekstrakte etmişlerdir. Araştırmalarında Common karabuğdayının kavuz ve kavuzsuz ununun DPPH radikalini süpürme aktivitesini kuru madde üzerinden sırasıyla 44,5 ve 23,3 mmol Troloks eşd./g; Tartar karabuğdayının aynı kısımlarındaki DPPH radikalini süpürme aktivitesini kuru madde üzerinden sırasıyla 60,4 ve 114,2 mmol Troloks eşd./g olarak bulmuşlardır. Ayrıca, Common karabuğdayının kavuz ve kavuzsuz ununun ABTS radikalini süpürme aktivitesini kuru madde üzerinden sırasıyla 55,3 ve 42,5 mmol Troloks eşd./g; Tartar karabuğdayının aynı kısımlarındaki ABTS radikalini süpürme aktivitesini kuru madde üzerinden sırasıyla 80,3 ve 146,9 mmol Troloks eşd./g olarak bulmuşlardır.

4.8 Tam Karabuğday Unlarının ve Valsli Değirmen Öğütme Fraksiyonlarının Çirişlenme Özellikleri

Tam karabuğday unlarının sıcaklık kontrollü çirişlenme-viskozite (cP) özellikleri hızlı viskozite ölçer (rapid visco analyzer-RVA) cihazında incelenmiş ve sonuçlar **Tablo 4.13**'de ve ayrıca cihazda kaydedilmiş RVA grafikleri **EK 2**'de gösterilmiştir. Buna göre, tam karabuğday unlarındaki nişastanın “çirişlenme sıcaklığı (*jelatinizasyon sıcaklığı*)” 92,3-94,7 °C arasında değişmiştir. Jelatinizasyon sıcaklığı, bir nişasta granülünün yarı-kristal yapısının kaybetmeye başladığı ve nişasta granülünün patlayarak suya dağılmaya başladığı sıcaklık derecesidir. Bu süreçte tam karabuğday unlarındaki nişasta suya amiloz ve amilopektin halinde dağılırken viskozitede bir artış meydana gelmekte ve 95 °C kadar ısıtılan karışım belli bir “pik viskoziteye” ulaşır. Tam karabuğday unlarının pik viskozite değerleri 547-730 cP arasında değişmiştir. Uygulanan sıcaklık-viskozite-zaman profiline göre 95 °C'de 2,5 dakika bekletilerek ısıtılan nişastada karıştırma ile incelme yani viskozitede bir azalma meydana gelir ki 95 °C'de 2,5 dakikada ulaşılan viskoziteye “sıcak çiriş viskozitesi” denir. Tam karabuğday unlarının sıcak çiriş viskozitesi değerleri 499-648 cP arasında değişmiştir. Pik viskoziteden belli bir sıcak çiriş viskozitesine azalma “kırılma viskozitesi” olarak tanımlanır. Tam karabuğday unlarının kırılma viskozitesi değerleri 44,0-82,0 cP arasında değişmiştir. Tam karabuğday unlarının kırılma viskozitesi oldukça düşüktür hatta 95 °C'de karıştırma ile viskozitede çok az bir azalma meydana gelmiştir. Daha sonra sıcak çiriş viskozitesindeki sıcaklık derecesinden 50 °C'ye 3,48 dakikalık bir sürede soğutma gerçekleştirilmiştir. Bu süreçte nişasta çözeltisinin viskozitesinde bir artış meydana gelir ki bu artışta nişasta molekülleri arasında meydana gelen hidrojen bağları etkileşimi rol oynar ve süre sonunda “son viskozite” değerine ulaşır. Tam karabuğday unlarının son viskozite değerleri 881-1202 cP arasında değişmiştir (**Tablo 4.13, EK 2**).

En yüksek çirişlenme sıcaklığı (94,8 °C) Gümüşhane lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinde gözlenirken, en düşük çirişlenme sıcaklığı (92,3 °C) Konya lokasyonunda yetiştirilen *Güneş cv.* çeşitinin tam ununda saptanmıştır ($P<0,05$). Tam karabuğday unlarının çirişlenme sıcaklıkları görüldüğü gibi diğer tahıl unlarına göre daha yüksektir.

Tablo 4.13 Tam karabuğday unlarının çirilenme özellikleri

Lokasyon/Çeşit	Çirilenme Sıcaklığı (°C) ^{zy}	Pik Zamanı (dak) ^{zy}	Pik Viskozite (cP) ^{zy}	Sıcak Çirilen Viskozitesi (cP) ^{zy}	Kırılma Viskozitesi (cP) ^{zy}	Son Viskozite (cP) ^{zy}
Bilecik/ <i>Aktaş cv.</i>	94,4±0,82 ^a	6,8±0,14 ^{bc}	697±112,9 ^{ab}	618±90,6 ^{ab}	79±29,5 ^{ab}	1139±162,7 ^{ab}
Bilecik/ <i>Aktaş cv.</i> *	94,6±0,49 ^a	7,0±0,00 ^a	614±46,1 ^{ab}	550±36,0 ^{ab}	64±13,1 ^{abc}	1018±72,4 ^{abc}
Çorum/ <i>Aktaş cv.</i>	94,7±1,02 ^a	6,9±0,07 ^{ab}	547±144,4 ^b	500±139,0 ^b	46±6,0 ^c	933±197,6 ^{bc}
Gümüşhane/ <i>Aktaş cv.</i>	94,8±0,42 ^a	6,7±0,14 ^c	578±25,6 ^{ab}	535±21,0 ^{ab}	44±15,9 ^c	881±85,4 ^c
Kars/ <i>Aktaş cv.</i>	93,8±0,44 ^a	6,9±0,04 ^{ab}	730±20,6 ^a	648±21,1 ^a	82±10,0 ^a	1202±39,8 ^a
Konya/ <i>Güneş cv.</i>	92,3±0,91 ^b	6,9±0,04 ^{ab}	683±17,1 ^{ab}	630±17,4 ^{ab}	54±5,0 ^{bc}	982±35,1 ^{abc}
Konya/ <i>Aktaş cv.</i>	94,5±0,71 ^a	7,0±0,00 ^a	548±132,8 ^b	499±124,6 ^b	48±8,3 ^c	999±261,1 ^{abc}

^zOrtalama ± standart sapma (n=3).^yAynı sütun içinde farklı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($P<0,05$).

*Gübresiz üretim.

Tam karabuğday unları içerisinde en yüksek pik viskozite (730 cP; $P>0,05$) Kars lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinde gözlenirken, en düşük pik viskozite (547 cP) Çorum lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinde gözlenmiştir ve diğer örnekler ile arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$). Pik viskozitenin un örneğindeki nişastanın su absorpsiyonu ile pozitif ilişkisinin olduğu bildirilmiştir (**Tablo 4.13, EK 2**).

En yüksek sıcak çiriş viskozitesi (648 cP) yine Kars lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinde gözlenirken, en düşük sıcak çiriş viskozitesi (499 cP) Konya lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinde gözlenmiştir, aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Buna göre Konya lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* tam karabuğday ununun daha fazla karıştırma ile incelmeye göstererek viskozitesi önemli düzeyde azalmıştır. Kars lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* tam karabuğday unu karıştırmaya daha fazla direnç göstermiş ve yüksek sıcaklıkta viskozitesinde daha az azalma görülmüştür. Buna göre, literatürde de belirtildiği gibi, tam karabuğday unları yüksek sıcaklıkta (95 °C) karıştırma ile viskozitelerinde önemli bir azalma göstermemiş diyebiliriz. Nitekim bu çalışmada, kırılma viskozitesi değerleri tüm tam karabuğday unlarında 100 cP'nin altında kalmıştır (**Tablo 4.13, EK 2**).

En yüksek son viskozite (1202 cP) Kars lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* tam karabuğdayında gözlenirken, en düşük son viskozite değeri (881 cP) Gümüşhane lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* tam karabuğday ununda saptanmıştır ($P<0,05$). Yüksek son viskozite değeri soğuma ile nişasta molekülleri arasında meydana gelen sıkı hidrojen bağları sonucunda oluşmaktadır. Bunun sonucunda daha sıkı bir jel yapısı meydana gelir ve su daha iyi bir şekilde kapanlanır, düşük son viskozite değeri ise nişasta jeli yapısının daha gevşek meydana gelmesi ve sineresiz olayı ile suyun nişasta jelinden daha kolay sızması ve nişasta retrogradasyonunun daha hızlı gerçekleşmesi demektir. Araştırma sonuçlarına göre tam karabuğdayların son viskozite değerleri arasında önemli farklılıklar görülmüştür. Tam karabuğday unlarının çirişlenme özelliklerinin birbirinden farklı olmasında nişasta miktarı ve özelliklerinin, kimyasal kompozisyonlarının ve su absorpsiyon kapasitelerinin önemli rol oynadığı düşünülmektedir.

Karabuğdayların kırma unlarının sıcaklık kontrollü çirilenme-viskozite (cP) özellikleri hızlı viskozite ölçer (rapid visco analyzer-RVA) cihazında incelenmiş ve sonuçlar **Tablo 4.14**'de ve ayrıca cihazda kaydedilmiş RVA grafikleri **EK 3**'de gösterilmiştir. Buna göre, kırma unlarındaki nişastanın çirilenme sıcaklığı (*jelatinizasyon sıcaklığı*) 75,0-76,6 °C arasında değişmiştir ($P<0,05$). Bilecik, Kars ve Konya lokasyonlarında yetişen *Aktaş cv.* çeşitinin kırma unlarının nişastalarında tespit edilen jelatinizasyon sıcaklıkları sırasıyla 75,8, 75,3 ve 75,0 °C olarak bulunmuştur. Bilecik lokasyonunda gübresiz ve Çorum lokasyonunda gübreli yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşiti ve Konya lokasyonunda gübreli yetiştirilen *Güneş cv.* çeşitinin kırma unlarının nişastalarının jelatinizasyon sıcaklığı 76,6 °C olarak belirlenmiştir ($P>0,05$). Kırma unlarında en yüksek pik viskozite (3011 cP) ve sıcak çiriliş viskozitesi (2804 cP) Bilecik lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinin kırma ununda gözlenmiştir ($P<0,05$). Bununla birlikte en düşük pik viskozite (1820 cP) ve sıcak çiriliş viskozitesi (1559 cP) Kars lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinde tespit edilmiştir ($P<0,05$). Kırma unlarının kırılma viskozitesi değerlerine bakıldığında, yüksek sıcaklıkta karıştırma ile viskozitede en yüksek azalma (633 cP) Konya lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinde gözlenirken, en düşük azalma (207 cP) yine Bilecik lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinde tespit edilmiştir, aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Sistemin 50 °C'ye soğutulması ile en yüksek son viskozite değeri (4839 cP) Konya lokasyonunda yetiştirilen *Güneş cv.* çeşitinin kırma ununda gözlenirken, en düşük son viskozite (3607 cP) Kars lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinin kırma ununda belirlenmiştir (**Tablo 4.14, EK 3**).

Karabuğdayların öğütme unlarının sıcaklık kontrollü çirilenme-viskozite (cP) özellikleri hızlı viskozite ölçer (rapid visco analyzer-RVA) cihazında incelenmiş ve sonuçlar **Tablo 4.14**'de ve ayrıca cihazda kaydedilmiş RVA grafikleri **EK 4**'de gösterilmiştir. Buna göre, öğütme unlarının çirilenme sıcaklığı veya jelatinizasyon sıcaklığı 74,7-77,7 °C arasında değişmiştir. En yüksek jelatinizasyon sıcaklığı (77,7 °C) Çorum lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinin öğütme ununda tespit edilirken, en düşük jelatinizasyon sıcaklığı (74,7 °C) Kars lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinin öğütme ununda saptanmıştır, aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$).

Tablo 4.14 Karabuğdayların valsli değirmende öğütülmeleriyle elde edilen kırma ve öğütme unlarının çirilenme özellikleri

Lokasyon/Çeşit	Çirilenme Sıcaklığı (°C) ^{zy}	Pik Zamanı (dak) ^{zy}	Pik Viskozite (cP) ^{zy}	Sıcak Çirilen Viskozitesi (cP) ^{zy}	Kırılma Viskozitesi (cP) ^{zy}	Son Viskozite (cP) ^{zy}
<u>Kırma Unları</u>						
Bilecik/ <i>Aktaş cv.</i>	75,8±0,05 ^{bc}	6,3±0,04 ^{ab}	3011±24,1 ^a	2804±231,2 ^a	207±25,1 ^d	4662±363,2 ^{ab}
Bilecik/ <i>Aktaş cv.</i> *	76,6±0,00 ^a	6,3±0,07 ^a	2899±78,5 ^a	2682±63,4 ^a	217±25,6 ^d	4392±179,5 ^b
Çorum/ <i>Aktaş cv.</i>	76,6±0,07 ^a	5,7±0,06 ^d	2439±199,6 ^b	1909±105,8 ^d	530±99,9 ^b	4642±392,9 ^{ab}
Gümüşhane/ <i>Aktaş cv.</i>	76,1±0,54 ^b	5,8±0,10 ^{cd}	2496±48,5 ^b	2178±90,6 ^c	318±42,0 ^c	4451±41,0 ^{ab}
Kars/ <i>Aktaş cv.</i>	75,3±0,49 ^{cd}	6,1±0,54 ^{abc}	1820±58,1 ^c	1559±44,5 ^e	328±23,1 ^c	3607±242,1 ^c
Konya/ <i>Güneş cv.</i>	76,6±0,03 ^a	5,8±0,03 ^{bcd}	2859±111,9 ^a	2470±124,1 ^b	389±31,8 ^c	4839±173,0 ^a
Konya/ <i>Aktaş cv.</i>	75,0±0,05 ^d	5,6±0,04 ^d	2440±62,9 ^b	1806±29,0 ^d	633±37,3 ^a	4718±112,4 ^{ab}
<u>Öğütme Unları</u>						
Bilecik/ <i>Aktaş cv.</i>	75,8±0,07 ^c	6,1±0,10 ^{abc}	2335±118,5 ^a	1729±84,2 ^b	606±63,6 ^a	3887±252,2 ^a
Bilecik/ <i>Aktaş cv.</i> *	76,6±0,05 ^b	6,2±0,04 ^{ab}	2457±69,8 ^a	1919±62,8 ^a	538±15,6 ^a	3985±152,6 ^a
Çorum/ <i>Aktaş cv.</i>	77,7±0,53 ^a	6,1±0,20 ^{abc}	1630±129,8 ^d	1450±75,6 ^c	180±56,2 ^d	2997±271,5 ^c
Gümüşhane/ <i>Aktaş cv.</i>	76,6±0,03 ^b	6,3±0,46 ^a	1855±190,5 ^c	1515±107,4 ^c	340±83,1 ^{bc}	3017±267,9 ^c
Kars/ <i>Aktaş cv.</i>	74,7±0,43 ^d	5,8±0,19 ^c	1866±57,1 ^c	1468±70,8 ^c	398±72,0 ^b	3727±46,2 ^{ab}
Konya/ <i>Güneş cv.</i>	76,9±0,47 ^b	5,9±0,14 ^{bc}	2088±62,1 ^b	1495±44,6 ^c	593±18,6 ^a	3639±180,8 ^{ab}
Konya/ <i>Aktaş cv.</i>	75,6±0,49 ^c	6,1±0,10 ^{abc}	1812±69,6 ^{cd}	1519±28,9 ^c	293±45,3 ^c	3477±225,5 ^b

^z Ortalama ± standart sapma (n=3).

^y Aynı sütun içinde farklı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($P<0,05$).

*Gübresiz üretim

En yüksek pik viskozite (2457 cP) ve sıcak çirış viskozitesi (1919 cP) Bilecik lokasyonunda gübresiz yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinin öğütme ununda belirlenmiştir, bununla birlikte en düşük pik viskozite (1630 cP) ve sıcak çirış viskozitesi (1450 cP) Çorum lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinin öğütme ununda saptanmıştır, belirtilen parametrelerin en yüksek ve en düşük değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Öğütme unlarının yüksek sıcaklıkta belli bir süre ısıtma ve karıştırılması ile meydana gelen kırılma viskozitesi sonuçları incelendiğinde, en yüksek (606 cP) viskozitedeki azalma Bilecik lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinde belirlenirken, en düşük (180 cP) viskozite azalması Çorum lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinin öğütme ununda gözlenmiştir, her iki değer arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Öğütme unlarının 95 °C'den 50 °C'ye soğutulması ile meydana gelen son viskozite değerleri incelendiğinde, en yüksek son viskozite değeri (3985 cP) Bilecik lokasyonunda gübresiz yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinin öğütme ununda gözlenirken, en düşük son viskozite değeri (2997 cP) Çorum lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinin öğütme ununda gözlenmiştir, her iki değer arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$; **Tablo 4.14, EK 4**).

Çirişlenme (pasting) nişasta granüllerinin suyu absorbe etmesi, şişmesi ve belli bir sıcaklıkta dağılarak jelatinize olmasıdır (Liu vd., 2022). Başka bir deyişle nişastanın veya unun pişmesi için gerekli minimum sıcaklık olarak tanımlanmıştır (Bhinder vd., 2020). Genel olarak tüm un örneklerinin çirişlenme özelliklerine bakıldığında, tam karabuğday unlarının jelatinizasyon sıcaklığı, kırma ve öğütme unlarından daha yüksektir. Bunda tam karabuğday unlarında bulunan yüksek miktardaki kavuz ve kepeğin nişastanın jelatinizasyonu için gerekli suyu kendilerine çekmeleri ve tam karabuğday ununda bulunan nişastanın şişmesini engelleyerek, jelatinizasyon sıcaklığının aşırı yükselmesine sebep olması etkili olmuştur.

Tam karabuğday unlarının pik viskozite değerleri kırma ve öğütme unlarından daha düşüktür. Bunda tam karabuğday unlarından bulunan yüksek miktardaki kavuz ve kepeğin çok fazla suyu absorbe ederek nişastanın çirişlenme viskozitesini önemli derecede azaltması rol oynamıştır. Kavuz ve kepek

partikülleri hidrokolloid işlevi göereek ortamdaki suyu kendilerine bağlarlar. Aynı şekilde sıcak çiriş viskozitesi değeri de kırma ve öğütme unlarına göre düşüktür. Bunu kırılma viskozitesi ile birlikte ele aldığımızda, karıştırma ile viskozitedeki azalma en fazla öğütme unlarında, daha sonra kırma unlarında ve en az viskozitedeki azalma tam karabuğday unlarında görülmüştür. Düşük kırılma viskozitesinin anlamı çirişin karıştırmaya karşı direncinin (*shear resistance*) ve termostabilitesinin çok güçlü olmasıdır. Soğutma ile birlikte son viskozite değeri incelendiğinde en yüksek son viskozite değeri genellikle kırma unlarında görülmüştür, bunu öğütme unları ve son olarak tam karabuğday unları takip etmiştir. Kırma unlarında genellikle daha fazla nişasta bulunur, bunu öğütme unları ve tam karabuğday unlarının nişasta miktarı izlemiştir. Dolayısıyla nişasta miktarı en yüksek kırma unlarında daha sıkı bir jel yapısı beklendiğinden son viskozite değeri de daha yüksek olması beklenmektedir. Tam karabuğday unlarında nişasta miktarı kuru madde üzerinden daha azdır, dolayısıyla sıkı bir jel yapısı meydana getiremez ve son viskozite değeri de düşük çıkması beklenildiği gibidir (**Tablo 4.13, Tablo 4.14, EK 2, 3, 4**). Yüksek pik viskozite ve son viskozite değeri anlamı ürünün daha iyi bir duyusal ağız hissi ve üründe yumuşaklık sağlamasıdır (Liu vd., 2022). Bu durumda kırma unlarının kullanıldığı ürünlerde bu özelliklerin ortaya çıkması beklenmektedir.

Arslan (2019) yüksek lisans tezinde yaptığı bir çalışmada, *Güneş cv.* ve *Aktaş cv.* tam karabuğday unlarının jelatinizasyon sıcaklığını sırasıyla 73,9 °C ve 73,8 °C, kavuzsuz karabuğday unlarının ise sırasıyla 88,3 °C ve 86,5 °C olarak bulmuştur. Görüldüğü gibi tam karabuğday unlarının jelatinizasyon sıcaklığı bu çalışmada bulunan değerlerden düşüktür, bulunan sonuçlar daha çok karabuğdayın valsli değirmende öğütülmesi ile elde edilen kırma ve öğütme unlarının sonuçlarına benzemektedir. Kavuzsuz karabuğdayların jelatinizasyon sıcaklığı ise bu çalışmadaki kırma ve öğütme unlarından daha yüksek bulunmuştur.

Bhinder vd. (2020) 23 farklı Tartar karabuğdayını süper değirmende öğüttükten sonra 250 µ'luk elekten geçirmiş ve unlarını hızlı viskozimetre ölçer cihazında (RVA) incelemiştir. Çalışmalarında Tartar karabuğdayı unlarının çirişlenme sıcaklıklarını 60,69-73,76 °C arasında, pik viskozite değerlerini 336,3-

2899 cP arasında, sıcak çirış viskozitelerini 333,5-1621 cP arasında ve kırılma viskozitesi değerlerini 2,7-1278 cP arasında bulmuşlardır. Araştırmalarında ayrıca, katılaşma viskozitesi (*setback viscosity*) değerlerini 184-1736 cP arasında ve son viskozite değerlerini 619,8-2959 cP arasında tespit etmişlerdir.

Wang vd. (2021b) Common karabuğdayları süper ısıtılmış buharda muamele ettikten sonra 3 ay süreyle 50 °C ve %60'lık kısmı rutubette depolamış, daha sonra depolanmamış ve depolanmış karabuğdayları yüksek hızlı değirmende öğütüp 60 mesh (250 μ)'lik elekten elemişlerdir. Araştırmalarında ayrıca, karabuğday unlarından ıslak öğütme yöntemi ile nişastalarını izole etmişlerdir. Daha sonra RVA cihazında karabuğday unlarının ve nişastalarının çirışlenme özelliklerini incelemişlerdir. Buna göre, süper ısıtılmış buharla muamele gören ve 3 ay depolanan karabuğdaylardan izole edilen nişastaların çirışlenme sıcaklığı ve pik, sıcak çirış ve son viskozite değerleri önemli düzeyde artmıştır. Tam tersine işlem görmemiş ve 3 ay depolanan karabuğdaylardan öğütülen unların pik, sıcak çirış ve son viskozite değerleri önemli düzeyde azalmıştır. İşlem görmüş karabuğday unlarının aynı değerlerindeki azalma önemli düzeyde bulunmamıştır. Ayrıca, dallanmış yapıdaki amilopektin zincir uzunluğu, moleküler ağırlık, granül büyüklüğü, nişastanın yarı-kristal yapı özellikleri çirışlenme viskozitelerini etkileyebildiğini bildirmişlerdir (Wang vd., 2021b).

Ma vd. (2020) iki adet Common ve üç adet Tartar kavuzsuz karabuğdayının çirışlenme özellikleri üzerine kavurmanın (200 °C'de 50 sn) etkisini incelemişlerdir. Çalışmalarında, çiğ karabuğday unlarının pik viskozitesini 700,3-1401,1 cP, sıcak çirış viskozitesini 654,3-1291,7 cP, kırılma viskozitesini 58,0-191,7 cP, son viskozitesini 1454,3-2356,3 cP, katılaşma viskozitesini 556,7-1155,7 cP, pik zamanını 6,78-7,00 dakika ve çirışlenme sıcaklığını 75,8-94,3 °C arasında tespit etmişlerdir. Kavrulmuş karabuğdayların ise pik viskozitesini 35,7-48,7 cP, sıcak çirış viskozitesini 32,0-43,3 cP, kırılma viskozitesini 2,0-4,3 cP, son viskozitesini 54,0-67,0 cP, katılaşma viskozitesini 17,7-35,3 cP, pik zamanını 6,5-7,0 dakika arasında tespit etmişlerdir. Araştırmalarında, kavrulmuş karabuğday unlarında, kavurma sırasında nişasta jelatinizasyonu söz konusu olduğundan çirışlenme sıcaklığı tespit edilememiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Farklı lokasyonlarda yetiştirilen karabuğdayların tam unlarının ve valsli değirmen öğütme fraksiyonlarının bazı kalite özelliklerinin incelendiği bu araştırmada saptanan başlıca sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

1. Karabuğdayların valsli değirmende öğütülmesi ile en yüksek (%59,1) ve en düşük (%53,0) öğütme verimleri sırasıyla Çorum ve Gümüşhane lokasyonlarında yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinde belirlenmiştir.
2. Karabuğdayların valsli değirmende öğütülmesi ile en düşük kalın kepek (%26,9) ve ince kepek (%13,4) fraksiyonları sırasıyla Konya ve Çorum lokasyonlarında ve Bilecik lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinde tespit edilmiştir.
3. Karabuğdayların valsli değirmende öğütülmesi ile en yüksek kırma unu (%32,9) ve öğütme unu (%31,1) verimleri sırasıyla Bilecik ve Konya lokasyonlarında yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinde saptanmıştır.
4. Bilecik lokasyonunda gübresiz yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinin öğütme verimi (%57,3), aynı lokasyonda gübreli yetiştirilen aynı çeşitin öğütme verimi (%57,8) ile benzer bulunmuştur. Gübresiz yetiştirilen karabuğdayın valsli değirmende öğütülmesi ile elde edilen fraksiyonlarının öğütme verim değerleri genellikle gübreli yetiştirilen karabuğdayın fraksiyon verimleri ile benzerdir.
5. Tam karabuğday unlarında en düşük (%11,4) ve en yüksek (%14,5) protein miktarları sırasıyla Gümüşhane lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinde ve Çorum lokasyonunda yetiştirilen *Aktaş cv.* ve Konya lokasyonunda yetiştirilen *Güneş cv.* çeşitlerinde belirlenmiştir.
6. Tam karabuğday unlarında en düşük (%45,4) ve en yüksek (%63,0) nişasta miktarları sırasıyla Bilecik lokasyonunda gübresiz ve gübreli yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşitinde saptanmıştır.
7. Tam karabuğday unlarında en düşük (%29,1) ve en yüksek (%36,0) toplam besinsel lif miktarları sırasıyla Çorum ve Konya lokasyonlarında yetiştirilen *Aktaş cv.* çeşiti ile tespit edilmiştir.
8. Karabuğdayların valsli değirmende öğütülmesi ile elde edilen kırma unu ve öğütme unu fraksiyonları karşılaştırıldığında; öğütme unlarının genellikle

protein değerleri, kırma unlarının ise genellikle nişasta değerleri daha yüksek bulunmuştur.

9. Karabuğdayların valsli değirmende öğütülmesi ile elde edilen kırma unu ve öğütme unu fraksiyonları karşılaştırıldığında öğütme unlarının kl, ham yağ ve toplam besinsel lif değerleri daima yüksek bulunmuştur.
10. Karabuğdayların valsli değirmende öğütülmesi ile elde edilen ince kepek, kırma unu ve öğütme unu fraksiyonları karşılaştırıldığında; en yüksek kül, ham yağ ve toplam besinsel lif miktarları ince kepek fraksiyonlarında bulunmuş, bunu sırasıyla öğütme unu ve kırma unu fraksiyonları izlemiştir.
11. Karabuğdayların valsli değirmende öğütülmesi ile elde edilen ince kepek, kırma unu ve öğütme unu fraksiyonları karşılaştırıldığında; en yüksek protein miktarı öğütme unlarında bulunmuş, bunu sırasıyla ince kepek ve kırma unu fraksiyonları izlemiştir.
12. Bilecik lokasyonunda gübresiz yetiştirilen *Aktaş cv.* eşitinin tam unundaki kül miktarı diğer tam karabuğday unlarına göre en yüksek (%2,15) bulunurken, ham yağ (%2,37) ve toplam nişasta (%45,4) miktarları en düşük bulunmuştur.
13. Bilecik lokasyonunda gübresiz yetiştirilen *Aktaş cv.* eşitinin kırma ununda diğer kırma unlarına göre en düşük ham yağ (%0,28) miktarı belirlenmiştir. Gübresiz yetiştirilen karabuğday örneğinin öğütme ununda ise diğer öğütme unlarına göre en düşük protein (%10,1) ve ham yağ (%1,58) miktarları belirlenirken en yüksek toplam nişasta (%82,3) miktarı saptanmıştır.
14. Bilecik lokasyonunda gübresiz yetiştirilen *Aktaş cv.* eşitinin ince kepek fraksiyondaki kül miktarı (%6,68) diğer ince kepek fraksiyonlarına göre en yüksektir, bununla birlikte toplam besinsel lif miktarı (%39,1) diğer ince kepek fraksiyonlarına göre en düşük bulunmuştur.
15. En yüksek suda çözünür madde ve su bağlama kapasitesi değerleri ince kepek fraksiyonlarında bulunurken bunu sırasıyla öğütme unları, tam karabuğday unları ve kırma unları izlemiştir.
16. En yüksek su tutma kapasitesi ve yağ absorplama kapasitesi değerleri ince kepek fraksiyonlarında tespit edilmiştir.
17. Genel olarak DMSO ekstraksiyonu ile tüm öğütme ürünlerinde daha fazla toplam fenolik madde ekstrakte edilmiştir. Her iki ekstraksiyon çözeltisi kullanılarak tüm lokasyonlarda yetiştirilen karabuğdayların öğütme ürünlerinde

toplam fenolik madde miktarı sırasıyla ince kepek> tam karabuğday unu>öğütme unu>kırma unu şeklinde tespit edilmiştir.

18. En yüksek toplam flavonoid madde miktarı değerleri tüm lokasyonlarda ince kepek fraksiyonlarında tespit edilmiştir, bunu tam karabuğday unlarının toplam flavonoid madde miktarı değerleri izlemiştir. En düşük toplam flavonoid madde miktarı değerleri tüm lokasyonlarda kırma unlarında saptanmıştır.
19. Her iki antioksidan aktivite analiz yöntemi kullanıldığında, tüm lokasyonlarda yetiştirilen karabuğdayların öğütme ürünlerinde antioksidan aktivite sırasıyla ince kepek> tam karabuğday unu>öğütme unu>kırma unu şeklinde bulunmuştur.
20. Tam karabuğday unlarının jelatinizasyon sıcaklığı, kırma ve öğütme unlarından daha yüksektir. Bunun anlamı, tam karabuğday unlarının kullanıldığı tahıl ürünlerinin pişmesi için daha yüksek sıcaklığa ve daha uzun süreye ihtiyaç olduğudur.
21. Tam karabuğday unlarının pik viskozite değerleri kırma ve öğütme unlarından daha düşüktür. Kırma unlarının pik viskozite değerleri ise genellikle öğütme unlarından yüksek bulunmuştur.
22. Son viskozite sonuçlarına incelendiğinde de yine aynı durum söz konusudur, en yüksek son viskozite kırma unlarında, daha sonra öğütme unlarının pik viskozite değerleri gelmekte, en düşük ise tam karabuğday unlarında tespit edilmiştir.
23. Yüksek pik viskozite ve son viskozite değerinin anlamı, kırma unlarının kullanıldığı ürünlerde, ürünün daha iyi bir duyuşal ağız hissi vermesi ve daha yumuşak olmasının sağlanmasıdır.
24. Tam karabuğday unlarının sıcak çirış viskozitesi değerleri de kırma ve öğütme unlarına göre düşük bulunmuştur. Kırma unlarının sıcak çirış viskozitesi değerleri genellikle öğütme unlarından daha yüksek bulunmuştur. Bunu kırılma viskozitesi değerleri ile birlikte açıkladığımızda, kırılma viskozitesi değerleri şu şekilde değişmiştir: tam karabuğday unları<kırma unları<öğütme unları olarak tespit edilmiştir. Bunun anlamı, öğütme unlarının yüksek sıcaklıkta karıştırma ile incelmeye yani viskozitede azalmaya direnç gösteremediği, bunun aksine karıştırma ile incelmeye en fazla tam karabuğday unlarının direnç gösterdiği saptanmıştır.

25. Son viskozite değerleri incelendiğinde en yüksek son viskozite değerleri genellikle kırma unlarında görülmüştür, bunu öğütme unları ve son olarak tam karabuğday unları takip etmiştir. Son viskozite, bu unların kullanıldığı ürünlerin bayatlama veya retrogradasyona olan eğilimi hakkında fikir verdiğinden, kırma unlarının retrogradasyona olan eğiliminin daha az olacağı düşünülmektedir.

Bu araştırmada, ülkemizin farklı lokasyonlarından temin edilen yerli *Güneş cv.* ve *Aktaş cv.* karabuğday çeşitlerinin tam karabuğday unlarının ve valsli değirmende öğütülmesiyle elde edilen fraksiyonlarının (kırma unu, öğütme unu, ince kepek) bazı fiziksel, kimyasal, besinsel, fonksiyonel ve şirişlenme özellikleri incelenmiştir. Yerli karabuğdayların valsli değirmende ğtlerek elde edilen öğütme unu, kırma unu, ince kepek fraksiyonlarının bu özelliklerinin tam karabuğday unları ile karşılaştırılmaları ilk kez bu araştırmada yapılmıştır. Karabuğday; lyak hastaları için glutensiz olması, yüksek miktarda besinsel lif, flavonoid bileşikler, antioksidan ve fenolik madde gibi insan beslenmesi ve sağlığı için gerekli başlıca bileşenleri önemli miktarda içermesi nedeniyle, tüketiminin ve en önemlisi ekiminin yaygınlaştırılması son derece önem taşımaktadır. Tam karabuğday unu ve valsli değirmen öğütme fraksiyonları (ince kepek, kırma unu ve öğütme unu) yüksek besinsel lif, protein ve nişasta içeriğine, su ve yağ absorplama özelliklerine ve antioksidan aktiviteye sahip olduklarından fırıncılık ürünlerinde, hazır çorbalarda, et ürünlerinde ve özellikle lyak hastaları için geliştirilen glutensiz ürünlerde kullanılabilir. İnce kepek fraksiyonu ekmek formülasyonlarına ilave edilerek besinsel lif, protein ve polifenolik bileşik miktarları artırılabilir ve bireylerin daha sağlıklı ekmek ürünleri tüketmeleri sağlanabilir. Kırma ve öğütme unları glutensiz erişte, bisküvi ve kek üretiminde belirli oranlarda karıştırılarak kullanılabilir ve yalnızca lyak hastaları değil aynı zamanda sağlıklı insanların da besleyici ürünler tüketmesi sağlanabilir. Bu çalışmada, yerli karabuğdayların tam karabuğday unu, kırma unu ve öğütme unlarının sulu ortamda ısıtılmaları ile şirişlenme özellikleri ilk kez detaylı olarak çalışılmış ve nişasta özellikleri hakkında bilgi edinilmiştir. Bu ğtme ürünlerinin gıdalarda kullanılmaları ile pişme sıcaklık derecesi, karıştırma ile viskozitedeki azalma ve son viskozite özellikleri hakkında bilgiler sağlanmıştır.

6. KAYNAKLAR

(Bu tez çalışmasında APA atıf sistemi kullanılmıştır.)

- AACCI (American Association of Cereal Chemists International) (2010) Approved Methods of Analysis, Methods No: 08-01.01, 30-25.01, 32-05.01, 44-15.02, 46-12.01, 76-13.01, 76-21.01, 11th Edition, The Association: St. Paul, MN, USA.
- Acquistucci R, Fornal J (1997) ‘‘Italian Buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) Starch: Physico-Chemical and Functional Characterization and *in vitro* Digestibility’’, *Nahrung*, 41: 281-284.
- Ahmed A, Khalid N, Ahmad A, Abbasi NA, Latif MSZ ve Randhawa MA (2014) ‘‘Phytochemicals and Biofunctional Properties of Buckwheat: A Review’’, *The Journal of Agricultural Science*, 152(3), 349-369.
- Ahmedna M, Prinyawiwatkul W ve Rao RM (1999) ‘‘Solubilized Wheat Protein Isolate: Functional Properties and Potential Food Applications’’, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 1340-1345.
- Arslan A (2019) ‘‘Karabuğday Unları ve Islak Öğütme Fraksiyonlarının Bazı Besinsel, Termal ve Çirşlenme Özellikleri’’, Yüksek Lisans Tezi, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bolu.
- Arslan A, Haros C, Yalçın E ve Güneş A (2022) ‘‘Wet Milling of Buckwheat Cultivars and Some Quality Properties of the Fractions’’, *Food Science and Technology International*, 28(4): 320-330.
- Aubert L, Decamps C, Jacquemin G ve Quinet M (2021) ‘‘Comparison of Plant Morphology, Yield and Nutritional Quality of *Fagopyrum esculentum* and *Fagopyrum tataricum* Grown Under Field Conditions in Belgium’’, *Plants*, 10, 258.
- Bavec F ve Bavec M (2006) ‘‘Organic Production and Use of Alternative Crops’’, Boca Raton, Taylor and Francis Group.
- Bejosano FP ve Corke H (1999) ‘‘Effect of *Amaranthus* and Buckwheat Proteins on the Rheological Properties of Maize Starch’’, *Food Chemistry*, 65(4): 493-501.
- Bhinder S, Kaur A, Singh B, Yadav MP, Singh N (2020) ‘‘Proximate Composition, Amino Acid Profile, Pasting and Process Characteristics of Flour from Different Tartary Buckwheat Varieties’’, *Food Research International*, 130, 108946, 1-13.
- Bonafaccia G, Marocchinia M ve Kreft I (2003) ‘‘Composition and Technological Properties of the Flour and Bran from Common and Tartary Buckwheat’’, *Food Chemistry*, 80, 9-15.
- Campbell, CG (1997) ‘‘Buckwheat, *Fagopyrum esculentum* Moench’’, *Promoting the Conservation and Use of Underutilized and Neglected Crops*, 19, 93.
- Cappelli A, Oliva N ve Cini E (2020) ‘‘Stone Milling Versus Roller Milling: A Systematic Review of the Effects on Wheat Flour Quality, Dough Rheology, and Bread Characteristics’’, *Trends in Food Science & Technology*, 97, 147-155.
- Christa K ve Soral-Smietana M (2008) ‘‘Buckwheat Grains and Buckwheat Products -Nutritional and Prophylactic Value of Their Components’’, *Czech Journal Food Science*, 26 (3): 153-162.
- De Francischi MLP, Salgado JM ve Leitao RFF (1994) ‘‘Chemical, Nutritional and Technological Characteristics of Buckwheat and Non-Prolamine Buckwheat Flours in Comparison of Wheat Flour’’, *Plant Foods for Human Nutrition*, 46: 323-329.

- Dewanto V, Wu X, Adom KK ve Liu RH (2002) "Thermal Processing Enhances the Nutritional Value of Tomatoes by Increasing Total Antioxidant Activity", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(10): 3010-3014.
- Dizlek H, Özer M, İnanç E ve Gül H (2009) "Karabuğday'ın Bileşimi ve Gıda Sanayiinde Kullanım Olanakları", *Gıda*, 34: 337-324.
- Dziadek K, Kopec A, Pastucha E, Piatkowska E, Leszczynska T, Pisulewska E ve Francik R (2016) "Basic Chemical Composition and Bioactive Compounds Content in Selected Cultivars of Buckwheat Whole Seeds, Dehulled Seeds and Hulls", *Journal of Cereal Science*, 69, 1-8.
- Fu-hua L, Ya Y, Xiao-lan Y, Shu-ying T ve Jian M (2013) "Phenolic Profiles and Antioxidant Activity of Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench and *Fagopyrum tartaricum* L. Gaerth) Hulls, Brans, and Flours", *Journal of Integrative Agriculture*, 12(9): 1684-1693.
- Gallardo C, Jimenez L ve Garcia-Conesa MT (2006) "Hydroxycinnamic Acid Composition and *in vitro* Antioxidant Activity of Selected Grain Fractions", *Food Chemistry*, 99(3): 455-463.
- Gavric T, Cadro S, Gadzo D, Dikic M, Bezdob M, Jovovic Z, Jurkovic J ve Hamidovic S (2018) "Influence of Meteorological Parameters on the Yield and Chemical Composition of Common Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench)", *Agriculture & Forestry*, 64(4): 113-120.
- Golob A, Gadzo D, Stibilj V, Djikic M, Gavric T, Kreft I ve Germ M (2016) "Sulphur Interferes with Selenium Accumulation in Tartary Buckwheat Plants", *Plant Physiology and Biochemistry*, 108, 32-36.
- Guo X, Wu C, Ma Y, Parry J, Xu Y, Liu H ve Wang M (2012) "Comparison of Milling Fractions of Tartary Buckwheat For Their Phenolics and Antioxidant Properties", *Food Research International*, 49, 53-59.
- Guo XD, Ma YJ, Parry J, Gao JM, Yu LL ve Wang M (2011) "Phenolics Content and Antioxidant Activity of Tartary Buckwheat from Different Locations", *Molecules*, 16(12): 9850-9867.
- Guo YZ, Chen QF, Yang LY ve Huang YH (2007) "Analyses of the Seed Protein Contents on the Cultivated and Wild Buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) Resources", *Genetic Resources and Crop Evolution*, 54, 1465-1472.
- Gutfinger T (1981) "Polyphenols in Olive Oils", *Journal of American Oil Chemist Society*, 58, 966-968.
- Habtemariam S (2019) "Article Antioxidant and Rutin Content Analysis of Leaves of the Common Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) Grown in the United Kingdom: A Case Study", *Antioxidants*, 8, 160.
- Haros M, Perez OE ve Rosell CM (2004) "Effect of Steeping Corn with Lactic Acid on Starch Properties", *Cereal Chemistry*, 81(1): 10-14.
- Hes M, Górecka D ve Dziedzic K (2012) "Antioxidant Properties of Extracts from Buckwheat By-Products", *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria* 11(2), 167-174.
- Holasova M, Fiedlerova V, Smrcinova H, Orsak M, Lachman J ve Vavreinova S (2002) "Buckwheat—The Source of Antioxidant Activity in Functional Foods", *Food Research International*, 35, 207-211.
- Hung PV ve Morita N (2008) "Distribution of Phenolic Compounds in the Graded Flours Milled from Whole Buckwheat Grains and Their Antioxidant Capacities", *Food Chemistry*, 109: 325-31.

- Iqbal S, Thanushree MP, Sudha ML ve Crassina K (2021) "Quality Characteristics of Buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) Based Nutritious Ready-to-Eat Extruded Baked Snack", Journal of Food Science Technology, 58(5): 2034-2040.
- Ikeda K, Kishida M, Kreft I, Yasumoto K (1997) "Endogenous Factors Responsible for the Textural Characteristics of Buckwheat Products", Journal of Nutritional Science and Vikepeksizinology, 43: 100-111.
- Ikeda K, Sakaguchi T, Kusanao T, Yasumoto K (1991) "Endogenous Factors Affecting Protein Digestibility in Buckwheat", Cereal Chemistry, 68(4): 424-427.
- Inglett GE, Chen D, Berhow M ve Lee S (2011) "Antioxidant Activity of Commercial Buckwheat Flours and Their Free and Bound Phenolic Compositions", Food Chemistry, 125(3): 923-929.
- Ispiryan L, Kuktaite R, Zannini E ve Arendt EK (2021) "Fundamental Study on Changes in the FODMAP Profile of Cereals, Pseudo-Cereals, and Pulses During the Malting Process", Food Chemistry, 343, 128549.
- İnanır C, Albayrak S ve Ekici L (2019) "Karabuğdayın Fitokimyası, Farmakolojisi ve Biyofonksiyonel Özellikleri", Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 16, 713-722.
- Janes D, Prosen H, Kreft I ve Kreft S (2010) "Aroma Compounds in Buckwheat (*Fagopyrum Esculentum Moench*) Groats, Flour, Bran and Husk", Cereal Chemistry, 87(2): 141-143.
- Jimenez MD, Lobo M, Sammán N (2019) "Influence of Germination of Quinoa (*Chenopodium quinoa*) and Amaranth (*Amaranthus*) Grains on Nutritional and Techno Functional Properties of Their Flours", Journal of Food Composition and Analysis, 84: 103290
- Jin J, Okagu OD, Yagoup AEA ve Udenigwe CC (2021) "Effects of Sonication on the *in vitro* Digestibility and Structural Properties of Buckwheat Protein Isolates", Ultrasonics Sonochemistry, 70, 105348.
- Jing R, Li HQ, Hu CL, Jiang YP, Qin LP ve Zheng CJ (2016) "Phytochemical and Pharmacological Profiles of Three *Fagopyrum* Buckwheats", International Journal of Molecular Sciences, 17(4), 589.
- Joshia DC, Zhanga K, Wanga C, Chandorac R, Khurshida M, Lie J, Hea M, Georgiev MI ve Zhou M (2020) "Strategic Enhancement of Genetic Gain for Nutraceutical Development in Buckwheat: A Genomics-Driven Perspective", Biotechnology Advances, 39, 107479.
- Kalinova J ve Vrchotova N (2011) "The Influence of Organic and Conventional Crop Management, Variety and Year on the Yield and Flavonoid Level in Common Buckwheat Groats", Food Chemistry, 127(2): 602-608.
- Kan A (2011) "Konya Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen Karabuğdayın (*Fagopyrum esculentum Moench*) Bazı Kalite Özelliklerinin Araştırılması", Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 25(4): 67-71.
- Kasar C, Thanushree MP, Gupta S ve Inamdar AA (2021) "Milled Fractions of Common Buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) from the Himalayan Regions: Grain Characteristics, Functional Properties and Nutrient Composition", Journal of Food Science Technology, 58(10): 3871-3881.
- Kreft I, Fabjan N ve Yasumoto K (2006) "Rutin Content in Buckwheat (*Fagopyrum esculentum Moench*) Food Materials and Products", Food Chemistry, 98(3): 508-512.
- Kreft I, Zhou M, Golob A, Germ M, Likar M, Dziedzic K ve Luthar Z (2020) "Breeding Buckwheat for Nutritional Quality", Breeding Science, 70(1): 67-73.
- Krskoskova B ve Mrazova Z (2005) "Prophylactic Components of Buckwheat", Food Research International, 38, 561-568.

- Lee LS, Choi EJ, Kim CH, Sung JM, Kim YB, Seo DH, Choi HW, Choi YS, Kum JS ve Park JD (2016) "Contribution of Flavonoids to the Antioxidant Properties of Common and Tartary Buckwheat", *Journal of Cereal Science*, 68, 181-186.
- Li S ve Zhang H (2001) "Advances in the Development of Functional Foods from Buckwheat", *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 41(6): 451-464.
- Liu D, Song S, Tao L, Yu L ve Wang J (2022) "Effects of Common Buckwheat Bran on Wheat Dough Properties and Noodle Quality Compared with Common Buckwheat Hull", *LWT-Food Science and Technology*, 155, 112971.
- Liu F, He C, Wang L ve Wang M (2018) "Effect of Milling Method on the Chemical Composition and Antioxidant Capacity of Tartary Buckwheat Flour", *International Journal of Food Science and Technology*, 53, 2457-2464.
- Ma Q, Zhao Y, Wang H, Li J, Yang Q, Gao L, Murat T ve Feng B (2020) "Comparative Study on the Effects of Buckwheat by Roasting: Antioxidant Properties, Nutrients, Pasting, and Thermal Properties", *Journal of Cereal Science*, 95, 103041.
- Martín-García B, Pasini F, Verardo V, Gómez-Caravaca AM, Marconi E ve Caboni MF (2019) "Distribution of Free and Bound Phenolic Compounds in Buckwheat Milling Fractions", *Foods*, 8, 670.
- Masatçıoğlu MT, Yalcin E, Kim M, Ryu GH, Celik S ve Koxsel H (2013) "Physical and Chemical Properties of Tomato, Green Tea and Ginseng Supplemented Corn Extrudates Produced by Conventional Extrusion and CO₂ Injection Process", *European Food Research and Technology*, 237(5): 801-809.
- Mazahir M, Ahmed A, Ahmad A, Ahmad MS, Khan MA ve Manzoor MF (2022) "Extraction and Determination of Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Buckwheat Seed Milling Fractions", *Food Science and Technology*, 42, 81721.
- Min B, Lee SM, Yoo SH, Inglett GE ve Lee S (2010) "Functional Characterization of Steam Jet-Cooked Buckwheat Flour as A Fat Replacer in Cake-Baking", *The Science of Food and Agriculture*, 90, 2208–2213.
- Motte J-C, Tyler R, Milani A, Courcelles J ve Tanya D (2021) "Pea and Lentil Flour Quality as Affected by Roller Milling Configuration", *Legume Science*, 397, 1-15.
- Oomah BD ve Mazza G (1996) "Flavonoids and Antioxidative Activities in Buckwheat", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44, 1746-1750.
- Park MO, Park CI, Jin SJ, Park MR, Cho IY ve Park CH (2022) "Incorporation of Yeast and Hot Melt Extrusion Enhance Contents of Total Polyphenol and Flavonoids and Antioxidant Ability in Buckwheat Flour", *Fagopyrum*, 39(1): 13-18.
- Pirzadah TB, Malik B, Tahir I ve Rehman RU (2020) "Buckwheat Journey to Functional Food Sector", *Current Nutrition & Food Science*, 16, 134-141.
- Pruska-Kedzior A, Kedzior Z ve Klockiewicz-Kaminska E (2008) "Comparison of Viscoelastic Properties of Gluten from Spelt and Common Wheat", *European Food Research Technology*, 227: 199–207.
- Qin P, Wang Q, Shan F, Hou Z ve Ren G (2010) "Nutritional Composition and Flavonoids Content of Flour from Different Buckwheat Cultivars", *International Journal of Food Science and Technology*, 45, 951-958.
- Ragaee S, Abdel-Aal ESM ve Noaman M (2006) "Antioxidant Activity and Nutrient Composition of Selected Cereals for Food Use", *Food Chemistry*, 98, 32-38.
- Sakhare SD, Inamdar AA, Gaikwad SB, Indrani D ve Rao GV (2014) "Roller Milling Fractionation of Green Gram (*Vigna radiata*): Optimization of Milling Conditions and

- Chemical Characterization of Millstreams'', Journal of Food Science Technology, 51(12): 3854-3861.
- Sedej I, Sakac M, Mandi A, Misan A, Tumbas V ve Hadnacev M (2011) ''Assessment of Antioxidant Activity and Rheological Properties of Wheat and Buckwheat Milling Fractions'' Journal of Cereal Science, 54, 347-353.
- Sedej I, Sakac M, Mandic A, Misan A, Tumbas V ve Canadanovic-Brunet J (2012) ''Buckwheat (*Fagopyrum esculentum Moench*) Grain and Fractions: Antioxidant Compounds and Activities'', Journal of Food Science, 77(9): 954-959.
- Singh J ve Singh N (2003) ''Studies on the Morphological and Rheological Properties of Granular Cold Water Soluble Corn and Potato Starches'', Food Hydrocolloids, 17: 63-72.
- Singleton VL, Orthofer R ve Lamuela-Raventos RM (1999) ''Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrates and Antioxidants by Means of Folin-Ciocalteu Reagent'', Methods of Enzymology, 299: 152-178.
- Sinkovic L, Dezelak M, Kopinc R ve Meglic V (2022) ''Macro/Microelements, Nutrients and Bioactive Components in Common and Tartary Buckwheat (*Fagopyrum Spp.*) Grain and Stone-Milling Fractions'', LWT- Food Science and Technology, 161, 113422.
- Skrabanja V, Elmstahl HGML, Kreft I, Björck IME (2001) ''Nutritional Properties of Starch in Buckwheat Products: Studies *in vitro* and *in vivo*'' Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49: 490-496.
- Skrabanja V (2004) ''Nutrient Content in Buckwheat Milling Fractions'', Cereal Chemistry, 81(2), 171-176.
- Srichuwong S, Curti D, Austin S, King R, Lamothe L ve Gloria-Hernandez H (2017) ''Physicochemical Properties and Starch Digestibility of Whole Grain Sorghums, Millet, Quinoa and Amaranth Flours, As Affected By Starch and Non-Starch Constituents'', Food Chemistry, 233, 1-10.
- Steadman KJ, Burgoon MS, Lewis BA, Edwardson SE ve Obendorf RL (2001) ''Buckwheat Seed Milling Fractions: Description, Macronutrient Composition and Dietary Fibre'', Journal of Cereal Science, 33(3): 271-278.
- Sujka K, Cacak-Pietrzak G, Sułek A, Murgrabia K ve Dziki D (2022) ''Buckwheat Hull-Enriched Pasta: Physicochemical and Sensory Properties'', Molecules, 27, 4065.
- Sun T ve Ho C (2005) ''Antioxidant Activities of Buckwheat Extracts'', Food Chemistry, 90, 743-749.
- Suzuki T, Noda T, Morishita T, Ishiguro K, Otsuka S ve Andrea Brunori A (2020) ''Present Status and Future Perspectives of Breeding for Buckwheat Quality'', Breeding Science, 70(1): 48-66.
- Şensoy İ, Rosen RT, Ho CT ve Karwe MV (2006) ''Effect of Processing on Buckwheat Phenolics and Antioxidant Activity'', Food Chemistry, 99, 388-393.
- Tang CH (2007) ''Thermal Properties of Buckwheat Proteins as Related to Their Lipid Contents'', Food Research International, 40, 381-387.
- Tomotake H, Shimaoka I, Kayashita J, Nakajoh M ve Kato N (2002) ''Physicochemical and Functional Properties of Buckwheat Protein Product'', Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50: 2125-2129.
- Wang L, Wang A, Qiu J ve Li Z (2021a) ''Inhibiting Effect of Superheated Steam Processing on Milling Characteristics Deterioration Induced by Storage of Common Buckwheat'', LWT- Food Science and Technology, 145, 111-375.

- Wang L, Wang L, Wang A, Qiu J ve Li Z (2021b) "Effects of Superheated Steam on Starch Structure and Physicochemical Properties of Buckwheat Flour During Storage", *Journal of Cereal Science*, 99, 103-221.
- Watanabe M, Sato A, Osawa R ve Terao J (1995) "Antioxidative Activity of Buckwheat Seed Extracts and Its Rapid Estimate for Evaluation of Breeding Materials", *Japan Society Food Science Technology*, 42(9): 649-655.
- Watanabe M, Ohshita Y ve Tsushida T (1997) "Antioxidant Compounds from Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) Hulls", *Journal Agriculture Food Chemistry*, 45: 1039-1044.
- Wet YM, Zhang GQ ve Li ZX (1995) "Study on Nutritive and Physico-Chemical Properties of Buckwheat Flour", *Die Nahrung*, 39, 48-54.
- Wijngaard HH ve Arendt EK (2006) "Buckwheat" *Cereal Chemistry*, 8, 391-401.
- Wronkowska M ve Haros M (2014) "Wet-Milling of Buckwheat with Hull and Dehulled – The Properties of the Obtained Starch Fraction", *Journal of Cereal Science*, 60: 477-483.
- Xuan TD ve Tsuzuki E (2004) "Alleopathic Plants: Buckwheat (*Fagopyrum spp.*)", *Alleopathy Journal*, 13, 137-148.
- Yıldız N, Yalçın E ve Güneş A (2019) "Chemical, Nutritional and Bioactive Properties of Common Buckwheat Cultivars Bred in Turkey", *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 11(2): 137-143.
- Yoshimoto Y, Egashira T, Hanashiro I, Takase Y ve Takeda Y (2004) "Molecular Structure and Some Physicochemical Properties of Buckwheat Starches", *Cereal Chemistry*, 81(4): 515-520.
- Yu L, Haley S, Perret J, Haris M, Wilson J ve Qian M (2002) "Free Radical Scavenging Properties of Wheat Extracts", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 1619-1624.
- Zhang M, Chen H, Li J, Pei Y ve Liang Y (2010) "Antioxidant Properties of Tartary Buckwheat Extracts as Affected by Different Thermal Processing Methods", *LWT - Food Science Technology*, 43, 181-185.
- Zhang W, Zhu Y, Liu Q, Bao J ve Liu Q (2017) "Identification, and Quantification of Polyphenols in Hull, Bran and Endosperm of Common Buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) Seeds", *Journal of Functional Foods*, 38, 363-369.
- Zheng GH, Sosulski FW ve Tyler RT (1998) "Wet-milling, Composition and Functional Properties of Starch and Protein Isolated from Buckwheat Groats", *Food Research International*, 30(7): 493-502.
- Zhu F (2016) "Buckwheat Starch: Structures, Properties and Applications", *Trends in Food Science & Technology*, 49: 121-135.
- Zhu F (2021) "Buckwheat Proteins and Peptides: Biological Functions and Food Applications", *Trends in Food Science & Technology*, 110, 155-167.
- Zielinska D, Turemko M, Kwiatkowski J ve Zielinski H (2012) "Evaluation of Flavonoid Contents and Antioxidant Capacity of the Aerial Parts of Common and Tartary Buckwheat Plants", *Molecules*, 17(8): 9668-9682.
- Zielinski H ve Kozłowska H (2000) "Antioxidant activity and total phenolics in selected cereal grains and their different morphological fractions", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(6): 2008-2016.

Zvikas V, Pukelevicien V, Ivanauskas L, Romanovskajac D ve Jakštasa V (2017) ‘Evaluation of Phenolic Antioxidant Content in Organically and Conventionally Grown Buckwheat Herb Crop and Its Regrowth’, Journal of the Science of Food and Agriculture, 97(10): 3278-3283.



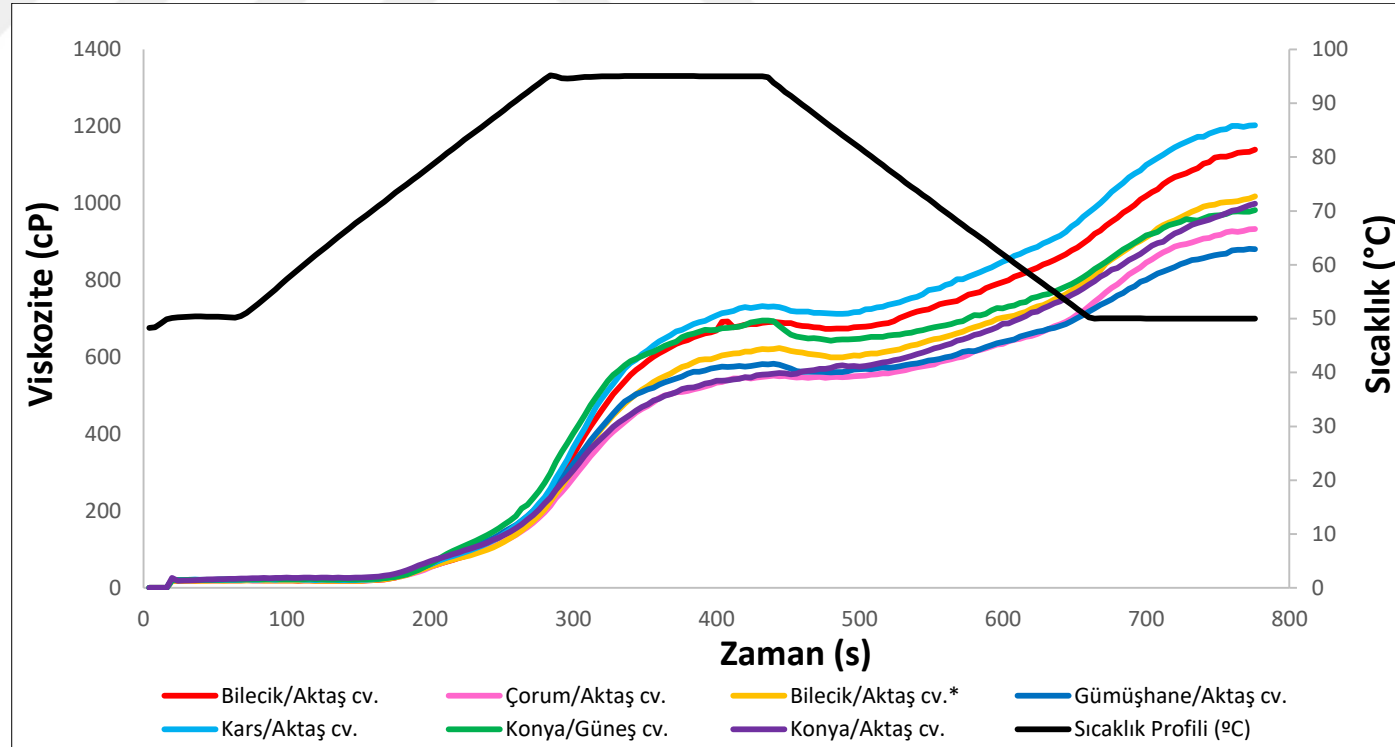
7. EKLER

7.1 Farklı lokasyonlarda yetiştirilen karabuğdayların valsli değirmen öğütme ürünleri (g) ve kayıp miktarları (g)

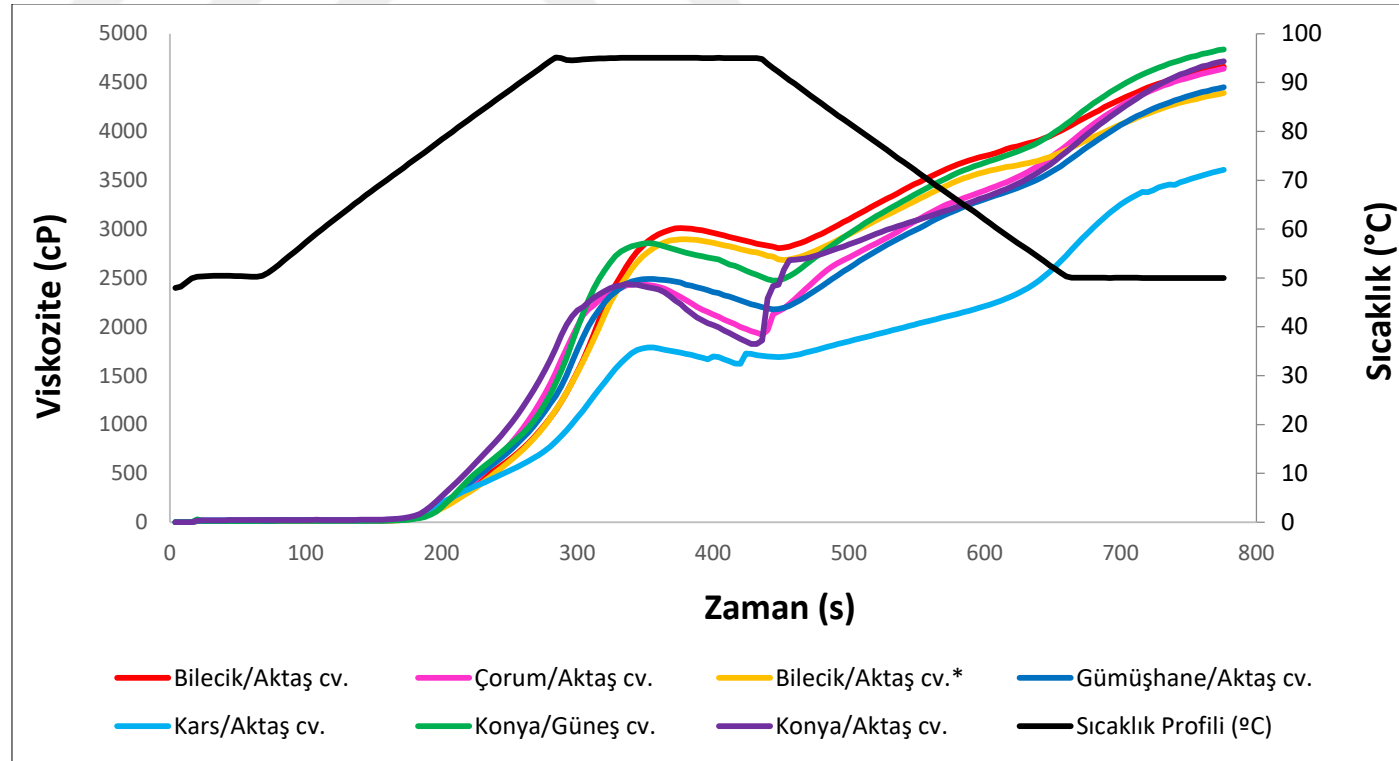
Lokasyon/Çeşit	Öğütülen Miktar (g)	Kalın Kepek (g)	İnce Kepek (g)	Kırma Unu (g)	Öğütme Unu (g)	Kayıp (g)
Konya/Güneş cv.	1677,1	430,5	266,2	504,7	388,3	87,3
Konya/Aktaş cv.	1030,0	267,5	173,8	243,6	309,0	36,2
Çorum/Aktaş cv.	1043,5	260,0	135,9	293,0	278,2	76,5
Kars/Aktaş cv.	1047,3	271,8	164,1	250,1	300,0	61,3
Bilecik/Aktaş cv. *	1276,2	352,1	175,8	401,4	308,2	38,7
Bilecik/Aktaş cv.	1669,7	457,2	211,9	522,1	395,4	83,1
Gümüşhane/Aktaş cv.	825,3	251,1	121,2	252,5	167,9	32,7

*Gübresiz üretim.

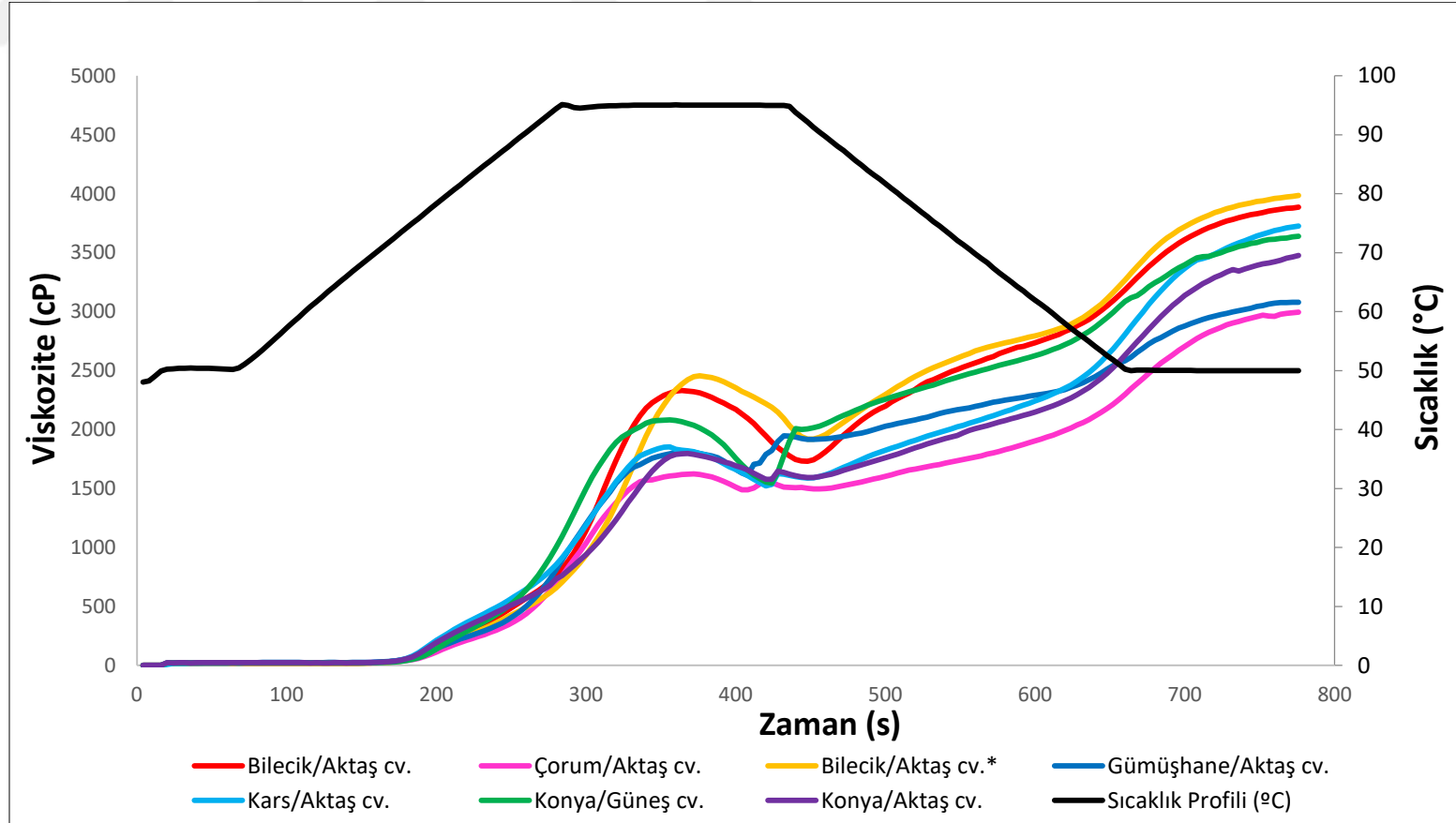
7.2 Tam karabuğday unlarının çirrişlenme özelliklerinin sıcaklık-zaman kontrollü hızlı viskozimetre cihazında (RVA) incelenmesi (*gübresiz üretim)



7.3 Kırma unlarının çirleşme özelliklerinin sıcaklık-zaman kontrollü hızlı viskozimetre cihazında (RVA) incelenmesi (*gübresiz üretim)



7.4 Öğütme unlarının çirleşme özelliklerinin sıcaklık-zaman kontrollü hızlı viskozimetre cihazında (RVA) incelenmesi (*gübresiz üretim)



8. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı

Doğum Yeri ve Tarihi :

Lisans Eğitimi

E-posta

Bilimsel Yayınları:

1. Coşkun H, Sarıca E, Büyüktanır B, Baş N, Tanrikulu E, Bıçak K, Güzel C ve Emecen B (2020) ‘’Some Characteristics of “Katık Keş” A Traditional Turkish Dairy Product‘’, Gıda, 45 (3), 564-571.