

T.C.
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



KARABUĞDAY UNLARI VE ISLAK ÖĞÜTME
FRAKSİYONLARININ BAZI BESİNSEL, TERMAL VE
ÇİRİŞLENME ÖZELLİKLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AYŞENUR ARSLAN

BOLU, HAZİRAN - 2019

T.C.
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



KARABUĞDAY UNLARI VE ISLAK ÖĞÜTME
FRAKSİYONLARININ BAZI BESİNSEL, TERMAL VE
ÇİRİŞLENME ÖZELLİKLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AYŞENUR ARSLAN

BOLU, HAZİRAN - 2019

KABUL VE ONAY SAYFASI

Ayşenur ARSLAN tarafından hazırlanan “Karabuğday Unları Ve Islak Öğütme Fraksiyonlarının Bazı Besinsel, Termal Ve Çirilenme Özellikleri” adlı tez çalışması Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda 13.06.2019 tarihinde savunularak Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Danışman
Doç. Dr. Erkan YALÇIN
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

İmza



.....

Üye
Doç. Dr. Hande Selen ERGE
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi



.....

Üye
Doç. Dr. Serpil ÖZTÜRK
Sakarya Üniversitesi



.....

Prof. Dr. Ömer ÖZYURT

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



Ailem'e,

ETİK BEYAN

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri 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.

Ayşenur ARSLAN

ad.

ÖZET

**KARABUĞDAY UNLARI VE ISLAK ÖĞÜTME FRAKSİYONLARININ
BAZI BESİNSEL, TERMAL VE ÇİRİŞLENME ÖZELLİKLERİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
AYŞENUR ARSLAN
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. ERKAN YALÇIN)
BOLU, HAZİRAN 2019**

Bu araştırmada, yerli kavuzlu karabuğday çeşitlerinin (*Aktaş cv.* ve *Güneş cv.*) ıslak öğütme tekniği ile tane bileşenlerine ayrılması ve daha sonra bu bileşenlerin bazı fiziksel, kimyasal, besinsel (enzime dirençli nişasta, fitik asit, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite) ve fizikokimyasal (çirışlenme-viskozite ve termal özellikler) özellikleri, kavuzlu ve kavuzsuz olarak öğütülmüş karabuğday unlarının özellikleri ile karşılaştırılarak çalışılmıştır. Islak öğütme işleminde, kavuzlu karabuğdaylar 30°C'de, pH 4'e ayarlanmış %0,25'lik Na₂SO₃ çözeltisinde 16 saat ıslatma işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra 600, 300, 75 ve 53 µm'lik eleklerden geçirilerek sırasıyla kavuz, rüşeym+besinsel lif ve protein fraksiyonlarına ayrılmıştır. Geriye kalan nişasta, santrifüjleme yöntemi ile ayrılmıştır. Kavuz, rüşeym+besinsel lif, toplam protein ve nişasta fraksiyonları 40°C'deki etüvde 24 saat bekletilerek kurutulmuş ve sonra verim hesaplamaları yapılmıştır. Islak öğütme işlemi sonunda *Aktaş cv.* ve *Güneş cv.* kavuzlu karabuğdaylarının toplam geri kazanımı sırasıyla %98,1 ve %96,1; toplam nişasta verimleri ise sırasıyla %51,6 ve %49,7 bulunmuştur. *Aktaş cv.* ve *Güneş cv.* karabuğday nişastalarının +4°C'de depolanma süresince retrogradasyon özellikleri incelenmiş ve 15. günde retrogradasyon indeksleri sırasıyla 50,3 ve 56,6 olarak bulunmuştur. Aynı nişastaların hızlı viskozite ölçer cihazında belirlenen çirışlenme sıcaklıkları sırasıyla 83,7 ve 85,7°C, son viskozite değerleri ise sırasıyla 3,5 ve 3,4 Pa.s bulunmuştur. *Aktaş cv.* ve *Güneş cv.* karabuğdaylarının nişasta fraksiyonlarında belirlenen enzime dirençli nişasta miktarları sırasıyla %3,28 ve %3,62'dir. *Aktaş cv.* ve *Güneş cv.* çeşitlerinin rüşeym+besinsel lif fraksiyonlarında belirlenen fitik asit miktarları sırasıyla 0,74 ve 0,96 g/100 g; protein fraksiyonlarındaki fitik asit miktarları sırasıyla 0,62 ve 0,69 g/100 g olarak saptanmıştır. *Aktaş cv.* ve *Güneş cv.* karabuğdaylarında dimetil sülfoksit ekstraksiyonu ile belirlenen en yüksek toplam fenolik madde miktarı rüşeym+besinsel lif fraksiyonlarında sırasıyla 12,4 ve 10,8 mg ferulik asit/g olarak tespit edilmiştir. En yüksek DPPH radikal süpürme aktivitesi ve TEAK antioksidan kapasitesi ıslak öğütme işlemi ile elde edilen sırasıyla *Aktaş cv.*'in kavuz fraksiyonunda (%81,7) ve *Aktaş cv.*'in rüşeym+besinsel lif fraksiyonunda (11,8 mmol/kg) belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Karabuğday, Karabuğday Unu, Islak Öğütme Teknolojisi, Nişasta, Besinsel Özellikler, Çirışlenme Özellikleri, Termal Özellikler

ABSTRACT

SOME NUTRITIONAL, THERMAL AND PASTING PROPERTIES OF BUCKWHEAT FLOURS AND ITS WET MILLING FRACTIONS

MSC THESIS

AYŞENUR ARSLAN

BOLU ABANT İZZET BAYSAL UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING

(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. ERKAN YALÇIN)

BOLU, JUNE 2019

In this study, the native hulled buckwheat cultivars (*Aktaş cv.* and *Güneş cv.*) were milled by using wet milling technique in order to separate into seed components and then some physical, chemical, nutritional (enzyme resistant starch, phytic acid, total phenolic compound and antioxidant activity) and physicochemical properties (pasting-viscosity and thermal) were investigated and compared with the properties of hulled and hull-less buckwheat flours of same cultivars. In wet milling processing, hulled buckwheat were soaked in 0.25% Na₂SO₃ solution adjusted to pH 4 at 30°C for 16 hours. Then, buckwheat samples were sieved from the sieves with sizes of 600, 300, 75 and 53 µm in order to separate hull, germ + dietary fibre and protein, respectively. Remaining starch fraction was separated with centrifugation method. Hull, germ + dietary fibre, total protein and starch fractions were dried in the oven at 40°C for 24 hours, and then their yields were calculated. The total recovery of hulled *Aktaş cv.* and *Güneş cv.* buckwheat cultivars were found as 98.1% and 96.1%; total starch yields were found as 51.6% and 49.7%, respectively. Retrogradation properties of *Aktaş cv.* and *Güneş cv.* starches were investigated during storage at +4°C and their retrogradation indexes were found as 50.3 and 56.6, respectively. The pasting temperatures of the same starches measured on rapid visco analyzer were found as 83.7 and 85.7°C; and final viscosity values were determined as 3.5 and 3.4 Pa·s, respectively. The enzyme resistant starch contents of starch fractions of *Aktaş cv.* ve *Güneş cv.* buckwheat were detected as 3.28% and 3.62%, respectively. The phytic acid contents of germ + dietary fibre fractions of *Aktaş cv.* and *Güneş cv.* buckwheat were found as 0.74 and 0.96 g/100 g, respectively; besides the phytic acid contents of protein fractions were 0.62 and 0.69 g/100 g, respectively. The highest total phenolic compound contents detected in dimethyl sulfoxide extraction condition were found in the germ + dietary fibre fractions of *Aktaş cv.* and *Güneş cv.* buckwheat's as 12.4 and 10.8 mg ferulic acid/g sample, respectively. The highest DPPH radical scavenging activity and TEAC antioxidant capacity were found in the hull fraction (as 81.7%) and germ + dietary fibre fraction (as 11.8 mmol/kg) of *Aktaş cv.* cultivar.

KEYWORDS: Buckwheat, Buckwheat Flour, Wet Milling Technology, Starch, Nutritional Properties, Pasting Properties, Thermal Properties

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	x
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ	xi
TEŞEKKÜR.....	xii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	5
2.1 Pseudo-tahılların Kimyasal ve Besinsel Özellikleri.....	5
2.2 Pseudo-tahılların Gıda Teknolojisindeki Önemleri.....	12
2.3 Pseudo-tahılların Islak Öğütme Teknolojisi.....	20
3. MATERYAL VE METOT.....	25
3.1 Materyal	25
3.2 Metot.....	25
3.2.1 Kavuzlu Karabuğdayın Islak Öğütme İşlemi	25
3.2.2 Kimyasal Analizler	28
3.2.2.1 Nem Miktarı Tayini	28
3.2.2.2 Kül Miktarı Tayini.....	28
3.2.2.3 Toplam Protein Miktarı Tayini	29
3.2.2.4 Ham Yağ Miktarı Tayini	29
3.2.2.5 Besinsel Lif Miktarı Tayini.....	29
3.2.3 Besinsel Özellik Analizleri	30
3.2.3.1 Toplam Nişasta Miktarı Tayini.....	30
3.2.3.2 Enzime Dirençli Nişasta Miktarı Tayini.....	31
3.2.3.3 Toplam Fenolik Madde Analizi	31
3.2.3.4 Antioksidan Aktivite Tayini.....	32
3.2.3.5 Fitik Asit Miktarı Tayini.....	34
3.2.4 Fonksiyonel Özelliklerin Belirlenmesi	34
3.2.4.1 Suda Çözünen Madde Miktarı ve Su Bağlama Kapasitesi Tayini.....	34
3.2.4.2 Su Tutma ve Yağ Absorplama Kapasitesi Tayini.....	35
3.2.5 Fiziksel Analizler	36
3.2.5.1 Renk Tayini ve Beyazlık İndeksi Tayini.....	36

3.2.6	Nişasta Fraksiyonlarının Termal Özellikleri.....	36
3.2.7	Çirişlenme Özelliklerinin Belirlenmesi.....	37
3.2.8	İstatistik.....	38
4.	ARAşTIRMA BULGULARI VE TARTIşMA.....	39
4.1	Kavuzlu Karabuğdayların Islak Öğütme İşlemi ile Açığa Çıkan Tane Fraksiyonlarının Verim Değerleri.....	39
4.2	Karabuğday Unlarının Bazı Kimyasal Özellikleri	40
4.3	Karabuğday Unlarının ve Islak Öğütme İşleminden Elde Edilen Fraksiyonların Bazı Besinsel Özellikleri.....	43
4.3.1	Toplam Fenolik Madde Miktarı	43
4.3.2	Antioksidan Özellikleri	46
4.3.3	Toplam Nişasta, Enzime Dirençli Nişasta ve Fitik Asit Miktarları.....	49
4.4	Karabuğday Unlarının Fonksiyonel Özellikleri	52
4.4.1	Suda Çözünen Madde Miktarı, Su Bağlama Kapasitesi, Su Tutma ve Yağ Absorplama Kapasitesi.....	52
4.5	Karabuğday Unlarının ve Islak Öğütme İşleminden Elde Edilen Nişasta Fraksiyonlarının Bazı Fiziksel Özellikleri	53
4.5.1	Renk Özellikleri.....	53
4.6	Karabuğday Unlarının ve Islak Öğütme İşleminden Elde Edilen Nişasta Fraksiyonlarının Termal Özellikleri.....	56
4.7	Karabuğday Unlarının ve Islak Öğütme İşleminden Elde Edilen Nişasta Fraksiyonlarının Çirişlenme Özellikleri.....	60
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	64
6.	KAYNAKLAR.....	72
7.	EKLER.....	81
8.	ÖZGEÇMİş	92

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1. Tam kavuzlu karabuğdayın ıslak öğütme işlemi akış şeması.....27



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 4.1. Kavuzlu karabuğdayların ıslak öğütme işlemi ile açığa çıkan tane fraksiyonlarının verim (g/100 g) değerleri.....	40
Çizelge 4.2. Karabuğday unlarının bazı kimyasal özellikleri	42
Çizelge 4.3. Kavuzlu karabuğdayların üç kez tekrarlanan ıslak öğütme işlemi ile açığa çıkan tane fraksiyonlarının otomatik nem ölçer cihazında belirlenen nem miktarları (%)	43
Çizelge 4.4. Karabuğday unlarının ve ıslak öğütme işlemi ile elde edilen fraksiyonların farklı ekstraksiyon koşullarında belirlenen toplam fenolik madde miktarları.....	44
Çizelge 4.5. Karabuğday unlarının ve ıslak öğütme işlemi ile elde edilen fraksiyonların DPPH radikal süpürme aktivitesi (%) ve Troloks Eşdeğerliği Antioksidan Kapasitesi (TEAK, mmol/kg) değerleri....	47
Çizelge 4.6. Karabuğday unlarının ve ıslak öğütme işlemi ile elde edilen fraksiyonlarının toplam nişasta, enzime dirençli nişasta ve fitik asit değerleri.....	49
Çizelge 4.7. Kavuzlu tam karabuğday unları ve kavuzsuz tam karabuğday unlarının fonksiyonel özellikleri	52
Çizelge 4.8. Karabuğday taneleri, kavuzlu tam karabuğday unları ve kavuzsuz tam karabuğday unları ve ıslak öğütme işleminden elde edilen nişasta fraksiyonlarının renk özellikleri.....	54
Çizelge 4.9. Kavuzlu karabuğdayların ıslak öğütme işleminden elde edilen nişasta fraksiyonlarının ve kavuzsuz tam karabuğday unlarının termal (DSC) özellikleri	56
Çizelge 4.10. Islak öğütme işlemi ile izole edilen karabuğday nişastalarının +4°C'de 15 günlük depolama süresince retrogradasyon özellikleri.....	59
Çizelge 4.11. Tam kavuzlu karabuğday unları, kavuzsuz tam karabuğday unları ve karabuğdayların ıslak öğütme işleminde elde edilen nişasta fraksiyonlarının çirleşme özellikleri.....	61

KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

AACC-INT	: American Association of Cereal Chemists International
ABTS	: 2,2'-azinobis-3-etilbenzotiazolin sülfonik asit
AOAC-INT	: Association of Official Analytical Chemists International
DMSO	: Dimetil sülfoksit
DPPH	: 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil
FA	: Ferulik asit
FAE	: Ferulik asit eşdeğeri
TEAK	: Troloks eşdeğeri antioksidan kapasite



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam boyunca benden bilgi birikimini ve yardımlarını esirgemeyen, her zaman fikir ve deneyimleriyle yol göstericim olan tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Erkan YALÇIN'a,

Yüksek Lisans eğitimim sırasında ERASMUS öğrenci hareketliliği kapsamında staja gittiğim ve çalışmamın temel analizlerini gerçekleştirdiğim, İspanya'nın Valencia şehrinde bulunan IATA-CSIC Araştırma Merkezi'ne ve bilgi, öneri ve destekleriyle her zaman yanımda olan IATA-CSIC Araştırma Merkezi bilim insanlarından Sayın Dr. Claudia Monika HAROS'a,

Karabuğdayların (*Aktaş cv.* ve *Güneş cv.*) temin edilmesindeki katkılarından dolayı Konya Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne ve burada görevli araştırmacılardan Dr. Ahmet GÜNEŞ'e,

Tez çalışmam süresince içten yardımı ve desteğiyle hep yanımda olan yüksek lisans öğrencisi arkadaşım Betül CINDIK'a,

Sevgi, hoşgörü ve destekleriyle daima yanımda olan, çalışmalarım boyunca beni hep motive eden, sevgili annem Cemile KİLİTCİ, babam Yusuf ARSLAN, kardeşim Yağmur ARSLAN, ağabeyim Salih ARSLAN ve ablam Rabia ARSLAN YABAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayşenur ARSLAN

1. GİRİŞ

Tahıl benzeri bitkiler (*pseudo-tahıllar*); baklagiller, yağlı tohumlar, tahıllar veya sert kabuklu meyveler haricinde insan beslenmesine uygun, nişastalı bitkilere denmektedir. Tahıllar ve pseudo-tahıllar, toplam kalorinin en az üçte ikisini sağlayarak, tarih boyunca insan yaşamının ve kültürünün bir parçası olmuştur. Genel olarak, hem tahıllar hem de pseudo-tahıllar botanik özelliklerinin yanı sıra yenilebilir nişastalı tohumlar olarak da gruplandırılmıştır (Fletcher, 2004; Cheng, 2018). Başlıca bilinen üç pseudo-tahıl, amarant (*Amaranth caudatus*, *Amaranth cruentus*, *Amaranth hypochondriacus*; Amaranthaceae familyası), kinoa (*Chenopodium quinoa* sub sp. quinoa; Chenopodiaceae) ve karabuğdaydır (*Fagopyrum esculentum*; Polygonaceae). Pseudo-tahıllar, tek çenekli buğday, pirinç ve arpa gibi tahılların aksine çift çenekli bitkilerdir. Tohumları işlev ve kompozisyon olarak tahıllara benzediğinden dolayı tahıl benzeri bitkiler olarak adlandırılmıştır (Fletcher, 2004; Mathew ve Singh, 2016; Nisar vd., 2018).

Pseudo-tahıllar, tahıllara kıyasla daha küçük tohum yapısına sahiptirler. Pek çok pseudo-tahıl fakir topraklarda ve diğer tahılların yetişemediği toprak koşullarında yetişebilir. Herhangi bir tahılın insan beslenmesinde kullanımı (işlevselliği), tahılın başlıca kısımlarında (embriyo, endosperm ve/veya kepek) bulunan protein, nişasta ve ham yağın miktarına ve kalitesine bağlıdır. Tohumun kullanılabilirliği temel olarak protein, nişasta ve ham yağ miktar ve kalitesi üzerinde rol oynayan genetik ve çevresel faktörlere bağlıdır. Herhangi bir tohumun embriyo, endosperm veya perisperm tabakalarının oranı öncelikle bitkinin genetik yapısı tarafından belirlenir. Tahılın nihai kompozisyonu, yetiştirme koşullarından ve daha sonraki işlemlerden etkilenir. Önemli çevresel faktörler, sadece yetiştirme koşullarını değil aynı zamanda hasat yöntemini, tahılın depolanma şeklini, herhangi bir gıda işleme yöntemini ve antinutrisyonel faktörlerin bulunma durumlarını içerir (Fletcher, 2004).

Pseudo-tahılların besinsel değeri, temel olarak, fizyolojik fonksiyonlarda yer alan önemli bir biyolojik makro molekül grubu olan proteinlerine bağlıdır. Bir proteinin beslenme açısından en önemli özelliği içerdiği esansiyel amino asit miktarıdır, çünkü insanlar tarafından sentezlenemeyen karbon iskeletlerine sahip oldukları için beslenme yoluyla dışardan alınmaları gerekir. Bu sebeple, esansiyel amino asitler, esansiyel olmayan amino asitlere göre, büyüme ve metabolik ihtiyaçların sürdürülmesi için daha önemlidir. Proteinlerin besinsel kalitesi, vücut

tarafından sentezlenemeyen esansiyel amino asitlerin miktarı ile ilgilidir. Sindirilebilirlik ayrıca proteinlerin besinsel değeri için önemli bir faktördür. Ayrıca, esansiyel amino asit içeriği, insan beslenmesinde protein kalitesini ölçen Protein Sindirilebilirliği Düzeltilmiş Amino Asit Skorunu (PDCAAS) tahmin etmek için de kullanılabilir (Mota vd., 2016). Pseudo-tahılların protein miktarı ve kalitesi, tahıllardan daha yüksektir. Özellikle tahıllarda sınırlı düzeyde bulunan lizin amino asiti pseudo-tahıllarda yüksek miktarlarda bulunmaktadır. Hem bebekler hem de çocuklar için gerekli olan arjinin ve histidinin içeriği, çocukların beslenmesi için amarant ve kinoayı ilginç kılmaktadır (Gorinstein vd., 2004; Nisar vd., 2018). Pseudo-tahıllar, mükemmel besinsel özellikleri sebebiyle hedef popülasyonun gereksinimlerini karşılamak için iyi birer alternatiftirler. Tohumların kalori içeriği, buğday, mısır, pirinç gibi temel tahıllar ve nohut, fasulye, börülce gibi baklagiller ile karşılaştırılabilir düzeydedir (Fletcher, 2004; Mathew ve Singh, 2016; Mota vd., 2016; Nisar vd., 2018).

Glutensiz gıda akımının 2000'li yılların sonunda ortaya çıkması ile amarant, kinoa, karabuğday gibi unutulmuş birkaç pseudo-tahılların önemi tekrar hayat bulmuştur. Amarant, özellikle tahıl ve yapraklı sebzeler olarak kullanılan birçok ekili türü barındıran Amaranthaceae familyasındaki bir cins olan *Amaranthus*'un yaklaşık 60 türü için kullanılan ortak isimdir. Orta ve Güney Amerika'ya özgü, muhtemelen 8000 yıl önce Aztekler tarafından yetiştirilmiştir. 1970'lerde besinsel değeri sebebiyle tekrar gündeme gelmiştir; çoğunlukla tahıllarda sınırlı düzeyde bulunan lizin amino asiti bakımından son derece zengindir (Mota vd., 2016; Cheng, 2018). Kinoa ve amarant ile kıyaslanabilir bir potansiyele sahip olan karabuğday, genellikle 70 günde hasat edilebilir duruma gelir yani oldukça kısa mevsimsel yetiştirme dönemine sahip bir pseudo-tahıldır. Karabuğdayın MÖ 6000 yıllarında Doğu Asya'da bulunduğu, ilk kez 1400'lerde Avrupa'ya ve 1600'lerde de Avrupalılar tarafından Kuzey Amerika'ya getirildiği düşünülmektedir. Polygonaceae familyasındaki karabuğday cinsi (*Fagopyrum*) bilinen 19 türden meydana gelir. Sadece ekili olan iki türü ise, basit/yaygın (*common*) karabuğday (*Fagopyrum esculentum*) ve tartari karabuğdayıdır (*Fagopyrum tartaricum* Gaertn.). Şu anda basit/yaygın karabuğday, küresel karabuğday üretiminin %90'ından fazlasını oluşturmaktadır ve bu durum onu dünyadaki ekonomik açıdan en önemli *Fagopyrum* türü yapmaktadır. Karabuğdayın protein içeriği buğday, mısır ve pirince kıyasla daha yüksektir. Ayrıca, tohumları antioksidan ve dislipidemiği önlemedeki etkileri olan flavonoidler (başlıca rutin) bakımından zengindir (Mota vd., 2016; Cheng, 2018).

Bazı tahıllar (pirinç, mısır vb.) ve protein bakımından zengin olan pseudo-tahıllar (amarant, karabuğday, kinoa) çölyak hastalığına sebep olan toksik prolamin proteinlerini içermezler. Son zamanlarda yapılan araştırmalar, özellikle bazı alternatif ürünlerin (karabuğday, kinoa, amarant) Avrupa ve Amerika'da beslenme alışkanlıklarına dâhil edilmesi ile daha besleyici geleneksel ürünlerin üretilebileceğini göstermiştir. Bu sebeple, son on yılda yalnızca toksik gluten proteinlerini içeren tahıllara alerjisi olan insanlar için değil, aynı zamanda sağlıklı beslenme tarzını benimseyen insanlar içinde pseudo-tahılların kullanımı artmaya başlamıştır (Gorinstein vd., 2008). Çölyak hastası olan insanları tek tedavi yöntemi, toksik prolamin proteinlerini içeren tahıllardan (buğday, arpa, çavdar, yulaf, tritikale) yapılan gıdaları yaşamları boyunca beslenmelerinden çıkarmalarıdır. Çölyak hastalarının bu gıdaları tüketmesi kalıcı bağırsak mukozası hasarına sebep olurken, çoğu hastada beslenmelerinden bu gıdaları çıkarılması ile tam mukozal iyileşme gözlenmektedir. Çölyak hastalığında, bağırsak mukozası hasarının bir sonucu olarak, emilim bozukluğu ve sindirim sistemi bozuklukları meydana gelir. Pseudo-tahıllardan amarant, kinoa ve karabuğday glutensiz beslenmede gluten içeren tahıllara sağlıklı alternatifler olarak ortaya çıkmıştır. Sadece doğal olarak glutensiz olmakla birlikte aynı zamanda çok zengin besinsel özelliklere de sahiptirler (Alvarez-Jubete vd., 2009a; Mota vd., 2016). Son yıllarda, glutensiz gıdaların besin değerini ve çeşitliliğini artırmak için alternatif tahıllardan elde edilen unlar kullanılmıştır. Gluten içermeyen tam pseudo-tahıllar, kardiyovasküler ve diğer hastalıklara karşı korumaya yardımcı önemli biyoaktif antioksidan ve çözünebilir besinsel lif kaynaklarıdır (Mathew ve Singh, 2016). Pseudo-tahıl unlarının besinsel ve fitokimyasal potansiyelleri artan bir ilgiye sahiptir. Birçok araştırmada karabuğday, amarant ve kinoa'nın birçok fenolik bileşik açısından zengin olduğu belirtilmiştir. Karabuğday, amarant ve kinoa gibi pseudo-tahıl unlarının eklenmesi, toplam fenolik bileşiklerin içeriği ve antioksidan aktivitesine sahip glutensiz ürünler üretilebilir ve bunların kalitesi ve kabul edilebilirliği üzerinde bu pseudo-tahıllar etkili olmaktadır (Torres vd., 2017).

Öğütmenin amacı; tohumu meydana getiren başlıca kısımları, öğütme yöntemine göre ayırarak, gıda veya gıda dışı alanlarda kullanmaktır. Öğütme, genel olarak kuru ve ıslak öğütme olarak sınıflandırılabilir. Islak öğütmede amaç; nişasta, protein, besinsel lif ve ham yağ gibi tohumun başlıca kimyasal bileşenlerini ayırmak olduğu gibi; endosperm, ruşeym ve kepek gibi danenin anatomik kısımlarına göre ayırmak şeklinde de yapılabilir. Islak öğütmede her bileşen mümkün olan en saf haliyle ayrılırken; kuru öğütmede amaç, yüksek kalitede rafine veya tam dane unu

üretmektir. Islak öğütme, tahıl veya pseudo-tahılların temel bileşenlerini fiziksel, kimyasal, biyokimyasal ve mekanik işlemler ile ayıran endüstriyel bir işlemdir. Islak öğütme, maserasyon/ıslatma işlemi (belirli bir sıcaklıkta alkali veya asitli solüsyonlarda ıslatma) ile başlar. Ardından danenin anatomik kısımlarının fiziksel özellik (yoğunluk, parçacık boyutu) farklılıklarından yararlanarak yapılan mekanik ayırma işlemi gelir. Islak öğütme teknolojisi sanayide, çoğunlukla mısır ve buğdaya uygulanırken, sorgum, arpa, yulaf ve pirinç gibi tahıllara ve laboratuvar ölçekli olarak da karabuğday, kinoa, amarant gibi pseudo-tahıllara uygulanmaktadır. Tahıl veya pseudo-tahılların ıslak öğütme koşulları tamamen nişasta özelliklerini etkilemektedir. Kuru öğütmede, tahıl danesindeki başlıca kimyasal bileşenler ayrı ayrı elde edilemez. Islak öğütmede tahıl danesinin kavuz, ruşeym, kepek gibi bazı dane kısımları ile protein ve nişasta gibi bazı kimyasal bileşenleri ayrı ayrı elde edilebilir. Pseudo-tahılların ıslak öğütme teknolojisi ile öğütülmesinin başlıca sebebi yüksek protein miktarlarıdır. Pseudo-tahıl proteinlerinin bu teknoloji ile elde edilmesi ile fonksiyonel özellikleri yüksek protein katkıları üretilebilir. Pseudo-tahılların ıslak öğütme teknolojisi farklı koşullarda yapılmaktadır, bunun başlıca sebebi kesin bir ıslatma koşulunun bulunamamış olması ve en iyi koşulların halen aranıyor olmasıdır. Islak öğütmenin dezavantajları ise şunlardır: kuru öğütmede ıslak öğütmeye kıyasla düşük miktarda su kullanılırken, ıslak öğütmede daha yüksek miktarlarda ve temiz su kullanılması gerekmektedir.

Bu araştırmada, ülkemiz tahıl araştırma merkezlerinden Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırmalar Merkezi'nde (Karatay, Konya) geliştirilerek tescil alan karabuğday çeşitlerinin (Güneş cv. ve Aktaş cv.) ıslak öğütme teknolojisi ile öğütülerek dane kısımlarına ve kimyasal bileşenlerine ayrılması işlemi ilk kez incelenmiştir. Bu amaçla, araştırmamızın ıslak öğütme işlemi, kısa adı IATA-CSIC olan ve İspanya'nın Valencia şehrinde bulunan Spanish Council for Scientific Research (CSIC)'e bağlı Institute of Agrochemistry and Food Technology (IATA) laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Karabuğday örnekleri fraksiyonlarına ve kimyasal bileşenlerine ayrıldıktan sonra bazı kimyasal, besinsel ve fizikokimyasal analizleri hem İspanya'da hem de bölümümüz laboratuvarlarında yapılmıştır. Ülkemizde tescil almış karabuğdayların nişasta, protein, besinsel lif içerikleri, karabuğday fraksiyonlarının antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde gibi bazı sağlık etkileri yüksek özellikleri ve ıslak öğütme ile elde edilen karabuğday nişastalarının jelatinizasyon ve retrogradasyon özellikleri bu tez çalışmasında ayrıntılı olarak incelenmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1 Pseudo-Tahılların Kimyasal ve Besinsel Özellikleri

Pseudo-tahıllardan amarant, kinoa ve karabuğdaya olan ilgi son yıllarda artış göstermiştir. Artan ilginin temel sebeplerinden birisi mükemmel besin kompozisyonu ve glutensiz olmalarıdır. Nişasta içerikleri sebebiyle önemli enerji kaynakları olmalarının yanı sıra, yüksek kalitede protein, besinsel lif ve doymamış yağlar bakımından zengin lipitler içermektedirler. Ayrıca, mineraller, vitaminler ve diğer biyoaktif bileşenler olan saponin, fitosterol, skualen, fagopiritol ve polifenoller önemli miktarda içermektedirler (Fletcher, 2004; Alvarez-Jubete vd., 2009a; Alvarez-Jubete vd., 2010a; Theethira ve Dennis, 2015; Bilgiçli ve İbanoğlu, 2015; Vici vd., 2016; Nisar vd., 2018).

Çiçekli bitkilerin, tek ve çift çenekli olmak üzere iki alt sınıfı bulunmaktadır. Buğday, çavdar ve arpa tek çenekli; karabuğday, amarant ve kinoa ise tek çenekli tahıllara çok benzemelerine rağmen çift çenekli tahıl benzeri bitkilerdir (pseudo-tahıl). Baklagiller gibi amarant, kinoa ve karabuğday da glutensiz beslenme kalitesini artırmak için alternatif bitki tohumlarıdır (Eßlinger, 2009; Alvarez-Jubete vd., 2010a).

Pseudo-tahıllar, karbonhidrat ve proteinler gibi makro besin maddelerinin önemli kaynağıdır ve aynı zamanda vitamin ve mineral miktarı bakımından önemleri yüksektir. Pseudo-tahıllar yaygın tahıllara kıyasla daha yüksek protein içeriğine sahiptirler. Tahıllarda sınırlı düzeyde bulunan lizin amino asiti ve ayrıca arjinin ve histidin (çocuklar için elzemdir) amino asitleri yüksek miktarlarda bulunmuştur. Pseudo-tahıllarda diğer tahıllara kıyasla lipit içeriği daha yüksek oranda bulunur, ancak daha yüksek doymamış yağ asitleri ile karakterize edilirler (Vici vd., 2016).

Amarant ve kinoa tohumlarında şekil olarak dairesel olan embriyo veya rüşeym, nişasta bakımından zengin perispermi çevreler ve tohum kavuzuyla birlikte yağ ve protein açısından nispeten zengin olan kepek kısmını oluşturmaktadır. Amarant ve kinoa tohumlarındaki kepek fraksiyonunun (kavuz ve rüşeym) yüzdesi, mısır ve buğday gibi tahıllara kıyasla daha yüksektir. Karabuğday tohumu 4-9 mm uzunluğunda üçgen şeklinde olup, kavuz, spermoderm, endosperm ve embriyodan

meydana gelmektedir. Karabuğday tohumlarındaki nişasta rezervleri tahıllarda olduğu gibi endospermde depolanır ve iki kotiledonu olan embriyo, nişastalı endosperm boyunca uzanmaktadır. Kinoanın saponin içeriğine bağlı olarak tatlı ve acı çeşitleri bulunmaktadır (Alvarez-Jubete vd., 2010b).

Tahılların aksine amarant, kinoa ve karabuğdaydaki proteinler, esas olarak globulin ve albümin proteinlerinden meydana gelir. Tahıllarda başlıca depo proteini olan ve ayrıca çölyak hastalığında toksik proteinler olarak tanımlanan prolamin proteinlerini çok az veya hiç içermezler (Qian ve Kuhn, 1999; Alvarez-Jubete vd., 2010b). Globülinlerin ve albüminlerin amino asit kompozisyonu, besinsel kalite bakımından prolaminden önemli ölçüde farklıdır. Globulinler ve albüminler, prolaminlerden daha az glutamik asit ve prolin içerir ve lizin gibi esansiyel amino asitleri daha çok içerirler. Sonuç olarak, pseudo-tahıl proteinlerinin amino asit kompozisyonu yüksek miktarda esansiyel amino asit içermesi sebebiyle iyi bir protein kalitesine sahip olmakla birlikte normal tahıllardan daha üstündür (Alvarez-Jubete vd., 2010b). Pseudo-tahıllar yüksek miktarda protein (%13,2-18,2) içerirler (Gorinstein vd., 2008). Amarant, karabuğday ve kinoa için protein içerikleri sırasıyla %13,4-16,5, %8,9-12,0 ve %12,1-14,5 aralıklarında değişmektedir. Diğer tahıl taneleri ile karşılaştırıldığında, protein içeriği mısırdan (%10,2) daha yüksektir ve tam buğday unu (%13,2) ile kıyaslanabilir düzeydedir. Fasulye (%23,6) veya soya (%36,1) gibi baklagillerle karşılaştırıldığında düşük protein içeriğine sahiptirler (Mota vd., 2016).

Karabuğday, kinoa, amarant için lizin miktarı 0,6-0,8 g/100 g; tam buğday için 0,3-0,4 g/100 g aralıklarında bildirilmiştir. Toplam lizin içeriği diğer tahıllara kıyasla yüksek olup, baklagillere ise yakın bulunmuştur. Ayrıca, metiyonin ve sistein içerikleri tahıl ve baklagil proteinlerinde bulunanlardan daha yüksektir (Eßlinger, 2009; Nisar vd., 2018).

Pseudo-tahılların, tahıllara kıyasla daha fazla miktarda ham yağ içerdiği bulunmuştur. Pseudo-tahıllarda bulunan ham yağ, yüksek miktarda doymamış yağ asidi (çok miktarda linolenik asit) ile karakterize edilmektedir. Çoklu doymamış yağ asitleri, kardiyovasküler hastalıklar ve insülin duyarlılığı üzerinde birçok olumlu etkiye sahiptirler. Ayrıca, pseudo-tahıllardaki lipitler beslenme açısından arzu edilen derecede yüksek doymamışlık ile karakterize edilmektedir (Nisar vd., 2018). Amarant tohumu yağı, diğer tahıl tanelerinden elde edilen yağlara kıyasla daha yüksek oranda skualen (~%6) içermektedir. Amarant ve kinoanın lipid içeriği, karabuğday ve buğdaya kıyasla 2 ile 3 kat daha yüksektir. Amarant, kinoa ve

karabuğday lipitleri, beslenme açısından arzu edilen yüksek derecede doymamışlık ile karakterize edilmektedir. Linoleik asit en bol bulunan yağ asididir (amarant ve kinoada toplam yağ asitlerinin %50'si ve karabuğdayda yaklaşık %35'i), ardından oleik asit (amarant ve kinoada %25 ve karabuğdayda %35) ve palmitik asit gelmektedir (Alvarez-Jubete vd., 2010a).

Yapılan araştırmalar, pseudo-tahıllardan amarant, kinoa ve karabuğdayın iyi birer besinsel lif kaynağı olduğunu göstermiştir. Karabuğday, kinoa ve amaranta kıyasla daha yüksek miktarda besinsel lif içermektedir (Alvarez-Jubete vd., 2010b). Nişasta polisakkariti, insan beslenmesindeki temel fizyolojik enerji kaynağıdır. Nişastalı bileşikler, tohumların perispermde bulunur ve basit birimler veya küresel kümeler halindedirler. Pseudo-tahıllarda çeşitli fenolik asitler ve flavonoidler tanımlanmıştır. Fenolik asitler temel olarak benzoik ve sinamik asit türevleridir ve büyük ölçüde bağlı formda meydana gelmektedir (Nisar vd., 2018).

B vitamini içeriği bakımından amarant iyi bir riboflavin, kinoa ise riboflavin, tiamin ve folik asit kaynağıdır. Karabuğday da iyi bir tiamin, riboflavin ve piridoksin içeriğine sahiptir. Amarant, kinoa ve karabuğday tohumları mükemmel E vitamini kaynaklarıdır. Amarant, kinoa ve karabuğday tohumlarındaki toplam E vitamini içeriği kuru madde üzerinden sırasıyla 5,7, 8,7 ve 5,5 mg/100 g olarak rapor edilmiştir. Kalsiyum, magnezyum ve demir glutensiz ürünler veya glutensiz beslenmede yetersiz olan minerallerdir. Pseudo-tahıllardan amarant, kinoa ve karabuğday genellikle bu ve diğer önemli minerallerin iyi birer kaynaklarıdır (Alvarez-Jubete vd., 2010b). Vitaminler, vücudun fizyolojik fonksiyonlarının çoğunda önemli rol oynamaktadır. Bir araştırmada amarant ve kinoanın iyi bir riboflavin, C vitamini ve özellikle de folik asit ve E vitamini kaynağı olduğu bildirilmiştir. Amarant, kinoa ve karabuğday kalsiyum, magnezyum, demir bakımından iyi birer kaynaktırlar. En yüksek mineral içeriğinin amarant ve bunu takiben kinoa ve sonra karabuğdayda olduğu ifade edilmiştir (Nisar vd., 2018).

Amarant (*Amaranthus* spp.), Celosia familyasına ait olup büyük bir biyolojik çeşitliliğe sahiptir. Başlıca türleri *Amaranth caudatus*, *Amaranth hypochondriacus* ve *Amaranth cruentus*'tur. Tohumları 0,6-1,3 mg ağırlığında ve 1-1,5 mm çapında olup mercimek şeklindedir (Nisar vd., 2018). Tropik bölgelerde yetişir ve ılık iklimleri tercih etmektedir. Tarımı M.Ö. 6700'e kadar uzanmaktadır. Başlıca yetiştirilme merkezleri Güney Amerika, Çin, Afrika, Hindistan ve Amerika Birleşik Devletleri'dir. Avrupa'da da bazı türleri yetiştirilmektedir. (Alvarez-Jubete vd., 2010a; Robin vd., 2015). *A. hypochondriacus*, en iyi karakteristik özelliklere sahip olup Meksika

kökenlidir, geç olgunlaşma gösterir ve dona karşı hassastır. *Amaranthus caudatus* (İnka buğdayı), Bolivya, Peru ve Ekvator'un kuzeyi ve yüksek rakımlı bölgelere özgüdür; *Amaranthus cruentus* (mor amarant) ve *Amaranthus hypochondriacus* (Prens tüyü) Guatemala ve Meksika'ya özgü amarant türleridir (Fletcher, 2004; Robin vd., 2015).

Amarant protein ve diğer kimyasal bileşenleri önemli miktarda içeren bir pseudo-tahıldır (Avanza ve Añón, 2007; Mathew ve Singh, 2016). Amarant, lisin, triptofan ve kükürt içeren amino asitler dahil olmak üzere bir çok amino asit bakımından zengindir. Globulinler ve albuminler toplam protein içeriğinin %50'sini oluşturmaktadır (Mathew ve Singh, 2016). *A. hypochondriacus*, arpa ve buğdaya kıyasla 2-3 kat daha yüksek lisin içeriğine sahiptir. Çimlenme sırasında lisin içeriği daha da yükselmektedir (Robin vd., 2015).

Amarant tohumlarında bulunan başlıca fenolik bileşikler, kafeik asit, *p*-hidroksibenzoik asit ve ferulik asittir (Alvarez-Jubete vd., 2010b). Amarantın 2-24 mg/100 g arasında değişen toplam fenolik miktara sahip olduğu, toplam polifenollerin ise kuru madde bazında 2-300 mg/100 g arasında değiştiği bulunmuştur. Antosiyanin içeriği 90-103 mg siyanidin 3-glukozit eşdeğeri/100 mg olarak rapor edilmiştir. Amarant tohumunun besinsel lif miktarı %8-16 arasında olup %33-44'ünün çözünebilir besinsel lif olduğu bildirilmiştir. Amarantın çözünemeyen besinsel lifinde bulunan monosakkaritler glukoz (%57), arabinoz (%22), ksiloz (%9), galaktoz (%6), ramnoz (%4), mannoz (%2) ve fukoz (%1) olarak belirlenmiştir. Çözünemeyen besinsel lifi ise ağırlıklı olarak disakkarit ve trisakkarit yan zincirlerinin çoğunun yanı sıra pektik polisakkaritlerin bulunduğu dallanmış ksiloglukanlardan meydana gelmiştir (Fletcher, 2004).

Amarant nişastası (tohumun %69'u) temel olarak amilopektindir; granülleri (1-3 µm) tahıllara (3-30 µm) kıyasla nispeten küçüktür ve daha yüksek bir çözünürlüğe ve jelatinizasyon sıcaklığına sahiptir. Tohum %10'a kadar ham yağ içerebilir, bu ham yağ kozmetik üretiminde kullanılan skualen içermektedir. Amarant, 102 µg/100 g folik asit içermektedir (Nisar vd., 2018; Robin vd., 2015; Vici vd., 2016). Antinutrisyonel tripsin inhibitörleri buğdayda gözlenenlerin iki katı kadar konsantrasyonlarda ortaya çıkmaktadır (Fletcher, 2004). Vitaminler açısından amaranttaki tiamin içeriği buğdaydan daha fazladır. Amarant tohumlarının düşük miktarda saponin (%0,09) içerdiği ve amarant tohumlarındaki bu düşük saponin konsantrasyonunun veya nispeten düşük toksik özelliğinin tüketici için önemli sağlık riskleri oluşturmayacağı bildirilmiştir (Nisar vd., 2018).

Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) Chenopodiaceae familyasına aittir (Gallagher, 2009). Güney Amerika'nın And Dağları bölgesine özgü olup Peru ve Bolivya ülkelerinin yerel bitkisidir (Prego vd., 1998; Ogungbenle, 2003; Fletcher, 2004; Eßlinger, 2009; Alvarez-Jubete vd., 2010a; Mathew ve Singh, 2016; Nisar vd., 2018). Kinoa, 2000 – 4000 m yükseklikte çok iyi yetişebilmektedir (Fletcher, 2004; Eßlinger, 2009; Mathew ve Singh, 2016). Dona karşı dayanıklıdır ve düşük yağışlı bölgelerde bile tatmin edici verim sağlanmaktadır (Eßlinger, 2009). Ekim yoğunluğuna göre 1-3 m yüksekliğe kadar büyüyüp, kökleri 30 cm derinliğe kadar ulaşabilmektedir. Tohumları çok hızlı bir şekilde çimlenebilmektedir. Sapı düz ya da dallanmış, 3,5 cm çapında, silindirik ve rengi değişkendir. Çeşitliliğe bağlı olarak rengi beyaz, sarı veya açık kahverengiden kırmızıya kadar değişiklik göstermektedir. Tohum, saponinleri içeren çift katmanlı perikarp ile çevrelenmiştir (Fletcher, 2004; Mathew ve Singh, 2016). Saponinler acı bileşiklerdir ve işlem görmeden önce uzaklaştırılmalıdır. Kinoanın saponin içeriği literatürde %0,03-2,05 arasında belirtilmiştir, ancak bu değerler soya fasulyesinde bulunanlara kıyasla düşüktür (Nisar vd., 2018).

Kinoa, polifenoller, esansiyel amino asitleri içeren protein, yağ asidi, mineral ve besinsel lif bakımından zengindir (Fletcher, 2004; Mathew ve Singh, 2016). Kinoanın ham yağı çoklu doymamış yağ asitleri bakımından zengindir ve linoleik asit en baskın yağ asitidir (Nisar vd., 2018). Kinoa tohumları, esas olarak kaempferol ve kuersetin flavonollerinin glikozitlerinden oluşan bol miktarda bir flavonoid kaynağıdır (Alvarez-Jubete vd., 2010).

Kinoanın protein içeriğinin %13,81-21,9 arasında değiştiği belirtilmiştir (Fletcher, 2004; Gallagher, 2009; Mathew ve Singh, 2016). Kinoadaki başlıca proteinler tahıllarda (buğday, pirinç veya mısır) bulunanlardan daha yüksek miktardaki albüminler ve globülinlerdir (Prego vd., 1998; Ogungbenle, 2003; Fletcher, 2004; Abugoch vd., 2008). Kinoanın amino asit dengesi (histidin, lizin, izolösin, metiyonin ve sistein içeriği daha yüksek) çoğu tahıldan daha üstündür (Fletcher, 2004; Abugoch vd., 2008). Ayrıca, kükürt içeren amino asitler sistein ve metiyonin, buğday, pirinç ve sorgum gibi diğer tahıllara kıyasla daha yüksek konsantrasyonlarda bulunmaktadır (Nisar vd., 2018).

Kinoanın kuru madde üzerinden %67 ile %74 arasında karbonhidrattan meydana geldiği ve nişasta içeriğinin %52-69 arasında olup kısmen düşük olduğu belirtilmiştir. Amiloz içeriğinin tahıllardakinden daha düşük (%11) olduğu ifade edilmiştir. Diğer karbonhidratların ise monosakkaritler (%2), disakkaritler (%2,3),

ham besinsel lif (%2,5-3,9) ve pentozanlar (%2,9-3,6) olduğu ve düşük miktarda buldukları belirtilmiştir (Fletcher, 2004; Gallagher, 2009; Nisar vd., 2018). Bir araştırmada kinoadaki çözünebilir besinsel liflerin çoğunlukla homogalakturonanlar ve arabinanlardan oluştuğu söylenmiştir. Ayrıca, kinoanın çözünebilir besinsel liflerine bağlı ksiloz şekeri miktarı amaranta kıyasla düşük olduğu belirtilmiştir (Nisar vd., 2018).

Kinoa %1,8-9,5 aralığında ham yağ içeriğine sahip olabileceği ifade edilmiştir (Fletcher, 2004; Bilgiçli ve İbanoğlu, 2015). Toplam doymamış yağ asitlerinin oranı %70 kadardır ve linoleik ve oleik asit miktarlarının sırasıyla %38,9 ve %27,7 olduğu belirtilmiştir (Bilgiçli ve İbanoğlu, 2015). Kinoanın 78,1 µg/100 g folik asit içerdiği ayrıca rapor edilmiştir (Vici vd., 2016; Nisar vd., 2018).

Mineral içeriği (kalsiyum, magnezyum, bakır, çinko fosfor, potasyum ve demir) çoğu tahıldan daha üstündür (Fletcher, 2004; Bilgiçli ve İbanoğlu, 2015). Kinoa tanesinin en az 23 fenolik bileşik içerdiği ve koyu renkli kinoanın açık renkli kinoaya kıyasla daha yüksek fenolik miktara ve antioksidan niteliklere sahip olduğu bulunmuştur. Ayrıca, kinoanın pişmesi sırasında bu minerallerin miktarı azalsa da, yüksek miktarlarda potasyum, magnezyum ve kalsiyum minerallerini içerdiği ifade edilmiştir (Mathew ve Singh, 2016).

Karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench), *Polygonaceae* familyasına aittir ve pirinç, buğday ve mısır gibi tahılların bulunduğu *Gramineae* familyasından taksonomik olarak uzaktır (Przyblski vd., 1998; Park vd., 2000; Fletcher, 2004; Golsiz vd., 2007; Gupta vd., 2008; Gallagher, 2009; Lin vd., 2009; Karamac, 2010; Sedej vd., 2012; Bilgiçli ve İbanoğlu, 2015; Karamac vd., 2015; Bai vd., 2015; Nisar vd., 2018; Yu vd., 2018a). Karabuğday, Polygonum cinsi bitkidir ve kayın ağacı ya da buğdayla ilgisi yoktur. Adını, kayın ağacı meyvesine benzeyen kavuzlu tohumundan ve buğday ununa benzeyen parlak unundan almıştır. Yıllık 3,2 tonluk üretimine rağmen, dünyadaki ekonomik olarak en ihmal edilen bitkiler arasında yer almaktadır. Karabuğday, Çin'in güneyi ve Tibet'te keşfedilmiştir, ticaret yolları boyunca yayılıp Japonya'ya kadar (yaklaşık M.Ö. 5000) ulaşmıştır. Günümüzde, dünyadaki başlıca ekim alanları Çin, Rusya, Ukrayna ve Polonya'dır (Wfi vd., 1995; Li vd., 1997; Acquistucci ve Fornal, 1997; Qian ve Kuhn, 1999; Lee vd., 2005; Gupta vd., 2008; Lin vd., 2009; Eßlinger, 2009; Alvarez-Jubete vd., 2010a; Qin vd., 2010). İnsan tüketimine uygun olan iki karabuğday türü bulunmaktadır; yaygın olarak ekimi yapılan karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench) ve dağlık bölgelerde ekimi yapılan Tartari karabuğdayıdır (*Fagopyrum tataricum* Gaertner) (Li vd., 1997;

Yoshimoto vd., 2004; Golisz vd., 2007; Gallagher, 2009; Karamac, 2010; Qin vd., 2010; Karamac vd., 2015; Bai vd., 2015; Liu vd., 2016). *Fagopyrum esculentum*, dünya karabuğday üretiminin %90'ını karşılayan en önemli türken, Tartari karabuğdayın üretimi daha düşük miktardadır (Fabjan vd., 2003; Golisz vd., 2007; Gallagher, 2009).

Karabuğday tohumunun endospermünde çok miktarda nişasta bulunurken, protein, yağ, besinsel lif ve minerallerin daha çok kepekte yoğunlaştığı görülmüştür. Karabuğday, fenolik asitler, flavonoidler, fitosteroller, tokoferoller ve lignanlar gibi zengin biyoaktif fitokimyasal kaynağıdır (Hung vd., 2007; Yu vd., 2018a). Karabuğday tohumlarının besinsel değeri, tahıllara kıyasla önemli ölçüde yüksektir. Karabuğdayın %48,7-55,2 nişasta, %3 lipit, %12,7-17,8 besinsel lif ve yüksek biyolojik değer ve esansiyel amino asite sahip %12 oranında protein içerdiği söylenmiştir. Karabuğday, fenolik bileşikler, inositoller, tokoferoller, karotenoidler, fitosteroller, skualen, vitaminler, glutatyon ve melatonin dahil olmak üzere birçok biyoaktif bileşenin kaynağı olduğu belirtilmiştir (Karamac vd., 2015).

Dengeli amino asit bileşimi, yüksek sindirilebilir protein içeriği ve yüksek miktarda besinsel lif, vitamin, mineral madde, çoklu doymamış esansiyel yağ asitleri, steroller, flavanoidler (rutin, kuersetin ve kuersitrin) ve fagopiratol içeren ve fonksiyonel gıda üretimi için önemli bir hammaddedir (Kreft vd., 1999; Hung vd., 2007; Dodáková ve Kalinová, 2010; Karamac, 2010; Sedej vd., 2010; Sedej vd., 2012; Bilgiçli ve İbanoğlu, 2015; Bai vd., 2015; Lu ve Baik, 2015; Malik ve Saxena, 2016; Yu vd., 2018a). Karabuğdayda baskın olan fenolik bileşik rutindir. Antioksidan kapasitesi rutin içeriği ile ilişkilendirilmiştir (Karamac, 2010). Karabuğdayın 29-1371 mg/100 g arasında değişen toplam fenolik madde miktarına sahip olduğu ve bu konsantrasyonun ekstraksiyon yöntemine ve kalibrasyon için hangi standardın (gallik asit veya ferulik asit) kullanıldığına bağlı olarak değiştiği bildirilmiştir (Nisar vd., 2018). Karabuğdaydaki fitokimyasallar ve besinsel lif, yüksek kan basıncı ve kolesterolü düşürmede, kan şekerinin kontrolünde ve kanseri önlemede rol oynamaktadır (Watanebe vd., 1997; Skrabanja vd., 2004; Bilgiçli ve İbanoğlu, 2015; Giménez-Bastida vd., 2017; Žvikas vd., 2017).

Protein içeriği (%11-15) tahıllara benzemektedir. Karabuğday çölyak hastalığına sebep olan gluten benzeri protein içermediğinden dolayı glutensiz ürünlerin üretiminde kullanılabileceği önerilmiştir (Skrabanja vd., 2004; Gallagher, 2009; Nisar vd., 2018). Karabuğday proteinleri iyi dengelenmiş amino asit kompozisyonuna sahip proteinlerdir (Kreft vd., 1999). Karabuğday tohumundaki

proteinler, temel olarak globulinlerdir; prolaminleri oldukça düşük miktarda içerirler, bu miktar çölyak hastalarına toksik değildir. Karabuğday proteini buğday ve pirince kıyasla iki kat daha fazla lizin içermektedir (Acquistucci ve Fornal, 1997; Steadman vd., 2001a; Fletcher, 2004; Karamać, 2010).

Karabuğday, çinko, bakır ve manganez gibi bol miktarda mineral madde kaynağıdır (Skrabanja vd., 2004; Lu ve Baik, 2015). Tohum, potasyum, magnezyum, fosfat, demir ve B₁, B₂ ve B₆ vitaminleri bakımından da zengindir (Holasova vd., 2002; Fletcher, 2004). Ayrıca, toplam B vitamini içeriğinin tartari karabuğdayında yaygın karabuğdaya kıyasla daha yüksek olduğu ve B vitamininin en yüksek kepekte bulunduğu bildirilmiştir (Nisar vd., 2018).

Kinoa ve amarant ile kıyaslandığında karabuğday daha fazla nişasta içerir. Nişasta, karabuğdayda bulunan başlıca karbonhidrattır ve miktarı çeşidine bağlı olarak %37-70 arasındadır. Karabuğday, tahıl nişastalarında bulunanlara benzer olarak, yaklaşık %24 amiloz ve %76 amilopektin içermektedir (Acquistucci ve Fornal, 1997; Qian vd., 1998; Gupta vd., 2008; Gallagher, 2009; Malik ve Saxena, 2016). Karabuğday tohumları fagopiritoller denilen bir tür çözünebilir karbonhidrat içermektedir. Fagopiritoller gelişmiş glisemik kontrol ile insüline bağlı olmayan diyabet hastalarında yararlı etkiler gösteren bir bileşik olan *D-chiro*-inositol kaynağıdır. Yaygın ve tartari karabuğdaylarında fagopiritollerin toplam içeriğinin kuru madde üzerinden 269,4-464,7 mg/100 g arasında olduğu bulunmuştur (Alvarez-Jubete vd., 2010b).

2.2 Pseudo-tahılların Gıda Teknolojisindeki Önemleri

Glutensiz ürünlere duyulan ihtiyaç, toplumda glutene duyarlı insanların artışı ile yükselmiştir. Bu sebeple, hem gıda endüstrisi hem de akademi, son yıllarda tüketicinin artan farkındalığının bir sonucu olarak glutensiz ürünleri incelemeye almışlardır (Rocchetti vd., 2018). Çölyak hastalığı, toksik prolamin proteinlerini içeren tahılların (buğdayda gliadin, arpada hordein, çavdarda sekalin) tüketimiyle tetiklenen bir otoimmün rahatsızlığıdır. Bazı çölyak hastalarının yulaf tahılına da duyarlı oldukları belirtilmiştir. Çölyak hastalarının toksik prolamin proteinlerini tüketmesi ile bağırsak mukozasında kalıcı hasar meydana gelerek işlevsellik ciddi şekilde bozulmaktadır. Çölyak hastalığı, genel populasyonun ortalama %1'ini yaşam boyu tehdit eden genetiksel olarak beliren hastalıklardan birisidir. Çölyak hastalığı için bugüne kadar kabul edilebilir tek tedavi yöntemi, yukarıda belirtilen tahılları

beslenmeden yaşam boyu olarak çıkarmaktır. Örneğin, ekmek ve makarna gibi dünyanın birçok yerinde temel gıdalar gluten içerir ve bu sebeple glutensiz diyetlerde tüketilmemelidir. Ayrıca, gluten içeren buğday proteinleri ve nişastaları, çoğu zaman hazır yemekler, hazır gıda ürünleri ve bazı ilaçlarda olduğu gibi teknolojik sebeplerden dolayı dolgu maddesi, kıvam artırıcı, bağlayıcı veya stabilizatör olarak işlev görmesi için birçok ticari ürüne eklenmektedir. Çölyak hastalığı olan kişilerin çoğunluğu için, sıkı glutensiz bir diyetle uyulması ile bağırsak mukozasının iyileşmesi sağlanmış olacaktır. Glutensiz gıdalar genellikle rafine mısır unu veya pirinç unu veya bunların nişastaları kullanılarak yapılır ve genellikle zenginleştirilmez veya takviye edilmez. Birçok glutensiz tahıl ürünleri, gluten içerenler ile aynı düzeyde B vitaminleri, demir ve besinsel lif içermemektedir (Alvarez-Jubete vd., 2010a).

Son yıllarda yapılan epidemiyolojik çalışmalar, pseudo-tahılların düzenli tüketiminin, kardiyovasküler hastalıklar, kanser, obezite ve tip 2 diyabet gibi çeşitli kronik hastalıkların riskini azalttığını göstermiştir (Liu vd., 2016). Pseudo-tahıllar toksik prolamin proteinlerini içermezler, iyi bir kompleks karbonhidrat, protein, besinsel lif, yağ asidi, vitamin ve mineral kaynağıdır (Gorinstein vd., 2004; Alvarez-Jubete vd., 2009a; Alvarez-Jubete vd., 2010a; Chlopicka vd., 2012; Vici vd., 2016; Mathew ve Singh, 2016; Rocchetti vd., 2018). Pseudo-tahılların besinsel önemi temel olarak protein bileşimiyle bağlantılıdır. Esansiyel amino asitler bakımından zengin yeni bitkisel protein kaynaklarının kullanımı, gıda ve ilaç endüstrisi için önemli görülmektedir (Gorinstein vd., 2004). Gıda endüstrisi yeni fonksiyonel nişasta ve protein katkılarına ihtiyaç duymaktadır. Amarant ve karabuğday; pirinç, mısır ve buğday gibi başlıca tahıl ürünlerine benzer şekilde, nişasta içeriği yüksek pseudo-tahıllardır. Nişastanın yanı sıra, önemli miktarda protein (amarant %13-18; karabuğday %12-15) içerirler ve proteinleri iyi kalitededir. Amarant proteinlerinin besinsel kalitesi, FAO/WHO protein skorlaması veya PER değerine göre tahıl ve baklagil tohumlarından daha yüksek puan almıştır. Karabuğday proteinleri lizin bakımından zengindir ve yüksek biyolojik değere sahip protein kaynaklarıdır (Bejosano ve Corke, 1999; Föste vd., 2015). Birçok glutensiz gıda, rafine ürünlerden üretilmesinden dolayı besinsel lif bakımından fakirdir. Glutensiz diyetin besinsel lif içeriğini artırmak için glutensiz tam tahıllar ve pseudo-tahıllar ve bunlardan üretilen zenginleştirilmiş ürünlerin kullanılması önerilmektedir (Skrajanja vd., 2001; Alvarez-Jubete vd., 2010a; Robin vd., 2015; Theethira ve Dennis, 2015; Mathew ve Singh, 2016; Nisar vd., 2018; Rocchetti vd., 2018).

Bu sebeple araştırmalardaki eğilim, ekmek ve makarnada olduğu gibi yüksek besin kalitesinde, sağlıklı glutensiz ürünlerin formülasyonunda kullanımlarına odaklanmıştır. Ancak bu ürünlerin ticarileştirilmesi hala oldukça sınırlıdır. Pseudo-tahıl içeren glutensiz ürünlerin mevcudiyeti, çölyak hastalığı olan kişilerde yeterli miktarda besin alımını sağlayacağı yönündedir (Alvarez-Jubete vd., 2010a; Chlopicka vd., 2012; Rocchetti vd., 2018). İşleme açısından, pseudo-tahıllar arasında karabuğdayın buğdaya benzer şekilde işlenebildiği, kinoa ve amarant tanelerinin farklı morfolojik ve fonksiyonel özelliklerinden dolayı spesifik uyarlamalar gerektirdiği ifade edilmiştir. Amarant ve kinoa tohumları çorbaların, tatlıların, içeceklerin, sosların, pürelerin ve suflelerin yapımında yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Amarant genellikle tam tane olarak kullanılırken, kinoada saponinlerden kaynaklı acı tadın olmaması için kavuzun ayrılması gerekmektedir. Güney Amerika'da amarant ve kinoa ağırlıklı olarak pişmiş formda kullanıla gelmiştir. Ayrıca, pseudo-tahıllardan elde edilen skualenler, eczacılık ve kozmetik uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Nisar vd., 2018).

Pseudo-tahılların besleyici özellikleri sadece çölyak hastaları için değil aynı zamanda genel popölasyon için de önemlidir (Alvarez-Jubete vd., 2010a). Yeni çalışmalarda, amarant, kinoa ve karabuğdayın hem besinsel hem de pişme özellikleri değerlendirilmiştir. Araştırmacılar, glutensiz ekmek üretiminde patates nişastası yerine pseudo-tahıl unu kullanılmasının protein, besinsel lif, kalsiyum, demir ve E vitamini gibi önemli besin içeriklerinde artış sağlandığını belirtmişlerdir. Üretilen ekmeklerde ayrıca yüksek miktarda polifenol bileşiği belirlenmiş ve bunların *in vitro* antioksidan aktivitesinin de oldukça yüksek olduğu ifade edilmiştir. Karabuğday ve kinoa ekme hacimlerinin kontrole kıyasla arttığı ve tüm pseudo-tahıl içeren ekmeklerin daha yumuşak bir ekmek içi yapısına sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, pseudo-tahıl içeren glutensiz ekmekler kontrole kıyaslandığında kabul edilebilirlik bakımından önemli bir fark görölmemiştir (Alvarez-Jubete vd., 2010b). Diğer bir çalışmada, glutensiz bisküvi formülasyonunda %25, 50, 75 ve 100 seviyelerinde amarant, kinoa ve karabuğday unları kullanılmıştır. Bisküvi gevrekliği bakımından sıralama karabuğday>kinoa>amarant şeklinde belirlenmiş olup, duyu analizde karabuğday ve amarant içeren bisküviler tercih edilmiştir. Fakat her ne kadar pseudo-tahıl unlarının glutensiz ürünlerde kullanımı uygun olsa da, pseudo-tahıl içeren glutensiz ürünlerin ticari üretimi sınırlıdır. Örneğin, ABD gibi ölkelerde kinoa makarnası ve amaranttan yapılan ekmek ürünleri az sayıda üretici firmadan sağlanabilmektedir. Karabuğday ve amaranttan yapılan

glutensiz kahvaltılık gevrekler de ticari olarak üretilmektedir (Alvarez-Jubete vd., 2010a).

Günümüzün sağlık bilincine sahip tüketicileri, katma değerli ürünleri tercih etmektedir; diğer bir deyişle tüketiciler mısır, pirinç ve buğday gibi genel tahılları, kinoa, amarant ve karabuğday gibi daha yüksek besin değerine sahip bir tahılla tamamlama veya tamamen değiştirmenin fayda sağlayacağını düşünmektedir (Nisar vd., 2018; Fletcher, 2004). Araştırmacılar, pseudo-tahılların besinsel özelliklerini belirleyerek glutensiz beslenmenin modern beslenmeye nasıl entegre edilebileceğini göstermeye çalışmışlardır (Mathew ve Singh, 2016). Ayrıca, tüm bu glutensiz pseudo-tahıllar, düşük alerjenlik özellikleri sebebiyle pirincin (*Oryza sativa*) alternatifi olarak bebek maması tarifleri için temel bileşenler olarak önerilmektedir (Mota vd., 2016).

Amarant son yıllarda özellikle gıda pazarında, yüksek protein (%14-19), yüksek lizin (proteinin %6'sı kadar) ve triptofan içermesi sebebiyle yeniden popüler olmuştur. Bu esansiyel amino asitler tahıllarda düşük olduğu için modern tüketicinin ilgisini çekmektedir (Fletcher, 2004; Gorinstein vd., 2004; Robin vd., 2015; Nisar vd., 2018). Amarant proteinlerinin insan beslenmesine protein konsantreleri veya izolatları olarak dahil edilebileceği ifade edilmiştir (Avanza ve Añón, 2007). Amarantın sindirimi kolaydır ve ısı işlem sindirilebilirliğini artırmaktadır. Tohum %10'a kadar ham yağ içerebilir, diğer tahıl tanelerinden elde edilen yağlara kıyasla daha yüksek oranda skualen (~%6) içermektedir. Skualen, kozmetik endüstrisinde oksidasyona dayanıklı bir endüstriyel yağlama maddesi olarak kullanım alanına sahiptir ve esas olarak köpek balıklarının karaciğerinden ve diğer bazı deniz canlılarından sağlanır. Amarant protein konsantresinin veya amarant yağının, serum ve hepatik kolesterolü düşürdüğü de bilinmektedir (Fletcher, 2004; Alvarez-Jubete vd., 2010a). Çalışmalar, amarantta bulunan peptid ve fitokimyasalların da antikarsinojenik niteliklere sahip olduğunu göstermiştir. Amarantta soya fasulyesindeki lizin içerikli benzer bir peptidin, histon asaetilasyonunu inhibe ettiği ve böylelikle NIH-3T3 hücrelerinin kanserli noktalara dönüşümünü inhibe ettiği keşfedilmiştir. Amaranttan gelen bu peptidin kanser tedavilerinde nasıl kullanılabileceğini belirlemek için daha fazla araştırmanın yapılması gerektiği vurgulanmıştır (Mathew ve Singh, 2016). Araştırmalar, amarantın hipertansiyon, bağışıklık sistemi, kan şekeri düzeyleri, karaciğer fonksiyonu ve çölyak hastalığı üzerindeki yararlı etkilerini de içeren bir dizi sağlık faydası sunduğunu göstermiştir. Çalışmalar, amarantın kolesterol seviyesini düşürdüğünü ve hipokolesterolemik

aktiviteye sahip olduğunu göstermiştir. Bu aktivitenin, doymamış yağ asidi, besinsel lif ve esansiyel amino asit profilleri sayesinde gerçekleştiği bildirilmiştir (Alvarez-Jubete vd., 2010a; Mathew ve Singh, 2016).

Düşük amilaz seviyesinden dolayı amarant nişastası, ekmek ve kek formülasyonlarında düşük performans göstermektedir. Bununla birlikte yüksek amilaz seviyesine sahip tek amarant türü, *Amaranth pumilus* (%8,2), ekmek üretiminde başarıyla kullanılabilir (Gallagher, 2009). Bir araştırmada, glutensiz ekmeklerin besinsel kalitesini artırmak için alternatif bir glutensiz ürün olan amarant incelenmiştir. Kabul edilebilir nitelikte ekmekler üretilmiştir; glutensiz ekmekler ayrıca, daha yüksek seviyelerde protein, besinsel lif ve minerallere sahip olmalarıyla da karakterize edilmiştir. Daha yakın tarihli bir araştırmada, demirle takviye edilmiş amarant bazlı glutensiz ekmekler başarıyla formüle edilmiştir. Tam amarant unu, glutensiz bisküvi ortalamasından daha yüksek protein içeriğine sahip, glutensiz bisküvi geliştirmek için kullanılmıştır. Benzer şekilde başka bir araştırmada glutensiz kraker ve bisküvi üretimi için yüksek protein ve enerji değerine sahip olan amarant unu kullanılması tavsiye edilmiştir. Ayrıca, amarant içeren glutensiz gıda tüketimi ile laktoz intoleranslı bireylerde yeterli kalsiyumun sağlanmasının mümkün olabileceği ifade edilmiştir (Alvarez-Jubete vd., 2010b).

Kinoa, yüksek protein içeriği ve lizin, metiyonin ve sistein gibi esansiyel amino asitlerin mükemmel kaynağı olması sebebiyle en besleyici pseudo-tahıl olarak tanımlanmıştır (Robin vd., 2015). Kinoa proteinlerin çoğunu içerirken, nişasta ihmal edilebilir seviyelerde bulunmaktadır (Föste vd., 2015). Gıda, yem ve ilaç endüstrisinde protein ikame maddesi olarak görev alabileceği bildirilmiştir (Nisar vd., 2018). Günümüzde kinoa, gıda ve chicha (fermente bir içecek) üretimi için kullanılmaktadır (Eßlinger, 2009). Kinoaada önemli miktarlarda bulunan saponinler kuvvetli bir acı tada sahiptir; saponinler bir aglikon ünitesinin bir veya daha fazla karbonhidrat zincirine bağlanmasıyla meydana gelen, yüzey aktif özellikteki maddelerdir (Alvarez-Jubete vd., 2010b). Saponinler, çeşitli bitkilerde bulunan, hemolitik, antiinflamatuvar, antifungal, antibakteriyel ve antitümör aktivitelerine bağlı fitokimyasallardır. Saponin konsantrasyonunu azaltmak ve kinoa tanesinin lezzetini ve beslenme kalitesini artırmak için işlem görmesi gerekmektedir (Mathew ve Singh, 2016). Tanelerin hafifçe soyulması, kavuzu kaplayan saponinlerin uzaklaştırılması ruşeyme zarar vermeden gerçekleştirilmelidir (Eßlinger, 2009). Saponinler kavuz ayrımı veya su ekstraksiyonu yolu ile uzaklaştırılır, ancak bu durum vitamin ve mineral içeriğinde azalmaya sebep olmaktadır (Alvarez-Jubete vd., 2010b). Yüksek

seviyelerde saponinlerin bağırsak fonksiyonuna müdahale ettiği ve gelişme için gerekli besin maddelerinin emilimini azalttığı düşünülmektedir (Mathew ve Singh, 2016). Mineral bağlama aktiviteleri sebebiyle antinutrient olarak kabul edilse de, son araştırmalar antikarsinogenik ve kolesterol düşürücü özelliklere sahip olabileceğini göstermiştir (Nisar vd., 2018; Alvarez-Jubete vd., 2010b).

Tohum kavuzunda antinutrisyonel özelliklere sahip olan saponin, fitik asit, tanen ve proteaz inhibitörleri gibi çeşitli antinutrisyonel maddeler bulunmaktadır (Fletcher, 2004; Bilgiçli ve İbanoğlu, 2015). Fitik asidin mineralleri ve proteinleri doğrudan veya dolaylı olarak bağlama kabiliyetinden ve dolayısı ile çözünürlük, işlevsellik, emilim ve sindirilebilirliğini değiştirmesinden dolayı antinutrisyonel olduğu belirlenmiştir. Çoğu fitik asit-mineral komplekslerinin zayıf biyoyararlanımının başlıca sebebi fizyolojik pH'da çözünmemeleridir (Bilgiçli ve İbanoğlu, 2015). Kinoada yüksek antioksidan ve fenolik içerik bulunduğu tespit edilerek oksidatif stresle mücadelede fayda sağladığı bildirilmiştir. Kinoadaki vitamin konsantrasyonlarındaki değişiklikler, saponinlerin yüksek sıcaklıklarda vitaminlerle etkileşime girmesinden kaynaklandığı şeklinde ifade edilmiştir (Mathew ve Singh, 2016).

Düzenli kinoa tüketiminin kolesterol seviyelerinde önemli düşüş sağladığı ve LDL seviyelerini düşürdüğü tespit edilmiştir. Bazı çalışmalar, kinoanın tahıl barları gibi gıdalara nasıl dahil edilebileceği üzerine odaklanmıştır. Çünkü bu ürünler çoğu kişinin düzenli olarak tükettiği gıdalardır. Gıdalarda ve günlük diyetlerde düzenli kinoa tüketiminin kardiyovasküler hastalıklarla ilişkili risk faktörlerini azaltabileceğini göstermektedir. Sunduğu sağlık yararlarının alınabilmesi için günlük diyetlerde ne kadar kinoa tüketilmesi gerektiği konusunda daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır (Alvarez-Jubete vd., 2010a; Mathew ve Singh, 2016).

Başka bir araştırmada kinoanın fizikokimyasal ve çirilenme özellikleri incelenmiştir; nişasta granül çaplarının mısır (1-2 µm) ve buğdaya (2-40 µm) kıyasla daha küçük olduğu rapor edilmiştir. Küçük granül boyutundaki nişastaların yüksek jelatinizasyon sıcaklığı gösterdiği görülmüştür. Kinoa için bu değer 57-64°C arasında bulunmuştur (Nisar vd., 2018).

Karabuğday, Japonya'da pirinçten sonra en önemli mahsullerden biri olarak kabul edilmektedir. Ilık iklimden, düşük humuslu topraklardan hoşlanır ve kum hariç hemen hemen tüm toprak türlerinde üretilmektedir. Son derece besleyicidir ve yüksek protein içeriğine sahip bitkiler arasında yer almaktadır. Tip 2 diyabetin önlenmesinde ve kan kolesterolünün düşürülmesinde etkili olduğu belirtilmiştir (Nisar

vd., 2018). Dengeli amino asit bileşimi, yüksek sindirilebilir protein içeriği ve yüksek miktarda besinsel lif, vitamin, mineral madde, çoklu doymamış esansiyel yağ asitleri, steroller, flavonoidler (rutin, kuersetin ve kuersitrin) ve fagopiratol içeriğine sahip, fonksiyonel gıda üretimi için önemli bir hammaddedir. Karabuğdaydaki fitokimyasallar ve besinsel lifleri, yüksek kan basıncı ve kolesterolü düşürmede, kan şekerinin kontrolünde ve kanseri önlemede önemli rol oynamaktadır (Li ve Zhang, 2001; Gorinstein vd., 2008; Bilgiçli ve İbanoğlu, 2015). Karabuğday taneleri, antinutritif ikincil bitki metabolitlerini içeren kavuzlarından dolayı kavuz ayrımı yapılmaktadır (Nisar vd., 2018). Karabuğday, düşük glisemik indeksine sahip gıdaların tasarımında potansiyel bir bileşen olarak önerilmiştir (Alvarez-Jubete vd., 2010a).

Karabuğday proteinlerinin düşük protein sindirilebilirliği, kısmen karabuğday tohumu içindeki termal olarak dirençli tripsin inhibitörleri ve tanen bileşikleri ile açıklanabilir. Karabuğdaydaki peptidaz inhibitörlerinin alerjen reaktivite göstererek, astım, ürtiker, hırıltı, anafilaktik şok gibi durumlara sebep olduğu ifade edilmiştir. Bu sebeple, karabuğdayın potansiyel olarak alerjenik özelliklerinin, karabuğday içeren gıdalar tasarlanırken dikkate alınması gerektiği önerilmiştir (Alvarez-Jubete vd., 2010a). Özellikle çimlenmenin (filizlenme) karabuğday tohumlarının polifenol içeriğini artırmanın bir yolu olduğu bildirilmiştir. Buna karşılık yapılan çalışmalar, meyve, sebze ve tahıllarda uygulanacak ısı işlemin flavonoid bileşikler üzerinde zararlı bir etkiye sahip olabileceğini göstermiştir. Flavonoid kaybının işleme bağlı olmasının, substrat tipi ve işlem koşulları gibi faktörlere özellikle de işlemin uzunluğuna ve sıcaklığına bağlı olduğu gösterilmiştir. Örneğin yakın zamanda yapılan bir çalışmada ekstrüzyonun karabuğday antioksidan aktivitesini etkilemediği, yüksek sıcaklıkta kavurmanın ise antioksidan aktivitede hafif bir düşüşe sebep olduğu gözlemlenmiştir (Alvarez-Jubete vd., 2010b).

Karabuğday, erişte, polenta (bir çeşit yulaf lapası), ekmek, makarna, tatlılar, dondurma külahları, diyet yiyecekleri ve konserve et veya sebze ürünlerinde, ekstrüzyon ürünlerinde genellikle buğday ununun bir bileşeni (%30-40) olarak kullanılmaktadır (Li ve Zhang, 2001; Fletcher, 2004). Bir araştırmada karabuğday unu kullanılarak iyi kalitede ekmek üretilmiştir. Buğday ekmeği ve ticari glutensiz ekmek ile karşılaştırıldığında, daha düşük özgül hacim ve daha yüksek ekmek içi sertliğine sahip olup, bayatlama oranı nişasta bazlı ticari glutensiz ekmeğe kıyasla daha düşük bulunmuştur (Gallagher, 2009).

Karabuğday, Orta ve Doğu Avrupa ve Asya'da yetiştirilen geleneksel mahsullerden birisidir ve günümüzde organik tarım, besinsel ve tıbbi özelliklerinden dolayı alternatif bir ürün haline gelmiştir. Karabuğday, makarna, ekmek ve diğer unlu mamüllerin üretiminde kullanılmaktadır (Tomotake vd., 2002; Fabjan vd., 2003; Bai vd., 2015). Karabuğday, besinsel içeriği ve antioksidan aktivitesi bakımından gıda ürünleri için uygun bir bileşen olarak görülmektedir (Holasova vd., 2002; Hung vd., 2007). Fonksiyonel bir gıda hammaddesi olarak karabuğdaya olan ilgi son yıllarda artış göstermiştir. Karabuğdayın işlevselliği, protein, flavonoid ve fitosteroller gibi biyoaktif bileşenlerinin zenginliğinden dolayı önemli bir hammadde haline gelmiştir (Giménez-Bastida vd., 2017).

Karabuğday unu, yüksek miktarda albümin ve globulin, ancak düşük miktarda prolamin ve glutelin içermektedir. Öte yandan karabuğdayın protein sindirilirliğinin nispeten düşük olduğu belirtilmiştir (Tomotake vd., 2002; Qin vd., 2010). Birçok tahıla benzer şekilde yüksek miktarda nişasta içermektedir. Karabuğday, ayrıca, yüksek miktarda dirençli nişasta içermektedir. Enzime dirençli nişasta, bilindiği gibi prebiyotik özellikte besinsel lif fonksiyonu göstermekte ve kolon kanseri, hemoroit, divertiküloz ve kabızlık gibi rahatsızlıkları önlediği, kan glukozu ve kolesterol seviyelerini azalttığı söylenmektedir (Qin vd., 2010; Lu ve Baik, 2015).

Tahılların antioksidan aktivitesi ile karşılaştırıldığında, karabuğdayın özellikle fazla miktardaki rutin içeriğinden dolayı daha yüksek antioksidan aktiviteye (AOA) sahip olduğu rapor edilmiştir (Sedej vd., 2012). Rutin (kuersetin-3-O-rutinosit) flavonol kuersetinden türetilen en iyi bilinen flavonoid glikozittir. Diğer flavonoidler gibi rutin, yoğun antioksidatif özelliği sayesinde hipertansiyon ve arteroskleroz üzerinde olumlu etkiye sahiptir (Dodáková ve Kalinová, 2010; Lin vd., 2009). Çoğu meyve, sebze ve tahıllara kıyasla rutin en önemli kaynağı karabuğdaydır. Tam karabuğday tanesinde farklı konsantrasyonlarda bulunduğu çeşitli araştırmalarda ifade edilmiştir (Kreft vd., 1999; Skrabanja vd., 2004; Lin vd., 2009; Dodáková ve Kalinová, 2010; Karamac vd., 2015; Žvikas vd., 2017). Karabuğdayın öğütmeden önce kavuzu ayrılır ve öğütmeden sonra unu tekrar elenmektedir. Yetiştirme koşullarının veya öğütme ve işleme koşullarının fenolik bileşiklerin varlığını ve dağılımını ve son antioksidan aktivitesini azalttığı belirlenmiştir. Birçok tahılda fenolik bileşikler bağlı formda bulunmasına karşılık, karabuğdayda fenolik bileşiklerin tüm tanede serbest formda bulunduğu belirtilmiştir (Sedej vd., 2012).

Karabuğday unu fonksiyonel ve organoleptik özellikleri sayesinde gıda endüstrisinde çeşitli ürünlerin üretiminde (ekmek, makarna gibi) kullanım imkanı

bulmuştur (Yoshimoto vd., 2004; Yu vd., 2018b). Makarnanın sıkça tüketilmesinden dolayı, besin eksikliğine bağlı bozuklukların üstesinden gelmek için karabuğday unu makarna için fonksiyonel bir bileşen olduğu belirtilmiştir (Jambrec vd., 2016). Çin'de karabuğday unu temel olarak kuru öğütme ve ıslak öğütme yöntemleriyle elde edilmektedir. Öğütme yöntemleri, tahılların fiziksel, fonksiyonel özellikleri ve mikro yapıları üzerinde önemli etkiye sahiptir ve bu sebeple işleme ve kalite etkilenmektedir (Yu vd., 2018b). Yaygın karabuğdayın önemli bir bileşeni olan nişasta, mısır ve buğday nişastasına kıyasla daha yüksek amiloz içeriğine, pik viskozitesi yani su bağlama kapasitesine ve katılma viskozitesine sahip olduğu belirtilmiş, ancak mısır ve buğday nişastasına kıyasla daha düşük yapısal viskoziteye sahip olduğu ifade edilmiştir (Qian vd., 1998; Yoshimoto vd., 2004). Ayrıca, nişastasının soğuk sudaki düşük çözünürlüğü, düşük jelatinizasyon sıcaklığı, yüksek retrogradasyon eğilimi ve son viskozite kaybı karabuğdayın kullanımını sınırlandırdığı bildirilmiştir (Malik ve Saxena, 2016).

2.3 Pseudo-tahılların Islak Öğütme Teknolojisi

Tahıllar öğütüldükten sonra ürünleri birçok gıda ürününde bileşen olarak kullanılmaktadır. Gıda endüstrisinde, tahılları daha küçük parçalara veya ince parçacıklar haline getirmek için mekanik güç kullanılan birçok öğütme tekniği bulunmaktadır (Manzoni vd., 2002; Liu vd., 2018; Yu vd., 2018b). Kullanılacak öğütme tekniğini seçmek bu sebeple tahıl unu üretiminde önemli bir husustur. Tahıl öğütme işlemlerinde kullanılan başlıca dört öğütme tekniği: taş değirmende öğütme, valsli öğütme, ultra ince öğütme ve ıslak öğütme teknikleridir (Li vd., 2018).

Islak öğütme, fiziksel, kimyasal, biyokimyasal ve mekanik işlemleri içeren endüstriyel bir işlemdir (Liu vd., 2018). Islak öğütme, parçacık boyutunda etkili bir düşüş sağlamaktadır. Ancak, bazı öğütme yöntemlerinin de ürün üzerinde zararlı etkileri olan yüksek ısı meydana getirdiği bildirilmiştir (Li vd., 2018). Kuru öğütme, yalnızca bir boyut indirgeme işlemidir, ıslak öğütme ise hem fiziksel hem de kimyasal işlemleri içermektedir. Pseudo-tahılların ıslak öğütülmeleri sırasında, nişasta granüllerini tutan protein matriksi, nişasta protein açısından serbest bırakılarak parçalanmaktadır. Belirli bir ürün için hangi öğütme yönteminin (kuru ve ıslak) uygun olduğu büyük ölçüde bilinmemektedir (Kumar vd., 2008). Pseudo-tahıl tanelerinin ıslak öğütme işlemi kullanılarak öğütülmesi, bileşenlerin ayrı olarak (ıslatma suyu, ruşeym, besinsel lif, nişasta ve protein) nispeten saf biçimde geri kazanılmasını

sağlamaktadır (Singh vd., 2003). Islak öğütme teknolojisinin gıda işleme ve ilaç endüstrisinde geniş bir kullanım alanı vardır. Ürünlerin fizikokimyasal özelliklerinin, örneğin partikül büyüklüğü, bileşen verimi, su tutma kapasitesi, emülsiyon ve köpük oluşturma özelliği ve biyoyararlılığının geliştirilmesini kolaylaştırmaktadır. Bu özelliklerde meydana gelen değişikliklerin çoğu gıda ürünlerinin temel bir fiziksel özelliği olan parçacık büyüklüğünün azaltılması ile ilgilidir (Li vd., 2018). Islak öğütme, farklı türdeki tahıl danelerinin temel bileşenlerinin, fiziksel, kimyasal, biyokimyasal ve mekanik yöntemler ile ayrılmasında kullanılan endüstriyel bir işleme yöntemidir. İşlem temel olarak iki aşamadan meydana gelir: birinci olarak; tahıl danesinin belirli bir sıcaklıkta alkali veya asitli solüsyonlarda ıslatılması (maserasyon); ikinci olarak fraksiyonların (nişasta, protein, ruşeym, besinsel lif ve kepek) fiziksel özellik (yoğunluk ve parçacık boyutu) farklılıklarından yararlanarak mekanik olarak ayrılmasıdır. Islatma sırasında su tohum içerisine penetre olur ve hücreler arası yapıyı yumuşatıp parçalar ve böylece verimde bir artış sağlanmaktadır. Islatmanın hızı yani suyun dane içine penetre olması sıcaklığa ve asit veya alkali koşullara bağlı olarak değişmektedir (Wronkowska ve Haros, 2014).

Amarant ve karabuğday, nişastanın maksimum geri kazanımının olduğu alkali ile ıslak öğütme gibi yöntemler kullanılarak bileşenlerine ayrılmaktadır. Protein fraksiyonu dahil olmak üzere nişasta dışındaki geri kalan materyal genel olarak atık olarak uzaklaştırılmaktadır (Bejosano ve Corke, 1999). Amarant nişastasına olan artan ticari ilgiye rağmen, henüz nişastayı elde etmek için etkili bir ıslak öğütme yöntemi geliştirilmemiştir. Amarant tohumunun ıslak öğütülmesi, küçük çaplı bir tahıl olduğundan dolayı nadiren endüstriyel ölçekte yapılmaktadır. Mısır ile kıyaslandığında, amarantın küçük boyutlu daneleri hızlı doygunluk özelliği göstermesi sebebiyle ıslatma işlemini daha kısa sürede tamamlamaktadır. Laboratuvar ölçekli ıslak öğütme yönteminde, ıslatma suyunun kimyasal bileşimi ve konsantrasyonu ve işlem sıcaklığına bağlı olarak nişastanın izole edilmesi sağlanmıştır. Islatma işlemi tohum içerisine suyun sızması bakımından ıslak öğütmedeki ilk ve en önemli adımdır. Islatma sıcaklığı ve ıslatma suyundaki kimyasalın (asit veya alkali) konsantrasyonuna bağlı olarak çalışmalar yapılmıştır. Amarant tohumlarının öğütme performansını değerlendirmek için ıslak öğütme yöntemleri geliştirilmiştir. Esas olarak iki basamaktan oluşmaktadır: belirli bir sıcaklıkta alkali (sodyum hidroksit) veya asit (sodyum metabisülfite) solüsyonlarına ıslatılıp, fiziksel özellik (yoğunluk ve parçacık boyutu) farklılıklarından yararlanarak bileşenlerin (nişasta, protein, ruşeym, besinsel lif) mekanik ayrılmasıdır. Islatma sırasında su tane içerisine sızarsa ve hücreler arası yapıyı yumuşatıp parçalarsa

verimli öğütme sağlanabilmektedir. Amarantın seyreltik sodyum bisülfat çözeltisinde ıslatılması ile su absorpsiyon oranı ve nem doygunluğunun arttığı bildirilmiştir. ıslatma koşullarının (sıcaklık ve kimyasalın türü ve konsantrasyonu) danelerin ıslak öğütme özelliklerini (geri kazanılabilir bileşenlerin miktarı ve kalitesi) etkileyebileceği düşünülürken, bu etkinin büyüklüğü hakkında henüz çok az bilgi bulunmaktadır (Bejosano ve Corke, 1999; Resio vd., 2009).

Alkali ile ıslatmanın bir dezavantajı, proteinin süzülmesi için gerekli olan yüksek konsantrasyonun, nişasta granüllerine zarar vermesi ve nişasta verimini düşürmesi olarak gösterilmiştir. Bunun yanı sıra, alkali konsantrasyonunu azaltmak için enzim kullanımı önerilmiştir. Düşük alkali konsantrasyonu (NaOH) ve ortama proteaz eklenmesinin etkisi mısırın ıslak öğütülmesinde incelenmiştir. İzole edilen mısır nişastasının, geleneksel ıslak öğütme yöntemiyle izole edilen amarant nişastasına kıyasla daha iyi kalitede olduğu sonucuna varılmıştır. Alkali ile nişasta izolasyon yöntemleri üzerinde yapılan araştırmaların aksine, amarant tanesinin asit ile ıslak öğütme işlemi daha az araştırılmıştır (Calzetta vd., 2006; Loubes vd., 2012).

Calzetta vd. (2006), sıcaklık ve kükürt dioksit konsantrasyonunun ıslatma sırasında amarant tanesi tarafından su absorpsiyon oranı üzerinde belirgin bir etkiye sahip olduğunu bildirmiştir. ıslatma ortamında kükürt dioksitin varlığı yalnızca su absorpsiyon oranını (saf sudaki absorpsiyon oranıyla karşılaştırıldığında) artırmadığı aynı zamanda tahıldaki su doygunluk seviyesini de artırdığını ifade etmiştir.

ıslatma suyunda sodyum metabisüfit konsantrasyonunun amarant tanesinin ıslak öğütme fraksiyonlarının verimi ve bileşimi üzerindeki etkilerini Calzetta vd. (2006) araştırmıştır. Resio vd. (2009) düşük protein ve maksimum nişasta verimine sahip ıslatma koşullarını (sıcaklık ve kükürt dioksit konsantrasyonu) belirlemiştir. Loubes vd. (2012), amarant tanesinin asitli ıslak öğütme işlemi esnasında ıslatma koşullarının amarant nişastasının mekanik ve termal özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmıştır. ıslak öğütme koşulları (SO₂ konsantrasyonu ve ıslatma sıcaklığı) amarant nişastasının termal ve mekanik özelliklerini etkilemiştir ve nişasta süspansiyonlarının (çiriş veya jel) stabilitesinde, jelatinizasyon sıcaklığı ve entalpisinde önemli değişiklikler meydana getirmiştir. Kükürt dioksit konsantrasyonu düşükçe, jelatinizasyon daha düşük sıcaklıklarda meydana gelmiştir.

Uriyapongson ve Duarte (1994) yaptıkları bir araştırmada, geleneksel ıslak öğütme yöntemi ve kuru-ıslak öğütme yöntemlerini kullanarak amaranttan nişastayı izole etmişlerdir. Kuru-ıslak öğütmenin nişasta verimi, geleneksel ıslak öğütme

işleminde ~%5,2 daha yüksek bulunmuştur ve daha kısa sürede sonlandırılmıştır. Amaranat nişastalarının pik viskoziteleri, patates ve mumsu (waxy) tip nişastalardan daha düşük; buğday ve mısır nişastasından daha yüksek bulunmuştur. Amaranat nişastaları işlem süresince yüksek kararlılık göstermiştir. Bir çalışmada, amaranat soğuk suda ıslatılarak nişasta izoamil alkolle izole edilip yağdan arındırılmıştır; alkali ile ıslatmayla izole edilenlere kıyasla daha saf ve daha az zarar görmüş, granüller bakımından daha kaliteli bir nişasta elde edilmiştir (Calzetta vd., 2006). Amaranat tanesinden proteinin alkali ekstraksiyonu sonucunda izole edilen ürünün bileşiminde ve işlevselliğinde değişiklikler meydana geldiği belirtilmiştir. Ayrıca, amaranat protein izolasyon yönteminin, proteinin jel yapısını ve reolojik özelliklerini de değiştirdiği gözlemlenmiştir (Loubes vd., 2012).

Kinoanın ıslak öğütme teknolojisinde, ıslatma sonrası kinoa çökmekte ve oluşan bulamaç paslanmaz elekler ile süzülmemektedir. Nişasta bulamacı ayrılırken; kepek, protein, embriyo ve besinsel lif bileşenleri farklı eleklerde tutulur, son elek santrifüjleme ile tamamen ayrılmaktadır. Ayrılan tüm bileşenler kurutulur; izole edilen kurutulmuş tüm tohum bileşenlerinin, ilk baştaki kurutulmuş kinoa miktarına oranıyla verimleri hesaplanır. Uzun süre ve yüksek sıcaklıkta ıslatma işleminin nişasta ayrılmasında daha etkili olduğu görülmüştür. Nişasta özellikleri ıslatma koşullarına bağlı olarak değişim göstermiştir. Kinoanın ıslak öğütülmesi ile ilgili yapılan bir çalışmada, kırmızı kinoaya farklı sıcaklıklar (30, 40 ve 50°C), farklı pH'lar (4, 5, 6) ve farklı süreler (12, 18, 24 sa) uygulanmıştır. Daha uzun süre ve yüksek sıcaklıkta, nişastada belirgin farklılıklar olmaksızın, yüksek geri kazanım etkili bir şekilde sağlanmıştır. Bununla birlikte, nişasta özellikleri ıslatma koşullarına bağlı olarak değişim göstermiştir (Arslan vd., 2016). Lindeboom vd. (2005), kinoa örneklerini deiyonize suda beklettikten sonra nişasta ayrılmasını çalışmışlardır. Jan vd. (2017), Lindeboom vd. (2005) tarafından modifiye edilmiş yöntemden yararlanarak nişastayı izole etmiştir. Alkali ile ıslatmanın saf su ile ıslatmaya kıyasla daha etkili olduğu belirlenmiştir. Alkali konsantrasyonunun %0,25'e yükseltilmesi danelerden nişasta verimini artırmıştır. Bununla birlikte alkali konsantrasyonundaki daha fazla artış (%0,30), protein kalıntısı oranını artırarak nişasta verimini ve renk değerini düşürmüştür (Jan vd., 2017). Prego vd. (1998), kotiledon, hipokotil-radikula, endosperm ve perisperm bölgelerinden kesilen tüm taneleri fosfat çözeltisi; Linsberger vd. (2012) ise %0,25'lik NaOH çözeltisi içerisinde beklettikten sonra nişasta izolasyonunu yapmışlardır.

Zheng vd. (1998) kavuzsuz karabuğdayın (*buckwheat goat*) ıslak öğütme işlemini sodyum bisülfid çözeltisi ile ıslatma yaparak gerçekleştirmiştir. Buna göre, nişasta ve protein fraksiyonlarının verimlerini sırasıyla %79 ve %64 olarak bulmuşlardır. Rafine edilen nişasta bileşeni %21,3 amiloz içermiştir. Nişastasını A-tipi X-ışını kırınım deseni göstermiştir. Karabuğday nişastasının amilogramı mısır ve pirinç nişastalarına kıyasla daha yüksek pik ve katılma viskoziteleri göstermiştir ve çirilenme sıcaklığı ise mısır ve pirinç nişastalarına benzerlik göstermiştir. Nişastanın asetillenmesi çirilenme ve jelatinizasyon sıcaklıklarını düşürmüştür ve jelin soğukta depolanmaya karşı stabilitesini önemli derecede geliştirmiştir. Karabuğday protein konsantrasyonunun amino asit ve fonksiyonel özelliklerinin soya proteinine benzer olduğu bulunmuştur. Ayrıca, püskürtmeli kurutucu ile kurutulan proteinin daha beyaz ve nötral pH'da çözünürlüğünün ve diğer fonksiyonel özelliklerinin daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Bu çalışma, ıslak öğütme ile nişasta, protein ve besinsel lifin karabuğdaylardan etkili bir şekilde izole edilebileceğini göstermiştir.

Kavuzlu ve kavuzsuz karabuğdayın ıslak öğütülmesi üzerinde farklı sıcaklık, zaman ve pH'nın etkisi Wronkowska ve Haros (2014) tarafından yapılan bir araştırmada incelenmiştir. Islatma suyu olarak sodyum bisülfid kullanılmış, pH'nın ayarlanması laktik asit eklenerek yapılmıştır. Kavuzlu karabuğdaydan izole edilen nişastanın kavuzsuz karabuğdaydan izole edilen nişastaya kıyasla ekstraksiyon verimliliği daha yüksek bulunmuştur. Her iki karabuğdaydan izole edilen nişastalarda ortalama partikül çapı yaklaşık 18 µ olarak belirlenmiştir. Daha uzun süre ıslatma sonucunda kavuzlu karabuğdaydan elde edilen nişastanın, kavuzsuz karabuğdaydan ayrılan nişastaya kıyasla jelatinizasyon sıcaklığı daha düşük bulunmuştur. Her iki saf nişasta fraksiyonları için DSC'de diğer örneklerle göre daha yüksek entalpi değerleri belirlenmiştir. Islatma süresinin artırılması ile jelatinizasyon entalpisinde ve elde edilen protein miktarında artış gözlemlenmiştir. Islak öğütme teknolojisi, karabuğdaylardan elde edilen nişastaların teknolojik özelliklerini hammaddeye göre değiştirmemiştir.

Malik ve Saxena (2016), karabuğdayı oda sıcaklığında 0,2 N NaOH ile ıslatarak nişastasını izole etmiştir. Yu vd. (2018b), karabuğday örneklerini 20°C'de 24 saat bekleterek ıslak öğütme yapmıştır. Farklı öğütme işlemleri (yüksek hızlı üniversal değirmen, taş değirmen, ıslak öğütme) arasında ıslak öğütme işlemi ile elde edilen karabuğday nişastasının SEM ile analiz edilen morfolojik özelliklerinde daha sağlam (az hasarlı) granüler yapıya sahip olduğu görülmüştür.

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

Bu araştırmada Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü (Karatay, Konya)'nde geliştirilen ve bu kurumdan temin edilen iki çeşit karabuğday (*Aktaş cv.* ve *Güneş cv.*) örneği üzerinde çalışılmıştır. Karabuğday örneklere kimyasal, besinsel ve fonksiyonel özelliklerini belirlemek üzere iki farklı yöntemle öğütölerek hazırlanmıştır. Bu amaçla karabuğday örneklere tam kavuzlu karabuğday unu ve kavuzsuz tam karabuğday (*buckwheat goat*) unu olarak öğütölmüştür. Tam kavuzlu karabuğday unları için karabuğday örneklere tam tane olarak kahve değirmeninde (Arçelik, Türkiye) tamamen ince un haline dönüşüncüye kadar öğütölmüştür. Kavuzsuz tam karabuğday unları ise karabuğday örneklere kavuzları kırma yöntemi ile ayrılmış ve içinden çıkan daneler kahve değirmeninde ince un haline gelinceye kadar öğütölmüştür. Araştırmada her iki karabuğday çeşidinden hazırlanan un örneklere tanımlamaları aşağıdaki gibi yapılmıştır:

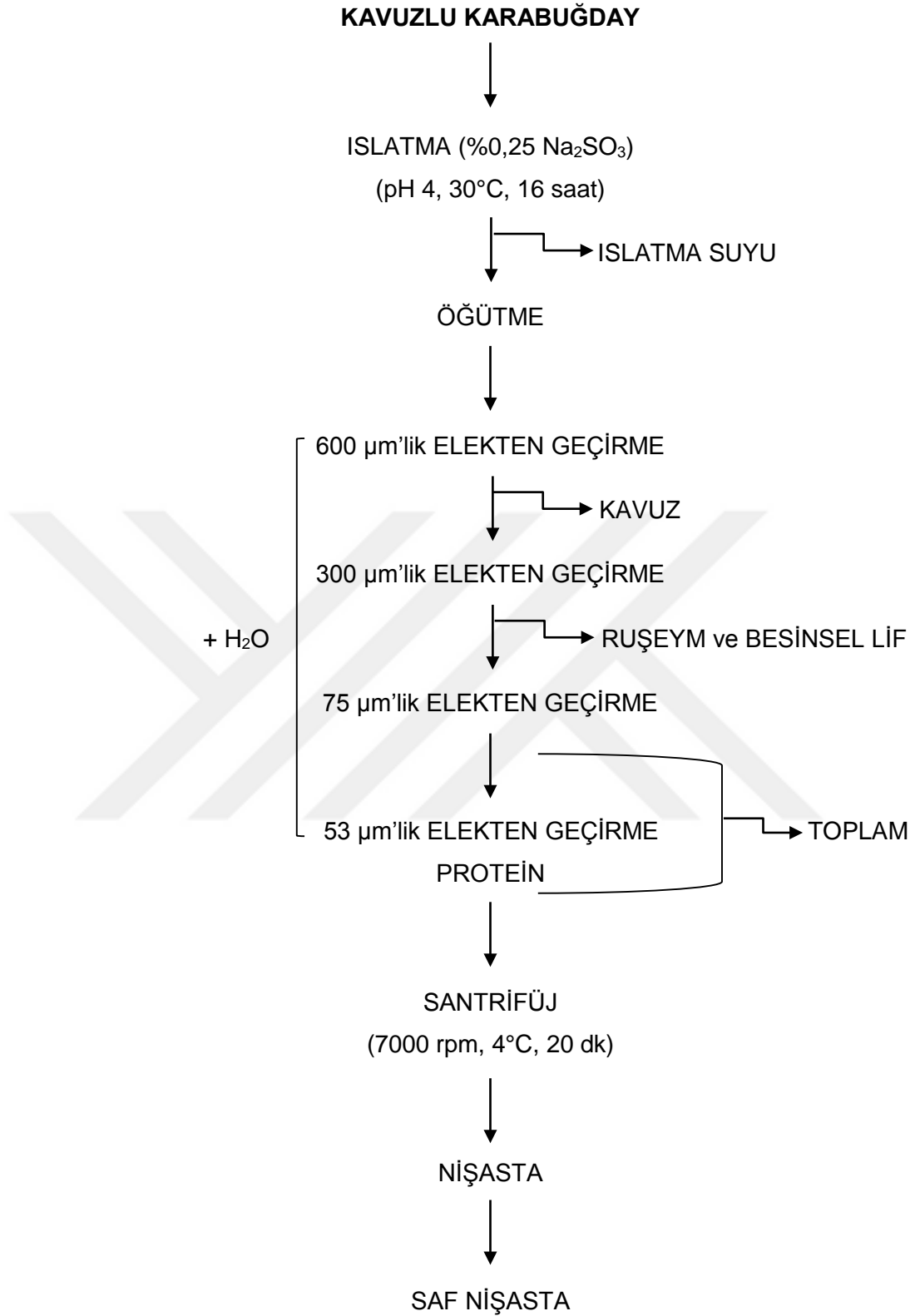
Kavuzlu Tam Karabuğday (<i>Aktaş cv.</i>) Unu	: Aktaş-TK
Kavuzlu Tam Karabuğday (<i>Güneş cv.</i>) Unu	: Güneş-TK
Kavuzsuz Tam Karabuğday (<i>Aktaş cv.</i>) Unu	: Aktaş-U
Kavuzsuz Tam Karabuğday (<i>Güneş cv.</i>) Unu	: Güneş-U

3.2 Metot

3.2.1 Kavuzlu Karabuğdayın Islak Öğütme İşlemi

Kavuzlu karabuğdayların ıslak öğütme işlemi Wronkowska ve Haros (2014)'ün yöntemi modifiye edilerek, İşpanya'nın Valencia şehrinde bulunan Institute of Agrochemistry and Food Technology (IATA-CSIC) laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Karabuğday örneklere ıslak öğütme işlemi bu araştırma enstitüsünde bulunan otomatik fermantör cihazında (BIOSTAT B PLUS, Sartorius, İsviçre) yapılmıştır. Bunun için öncelikle ıslatma suyu hazırlanmıştır. İslatma suyu

1,23 g Na₂SO₃ (sodyum sülfid anhidrit)'in 250 mL distile suda çözündürülmesiyle (%0,25'lik) hazırlanmıştır. İslatma suyuna 25 g tam kavuzlu karabuğday ilave edilmiştir. Daha sonra ıslatma suyunun pH'sı 1 M saf laktik asit ile pH 4'e ayarlanmıştır. Beherdeki karışım fermantör cihazına yerleştirilerek pH 4'te ve 30°C'de 16 saat 250 rpm hızda karışmaya bırakılmıştır. Fermantör cihazında, karışımın pH'sını otomatik olarak pH 4'de tutmak için 1 M NaOH ve 1 M saf laktik asit hazır tutulmuştur. Karabuğday örneği 16 saat sonunda ıslatma suyundan ayrılarak ıslatma suyunun miktarı kaydedilmiştir. İslatma suyundan 40 mL polipropilen tüpe alınarak +4°C'de saklanmıştır. Daha sonra karabuğday örneği sırasıyla 600 µm, 300 µm, 75 µm, 53 µm çaplara sahip paslanmaz çelik eleklerden (Retsch, Almanya) distile su ile yıkanarak tane kısımlarına (fraksiyonlarına) ayrılmıştır. Eleme işlemleri sonunda sırasıyla kavuz, ruşeym ve besinsel lif ve toplam protein fraksiyonları ayrı ayrı elde edilmiştir. Yıkama suyu 250 ml'lik santrifüj tüplerine koyularak +4°C ve 7000 rpm'de 20 dakika santrifüj edilmiştir (Beckman, Avanti Centrifuge J-25, Indianapolis, ABD). Santrifüj sonrası süpernatantlar ayrı bir kaba alınarak miktarı kaydedilmiştir ve süpernatanttan polipropilen tüpe 40 ml alınarak +4°C'de saklanmıştır. Santrifüj tüplerinde kalan çökelti yani nişasta fraksiyonu ayrı bir kaptan toplanmıştır. Kavuz, ruşeym ve besinsel lif, toplam protein ve nişasta fraksiyonları 40°C'deki etüvde (Binder, Almanya) 24 saat bekletilerek kurutulmuştur. Kurutulan karabuğday fraksiyonlarının miktarları kaydedilerek 25 g üzerinden hesaplama işlemleri yapılmıştır. İslatma ve yıkama suyundan ayrı ayrı 1'er mL altı konik tüplere alınarak 60°C'ye ayarlı vakumda konsantre eden santrifüjde (Eppendorf Concentrator plus, Almanya) 3 saat santrifüj (250xg) edilmiştir. Santrifüj sırasında tüm sıvı buharlaştırılmış ve partiküller çöktürülmüştür. Santrifüj sonrası ıslatma ve yıkama suyuna kavuzlu karabuğdaydan karışan partikül miktarı kaydedilerek gerekli hesaplamalar yapılmıştır. Bu işlem dört tekrarlı yapılmıştır. Tam kavuzlu karabuğdayın ıslak öğütme işlemi akış şeması **Şekil 3.1**'de gösterilmiştir. Islak öğütme işleminde kavuzlu karabuğdaylardan elde edilen fraksiyonların ve ıslatma ve yıkama sularının genel görünümleri **Ek A.1**, **Ek A.2** ve **Ek A.3**'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Tam kavuzlu karabuğdayın ıslak öğütme işlemi akış şeması.

Araştırmada, her iki karabuğdayın ıslak öğütme işlemi üçer tekrarlı yapılmıştır. Tam kavuzlu karabuğdayların ıslak öğütme işlemi ve her iki karabuğday çeşidinden hazırlanan tane fraksiyonlarının tanımlamaları aşağıdaki gibi yapılmıştır:

Tam Kavuzlu Karabuğdayın (<i>Aktaş cv.</i>) Islak Öğütme İşlemi	: Aktaş-IÖ
Tam Kavuzlu Karabuğdayın (<i>Güneş cv.</i>) Islak Öğütme İşlemi	: Güneş-IÖ
Aktaş-Nişasta Fraksiyonu	: Aktaş-N
Güneş-Nişasta Fraksiyonu	: Güneş-N
Aktaş-Ruşeym + Besinsel Lif	: Aktaş-RL
Güneş-Ruşeym + Besinsel Lif	: Güneş-RL
Aktaş-Kavuz Fraksiyonu	: Aktaş-K
Güneş-Kavuz Fraksiyonu	: Güneş-K
Aktaş-Protein Fraksiyonu	: Aktaş-P
Güneş-Protein Fraksiyonu	: Güneş-P

3.2.2 Kimyasal Analizler

3.2.2.1 Nem Miktarı Tayini

Karabuğday unlarının nem miktarı AACCI Approved Methods of Analysis Metot No. 44-15.02 (AACCI, 2010)'a göre üçer tekrarlı olarak yapılmıştır. Islak öğütme işleminde elde edilen karabuğday fraksiyonlarının nem miktarları otomatik nemölçer cihazında (DBS 60-3 model, Kern, Almanya) ayrıca belirlenmiştir. Bunun için yaklaşık 0,1'er g örnek alüminyum kaplara tartılmıştır. Sıcaklık 53 saniye içerisinde 120 °C'ye yükseltilip nem miktarı tayini ikişer tekrarlı yapılmıştır. Nem miktarı sonuçları her iki yöntemde de % nem miktarı olarak verilmiştir.

3.2.2.2 Kül Miktarı Tayini

Karabuğday unlarının kül miktarı, AACCI Approved Methods of Analysis Metot No. 08-01.01 (AACCI, 2010)'a göre kuru madde üzerinden belirlenmiştir.

3.2.2.3 Toplam Protein Miktarı Tayini

Karabuğday unlarının protein miktarı, AACCI Approved Methods of Analysis Metot No. 46-12.01 (AACCI, 2010)'a göre belirlenmiştir. Kjeldahl metoduna göre belirlenen azot miktarı (%N), örnekler için 6,25 faktörü ile çarpılmıştır. Sonuçlar, % protein miktarı olarak kuru madde üzerinden hesaplanmıştır.

3.2.2.4 Ham Yağ Miktarı Tayini

Karabuğday unlarının ham yağ miktarı, AACCI Approved Methods of Analysis Metot No. 30-25.01 (AACCI, 2010)'a göre belirlenmiştir. Sonuçlar % ham yağ miktarı olarak kuru madde üzerinden hesaplanmıştır.

3.2.2.5 Besinsel Lif Miktarı Tayini

Karabuğday unlarının toplam besinsel lif, çözüner ve çözünmeyen besinsel lif içerikleri Megazyme Total Dietary Fiber Assay Kit (Megazyme International Ireland Limited, Wicklow, Ireland) analiz kiti kullanılarak belirlenmiştir. Bu analiz kitinde yöntem Lee vd. (1992) ve Prosky vd. (1988, 1992) yöntemlerine ve AACCI Approved Methods of Analysis Metot No: 32-05.01 ve Metot No: 32-21.01 yöntemlerine dayanmaktadır. Buna göre 0,25'er g örnek polipropilen tüplere tartılmıştır. Cam krozelere 0,6 g celite tartılarak 135°C'de 2 saat bekletildikten sonra darası alınıp analiz için hazırlanmıştır. Örnekler sırasıyla α -amilaz (*B. licheniformis*), proteaz (*B. licheniformis*; Subtilisin A) ve amiloglukozidaz (*Aspergillus niger*) 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 süzümüştür. Erlendeki kalıntı besinsel lifler sırasıyla %95'lik etil alkol, %78'lik etil alkol ve aseton ile yıkandıktan sonra cam krozeler etüvde bir gece 103°C'de kurumaya bırakılmıştır. Daha sonra tartılarak ham besinsel lif miktarı belirlenmiştir. Cam krozeler, kül doğrulamasının yapılması için kül fırınında 525°C'de 3 saat yakma işlemine tabi tutulmuştur. Etüvde kurutma işleminden sonra bulunan ham lif miktarından, kül miktarı çıkarılarak % toplam besinsel lif miktarı kuru madde üzerinden hesaplanmıştır. Örnekler üç tekrarlı olarak çalışılmıştır (Ermişer, 2019).

Çözünmeyen ve çözünür besinsel lif miktarı tayinleri için izlenen yöntem ise şöyledir: örnekler yine aynı şekilde sırasıyla α -amilaz, proteaz ve amiloglukozidaz enzimleri ile hidrolize edilerek, nişastanın ve proteinlerin parçalanması ve son olarak dekstrinlerin glukoz birimlerine ayrılması sağlanmıştır. Daha sonra çözünmeyen besinsel lif miktarı için; tüplerdeki içerik önceden darası alınmış cam sinter filtreli krozelerden vakum altında her bir örneğe ait cam erlenmayere süzümüştür. Sonra tüplerin içeriği iki kez 5 ml 60°C'ye ısıtılmış distile su ile çalkalanıp/yıkanıp içerik krozenin filtresinde kalan çözünmeyen kalıntı üzerine dökülmüş ve kalıntı yıkanmıştır. Erlenmayerlerde biriken filtrat (çözünebilir besinsel lif içeriyor) bir sonraki işlem için saklanmıştır. Krozelerin filtrelerinde biriken çözünmeyen besinsel lif ikişer kez sırayla %95'lik etil alkol ve aseton ile yıkanmıştır. Krozeler 103°C'ye ayarlanmış etüvde bir gece kurutulmuş ve tartılmıştır. Daha sonra ham besinsel lifteki kül miktarının belirlenmesi amacıyla kül fırınında 525°C'de 3 saat yakma uygulanmıştır. Çözünmeyen besinsel lif miktarı için ham besinsel lif miktarından kül miktarı çıkarılmış ve % kuru madde üzerinden verilmiştir (Ermişer, 2019).

Çözünebilir besinsel lif miktarı için saklanan filtrat üzerine hacminin 4 katı kadar önceden 60°C'ye ısıtılmış %95'lik etil alkol eklenmiş ve 1 saat presipitasyona bırakılmıştır. Daha sonra erlenlerdeki içerik önceden darası alınmış cam sinter filtreli krozelerden vakum altında süzümüştür. Tüm içeriğin geçişinden emin olmak için erlenin içi sırasıyla %78'lik etil alkol, %95'lik etil alkol ve aseton ile yıkanmış ve krozelerin üzerinde kalan besinsel lifin üzerine dökülerek yıkanmıştır. Cam krozeler 103°C'ye ayarlanmış etüvde bir gece kurutulmuş ve tartılmıştır. Daha sonra yukarıda açıklandığı gibi kül miktarı belirlenmiştir. Çözünebilir besinsel lif miktarı için ham lif miktarından kül miktarı çıkarılmış ve % kuru madde üzerinden verilmiştir. Sonuçlar, tüm örneklerde üçer tekrarın ortalaması hesaplandıktan sonra standart sapmaları ile gösterilmiştir (Ermişer, 2019).

3.2.3 Besinsel Özellik Analizleri

3.2.3.1 Toplam Nişasta Miktarı Tayini

Karabuğday unları ve ıslak öğütme işleminden elde edilmiş nişasta, ruşeym ve lif fraksiyonu örneklerinde toplam nişasta miktarı Megazyme Total Starch Assay Kit (Megazyme International Ireland Limited, İrlanda) enzimatik analiz kiti

kullanılarak spektrofotometrik olarak tespit edilmiştir. Kullanılan yöntem temelde McCleary vd. (1997), AOAC Official Metot 996.11 (AOAC, 2005) ve AACCI Approved Methods of Analysis Metot No. 76.13 (AACCI, 2010) yöntemlerine dayanmaktadır. Buna göre, 0,1'er g örnek polipropilen tüplere tartılmıştır. α -amilaz ve amiloglukosidaz enzimleri ile örneklerdeki nişastanın glukoza kadar parçalanması sağlanarak, açığa çıkan glukoz GOPOD (glukoz oksidaz/peroksidaz) çözeltisi ile reaksiyona sokulmuştur. Tüplerin 40°C'de 20 dakika inkübasyonu sonunda spektrofotometrede (Shimadzu 1700, Japonya) 510 nm dalga boyunda absorbansları ölçülmüştür. Sonuçlar kuru madde üzerinden % toplam nişasta miktarı olarak hesaplanmıştır. Örnekler üç tekrarlı olarak çalışılmıştır.

3.2.3.2 Enzime Dirençli Nişasta Miktarı Tayini

Karabuğday unları ve ıslak öğütme işleminden elde edilmiş nişasta, ruşeym ve lif fraksiyonlarında enzime dirençli nişasta (EDN) miktarı, Megazyme Resistant Starch Assay Kit (Megazyme International Ireland Limited, Ireland) enzimatik analiz kiti kullanılarak saptanmıştır. Kullanılan yöntem temelde AOAC 2002.02 ve AACC 32-40.01 metotlarına dayanmaktadır. Buna göre, 0,1'er g örnek polipropilen tüplere tartılmıştır. Üzerine pankreatik α -amilaz ve amiloglukosidaz enzimleri eklenmiştir. Tüpler iyice karıştırıldıktan sonra 37°C'de 16 saat inkübasyona bırakılarak nişastasının tamamen glukoza hidrolizi sağlanmıştır. Inkübasyon sonunda 4 mL %99'luk etil alkol eklenerek 3000 rpm'de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası çöken EDN peleti KOH çözeltisinde çözündürülmüştür. Çözünen nişasta amiloglukosidaz ile hidrolize edilerek glukoza dönüştürülmüştür. Hidrolizde meydana gelen glukoz, GOPOD (glukoz oksidaz/peroksidaz) çözeltisi ile reaksiyona sokulmuş ve oluşan absorbanslar spektrofotometrede 510 nm dalga boyunda belirlenmiştir.

3.2.3.3 Toplam Fenolik Madde Analizi

Karabuğday unlarının ve ıslak öğütme işleminden elde edilmiş fraksiyonlarda toplam fenolik madde miktarı, dimetil sülfoksit (DMSO) veya %80'lik metil alkol ile Gutfinger (1981) ve Singleton vd. (1999) tarafından önerilen Folin-Ciocalteu metodu modifiye edilerek belirlenmiştir. Nişasta gibi polimerik bileşiklere bağlı halde bulunan fenolik maddelerin ayrılması DMSO ile sağlanmıştır. Örnekler, 1:25 oranında DMSO veya %80'lik MetOH ile ayrı ayrı ekstrakte edilmiştir. Bunun için örnekler 15

dakikada bir vortekslenmek üzere oda sıcaklığında 1 saat boyunca ekstraksiyon yapılmıştır. Ekstraksiyon sonunda 9000 rpm'de 15 dakika santrifüj (NF 1200, NÜVE, Ankara) yapılmıştır. Süpernatant üzerine distile su ve Folin-Ciocalteu çözeltisi ilave edilip oda sıcaklığında 3 dakika reaksiyonun gerçekleşmesi sağlanmıştır. Sonrasında 0,5 mL %20'lik Na₂CO₃ (doymuş sodyum karbonat) ve 0,75 mL distile su eklenmiş ve örnekler oda sıcaklığında ve karanlıkta 1 saat reaksiyona bırakılmıştır. Reaksiyon sonunda örneklerde bulunan toplam fenolik madde miktarına göre indirgenen Folin-Ciocalteu çözeltisinin meydana getirdiği mavi rengin absorbansı spektrofotometrede 725 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Absorbans değerlerine karşılık gelen konsantrasyon değerleri ilgili standart doğrulardan hesaplanmıştır. Sonuçlar, mg ferulik asit eşdeğeri/g örnek olarak kuru madde üzerinden verilmiştir. Toplam fenolik madde miktarının tespitinde kullanılan ve ferulik asit standart maddesi ile DMSO veya %80'lik metil alkol ile hazırlanan standart doğru grafikleri sırasıyla **Ek B.1** ve **Ek B.2**'de gösterilmiştir.

3.2.3.4 Antioksidan Aktivite Tayini

Karabuğday unlarında ve ıslak öğütme işleminden elde edilmiş fraksiyonlardaki antioksidan aktivitenin belirlenmesi 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radikalini süpürme aktivitesi (Yu vd., 2002) ve troloks eşdeğeri antioksidan kapasitesi (TEAK) yöntemleri (Yu vd., 2002; Ragae vd., 2006; Masatcioğlu vd. 2013) modifiye edilerek belirlenmiştir. Bunun için 0,1'er 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 (9000 rpm)'de 20 dakika santrifüj 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 boyunda absorbans ölçümü yapılmıştır. Şahit çözeltinin (0,25 mL saf etil alkol + 2,5 mL DPPH çözeltisi) absorbansı da belirlendikten sonra aşağıda gösterilen denklem üzerinden sonuçlar kuru madde bazında DPPH radikalini yakalama aktivitesi olarak hesaplanmıştır:

$$\text{DPPH Radikalini Yakalama Aktivitesi (\%)} = 100 \times E \times \frac{\left(\frac{G - H}{G}\right)}{M} \quad (3.1)$$

- M** : Örnek ağırlığı, g
E : Örneğin kuru madde üzerinden ağırlığı, g
G : Şahit çözeltinin absorbanası
H : Örnek absorbanası

Karabuğday unları ve ıslak öğütme işleminden elde edilmiş fraksiyonlardaki antioksidan aktivitenin 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 K₂S₂O₈ (potasyum persülfat) içeren 7,46 mM ABTS (2,2'-azinobis-3-etilbenzotiazolin-6-sulfonat) radikal çözeltisi karanlıkta 16 saat bekletilerek ABTS•+ radikalinin oluşturulması sağlanmıştır. Radikal çözeltinin 734 nm dalga boyundaki absorbanası 0,80 ± 0.02 olacak şekilde %50 (v/v)'lik etil alkol ile seyreltilmiştir. Örneklerin üzerine 10 mL (5+5 mL) absorbanası 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 kuvarz küvete alınarak, %50 (v/v)'lik etil alkol çözeltisine karşı başlangıç absorbanası değeri belirlenmiştir. Mikro küvet içindeki radikal çözeltisi üzerine ekstraktan 0,1 mL eklenir eklenmez kronometre çalıştırılmış ve 6 dakika boyunca, her bir dakikada absorbanası ölçümü yapılarak sonuçlar kaydedilmiştir. Örneklerde bulunan antioksidan bileşikler, radikal çözeltinin rengini gittikçe açarak 6 dakikalık süreçte absorbanası değerleri zamana bağlı olarak azalmıştır. Araştırmada, 6. dakika sonunda saptanmış olan absorbanası değeri esas alınarak, başlangıç değerine göre yüzde azalma oranı (% inhibisyon) aşağıdaki denkleme göre hesaplanmıştır. Analiz, her bir örnek için üç tekrarlı olarak yapılmış ve ortalama değer belirlenmiştir. Sonuçlar, mutlak metil alkolde çözünen ve sentetik bir antioksidan olan Troloks ile hazırlanan "ABTS radikalinin süpürülmesi ile meydana gelen absorbanası karşılık Troloks konsantrasyonu (µg/mL)" ve "% inhibisyona karşılık Troloks konsantrasyonu (µg/mL)" standart doğru grafikleri (**Ek B.3, Ek B.4**) kullanılarak hesaplanmış, "Troloks eşdeğeri antioksidan kapasitesi (TEAK)" değeri olarak kuru madde üzerinden "mmol troloks / kg örnek" olarak verilmiştir.

$$\text{İnhibisyon (\%)} = \frac{\text{Başlangıç absorbanası} - \text{Son absorbanası}}{\text{Başlangıç absorbanası}} \times 100 \quad (3.2)$$

3.2.3.5 Fitik Asit Miktarı Tayini

Karabuğday unlarının ve ıslak öğütme işleminden elde edilmiş fraksiyonların fitik asit miktarı, Haug ve Lantzsch (1983)'in yöntemi modifiye edilerek belirlenmiştir. Yöntemin prensibi, fitik asitin, Fe^{+3} ile çözünmez formu olan demirfitat şeklinde çöktürülüp arta kalan Fe^{+3} miktarının 2,2'-bipiridin ile oluşturduğu rengin yoğunluğunun spektrofotometrik olarak ölçülmesine dayanmaktadır. Buradan, fitik asite bağlanıp çöken Fe^{+3} miktarı da hesaplanarak fitik asit konsantrasyonu belirlenebilmektedir. Bu analize aslında Fe tayini de denebilir. Standart doğru hazırlanırken konsantrasyon artışına karşılık azalan absorbans arta kalan bağlanmayan demiri ifade etmektedir. Buna göre, 0,1'er g örnek 15 mL'lik altı konik tüplere tartılmıştır. Üzerine 10 mL 0,4 M HCl içinde çözüldürülmüş %10'luk Na_2SO_4 (sodyum sülfat) eklenmiştir. Orbital karıştırıcıda 250 rpm'de 3 saat boyunca karıştırılmıştır. Daha sonra 4600 rpm'de 20 dakika santrifüj edilmiştir. Süpernatanttan 1 mL alınarak üzerine 2 mL ferrik solüsyon eklenmiş ve 95°C'ye ayarlı su banyosunda 30 dakika bekletilmiştir. Örnekler oda sıcaklığına getirilip 4600 rpm'de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası tüplerin alt kısmında fitik asit+ Fe^{+3} kompleksinin oluşturduğu jel bir yapı gözlenmelidir. Süpernatanttan 1'er mL cam test tüplerine alınıp üzerine 2,2'-bipiridin solüsyonu eklenmiştir. Örneklerde meydana gelen pembe rengin absorbansı 519 nm'de ölçülmüştür. Absorbans değerlerine karşılık gelen konsantrasyon değerleri standart doğru grafiğinden (**Ek B.5**) hesaplanmıştır. Örnekler üçer tekrarlı olarak çalışılmış ve sonuçlar, "mg fitik asit/g örnek" olarak kuru madde üzerinden verilmiştir.

3.2.4 Fonksiyonel Özelliklerin Belirlenmesi

3.2.4.1 Suda Çözünen Madde Miktarı ve Su Bağlama Kapasitesi Tayini

Karabuğday unlarının suda çözünen madde miktarı (%) ve su bağlama kapasitesi (%) Singh ve Singh (2003) yöntemine göre yapılmıştır. Buna göre, 0,5'er g örnek, önceden darası alınmış polipropilen tüplere tartılmış ve üzerine 10 mL distile su eklenmiştir. Her bir tüpe 90 dakika boyunca 10 dakikada bir vorteks ile karıştırma yapılmıştır. Sonrasında tüpler 4000xg'de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Suda çözünen madde 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. Suda çözünen madde miktarı (%) ve su bağlama kapasitesi (%) aşağıdaki eşitliklere göre hesaplanmıştır:

$$\text{Suda Çözünen Madde (\%)} = \frac{\text{Kuru süpernatant ağırlığı (g)}}{\text{Tartılan örnek miktarı (g)}} \times 100 \quad (3.3)$$

$$\text{Su Bağlama Kapasitesi (\%)} = \frac{\text{Islak çökelti ağırlığı (g)} - \text{Kuru çökelti ağırlığı (g)}}{\text{Tartılan örnek miktarı}} \times 100 \quad (3.4)$$

3.2.4.2 Su Tutma ve Yağ Absorplama Kapasitesi Tayini

Karabuğday unlarının su tutma ve yağ absorplama kapasitesi Ahmedna vd. (1999)'nin yöntemi modifiye edilerek yapılmıştır. Buna göre, 1,0'er g örnek, önceden darası alınmış polipropilen tüplere tartılmış ve yüzeyini 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 10 dakika santrifüj edilmiştir. Süpernatantlar yavaşça dökülerek eğik bir şekilde su uzaklaştırılmış ve tüpteki çökelti tartılmıştır. Her bir örnek için üç tekrar yapılmış ve ortalama sonuçlar g su/g örnek olarak verilmiştir. Yağ absorplama tayini için 1,0'er g örnek, önceden darası alınmış cam tüplere tartılmış ve üzerine 10 mL ticari ayçiçek yağı, örneğin yağ ile tam temas edebilmesi için spatül ile karıştırılarak, eklenmiştir. Örnek tamamen yağ ile karıştıktan sonra 1600xg'de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Süpernatant (üstte kalan sıvı yağ) dikkatlice uzaklaştırılmış ve tüpteki çökelti tartılmıştır. Her bir örnek için üç tekrar yapılmış ve ortalama sonuçlar g yağ/g örnek olarak ifade edilmiştir.

$$\text{STK} = \frac{(M_2 - M_1)}{M_0} \quad (3.5)$$

Burada,

STK : Su tutma kapasitesi, g su/g örnek

M₀ : Örnek ağırlığı, g

M₁ : Tüp ağırlığı + Örnek ağırlığı, g

M₂ : Tüp ağırlığı + Sulu Çökelti, g

$$YAK = \frac{(A_2 - A_1)}{A_0} \quad (3.6)$$

Burada,

YAK : Yağ absorplama kapasitesi, g yağ/g örnek

A₀ : Örnek ağırlığı, g

A₁ : Tüp ağırlığı + Örnek ağırlığı, g

A₂ : Tüp ağırlığı + Yağlı Çökelti, g

3.2.5 Fiziksel Analizler

3.2.5.1 Renk Tayini ve Beyazlık İndeksi Tayini

Karabuğday taneleri, karabuğday unları ve ıslak öğütme işleminden elde edilmiş tüm fraksiyonlarda 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 göre yapılmaktadır. Buna göre örneklerin L^* (parlaklık (+)/koyuluk (-)), a^* (kırmızılık (+)/yeşillik (-)), b^* (sarılık (+)/mavilik (-)), C^* (0-60 kroma renk değeri) ve h (0-360° hue açısı veya renk canlılığı) değerleri belirlenmiştir. Renk ölçümü her bir örnek için üç noktada yapılmış ve ortalamaları alınarak verilmiştir. Renk analizleri üçer tekrarlı yapılmıştır. Buna göre beyazlık indeksi (BI) Wronkowska ve Haros (2014) yöntemine göre aşağıdaki eşitliğe göre belirlenmiştir:

$$BI = 100 - [(100 - L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2} \quad (3.7)$$

3.2.6 Nişasta Fraksiyonlarının Termal Özellikleri

Islak öğütme işleminden elde edilen nişasta fraksiyonlarında jelatinizasyon ve retrogradasyon özelliklerinin incelenmesi Wronkowska ve Haros (2014) yöntemine göre diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC: Differential Scanning Calorimetry) cihazı (DSC-7, PerkinElmer Inc., ABD) ile yapılmıştır. Buna göre,

nişasta fraksiyonları, 60 µL kapasiteli paslanmaz çelik DSC kapsüllerine (PE 0319-0218) ~12 mg tartılmış ve üzerine su:nişasta oranı 3:1 olacak şekilde distile su eklendikten sonra hermetik kapatma düzeneği ile kapatılmıştır. Jelatinizasyon özelliği için 10°C/dk ısıtma hızıyla 25°C'den 110°C'ye ısıtılarak nişastaların termogramları hazırlanmıştır. Referans olarak boş DSC kabı kullanılmıştır. Retrogradasyon özelliği için, hermetikli kapatılmış ve jelatinize edilmiş kapsüldeki örnekler 15 gün boyunca +4°C'de bekletilmiş ve 1, 2, 3, 4, 7 ve 15. günlerde örnekler yine 10°C/dk ısıtma hızıyla 25°C'den 110°C'ye ısıtılarak termogramlar hazırlanmıştır. Jelatinizasyon ve retrogradasyon özellikleri için örnekler üçer tekrarlı çalışılmıştır. Nişastalarda, jelatinizasyon ve retrogradasyon endotermik piklerinden yararlanılarak, başlangıç sıcaklığı (T_o), pik sıcaklığı (T_p), son sıcaklık (T_c) ve jelatinizasyon ve retrogradasyon entalpileri (ΔH_g ve ΔH_r) hesaplanarak termogramlar değerlendirilmiştir. T_o ve T_c sıcaklık dereceleri arasında doğrusal bir çizgi çizilmiş, nişasta jelatinizasyonu ile ilgili entalpiler (ΔH , joule/g nişasta), doğrusal çizgi ve endotermik kurvenin arasındaki alandan hesaplanmıştır. Islak öğütme işleminden elde edilen karabuğday nişastalarının depolanma süresince retrogradasyon entalpilerindeki değişim grafiği **Ek C.1**'de gösterilmiştir. Bu sonuçlardan pik yüksekliği indeksi (PHI) ve retrogradasyon indeksi (RI) aşağıdaki eşitliklere göre hesaplanmıştır:

$$PHI = \frac{\Delta H}{T_p - T_o} \quad (3.8)$$

$$RI = \frac{\Delta H_{retrogradasyon}}{\Delta H_{jelatinizasyon}} \times 100 \quad (3.9)$$

3.2.7 Çirışlenme Özelliklerinin Belirlenmesi

Karabuğday unlarının ve nişasta fraksiyonlarının çirışlenme ile viskozitedeki değişim özellikleri temelde AACCI Approved Methods of Analysis Metot 76-21 (AACCI, 2010), Haros vd. (2004) ve Wronkowska ve Haros (2014) ve yöntemlerine göre yapılmıştır. Bunun için sıcaklık-süre kontrollü hızlı viskozite ölçer (Rapid Visco Analyzer-RVA) cihazı (RVA-4500, Perten, ABD) kullanılmıştır. Buna göre, cihazın özel kabına %14 nem esasına göre ~3-3,5 g örnek tartılmış ve üzerine 25 mL distile su ilave edilmiştir. Karıştırıcı palet alüminyum kabın içine koyulduktan sonra kap cihaza yerleştirilmiştir. Süspansiyon 160 rpm'de 10 saniye boyunca iyice karıştırılmıştır. Çalışmada, nişastanın çirışlenmesi için standart 13 dk test uygulanmıştır. Karışım önce 50°C'de 1 dk tutularak homojen bir sıcaklık oluşturulmuştur, sonra sıcaklık 12°C/dk hızla 95°C'ye çıkartılmış ve bu sıcaklıkta 2,5

dk tutulmuştur. Daha sonra çirilenmiş örnek 12°C/dk hızla 50°C'ye soğutulmuş ve bu sıcaklıkta 2 dk daha tutulmuştur. Araştırmada, çirilenme sıcaklığı (°C), pik zamanı (dak), pik viskozitesi (PV, Pa·s), sıcak çirilen viskozitesi (SÇV, Pa·s), son (soğuk) viskozite (SV, Pa·s), karıştırma ile viskozite azalması yani kırılma viskozitesi (PV-SÇV, Pa·s), katılma viskozitesi (SV-SÇV, Pa·s) değerleri RVA cihazından kaydedilmiştir. Analiz her bir örnek için üçer tekrarlı yapılmıştır. Kavuzlu tam karabuğday unları, kavuzsuz tam karabuğday unları ve ıslak öğütme işleminden elde edilen nişasta fraksiyonlarının çirilenme özellikleri (viskozite, sıcaklık, zaman profilleri) **Ek D.1**'de verilmiştir. Bu grafikte viskozite değerleri senti-poise (cP) biriminden verilmiş olup, ilgili sonuçlar tablosunda viskozite değerleri paskal-saniye (Pa·s) biriminden ifade edilmiştir.

3.2.8 İstatistik

Karabuğday unları ve ıslak öğütme işleminden elde edilen fraksiyonlarda yapılan analizler üç tekrarlı olarak yapılmış ve ortalamalar standart sapma değerleri ile birlikte ilgili çizelgelerde verilmiştir. Çoklu örnek karşılaştırılması istatistiksel olarak Statgraphics Plus 5.0 istatistik paket programı kullanılarak yapılmıştır. Araştırmada bulunan veriler tek yönlü ANOVA ile analiz edilmiştir. Ortalamaların karşılaştırılmasında Fisher's Least Significance Difference (LSD) testi kullanılmış ve ortalamalar arası fark $P < 0,05$ önemlilik seviyesinde incelenmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1 Kavuzlu Karabuğdayların Islak Öğütme İşlemi ile Açığa Çıkan Tane Fraksiyonlarının Verim Değerleri

Kavuzlu karabuğdayların ıslak öğütme işlemi ile elde edilen tane fraksiyonlarının verim değerleri **Çizelge 4.1**'de gösterilmiştir. Buna göre, *Aktaş cv.* ve *Güneş cv.* karabuğdaylarında kavuz fraksiyonunun verimi sırasıyla %16,3 ve %15,9 olarak bulunurken, ruşeym+besinsel lif fraksiyonu verimi sırasıyla %3,9 ve %4,8 olarak bulunmuştur. *Aktaş cv.* ve *Güneş cv.* karabuğdaylarının toplam protein fraksiyonu verimi sırasıyla %3,6 ve %3,2 olarak saptanmıştır. *Aktaş cv.* ve *Güneş cv.* karabuğday çeşitlerinin toplam nişasta fraksiyonu verimi sırasıyla %51,6 ve %49,7 bulunmuştur. *Aktaş cv.* ve *Güneş cv.* karabuğdaylarının ıslatma suyundaki toplam katı madde fraksiyonu verimi (sırasıyla %12,3 ve %12,6) ve yıkama suyundaki toplam katı madde fraksiyonu verimleri (sırasıyla %10,4 ve %9,9) birbirlerine yakın tespit edilmiştir. *Aktaş cv.* ve *Güneş cv.* karabuğday çeşitleri için toplam geri kazanım ise sırasıyla %98,1 ve %96,1 olarak gözlenmiştir.

Wronkowska ve Haros (2014) yaptıkları bir çalışmada kavuzlu karabuğday ve kavuzsuz karabuğday örneklerine ıslak öğütme işlemi uygulamışlardır. Buna göre, kavuzlu karabuğdayın toplam nişasta, toplam protein, ruşeym+besinsel lif, kavuz, ıslatma suyundaki toplam katı madde ve yıkama suyundaki toplam katı madde fraksiyonu verimlerini sırasıyla %48,7, %3,2, %1,5, %20,1, %9,1 ve %14,8 olarak bulmuşlardır. Toplam geri kazanım ise %97,3 olarak tespit edilmiştir.

Bu araştırma ile karşılaştırıldığında ruşeym+besinsel lif fraksiyonu verimi daha yüksek; kavuz fraksiyonu verimi daha düşük bulunmuş olup diğer fraksiyon verimleri ve toplam geri kazanım değerleri araştırmamıza yakın bulunmuştur. Islak öğütme teknolojisinde en önemli ürün nişasta fraksiyonudur. Islatma süresinin; geri kazanımı, nişastanın saflığını ve fizikokimyasal özelliklerini etkileyebildiği bildirilmiştir (Haros vd., 2004). Yapılan başka bir araştırmada ise ıslak öğütme işleminden elde edilen mısır nişastasının termal ve çirşlenme özelliklerini laktik asit ve ıslatma sıcaklığının değiştirebildiği belirtilmiştir (Brandemarte vd., 2004).

Çizelge 4.1. Kavuzlu karabuğdayların ıslak öğütme işlemi ile açığa çıkan tane fraksiyonlarının verim (g/100 g) değerleri

Islak Öğütme Fraksiyonu	Verim* (g/100 g karabuğday)	
	Güneş cv.	Aktaş cv.
Kavuz	15,9 ± 0,0	16,3 ± 0,0
Ruşeym+Besinsel Lif	4,8 ± 0,5	3,9 ± 0,6
Toplam Protein	3,2 ± 0,1	3,6 ± 0,5
İlk protein	2,8 ± 0,2	3,1 ± 0,4
İkinci protein	0,4 ± 0,0	0,5 ± 0,1
Toplam Nişasta	49,7 ± 2,5	51,6 ± 1,1
Islatma suyundaki toplam katı madde	12,6 ± 0,8	12,3 ± 0,3
Yıkama suyundaki toplam katı madde	9,9 ± 0,7	10,4 ± 0,1
Toplam Geri Kazanım	96,1	98,1

*n=3

4.2 Karabuğday Unlarının Bazı Kimyasal Özellikleri

Kavuzlu tam karabuğday unları (Aktaş-TK ve Güneş-TK) ve kavuzsuz tam karabuğday unlarının (Aktaş-U ve Güneş-U) bazı kimyasal ve besinsel lif özellikleri **Çizelge 4.2'**de gösterilmiştir. Buna göre, Aktaş-TK ve Güneş-TK unlarının kuru madde üzerinden protein değerleri sırasıyla %13,5 ve %13,4 olarak birbirine yakın bulunmuş olmakla birlikte en yüksektir. Aktaş-U (%9,1) ununun kuru madde üzerinden protein değeri ise Güneş-U (%8,7) ununa kıyasla biraz daha yüksek bulunmuştur. Aktaş-TK, Güneş-TK, Aktaş-U ve Güneş-U örneklerinin kuru madde üzerinden kül değerleri sırasıyla %2,0, %1,9, %1,2 ve %1,0 olarak bulunmuştur. Görüldüğü kavuzlu karabuğday unlarının kül değerleri daha yüksektir. Aktaş-TK, Güneş-TK, Aktaş-U ve Güneş-U unlarının kuru madde üzerinden ham yağ miktarları sırasıyla %3,2, %2,9, %1,5 ve %1,9 olarak bulunmuştur. Buna göre kavuzlu karabuğday unlarının ham yağ miktarı daha yüksek olmakla birlikte en yüksek ham yağ miktarı kavuzlu Aktaş-TK örneğinde saptanmıştır. Araştırmada, Aktaş-TK (%54,1) ununun Güneş-TK (%50,3) ununa ve Aktaş-U (%81,1) ununun Güneş-U (%76,0) ununa kıyasla kuru madde üzerinden toplam nişasta miktarı daha yüksek bulunmuştur. Aktaş-TK, Güneş-TK, Aktaş-U ve Güneş-U unlarının kuru madde

üzerinden çözünemeyen besinsel lif miktarları sırasıyla %29,7, %28,2, %4,9 ve %4,9 olarak belirlenirken, çözünür besinsel lif miktarları sırasıyla %4,0, %4,5, %3,7 ve %4,0 olarak tespit edilmiştir. Tam kavuzlu karabuğday unlarında beklenildiği gibi çözünemeyen besinsel lif miktarları daha yüksektir. Gıda amaçlı kullanılacak kavuzsuz karabuğday unlarının çözünemeyen ve çözünür besinsel lif miktarları gıdanın besinsel özelliklerini ve bununla birlikte sağlık etkilerini önemli düzeyde artıracaktır. Toplam besinsel lif miktarları incelendiğinde, Aktaş-TK ve Güneş-TK unlarında kuru madde üzerinden sırasıyla %33,8 ve %32,7 olarak bulunurken, Aktaş-U ve Güneş-U örneklerin sırasıyla %8,6 ve %8,8 olarak bulunmuştur (**Çizelge 4.2**).

Schoenlechner vd. (2008) bir derleme çalışmalarında kavuzlu tam karabuğday ununun kuru madde üzerinden kül miktarını %1,37-1,67 arasında belirtmişlerdir. Wang vd. (2012) ise kavuzlu tam karabuğday unu ve kavuzsuz tam karabuğday ununun kül miktarlarını sırasıyla %2,1 ve %2,2 olarak tespit etmişlerdir. Wijngaard ve Arendt, (2006) yaptıkları bir çalışmada kavuzsuz tam karabuğdayın kuru madde üzerinden kül miktarını %2,4 olarak belirtmişlerdir. Jacquemart vd. (2012) ise yaptıkları bir çalışmada, kavuzsuz tam karabuğday ununun kül ve protein miktarlarını sırasıyla %2 ve %12 olarak tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada kavuzlu tam karabuğday ununun protein miktarının %8,51-18,87 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Wang vd., 2012). Wang vd. (2012), kavuzlu tam karabuğday unu ve kavuzsuz tam karabuğday ununun ham yağ miktarlarını sırasıyla %2,3 ve %3,2 olarak bulmuşlardır. Schoenlechner vd. (2008), kavuzlu tam karabuğday ununda toplam besinsel lif içeriğini %27,38 olarak belirtmişlerdir. Başka bir çalışmada tam kavuzsuz karabuğday ununun toplam besinsel lif içeriği %7 olarak rapor edilmiştir (Jacquemart vd., 2012). Zhu (2016), yaptığı bir çalışmada kavuzlu tam karabuğday ununun kuru madde üzerinden toplam nişasta içeriğinin %70'e kadar çıkabileceğini belirtmiştir. Başka bir çalışmada kavuzsuz tam karabuğday ununun kuru madde üzerinden toplam nişasta miktarı %54,5 olarak söylenmiştir (Wijngaard ve Arendt, 2006). Literatürde bazı araştırmacılar tarafından bulunan sonuçlar görüldüğü gibi bu araştırmamızın verileri ile uyumludur.

Çizelge 4.2. Karabuğday unlarının bazı kimyasal özellikleri

Karabuğday Unu	Nem (%)	Protein* (%)	Kül* (%)	Ham Yağ* (%)	Toplam Nişasta* (%)	Çözünmeyen Besinsel Lif* (%)	Çözünür Besinsel Lif* (%)	Toplam Besinsel Lif* (%)
Aktaş-TK	12,0 ± 0,03	13,5 ± 0,30	2,0 ± 0,08	3,2 ± 0,14	54,1 ± 3,90	29,7 ± 0,41	4,0 ± 1,85	33,8 ± 2,22
Güneş-TK	11,5 ± 0,04	13,4 ± 0,15	1,9 ± 0,10	2,9 ± 0,09	50,3 ± 0,28	28,2 ± 0,75	4,5 ± 0,07	32,7 ± 0,70
Aktaş-U	11,8 ± 0,20	9,1 ± 0,20	1,2 ± 0,08	1,5 ± 0,08	81,1 ± 0,64	4,9 ± 0,15	3,7 ± 0,15	8,6 ± 0,04
Güneş-U	11,4 ± 0,04	8,7 ± 0,25	1,0 ± 0,06	1,9 ± 0,08	76,0 ± 0,95	4,9 ± 0,13	4,0 ± 0,23	8,8 ± 0,12

*Ortalama ± standart sapma; n=3; kuru madde üzerinden verilmiştir.

Kavuzlu karabuğdayların ıslak öğütme işlemi ile açığa çıkan tane bileşenlerinin oda sıcaklığında kurutma işleminden sonra otomatik nem ölçer cihazında belirlenen nem miktarları **Çizelge 4.3**'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. Kavuzlu karabuğdayların üç kez tekrarlanan ıslak öğütme işlemi ile açığa çıkan tane fraksiyonlarının otomatik nem ölçer cihazında belirlenen nem miktarları (%)

Karabuğday	Kavuz* (%)	Ruşeym + Besinsel Lif* (%)	Protein* (%)	Nişasta* (%)
Aktaş-IÖ I	16,9 ± 0,12	15,3 ± 1,89	15,6 ± 1,27	15,1 ± 0,59
Aktaş-IÖ II	17,7 ± 0,12	15,3 ± 0,70	12,9 ± 1,32	12,9 ± 0,28
Aktaş-IÖ III	17,4 ± 0,83	16,3 ± 0,35	14,9 ± 0,00	13,5 ± 0,47
Güneş-IÖ I	18,1 ± 0,13	15,3 ± 0,81	13,5 ± 1,93	13,7 ± 0,00
Güneş-IÖ II	17,2 ± 0,00	14,4 ± 0,70	13,5 ± 0,90	13,1 ± 1,51
Güneş-IÖ III	18,2 ± 0,57	13,8 ± 1,49	13,0 ± 0,00	12,9 ± 1,04

*Ortalama nem ± standart sapma (n=2).

Buna göre, en yüksek nem miktarı kavuz fraksiyonunda tespit edilmiş olup, protein ve nişasta fraksiyonlarının nem miktarları birbirleriyle yakın bulunmuştur. Her iki kavuzlu karabuğdaydan, üç kez yapılan ıslak öğütme işlemi ile ayrılan kavuz, ruşeym+besinsel lif, protein ve nişasta bileşenlerindeki nem miktarları sırasıyla %16,9-18,2, %13,8-16,3, %12,9-15,6 ve %12,9-15,1 aralıklarında değişmiştir. Kavuzlu karabuğdayların ıslak öğütme işlemi ile açığa çıkan tane kısımlarının nem miktarlarının mikrobiyolojik bir bozulmaya uğramaması için %14'ten düşük olması istenmektedir. Belirlenen nem miktarları, laboratuvar ortamındaki kurutma koşullarına bağlı olarak %14'ten biraz daha yüksek bulunmuştur.

4.3 Karabuğday Unlarının ve Islak Öğütme İşleminde Elde Edilen Fraksiyonların Bazı Besinsel Özellikleri

4.3.1 Toplam Fenolik Madde Miktarı

Karabuğday unlarının ve ıslak öğütme işlemi ile elde edilen fraksiyonların farklı ekstraksiyon koşullarında belirlenen toplam fenolik madde (TFM) miktarları **Çizelge 4.4**'de gösterilmiştir. Dimetilsülfoksit (DMSO) ekstraksiyonu ile belirlenen TFM miktarı sonuçları incelendiğinde, en yüksek değerler ruşeym+besinsel lif

fraksiyonlarında tespit edilmiştir, buna göre Aktaş-RL ve Güneş-RL fraksiyonlarındaki TFM miktarları sırasıyla 12,4 ve 10,8 mg ferulik asit/g'dır ($P<0,05$), görüldüğü gibi Aktaş-RL fraksiyonundaki TFM miktarı tüm örnekler içerisinde en yüksektir ($P<0,05$). Kavuzlu karabuğdaydan ıslak öğütme ile elde edilen Aktaş-P ve Güneş-P protein fraksiyonlarının TFM miktarları sırasıyla 8,2 ve 7,2 mg ferulik asit/g'dır ($P<0,05$). Araştırmada, Aktaş-TK ve Güneş-TK unlarının TFM miktarları sırasıyla 5,4 ve 5,2 mg ferulik asit/g olarak bulunurken ($P>0,05$); Aktaş-U ve Güneş-U unlarında tespit edilen TFM miktarları sırasıyla 4,7 ve 4,8 mg ferulik asit/g'dır ($P>0,05$). Görüldüğü gibi kavuzlu tam karabuğday unlarının TFM miktarı kavuzsuz tam karabuğday unlarına göre daha yüksektir ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0,05$). En düşük TFM miktarları nişasta fraksiyonlarında 2,4 mg ferulik asit/g olarak belirlenmiştir ($P>0,05$) ve diğer örneklerin TFM miktarları ile aralarındaki fark önemlidir ($P<0,05$). Genellikle, DMSO ekstraksiyon çözeltisi ile Aktaş karabuğday çeşidinin kavuzlu tam unu ve ıslak öğütmesinden elde edilen kavuzu, proteini ve ruşeym+besinsel lif fraksiyonlarının TFM miktarları Güneş çeşidinin aynı örneklerine göre daha yüksektir.

Çizelge 4.4. Karabuğday unlarının ve ıslak öğütme işlemi ile elde edilen fraksiyonların farklı ekstraksiyon koşullarında belirlenen toplam fenolik madde miktarları

Karabuğday	DMSO Ekstraksiyonu^{a*}	%80'lik Metil Alkol^{a*}
Unu/Fraksiyonu	(mg ferulik asit/g örnek)	(mg ferulik asit/g örnek)
Aktaş-TK	5,4 ± 0,07e	5,1 ± 0,11a
Güneş-TK	5,2 ± 0,03e	5,2 ± 0,18a
Aktaş-U	4,7 ± 0,08f	3,9 ± 0,24d
Güneş-U	4,8 ± 0,04f	4,0 ± 0,23d
Aktaş-K	4,9 ± 0,07f	3,8 ± 0,21d
Güneş-K	3,0 ± 0,11g	2,5 ± 0,08e
Aktaş-N	2,4 ± 0,09h	0,2 ± 0,04h
Güneş-N	2,4 ± 0,07h	0,2 ± 0,05h
Aktaş-P	8,2 ± 0,11c	1,7 ± 0,08g
Güneş-P	7,2 ± 0,12d	2,0 ± 0,08f
Aktaş-RL	12,4 ± 0,25a	4,7 ± 0,06b
Güneş-RL	10,8 ± 0,18b	4,4 ± 0,07c

^aOrtalama ± standart sapma; n=3; kuru madde üzerinden verilmiştir.

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

Toplam fenolik madde miktarı %80'lik metil alkol ekstraksiyonu ile belirlendiğinde (**Çizelge 4.4**) en yüksek değerler Aktaş-TK (5,1 mg ferulik asit/g) ve Güneş-TK (5,2 mg ferulik asit/g) unlarında tespit edilmiştir ($P>0,05$). Bu örnekleri ruşeym+besinsel lif fraksiyonları izlemiştir, nitekim Aktaş-RL ve Güneş-RL fraksiyonlarında belirlenen TFM miktarları sırasıyla 4,7 ve 4,4 mg ferulik asit/g'dır ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0,05$). Bu örnekleri, Aktaş-U ve Güneş-U kavuzsuz tam karabuğday unlarının TFM miktarları izlemiştir ve bu örneklerde bulunan TFM miktarı değerleri sırasıyla 3,9 ve 4,0 mg ferulik asit/g'dır ($P>0,05$). Metil alkol (%80'lik) ekstraksiyonu ile en düşük TFM miktarı yine nişasta fraksiyonlarında 0,2 mg ferulik asit/g olarak belirlenmiştir ve diğer örnekler ile aralarındaki fark önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Metil alkol (%80'lik) ekstraksiyon çözeltisi ile Güneş karabuğday çeşidinin tüm un örneklerinde ve protein fraksiyonunda TFM miktarları Aktaş çeşidinin un ve diğer fraksiyonlarına göre daha yüksektir.

DMSO ile ekstrakte edilerek belirlenen Aktaş-K (4,9 mg ferulik asit/g) ve Güneş-K (3,0 mg ferulik asit/g) kavuz fraksiyonlarının TFM miktarları arasında istatistiksel olarak önemli fark tespit edilmiştir ($P<0,05$). Aynı durum, Aktaş-K (3,8 mg ferulik asit/g) ve Güneş-K (2,5 mg ferulik asit/g) kavuz fraksiyonlarının %80'lik metil alkol ile ekstrakte edilerek belirlenen TFM miktarlarında da görülmüş ve yine kavuz fraksiyonları arasındaki istatistiksel fark önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Görüldüğü gibi her iki ekstraksiyon yönteminde de en yüksek TFM miktarları Aktaş çeşidine ait kavuz fraksiyonunda (Aktaş-K) tespit edilmiştir.

Sonuçlar incelendiğinde, tüm karabuğday örneklerinin TFM miktarı DMSO ile yapılan ekstraksiyon yönteminde %80'lik metil alkol ile yapılan ekstraksiyona göre daha yüksek bulunmuştur. Kısaca, karabuğday örneklerinden TFM ekstraksiyonunda DMSO çözeltisi daha etkilidir. Çalışmada, karabuğday çeşitlerinin kavuz, kepek ve ruşeym kısımlarından fenolik madde ekstraksiyonu üzerinde önemli etkisinin olduğu görülmüştür. Islak öğütme fraksiyonlarının belli düzeyde fenolik madde içermesi fraksiyonların çeşitli gıda formülasyonlarında kullanılabilme kabiliyetini artıracaktır. Bu bakımdan araştırmamızda karabuğday unları ve ıslak öğütme fraksiyonlarında TFM miktarının belirlenerek kıyaslanması önem arz etmektedir.

Holasove vd. (2002) çalışmalarında karabuğdayın antioksidan kapasitesini araştırarak arpa ve yulafla kıyaslama yapmışlardır. Kavuzlu tam karabuğday taneleri, kavuzsuz tam karabuğday tanesi ve karabuğday yapraklarında TFM

miktarlarını kuru madde üzerinden sırasıyla 3,303 mg/g, 3,903 mg/g ve 39,514 mg/g olarak tespit etmişlerdir. Sedej vd. (2012) karabuğdayın antioksidan bileşikleri ve aktivitesi üzerine yaptıkları çalışmada tam karabuğday tanesi, kavuz ve kavuzsuz karabuğday tanesinde TFM miktarını sırasıyla 1,87 mg gallik asit eşdeğeri/g, 2,09 mg gallik asit eşdeğeri/g ve 1,69 mg gallik asit eşdeğeri/g olarak bulmuşlardır. Sun ve Ho (2005) karabuğday ekstraktlarının antioksidan aktivitesi üzerine yaptıkları çalışmada metanol ile ekstrakte edilen karabuğday örneklerinde toplam fenolik madde miktarını 21 mg kateşin eşdeğeri/g olarak bulmuşlardır. Lee vd. (2016) kavuzsuz yaygın karabuğday tanesi, yaygın karabuğday kavuzu, kavuzsuz Tartary karabuğdayı tanesi ve Tartary kavuzunda serbest TFM miktarlarını 4,40-20,86 mg gallik asit eşdeğeri/g aralığında bulmuşlardır. Literatürde rapor edilen sonuçlar ile bu çalışmada saptanan değerler arasında benzerlik veya uyumluluk görülmektedir.

4.3.2 Antioksidan Özellikleri

Karabuğday unlarının ve ıslak öğütme işlemi ile elde edilen fraksiyonların DPPH radikal süpürme aktivitesi (%) ve Troloks Eşdeğerliği Antioksidan Kapasitesi (TEAK, mmol/kg) değerleri **Çizelge 4.5**'de gösterilmiştir. Buna göre, en yüksek ve en düşük DPPH radikal süpürme aktivitesi ıslak öğütme işleminde elde edilen sırasıyla Aktaş-K örneğinde (%81,7) ve Güneş-N örneğinde (%11,8) belirlenmiştir ($P<0,05$). Araştırmada, Güneş-K kavuz örneği için DPPH radikal süpürme aktivitesi %58,1'dir ve her iki kavuz fraksiyonunun antioksidan aktivitesi bakımından aralarındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0,05$). Kavuzlu tam karabuğday unlarında (Aktaş-TK ve Güneş-TK) saptanan DPPH radikal süpürme aktivitesi sırasıyla %62,2 ve %59,4 olarak belirlenmiş ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P>0,05$). Bu örnekleri Aktaş-U ve Güneş-U kavuzsuz tam karabuğday unlarının DPPH radikal süpürme aktivitesi değerleri izlemiştir, bulunan sonuçlar sırasıyla %53,0 ve %51,9'dur ($P>0,05$). ıslak öğütme işleminden elde edilen diğer fraksiyonlar olan Aktaş-P, Güneş-P, Aktaş-RL ve Güneş-RL örneklerinin DPPH radikal süpürme aktivitesi değerleri %40'ın altında kalmıştır, bu örneklerle yukarıda söylendiği gibi nişasta fraksiyonları (Aktaş-N ve Güneş-N) da eklenebilir. Tüm örnekler incelendiğinde, Aktaş çeşidinin unlarının ve ıslak öğütme fraksiyonlarının DPPH radikal süpürme aktivitesi değerleri Güneş çeşidinin aynı örneklerinden daha yüksektir.

Çizelge 4.5 Karabuğday unlarının ve ıslak öğütme işlemi ile elde edilen fraksiyonların DPPH radikal süpürme aktivitesi (%) ve Trolox Eşdeğerliği Antioksidan Kapasitesi (TEAK, mmol/kg) değerleri

Karabuğday Unu/Fraksiyonu	DPPH Radikal Süpürme Aktivitesi ^{a*} (%)	TEAK ^{a*} (mmol/kg)
Aktaş-TK	62,2 ± 4,46b	9,0 ± 0,73d
Güneş-TK	59,4 ± 2,55bc	7,7 ± 0,44e
Aktaş-U	53,0 ± 3,61d	5,6 ± 0,19gh
Güneş-U	51,9 ± 2,68d	6,2 ± 0,37f
Aktaş-K	81,7 ± 1,97a	11,1 ± 0,15b
Güneş-K	58,1 ± 1,90c	7,2 ± 0,20e
Aktaş-N	11,9 ± 1,70h	2,1 ± 0,08i
Güneş-N	11,8 ± 1,34h	1,9 ± 0,15i
Aktaş-P	23,8 ± 1,02f	6,0 ± 0,29fg
Güneş-P	18,6 ± 0,77g	5,3 ± 0,69h
Aktaş-RL	36,6 ± 0,76e	11,8 ± 0,31a
Güneş-RL	33,0 ± 1,12e	9,7 ± 0,21c

^aOrtalama ± standart sapma; n=3; kuru madde üzerinden verilmiştir.

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

Troloks eşdeğerliliği antioksidan kapasitesi (TEAK, mmol/kg) değerleri incelendiğinde, en yüksek ve en düşük antioksidan kapasiteleri sırasıyla Aktaş-RL (11,8 mmol/kg) ve Güneş-N (1,9 mmol/kg) örneklerinde gözlenmiştir ($P<0,05$). Araştırmada, Aktaş-K ve Güneş-RL fraksiyonlarının TEAK değerleri sırasıyla 11,1 mmol/kg ve 9,7 mmol/kg olarak bulunmuştur ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0,05$). Bununla birlikte her iki karabuğday çeşidinin nişasta fraksiyonlarının TEAK antioksidan kapasitesi değerleri tüm örnekler içinde en düşük olmak ile birlikte birbirine benzer bulunmuştur ($P>0,05$). Kavuz fraksiyonları incelendiğinde, Aktaş-K'nın TEAK değeri (11,1 mmol/kg) ile Güneş-K'nın TEAK değeri (7,2 mmol/kg) arasında belirgin bir fark gözlenmiştir ($P<0,05$). Çalışmada, kavuzlu tam karabuğday unlarının TEAK antioksidan kapasitesi değerleri kavuzsuz tam karabuğday unlarından daha yüksektir. Nitekim Aktaş-TK ve Güneş-TK unlarının TEAK antioksidan kapasitesi değerleri sırasıyla 9,0 ve 7,7 mmol/kg iken Aktaş-U ve Güneş-U unlarının TEAK antioksidan kapasitesi değerleri sırasıyla 5,6 ve 6,2 mmol/kg olarak belirlenmiştir. Tüm örnekler dikkate alındığında, kavuzsuz tam karabuğday unlarının (Aktaş-U ve Güneş-U) TEAK antioksidan kapasitesi

değerleri hariç diğer tüm un ve fraksiyonlarda Aktaş karabuğday çeşidinin TEAK antioksidan kapasitesi değerleri Güneş karabuğday çeşidine göre daha yüksektir.

Sedej vd. (2012) karabuğdayın antioksidan bileşikleri ve aktivitesi üzerine yaptıkları bir çalışmada tam karabuğday tanesi, kavuz ve kavuzsuz karabuğday tanesinde DPPH radikal süpürme aktivitesini IC₅₀ (mg/ml) olarak ifade etmişler ve sırasıyla 1,37 mg/ml, 0,39 mg/mL ve 1,66 mg/mL olarak rapor etmişlerdir. Sun ve Ho (2005) karabuğdayın aseton ekstraktlarının antioksidan aktivitesi üzerine yaptıkları bir çalışmada DPPH radikal süpürme aktivitesini %78,6 olarak bulmuşlardır. Karamać (2010) ise tam karabuğday tanelerinde antioksidan aktivitesini EC₅₀ ve TEAK olarak tespit etmiş ve sırasıyla 0,019 mg/mL ve 4,06 mmol Troloks eşdeğeri/g bulmuşlardır; kavuzsuz karabuğday tanelerinde ise sırasıyla 0,021 mg ve 3,55 mmol Troloks eşdeğeri/g olarak tespit etmiştir.

Yerli karabuğdayların ıslak öğütme işleminden elde edilen fraksiyonlarının antioksidan aktivitesi ilk kez bu çalışmada iki farklı yöntem kullanılarak incelenmiştir. Islak öğütme koşullarına rağmen fraksiyonların belli bir düzeyde antioksidan aktiviteye sahip olduğu görülmüştür. Karabuğday ıslak öğütme fraksiyonlarındaki antioksidan aktivite düzeyi toplam fenolik madde miktarı sonuçları ile uyumluluk göstermektedir. Dolayısıyla ıslak öğütme fraksiyonları belli bir düzeyde toplam fenolik madde içeriğine sahiptir ve gıda formülasyonlarında doğal katkılar olarak kullanıldıklarında gıdaların antioksidan kapasitesine önemli katkıda bulunabilirler. Fraksiyonlarda bulunan doğal antioksidanlar (rutin, kuersetin, tokoferoller, fenolik asitler) gıdalardaki lipid oksidasyonunu önleyerek depolama stabilitelerini artırabilirler. Karabuğday kavuzunun rutin, orientin, viteksin, kuersetin, izoviteksin ve izoorientin flavonoidlerini içerdiği bildirilmiştir. Karabuğday tanesi ve kavuzunun toplam flavonoid konsantrasyonunun sırasıyla 18,8 mg/100 g ve 74 mg/100 g olduğu ifade edilmiştir (Sun ve Ho, 2005). Son olarak, bu çalışmaya göre karabuğday çeşitlerinin hem unlarında hem de ıslak öğütme fraksiyonlarındaki antioksidan aktivitelerdeki değişimlere çeşit farklılığı (genotip), çevre ve yetiştirme koşullarının etkisinin olabileceği söylenebilir.

4.3.3 Toplam Nişasta, Enzime Dirençli Nişasta ve Fitik Asit Miktarları

Karabuğday unlarının ve ıslak öğütme işlemi ile elde edilen fraksiyonlarının toplam nişasta, enzime dirençli nişasta ve fitik asit değerleri kuru madde üzerinden **Çizelge 4.6**'da gösterilmiştir. Kavuzlu tam karabuğday unları ve kavuzsuz tam karabuğday unları kıyaslandığında kavuzsuz tam karabuğday unlarının toplam nişasta miktarları beklenildiği gibi daha yüksektir ($P<0,05$). Buna göre, Güneş-TK ve Aktaş-TK karabuğday unlarında toplam nişasta değerleri sırasıyla %50,3 ve %54,1 olarak bulunurken ($P>0,05$), Güneş-U ve Aktaş-U karabuğday unlarında toplam nişasta değerleri sırasıyla %76,0 ve %81,1 olarak belirlenmiştir ($P>0,05$). Islak öğütme işleminden elde edilen nişasta fraksiyonlarındaki toplam nişasta değerleri Aktaş-N ve Güneş-N örneklerinde sırasıyla %87,8 ve %85 olarak tespit edilmiştir ($P>0,05$) ve tüm örnekler içinde nişasta fraksiyonlarının en yüksek değerlere sahip olduğu görülmüştür ($P<0,05$). Islak öğütme işleminden elde edilen ruşeym+besinsel lif fraksiyonlarında kontamine toplam nişasta miktarı %10,9 (Aktaş-RL) ve %9,4 (Güneş-RL) olarak bulunmuş ($P>0,05$) ve tüm örnekler içinde ruşeym+besinsel lif fraksiyonunun en düşük değerlere sahip olduğu görülmüştür ($P<0,05$).

Çizelge 4.6. Karabuğday unlarının ve ıslak öğütme işlemi ile elde edilen fraksiyonlarının toplam nişasta, enzime dirençli nişasta ve fitik asit değerleri

Karabuğday Unu/Fraksiyonu	Toplam Nişasta ^{a*} (%)	Enzime Dirençli Nişasta ^{a*} (%)	Fitik Asit ^{a*} (g/100 g)
Aktaş-TK	54,1 ± 3,90d	3,34 ± 0,318ab	0,99 ± 0,015a
Güneş-TK	50,3 ± 0,28d	3,14 ± 0,163b	1,00 ± 0,046a
Aktaş-U	81,1 ± 0,64b	1,13 ± 0,154e	0,52 ± 0,021d
Güneş-U	76,0 ± 0,95c	1,35 ± 0,199e	0,55 ± 0,015d
Aktaş-N	87,8 ± 3,73a	3,28 ± 0,118ab	Belirlenemedi
Güneş-N	85,0 ± 2,76a	3,62 ± 0,289a	Belirlenemedi
Aktaş-RL	10,9 ± 0,32e	2,20 ± 0,151d	0,74 ± 0,010b
Güneş-RL	9,4 ± 0,37e	2,61 ± 0,060c	0,96 ± 0,032a
Aktaş-P	-	-	0,62 ± 0,076c
Güneş-P	-	-	0,69 ± 0,035b
Aktaş-K	-	-	Belirlenemedi
Güneş-K	-	-	Belirlenemedi

^a Ortalama ± standart sapma; n=3; kuru madde üzerinden verilmiştir. *Aynı kolon içinde farklı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($P<0,05$).

Enzime dirençli nişasta (%) miktarları incelendiğinde, kavuzlu tam karabuğday unlarının kavuzsuz tam karabuğday unlarına göre kuru madde üzerinden daha yüksek değerlere sahip olduğu belirlenmiş ve her iki tip unlar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$; **Çizelge 4.6**). Buna göre, Aktaş-TK ve Güneş-TK karabuğday unlarında enzime dirençli nişasta miktarları sırasıyla %3,34 ve %3,14 olarak bulunurken ($P>0,05$), Aktaş-U ve Güneş-U unlarında sırasıyla %1,13 ve %1,35 olarak tespit edilmiştir ($P>0,05$). Islak öğütme işleminden elde edilen fraksiyonlardaki enzime dirençli nişasta miktarları incelendiğinde Aktaş-N ve Güneş-N nişastalarında sırasıyla %3,28 ve %3,62 olarak bulunurken ($P>0,05$), Aktaş-RL ve Güneş-RL ruşeym+besinsel lif fraksiyonlarında sırasıyla %2,20 ve %2,61 olarak belirlenmiş ve her iki örnek arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$).

Enzime dirençli nişasta, nişasta-olmayan karbonhidratlara veya sindirilemeyen karbonhidratlara benzemektedir. Enzime dirençli nişasta, sağlıklı insanların ince bağırsaklarında sindirilemez, kalın bağırsakta mikroorganizmalar tarafından fermentasyona uğratılır. Prebiyotik özelliğe sahip olan enzime dirençli nişastanın kolon kanserini önleme, safra taşı oluşumunu önleme, yağ ve kolesterol oluşumunu azaltma gibi fizyolojik etkilerinin bulunduğu bildirilmiştir. Genellikle, enzime dirençli nişasta oluşumu gıdanın işleme yöntemine, sıcaklığa, depolama süresine bağlıdır. Ayrıca, nişasta jelatinizasyonu ve nişasta retrogradasyonu ile de yakından ilgilidir. Nişastanın enzimatik duyarlılığı, nişastanın kaynağı, granül boyutu, amiloz:amilopektin oranı ve nişastanın kristal yapısından etkilenir. Bu faktörlerden, amiloz içeriği ve kristal yapı en önemlileridir (Liu vd., 2015).

Fitik asit miktarları incelendiğinde, kavuzlu tam karabuğday unlarında, kavuzsuz tam karabuğday unlarına kıyasla daha yüksek miktarda fitik asit tespit edilmiştir ($P<0,05$; **Çizelge 4.6**). Buna göre, Aktaş-TK ve Güneş-TK karabuğday unlarında fitik asit miktarları sırasıyla %0,99 ve %1,00 olarak bulunurken ($P>0,05$), Aktaş-U ve Güneş-U unlarında sırasıyla %0,52 ve %0,55 olarak tespit edilmiştir ($P>0,05$). Görüldüğü gibi, fitik asitin bir kısmı öğütme sırasında kepek ve ruşeym fraksiyonlarıyla ayrılarak azalmıştır. Islak öğütme işleminden elde edilen fraksiyonlardaki fitik asit miktarları incelendiğinde Aktaş-RL ve Güneş-RL ruşeym+besinsel lif fraksiyonlarında sırasıyla 0,74 ve 0,96 g/100 g olarak belirlenmiştir ($P<0,05$). Diğer yandan, protein fraksiyonlarında tespit edilen fitik asit miktarları arasında da önemli farklılık gözlenmiştir ($P<0,05$), buna göre Aktaş-P ve Güneş-P fraksiyonlarında fitik asit miktarları sırasıyla 0,62 ve 0,69 g/100 g olarak

saptanmıştır. Bununla birlikte kavuzlu karabuğdayların nişasta ve kavuz fraksiyonlarında fitik asit belirlenememiştir. Görüldüğü gibi fitik asit, ıslak öğütme işleminde daha çok ruşeym+besinsel lif ve protein fraksiyonlarına bağlanmıştır.

Pseudo-tahılların gıda amaçlı kullanımını saponinler, proteaz inhibitörleri ve fitik asit gibi antinutrisyonel faktörler azaltmaktadır. Fitik asit (1,2,3,4,5,6-myo-inositol hegzafosfat) ve tuzları bitkilerdeki fosforun başlıca depo formlarıdır. Fitik asit, tam pseudo-tahıl ürünlerinde önemli miktarda bulunmaktadır. Fitik asitin, çift ve üç değerlikli mineral maddeler ile yapmış olduğu fitat kompleksi insan sindirim sisteminde çok zor sindirilir ve bu mineral maddelerin sindirim kanalından absorpsiyonu engellenir (Duliński vd., 2017).

Wijngaard ve Arendt (2006) yaptıkları derlemede, Skrabanja ve Kreft (1998)'in bir çalışmasına dayanarak, kavuzsuz tam karabuğday ununun toplam nişasta miktarını kuru madde üzerinden %73,5 olarak belirtmiş ve bunun %33,5'nun enzime dirençli nişasta olduğunu ifade etmişlerdir. Schoenlechner vd. (2008) kavuzsuz tam karabuğday unlarının %73,5-76,0 arasında değişen nişasta miktarına sahip olduğunu ve bunun da %33,5-37,8 arasında değişen enzime dirençli nişasta miktarına sahip olduğunu ifade etmişlerdir. Aynı araştırmacılar, ısıtma işlem görmüş karabuğdaydaki enzime dirençli nişasta miktarını (RS₃) %3,79 olarak belirtmişler ve enzime dirençli nişasta:toplam nişasta oranının %6,51 olarak ifade etmişlerdir. Wang vd. (2012) kavuzsuz tam karabuğday unlarında nişasta miktarının %65-75 arasında olduğunu ve miktarın karabuğdayın cinsine ve yetiştirilen bölgeye göre değişebildiğini belirtmişlerdir. Jacquemart vd. (2012) yaptıkları araştırmada kavuzsuz tam karabuğday ununun %75 ve kavuzlu tam karabuğday ununun ise %55 oranında toplam nişasta içeriğine sahip olduğunu rapor etmişlerdir. Ahmed vd. (2014) karabuğdayın fitokimyasal ve biyofonksiyonel özellikleri üzerine yaptıkları derlemede, kavuzsuz karabuğday tanesinin kaynatıldıktan sonra 6,0 g/100 g enzime dirençli nişasta içerdiğini belirtmişlerdir. Schoenlechner vd. (2008), Steadman vd. (2001b)'nin çalışmasına göre kavuzsuz tam karabuğday tanesinin kepeğindeki fitik asit içeriğini 3,5-3,8 g/100 g aralığında olduğunu ifade etmişlerdir. Bilgiçli ve İbanoğlu (2015) karabuğday ununun ekmek üretiminde kullanılması ile ilgili yaptığı bir çalışmada karabuğday unundaki fitik asit miktarını 1,34 g/100 g olarak bulmuşlardır. Egli vd. (2003)'ün yaptığı bir çalışmada ise kavuzlu tam karabuğday ununda fitik asit miktarını aynı bu çalışmada olduğu gibi 1,0 g/100 g olarak tespit etmişlerdir. Bulunan veriler ile sonuçlarımız kıyaslandığında toplam nişasta, enzime dirençli nişasta ve fitik asit miktarları bakımından benzer olduğu görülmüştür.

4.4 Karabuğday Unlarının Fonksiyonel Özellikleri

4.4.1 Suda Çözünen Madde Miktarı, Su Bağlama Kapasitesi, Su Tutma ve Yağ Absorplama Kapasitesi

Kavuzlu tam karabuğday unu ve kavuzsuz tam karabuğday unlarının suda çözünen madde (SÇM) ve su bağlama kapasitesi (SBK) özellikleri **Çizelge 4.7**'de gösterilmiştir. Buna göre SÇM miktarı değerleri birbirine benzer bulunmuştur. Suda çözünen madde miktarı en yüksek ve en düşük değerler sırasıyla Güneş-TK (%5,9) ve Aktaş-U'da (%5,1) bulunmuştur fakat aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir ($P>0,05$). Su bağlama kapasitesi değerleri, kavuzlu tam karabuğday unlarında, kavuzsuz tam karabuğday unlarına kıyasla daha yüksek bulunmuştur ($P<0,05$). Buna göre, Güneş-TK ve Aktaş-TK karabuğday unlarında SBK (%) değerleri sırasıyla %147,3 ve %149,3 ($P>0,05$) olarak bulunurken, Güneş-U ve Aktaş-U karabuğday unlarında SBK (%) değerleri sırasıyla %118,2 ve %119,9 ($P>0,05$) olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.7. Kavuzlu tam karabuğday unları ve kavuzsuz tam karabuğday unlarının fonksiyonel özellikleri

Karabuğday Unu	SÇM ^{a*} (%)	SBK ^{a*} (%)	STK ^{a*} (g H ₂ O/g un)	YAK ^{a*} (g sıvı yağ/g un)
Aktaş-TK	5,8 ± 0,17a	149,3 ± 7,95a	1,70 ± 0,021a	1,05 ± 0,191ab
Güneş-TK	5,9 ± 0,03a	147,3 ± 12,81a	1,72 ± 0,032a	1,17 ± 0,114a
Aktaş-U	5,1 ± 0,25a	119,9 ± 2,10b	1,28 ± 0,011b	0,86 ± 0,030b
Güneş-U	5,4 ± 0,23a	118,2 ± 2,47b	1,30 ± 0,006b	0,86 ± 0,019b

^aOrtalama ± standart sapma; n=3.

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

Kavuzlu tam karabuğday unları ve kavuzsuz tam karabuğday unlarının fonksiyonel özelliklerinden su tutma kapasitesi (STK) ve yağ absorplama kapasitesi (YAK) değerleri **Çizelge 4.7**'de gösterilmiştir. Buna göre, kavuzlu tam karabuğday unlarının STK değerleri kavuzsuz tam karabuğday unlarına kıyasla daha yüksek bulunmuştur ($P<0,05$). Araştırmada, Güneş-TK ve Aktaş-TK karabuğday unlarında STK değerleri sırasıyla 1,72 ve 1,70 g su/g un ($P>0,05$) olarak bulunurken, Güneş-U ve Aktaş-U karabuğday unlarında STK değerleri sırasıyla 1,30 ve 1,28 g su/g un ($P>0,05$) olarak belirlenmiştir. Yağ absorplama kapasitesi değerleri incelendiğinde,

Aktaş-TK ve Güneş-TK örneklerinde sırasıyla 1,05 ve 1,17 g sıvı yağ/g un ($P>0,05$) olarak bulunurken, Aktaş-U ve Güneş-U örneklerinin her ikisinde de 0,86 g sıvı yağ/g un olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak kavuzlu tam karabuğday unlarının SÇM (suda çözünen madde), SBK (su bağlama kapasitesi), STK (su tutma kapasitesi) ve YAK (yağ absorplama kapasitesi) değerleri kavuzsuz tam karabuğday unlarından daha yüksektir.

Suda çözünen madde ve su bağlama kapasitesi değerleri karabuğday unlarında bulunan besinsel lif ve nişasta özellikleri ile ilgilidir. Kavuzlu tam karabuğday unlarında kavuzdan kaynaklı besinsel lif miktarının yüksek oluşu su bağlama kapasitesini artırmıştır. Fakat nişasta granüllerinin parçalanmasından kaynaklı suda çözünen madde miktarında bir miktar artış gözlenmiştir. Kavuzsuz tam karabuğday unlarının fonksiyonel özelliklerinden su tutma kapasitesi ve yağ absorplama kapasitesi, tahıl/pseudo-tahıl unlarının çok önemli fonksiyonel özelliklerdendir. Her iki fonksiyonel özellik de unların su ve sıvı yağ ile birleşme kabiliyeti ile ilgili bilgiler vermektedir. Yüksek su tutma kapasitesinin viskozitelerini artırdığı ve oldukça kıvamlı bir yapı kazandırdığı ifade edilmiştir. Bu fonksiyonel özelliklerin daha çok karabuğday unlarında bulunan proteinler ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Proteinlerin su tutma ve yağ absorplama kapasitesi, proteinin yapısında bulunan hidrofilik ve hidrofobik grupların sayısına bağlıdır. Yağ absorplama kapasitesi ise özellikle proteindeki hidrofobik karakterdeki aminoasit sayısı ile doğrudan ilgili olup, hidrofobiklik arttıkça yağ absorplama kapasitesinin de arttığı bildirilmiştir (Zayas, 1997). Baljeet vd. (2010) yaptıkları bir çalışmada, kavuzsuz karabuğday ununun su tutma ve yağ absorplama kapasitelerini sırasıyla 1,34 g H₂O/g un ve 1,81 g sıvı yağ/g un olarak bulmuşlardır. Kumari ve Raghuvanshi (2015), iki farklı karabuğday çeşidinin fizikokimyasal ve fonksiyonel özellikleri üzerine yaptıkları bir araştırmada, su tutma kapasitelerini 1,39 ve 1,60 mL/g ve yağ absorplama kapasitelerini ise 0,99 ve 1,24 mL/g olarak belirlemişlerdir. Literatürde bulunan sonuçlar ile bu araştırmada saptanan sonuçlar arasında benzerlikler bulunmaktadır.

4.5 Karabuğday Unlarının ve Islak Öğütme İşleminde Elde Edilen Nişasta Fraksiyonlarının Bazı Fiziksel Özellikleri

4.5.1 Renk Özellikleri

Kavuzlu karabuğday taneleri, kavuzlu tam karabuğday unları ve kavuzsuz tam karabuğday unları ve ıslak öğütme işleminden elde edilen nişasta fraksiyonlarının renk özellikleri **Çizelge 4.8**'te gösterilmiştir. Buna göre, L^* parlaklık değerleri incelendiğinde, Aktaş cv. karabuğday tanelerinde (46,7) Güneş cv. karabuğday tanelerine (42,1) kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Her iki karabuğday tanesinin L^* parlaklık değerleri diğer örnekler göre en düşüktür fakat aralarındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0,05$). Aktaş-TK ve Güneş-TK'de bulunan L^* parlaklık değerleri birbirine benzer ($P>0,05$) fakat diğer örnekler ile aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Aynı şekilde Aktaş-U ve Güneş-U unlarında bulunan L^* değerleri birbirine benzer bulunmakla beraber diğer örnekler ile aralarındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0,05$). Bu sonuçlara göre kavuzlu tam karabuğday unlarının L^* parlaklık değeri kavuzsuz tam karabuğday unlarından daha düşüktür ($P<0,05$). Nişasta örnekleri incelendiğinde, Aktaş-N nişastasının L^* parlaklık değeri (98,4) Güneş-N nişasta örneğinin L^* parlaklık değerinden (93,0) daha yüksektir ($P<0,05$). Görüldüğü gibi ıslak öğütme işlemi ile elde edilen nişasta fraksiyonlarının L^* parlaklık değerleri diğer örnekler göre daha yüksek tespit edilmiştir (**Çizelge 4.8**).

Çizelge 4.8. Karabuğday taneleri, kavuzlu tam karabuğday unları ve kavuzsuz tam karabuğday unları ve ıslak öğütme işleminden elde edilen nişasta fraksiyonlarının renk özellikleri

Renk Özellikleri ^{a*}				
Karabuğday Örneği	L^*	a^*	b^*	$B\bar{I}$
Aktaş cv.	46,7 ± 0,03e	2,4 ± 0,08b	10,04 ± 0,03b	45,7 ± 0,03e
Güneş cv.	42,1 ± 0,02f	4,2 ± 0,02a	11,6 ± 0,01a	40,8 ± 0,02f
Aktaş-TK	73,4 ± 0,30d	0,9 ± 0,02d	8,0 ± 0,03c	72,2 ± 0,31d
Güneş-TK	73,6 ± 0,20d	0,9 ± 0,04cd	7,7 ± 0,12c	72,4 ± 0,20d
Aktaş-U	78,6 ± 0,05c	1,0 ± 0,03cd	7,7 ± 0,10c	77,2 ± 0,04c
Güneş-U	78,4 ± 0,18c	1,0 ± 0,01c	7,7 ± 0,03c	77,1 ± 0,16c
Aktaş-N	98,4 ± 0,27a	0,1 ± 0,02f	2,3 ± 0,10e	97,2 ± 0,21a
Güneş-N	93,0 ± 4,07b	0,3 ± 0,28e	4,7 ± 2,05d	91,5 ± 4,46b

^a L^* , parlaklık/koyuluk; a^* , kırmızılık (+) /yeşillik (-); b^* , sarılık (+) /mavilik (-); $B\bar{I}$, beyazlık indeksi. Ortalama ± standart sapma; n=3. *Aynı kolon içinde farklı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır ($P<0,05$).

Karabuğday örneklerinin a^* kırmızılık değerleri incelendiğinde, karabuğday tanelerinin en yüksek a^* kırmızılık değerlerine sahip olduğu görülmüştür, fakat *Güneş cv.* çeşidinin a^* kırmızılık değeri *Aktaş cv.* çeşidinden daha yüksek bulunmuştur ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0,05$). Araştırmada, kavuzlu tam karabuğday ve kavuzsuz tam karabuğday unlarının a^* kırmızılık değerleri birbirine yakın ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$). Islak öğütme işleminden elde edilen nişasta fraksiyonlarının a^* kırmızılık değerleri beklenildiği gibi en düşük bulunmakla beraber istatistiksel olarak aralarındaki fark önemsiz ($P>0,05$) ve diğer örnekler ile aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$; **Çizelge 4.8**).

Karabuğday örneklerinin b^* sarılık değerleri incelendiğinde, *Aktaş cv.* (10,04) ve *Güneş cv.* (11,6) karabuğday tanelerinde b^* sarılık değeri en yüksek bulunurken, diğer örnekler ve kendi aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Araştırmada, kavuzlu tam karabuğday ve kavuzsuz tam karabuğday unlarının b^* sarılık değerleri birbirine yakın ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$). Nişasta örneklerinin b^* sarılık değerleri incelendiğinde, beklenildiği gibi en düşük değerler bulunmuştur, nitekim *Aktaş-N* nişasta örneğinin b^* sarılık değeri (2,3) ve *Güneş-N* nişasta örneğinden (4,7) düşük bulunmuştur ($P<0,05$), ayrıca diğer örnekler ile aralarındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0,05$; **Çizelge 4.8**).

Beyazlık indeksi ($B\acute{I}$) değerleri incelendiğinde, beklenildiği gibi en yüksek $B\acute{I}$ değerleri ıslak öğütme işleminden elde edilen nişasta fraksiyonlarında saptanmıştır. Nitekim *Aktaş-N* nişastasının $B\acute{I}$ değeri (97,2) aynı L^* parlaklık değerinde olduğu gibi *Güneş-N* nişastasının $B\acute{I}$ değerinden (91,5) daha yüksektir ve nişasta bileşenlerinde $B\acute{I}$ değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Her iki çeşitten hazırlanan kavuzlu ve kavuzsuz tam karabuğday unlarının $B\acute{I}$ değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunurken ($P<0,05$), aynı tip karabuğday unlarının $B\acute{I}$ değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$). En düşük $B\acute{I}$ değerleri *Aktaş cv.* (45,7) ve *Güneş cv.* (40,8) karabuğday çeşitlerinin tanelerinde tespit edilmiştir ($P<0,05$; **Çizelge 4.8**).

Wronkowska ve Haros (2014) ticari Polonya orjinli kavuzlu ve kavuzsuz yaygın karabuğdaylara ıslak öğütme işlemi uygulamışlardır. Kavuzsuz karabuğday ve kavuzlu karabuğdaydan ayrılan saf nişasta bileşenlerinin beyazlık indeksleri sırasıyla %94,10 ve %93,28 olarak bulunmuştur ($P<0,05$). Bu araştırmada bulunan

sonuçlar ile kıyaslandığında, Aktaş-N'nin beyazlık indeksinin daha yüksek, Güneş-N nişasta örneğinin ise daha düşük olduğu görülmüştür.

4.6 Karabuğday Unlarının ve Islak Öğütme İşleminde Elde Edilen Nişasta Fraksiyonlarının Termal Özellikleri

Kavuzlu karabuğdayların ıslak öğütme işleminden elde edilen nişasta fraksiyonlarının ve kavuzsuz tam karabuğday unlarının DSC özellikleri **Çizelge 4.9**'da gösterilmiştir. Bu çalışmada, nişasta özelliklerinin tam anlaşılabilmesi ve kavuzdan kaynaklı ölçüm hatalarını önlemek için kavuzsuz tam karabuğday unlarının (Aktaş-U ve Güneş-U) DSC özellikleri ile karşılaştırılmıştır.

Çizelge 4.9. Kavuzlu karabuğdayların ıslak öğütme işleminden elde edilen nişasta fraksiyonlarının ve kavuzsuz tam karabuğday unlarının termal (DSC) özellikleri

Parametre ^a	Birimler	Aktaş-N ^b	Güneş- N ^b	Aktaş-U ^c	Güneş-U ^c
T_o	°C	60,7 ± 0,75b	62,1 ± 1,43a	63,1 ± 0,43a	63,8 ± 0,31a
T_p	°C	66,5 ± 0,66c	68,2 ± 0,60b	69,5 ± 0,24a	70,4 ± 0,14a
T_c	°C	73,8 ± 0,68b	76,1 ± 0,56a	76,4 ± 0,18a	77,4 ± 0,32a
ΔH	J/g	11,2 ± 0,50a	10,5 ± 1,03ab	9,5 ± 0,24bc	9,0 ± 0,14c
PHI		1,9	1,7	1,5	1,4

^a T_o , başlangıç sıcaklığı; T_p , pik sıcaklığı; T_c , sonlanma sıcaklığı; ΔH , jelatinizasyon entalpisi; PHI, jelatinizasyon indeksi.

^bOrtalama ± standart sapma; n=12.

^cOrtalama ± standart sapma; n=3.

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

Buna göre, nişasta bileşenlerinin ve kavuzsuz tam karabuğday unlarının jelatinizasyon başlangıç sıcaklıkları (T_o) 60,7-63,8 °C arasında değişmiştir. Jelatinizasyon pik (T_p) ve jelatinizasyon sonlanma (T_c) sıcaklıkları ise sırasıyla 66,5-70,4°C ve 73,8-77,4°C aralıklarında değişmiştir. En yüksek ve en düşük jelatinizasyon entalpisi (ΔH) sırasıyla Aktaş-N (11,2 J/g) ve Güneş-U (9,0 J/g) örneklerinde tespit edilmiştir. Nişasta fraksiyonlarının jelatinizasyon indeksi ile kavuzsuz tam karabuğday unlarının jelatinizasyon indeksi değerleri birbirine yakın bulunmuştur. Araştırmada, Aktaş-N'nin T_o (60,7°C) ve T_c (73,8°C) değerleri kavuzsuz tam karabuğday ununun T_o (63,1°C) ve T_c (76,4°C) değerlerinden düşük bulunmuştur ($P<0,05$). Her iki nişasta örneğinin T_p değerleri de kavuzsuz tam

karabuğday unlarına göre azalmıştır ($P<0,05$). Ayrıca, her iki nişasta bileşeninin jelatinizasyon entalpisi (ΔH) kavuzsuz tam karabuğday unlarının entalpisine göre önemli düzeyde artmıştır ($P<0,05$). Özetlenecek olursa, karabuğdayların ıslak öğütme işleminden elde edilen nişasta fraksiyonlarının T_o , T_p , ve T_c değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunurken ($P<0,05$); kavuzsuz tam karabuğday unlarının aynı DSC değerleri ve bununla birlikte ΔH değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$).

Qian vd. (1998) karabuğday nişastasını üzerinde yaptıkları bir araştırmada DSC özelliklerinden T_o , T_p , T_c ve ΔH değerlerini sırasıyla, 61,1°C, 68,4°C, 80,8°C ve 9,1-10 J/g olarak belirlemişlerdir. Lu ve Baik (2015) ise yaptıkları bir çalışmada, karabuğday nişastasının DSC özelliklerinden T_o , T_p , T_c ve ΔH değerlerini sırasıyla, 58,6-60,2°C, 61,5-64,3°C, 70-73°C ve 14-15,3 J/g aralıklarında tespit etmişlerdir. Wronkowska ve Haros (2014) ise kavuzlu ve kavuzsuz karabuğdaylara ıslak öğütme işlemi uygulayarak nişasta izolasyonunu gerçekleştirmişlerdir. Bu araştırmaya göre kavuzsuz karabuğday nişastasının DSC özelliklerinden T_o , T_p , T_c ve ΔH değerlerini sırasıyla, 68,6°C, 75,4°C, 84,5°C ve 14,9 J/g olarak bulmuşlardır. Kavuzlu karabuğday nişastasının DSC özelliklerinden T_o , T_p , T_c ve ΔH değerlerini ise sırasıyla 66,4°C, 72,4°C, 80,1°C ve 15,1 J/g olarak belirlemişlerdir. Karabuğday ununun T_o , T_p , T_c ve ΔH DSC özelliklerini ise sırasıyla 67,9, 74,2, 80,7 ve 12,6 J/g olarak saptamışlardır. Bu araştırmaya göre karabuğday unlarının ve ıslak öğütme işleminden elde edilen nişasta fraksiyonlarının T_o , T_p , T_c ve ΔH değerleri daha düşük bulunmuştur. Zheng vd. (1998) kavuzsuz karabuğdaylardan ıslak öğütme ile izole edilen nişastaların jelatinizasyon sıcaklığının 63-81°C arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Perez vd. (2003) ve Haros vd. (2004) yüksek protein kontaminasyonu ve zedelenmiş nişasta miktarının jelatinizasyon entalpisini yükseltebileceğini vurgulamışlardır. Bunu da, nişastanın jelatinizasyonda ihtiyacı olan suyun kontamine proteinler tarafından kullanıldığı ve suyun nişasta granüllerine girişini engellediği şeklinde açıklamışlardır. Wronkowska ve Haros (2014), ayrıca, farklı karabuğday çeşitlerinin farklı jelatinizasyon pik sıcaklığına (T_p) sahip olabileceğini söylemiştir.

Islak öğütme işlemi ile izole edilen karabuğday nişastalarının +4°C'de 15 günlük depolanma süresince retrogradasyon özellikleri DSC cihazında incelenmiş ve sonuçlar **Çizelge 4.10**'da gösterilmiştir. Buna göre, başlangıç sıcaklığı değerleri Aktaş-N ve Güneş-N nişastaları için sırasıyla 39,4-37,3°C ve 38,5-37,5°C aralıklarında değişmiştir. Aktaş-N ve Güneş-N nişastaları pik sıcaklıkları sırasıyla 48,1-48,5°C ve 45,4-48,9°C aralıklarında; sonlanma sıcaklıkları ise sırasıyla 58,4-

60,5°C ve 58,6-61,0°C aralıklarında değişmiştir. Aktaş-N ve Güneş-N nişastalarının retrogradasyon entalpileri sırasıyla 1,0-5,6 J/g ve 1,0-5,2 J/g aralıklarında değişirken, depolama süresince yükselmiştir. Retrogradasyon entalpisi değerleri Aktaş-N ve Güneş-N nişastaları için depolama süresince birbirine yakın bulunmuştur. Aktaş-N ve Güneş-N nişastalarının retrogradasyon indeksi değerleri incelendiğinde, sırasıyla 9,4-50,3 ve 97,7-56,6 aralıklarında değişirken, depolama süresince artış göstermiştir. Karabuğday nişastalarının +4°C'de 15 günlük depolanma süresince retrogradasyon parametrelerinden T_o , T_p , T_c değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunurken ($P>0,05$); her iki karabuğday nişastasının retrogradasyon entalpisi (ΔH) değerleri depolama süresince artış göstermiş fakat ölçülen aynı gün değerleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar gözlenmemiştir. Araştırmada, Güneş-N fraksiyonunun retrogradasyon indeksi (R_I) değerleri depolama süresince Aktaş-N fraksiyonundan daha yüksek seyretmiştir.

Bu araştırmada, nişastanın retrogradasyon davranışına ıslatma koşullarının etkisi incelenmeye çalışılmıştır. Karabuğday nişastalarının retrogradasyonu, sıcaklık geçişleri ve retrogradasyon entalpisi ile ölçülmektedir (Haros vd., 2004). Aynı yazarlar, azalan retrogradasyon entalpisinin, retrogradasyon indeksindeki azalmaya bakarak da anlaşılabilirliğini belirtmişlerdir. Ayrıca, retrogradasyon entalpisindeki azalmaya, laktik asitin nişasta üzerinde yapmış olduğu hidroliz ve amilopektin molekülünün ortalama molekül ağırlığında meydana gelen azalmanın da sebep olabileceği ifade edilmiştir. Böylece amilopektinin tekrar kristalizasyonunda daha az enerji harcanmış olacaktır. Bununla birlikte, zedelenmiş nişasta miktarı ve nişasta granülünün boyutundaki azalmanın da retrogradasyon entalpisinin azalmasına katkı sağlayacağı bildirilmiştir (Haros vd., 2004).

Zhu (2016) karabuğday nişastasının yapısı, özellikleri ve uygulamaları ile ilgili yaptığı araştırmada, karabuğday nişastaları 21°C'de 6 gün bekletilmiştir. Aynı çalışmada, 6 farklı karabuğday nişastası üzerinde depolamanın etkisi DSC ile belirlenmiştir. Retrogradasyon parametrelerinden başlangıç sıcaklığı (T_o) 39,3-41,5°C, pik sıcaklıkları (T_p) 49,2-51,2°C, sonlanma sıcaklıkları (T_p) 59,2-60,9°C ve retrogradasyon entalpilerinin (ΔH) 4,6-5,6 J/g arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Bu araştırma ile sonuçlarımız kıyaslandığında depolama süreleri için bulunan değerlerin benzer olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.10. Islak öğütme işlemi ile izole edilen karabuğday nişastalarının +4°C'de 15 günlük depolanma süresince retrogradasyon özellikleri

Karabuğday	Depolanma Süresi (gün)	Parametre ^a				
		<i>To</i> [*] (°C)	<i>Tp</i> [*] (°C)	<i>Tc</i> [*] (°C)	ΔH [*] (J/g)	<i>RI</i> [*]
Aktaş-N	1	39,4 ± 0,6a	48,1 ± 0,4a	58,4 ± 0,2a	1,0 ± 0,1d	9,4
	2	40,8 ± 0,6a	48,0 ± 0,2a	59,8 ± 0,6a	1,2 ± 0,3d	10,3
	3	40,1 ± 0,8a	48,7 ± 0,5a	61,2 ± 0,8a	1,9 ± 0,1c	17,0
	4	37,6 ± 1,3a	46,9 ± 1,2a	60,0 ± 0,5a	3,5 ± 1,0b	29,8
	7	38,2 ± 0,4a	47,9 ± 1,0a	61,0 ± 0,3a	4,0 ± 0,8b	34,4
	15	37,3 ± 1,3a	48,5 ± 0,7a	60,5 ± 0,6a	5,6 ± 0,5a	50,3
Güneş-N	1	38,5 ± 0,7a	45,4 ± 0,6b	58,6 ± 0,6a	1,0 ± 0,2d	9,7
	2	40,6 ± 2,0a	48,9 ± 0,5a	60,3 ± 0,2a	1,2 ± 0,1d	11,4
	3	39,4 ± 1,4a	48,6 ± 0,8a	61,8 ± 0,2a	2,1 ± 0,3c	19,5
	4	38,0 ± 1,1a	47,8 ± 0,0a	61,0 ± 1,5a	3,7 ± 0,0b	32,4
	7	38,0 ± 0,2a	47,6 ± 1,1a	61,4 ± 0,2a	3,8 ± 0,9b	37,5
	15	37,5 ± 0,2a	48,9 ± 0,2a	61,0 ± 0,0a	5,2 ± 0,3a	56,6

^a*To*, başlangıç sıcaklığı; *Tp*, pik sıcaklığı; *Tc*, sonlanma sıcaklığı; ΔH , retrogradasyon entalpisi; *RI*, retrogradasyon indeksi = $(\Delta H_{retrogradatior} / \Delta H_{gelatinization}) \times 100$.
Ortalama ± standart sapma; n=3.

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

4.7 Karabuğday Unlarının ve Islak Öğütme İşleminde Elde Edilen Nişasta Fraksiyonlarının Çirışlenme Özellikleri

Kavuzlu tam karabuğday unları, kavuzsuz tam karabuğday unları ve karabuğdayların ıslak öğütme işleminde elde edilen nişasta fraksiyonlarının çirışlenme-viskozite (Pa·s) özellikleri **Çizelge 4.11**'de gösterilmiştir. Buna göre, kavuzsuz tam karabuğday unlarının (Aktaş-U ve Güneş-U) çirışlenme sıcaklıkları diğer örneklerle göre en yüksektir ve kavuzlu tam karabuğday unlarının (Aktaş-TK ve Güneş-TK) çirışlenme sıcaklıkları ile aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunurken ($P<0,05$), nişasta fraksiyonlarının (Aktaş-N ve Güneş-N) çirışlenme sıcaklıkları ile aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir ($P>0,05$). Karabuğday çeşitlerinden öğütülen her iki tip unun pik zamanı değerleri birbirine benzer bulunurken ($P>0,05$), her iki karabuğdaydan ıslak öğütme ile elde edilen nişasta fraksiyonlarının pik zamanı en düşüktür ve diğer örneklerin pik zamanları ile aralarındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0,05$). Pik viskozite değerleri incelendiğinde, nişasta fraksiyonlarının pik viskozite değerleri (2,3 Pa·s), karabuğday unlarının değerlerine göre daha yüksek bulunmuştur ($P<0,05$). Kavuzlu tam karabuğday unlarının (Aktaş-TK ve Güneş-TK) pik viskozite değerleri (sırasıyla 1,8 ve 2,0 Pa·s), kavuzsuz tam karabuğday unlarının pik viskozite değerlerinden (1,0 Pa·s) daha yüksektir ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0,05$). Sıcak çirış viskozitesi değerleri incelendiğinde, nişasta fraksiyonlarının sıcak çirış viskozitesi değerleri (2,2 Pa·s), karabuğday unlarının değerlerine göre daha yüksek bulunmuştur ($P<0,05$). Kavuzlu tam karabuğday unlarının (Aktaş-TK ve Güneş-TK) sıcak çirış viskozite değerleri (sırasıyla 1,7 ve 1,9 Pa·s) ise kavuzsuz tam karabuğday unlarının sıcak çirış viskozite değerlerinden (sırasıyla 1,0 ve 0,9 Pa·s) daha yüksektir ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0,05$). Nişasta fraksiyonlarının ve tüm karabuğday unlarının kırılma viskozitesi değerleri birbirine benzer bulunmuştur ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir ($P>0,05$). Son viskozite değerleri incelendiğinde, en yüksek son viskozite değerine Güneş-TK unu (3,7 Pa·s) sahip olmuştur fakat kavuzlu tam karabuğday unları (Aktaş-TK ve Güneş-TK) ve nişasta fraksiyonlarının son viskozite değerleri birbirine yakındır ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir ($P>0,05$). En düşük son viskozite değeri ise Güneş-U ununda (1,7 Pa·s) gözlenmiştir ve kavuzsuz tam karabuğday unlarının son viskozite değerleri diğer örneklerle göre en düşük olmakla birlikte diğer örnekler ile aralarındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0,05$).

Çizelge 4.11. Tam kavuzlu karabuğday unları, kavuzsuz tam karabuğday unları ve karabuğdayların ıslak öğütme işleminde elde edilen nişasta fraksiyonlarının çirilenme özellikleri

Parametre*	Karabuğday Örneği					
	Aktaş-TK	Güneş-TK	Aktaş-U	Güneş-U	Aktaş-N	Güneş-N
Çirilenme Sıcaklığı (°C)	73,8 ± 0,46c	73,9 ± 0,60c	86,5 ± 2,12ab	88,3 ± 0,56a	83,7 ± 2,12b	85,7 ± 3,50ab
Pik Zamanı (dak)	7,0 ± 0,00a	6,9 ± 0,14a	7,0 ± 0,00a	7,0 ± 0,00a	6,4 ± 0,21b	6,3 ± 0,40b
Pik Viskozite (Pa·s)	1,8 ± 0,05c	2,0 ± 0,14b	1,0 ± 0,00d	1,0 ± 0,00d	2,3 ± 0,06a	2,3 ± 0,14a
Sıcak Çiriş Viskozitesi (Pa·s)	1,7 ± 0,03c	1,9 ± 0,07b	1,0 ± 0,00d	0,9 ± 0,01d	2,2 ± 0,02a	2,2 ± 0,18a
Kırılma Viskozitesi (Pa·s)	0,1 ± 0,03a	0,1 ± 0,07a	0,1 ± 0,00a	0,1 ± 0,02a	0,1 ± 0,05a	0,1 ± 0,06a
Son Viskozite (Pa·s)	3,2 ± 0,20b	3,7 ± 0,25a	1,8 ± 0,02c	1,7 ± 0,00c	3,5 ± 0,11ab	3,4 ± 0,15b
Katılma Viskozitesi (Pa·s)	1,5 ± 0,16b	1,8 ± 0,18a	0,9 ± 0,02d	0,8 ± 0,01d	1,3 ± 0,09c	1,2 ± 0,03c

Ortalama ± standart sapma; n=3.

*Aynı satır içinde farklı harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark vardır (P<0,05).

En yüksek ve en düşük katılma viskozitesi değerleri sırasıyla Güneş-TK (1,8 Pa·s) ve Güneş-U (0,8 Pa·s) unlarında gözlenmiştir ($P<0,05$). Kavuzlu tam karabuğday unlarının katılma viskozitesi değerleri nişasta fraksiyonlarının katılma viskozitesinden daha yüksek olmakla birlikte aralarındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0,05$). Kavuzsuz tam karabuğday unlarının (Aktaş-U ve Güneş-U) katılma viskozitesi değerleri ise diğer örneklere göre en düşük bulunmuştur ($P<0,05$; **Çizelge 4.11**).

Kavuzlu tam karabuğday unları, kavuzsuz tam karabuğday unları ve ıslak öğütme işleminden elde edilen nişasta fraksiyonlarının çirilenme-viskozite özellikleri kendi içlerinde de karşılaştırılmıştır. Buna göre, Güneş-TK ununun pik viskozite, sıcak çirish viskozitesi, son viskozite ve katılma viskozitesi değerleri Aktaş-TK unundan daha yüksek bulunmuştur ve her iki unun değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0,05$). Diğer taraftan her iki unun çirilenme sıcaklığı, pik zamanı ve kırılma viskozitesi değerleri birbirine yakın bulunmuştur ($P>0,05$). Aktaş-U ve Güneş-U unlarının çirilenme sıcaklığı, pik zamanı, pik viskozite, sıcak çirish viskozitesi, kırılma viskozitesi, son viskozite ve katılma viskozitesi değerleri birbirine oldukça yakın bulunmuştur ($P>0,05$). Güneş-U ununun çirilenme sıcaklığı (88,3°C), Aktaş-U ununun çirilenme sıcaklığından (86,5°C) yüksek olmasına rağmen istatistiksel olarak aralarındaki fark önemli bulunmamıştır ($P>0,05$). Aktaş-N ve Güneş-N nişastalarının çirilenme sıcaklığı, pik zamanı, pik viskozite, sıcak çirish viskozitesi, kırılma viskozitesi, son viskozite ve katılma viskozitesi değerleri birbirine oldukça yakın bulunmuştur ($P>0,05$). Aynı şekilde, Güneş-N nişastasının çirilenme sıcaklığı (85,7°C), Aktaş-N nişastasının çirilenme sıcaklığından (83,7°C) yüksek olmasına rağmen istatistiksel olarak aralarındaki fark önemli bulunmamıştır ($P>0,05$; **Çizelge 4.11**).

Qian vd. (1998)'nin yaptıkları bir çalışmada, karabuğday nişastasının çirilenme-viskozite özelliklerinden pik viskozite, kırılma viskozitesi ve son viskozite değerlerini sırasıyla 1,8 Pa·s (1776 cP), 0,6 Pa·s (576 cP) ve 3,2 Pa·s (3168 cP) bulmuşlardır. Yoshimoto vd. (2004) 8 farklı karabuğday nişastasının çirilenme özelliklerini çalışmışlardır. Buna göre, pik viskozite, kırılma viskozitesi, katılma viskozitesi ve çirilenme sıcaklıklarını sırasıyla 2,7-3,1 Pa·s (2712-3132 cP), 0,4-1,2 Pa·s (444-1176 cP), 2,2-2,7 Pa·s (2172-2712 cP) ve 68,6-71,0°C aralıklarında tespit etmişlerdir. Wronkowska ve Haros (2014) kavuzlu ve kavuzsuz karabuğdaylar üzerinde ıslak öğütme işlemi uygulayarak izole ettikleri nişasta fraksiyonlarında çirilenme-viskozite özelliklerini incelemişlerdir. Buna göre, kavuzsuz tam

karabuğday ununun pik viskozite, sıcak çirş ve kırılma viskozitesi, son viskozite ve katılşma viskozitesi değerlerini sırasıyla 1,5 Pa·s (1531 cP), 1,4 Pa·s (1431 cP), 0,1 Pa·s (100 cP), 2,9 Pa·s (2919 cP) ve 1,5 Pa·s (1489 cP) olarak bulmuşlardır. Çirşlenme sıcaklığı ve pik zamanı ise sırasıyla, 61,9°C ve 7 dakika olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmada Aktaş-U ve Güneş-U örneklerinin pik viskozite, son viskozite, katılşma ve sıcak çirş viskozitesi belirgin derecede düşük bulunmuştur. Kırılma viskoziteleri ve pik zamanları ise benzer bulunmuştur. Çirşlenme sıcaklıkları ise bu çalışmaya kıyasla daha düşük belirlenmiştir. Kavuzlu tam karabuğdayın ıslak öğütülmesinden elde edilen saf nişastasının pik viskozite, sıcak çirş viskozitesi, kırılma viskozitesi, son viskozite ve katılşma viskozitesi değerlerini sırasıyla 1,7 Pa·s (1686 cP), 1,6 Pa·s (1551 cP), 0,1 Pa·s (134 cP), 2,4 Pa·s (2349 cP) ve 0,8 Pa·s (797 cP) olarak bulmuşlardır. Çirşlenme sıcaklığı ve pik zamanı ise sırasıyla, 62,0°C ve 5,2 dakika olarak belirlenmiştir (Wronkowska ve Haros, 2014). Bulunan sonuçlar ile Aktaş-N ve Güneş-N nişastalarının sonuçları kıyaslandığında, pik ve son viskozite, sıcak çirş viskozitesi, kırılma viskozitesi ve katılşma viskoziteleri bu araştırmada belirgin derecede yüksek bulunmuştur. Çirşlenme sıcaklıkları da bu çalışmada yüksek bulunurken, pik zamanları ise bu çalışma ile benzer bulunmuştur. Bu araştırmada örneklerin çirşlenme sıcaklıklarının yüksek bulunmasının sebebi karabuğday nişastalarının diğer nişastalara göre amiloz içeriğinin yüksek olması ve nişastalarının yüksek şişme gücü ve jelleşme eğilimi ile açıklanabilir (Qian vd., 1998; Yoshimoto vd., 2004; Yu vd., 2018b).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

- i. *Aktaş cv. ve Güneş cv. karabuğdaylarında kavuz fraksiyonunun verimi sırasıyla %16,3 ve %15,9 olarak bulunurken, ruşeym+besinsel lif fraksiyonu verimi sırasıyla %3,9 ve %4,8 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.1).*
- ii. *Aktaş cv. ve Güneş cv. karabuğdaylarının toplam protein fraksiyonu verimi sırasıyla %3,6 ve %3,2 olarak saptanmıştır. Aktaş cv. ve Güneş cv. karabuğday çeşitlerinin toplam nişasta fraksiyonu verimi sırasıyla %51,6 ve %49,7 bulunmuştur (Çizelge 4.1).*
- iii. *Aktaş cv. ve Güneş cv. karabuğdaylarının ıslatma suyundaki toplam katı madde fraksiyonu verimi (sırasıyla %12,3 ve %12,6) ve yıkama suyundaki toplam katı madde fraksiyonu verimleri (sırasıyla %10,4 ve %9,9) birbirlerine yakın tespit edilmiştir (Çizelge 4.1).*
- iv. *Aktaş cv. ve Güneş cv. karabuğday çeşitleri için toplam geri kazanım ise sırasıyla %98,1 ve %96,1 olarak gözlenmiştir (Çizelge 4.1).*
- v. *Aktaş-TK ve Güneş-TK unlarının kuru madde üzerinden protein değerleri sırasıyla %13,5 ve %13,4 olarak birbirine yakın bulunmuş olmakla birlikte en yüksektir. Aktaş-U (%9,1) ununun kuru madde üzerinden protein değeri ise Güneş-U (%8,7) ununa kıyasla biraz daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.2).*
- vi. *Aktaş-TK, Güneş-TK, Aktaş-U ve Güneş-U örneklerinin kuru madde üzerinden kül değerleri sırasıyla %2,0, %1,9, %1,2 ve %1,0 olarak bulunmuştur. Görüldüğü kavuzlu karabuğday unlarının kül değerleri daha yüksektir (Çizelge 4.2).*
- vii. *Aktaş-TK, Güneş-TK, Aktaş-U ve Güneş-U unlarının kuru madde üzerinden ham yağ miktarları sırasıyla %3,2, %2,9, %1,5 ve %1,9 olarak bulunmuştur. Buna göre kavuzlu karabuğday unlarının ham yağ miktarı daha yüksek olmakla birlikte en yüksek ham yağ miktarı kavuzlu Aktaş-TK örneğinde saptanmıştır (Çizelge 4.2).*
- viii. *Araştırmada, Aktaş-TK (%54,1) ununun Güneş-TK (%50,3) ununa ve Aktaş-U (%81,1) ununun Güneş-U (%76,0) ununa kıyasla kuru madde üzerinden toplam nişasta miktarı daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.2).*
- ix. *Aktaş-TK, Güneş-TK, Aktaş-U ve Güneş-U unlarının kuru madde üzerinden çözünemeyen besinsel lif miktarları sırasıyla %29,7, %28,2, %4,9 ve %4,9 olarak belirlenirken, çözünür besinsel lif miktarları sırasıyla %4,0, %4,5, %3,7 ve %4,0 olarak tespit edilmiştir. Tam kavuzlu karabuğday unlarında*

beklenildiği gibi çözünemeyen besinsel lif miktarları daha yüksektir (Çizelge 4.2).

- x. Toplam besinsel lif miktarları incelendiğinde, Aktaş-TK ve Güneş-TK unlarında kuru madde üzerinden sırasıyla %33,8 ve %32,7 olarak bulunurken, Aktaş-U ve Güneş-U örneklerin sırasıyla %8,6 ve %8,8 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.2).
- xi. Dimetilsülfoksit (DMSO) ekstraksiyonu ile belirlenen toplam fenolik madde (TFM) miktarı sonuçlarına göre en yüksek değerler ruşeym+besinsel lif fraksiyonlarında tespit edilmiştir, buna göre Aktaş-RL ve Güneş-RL fraksiyonlarındaki TFM miktarları sırasıyla 12,4 ve 10,8 mg ferulik asit/g'dır ($P<0,05$), görüldüğü gibi Aktaş-RL fraksiyonundaki TFM miktarı tüm örnekler içerisinde en yüksektir ($P<0,05$; Çizelge 4.4).
- xii. Kavuzlu karabuğdaydan ıslak öğütme ile elde edilen Aktaş-P ve Güneş-P protein fraksiyonlarının DMSO ekstraksiyonu ile belirlenen TFM miktarları sırasıyla 8,2 ve 7,2 mg ferulik asit/g'dır ($P<0,05$; Çizelge 4.4).
- xiii. Aktaş-TK ve Güneş-TK unlarının DMSO ekstraksiyonu ile belirlenen TFM miktarları sırasıyla 5,4 ve 5,2 mg ferulik asit/g olarak bulunurken ($P>0,05$), Aktaş-U ve Güneş-U unlarında tespit edilen TFM miktarları sırasıyla 4,7 ve 4,8 mg ferulik asit/g'dır ($P>0,05$). Kavuzlu tam karabuğday unlarının DMSO ekstraksiyonu ile belirlenen TFM miktarı kavuzsuz tam karabuğday unlarına göre daha yüksektir ($P<0,05$; Çizelge 4.4).
- xiv. DMSO ekstraksiyonu ile belirlenen en düşük TFM miktarları nişasta fraksiyonlarında 2,4 mg ferulik asit/g olarak belirlenmiştir ($P>0,05$; Çizelge 4.4).
- xv. Genellikle, DMSO ekstraksiyon çözeltisi ile Aktaş karabuğday çeşidinin kavuzlu tam unu ve ıslak öğütmesinden elde edilen kavuzu, proteini ve ruşeym+besinsel lif fraksiyonlarının TFM miktarları Güneş çeşidinin aynı örneklerine göre daha yüksektir (Çizelge 4.4).
- xvi. Toplam fenolik madde miktarı %80'lik metil alkol ekstraksiyonu ile belirlendiğinde en yüksek değerler Aktaş-TK (5,1 mg ferulik asit/g) ve Güneş-TK (5,2 mg ferulik asit/g) unlarında tespit edilmiştir ($P>0,05$). Bu örnekleri ruşeym+besinsel lif fraksiyonları izlemiştir, nitekim Aktaş-RL ve Güneş-RL fraksiyonlarında belirlenen TFM miktarları sırasıyla 4,7 ve 4,4 mg ferulik asit/g'dır ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($P<0,05$; Çizelge 4.4).

- xvii.** Metil alkol (%80'lik) ekstraksiyonu ile en düşük TFM miktarı yine nişasta fraksiyonlarında 0,2 mg ferulik asit/g olarak belirlenmiştir ($P<0,05$; Çizelge 4.4).
- xviii.** Metil alkol (%80'lik) ekstraksiyon çözeltisi ile *Güneş cv.* karabuğday çeşidinin tüm un örneklerinde ve protein fraksiyonunda TFM miktarları *Aktaş cv.* çeşidinin un ve diğer fraksiyonlarına göre daha yüksektir (Çizelge 4.4).
- xix.** Tüm karabuğday örneklerinin TFM miktarı, DMSO ile yapılan ekstraksiyon yönteminde %80'lik metil alkol ile yapılan ekstraksiyona göre daha yüksek bulunmuştur. Kısaca, karabuğday örneklerinden TFM ekstraksiyonunda DMSO çözücüsü daha etkilidir (Çizelge 4.4).
- xx.** En yüksek ve en düşük DPPH radikal süpürme aktivitesi ıslak öğütme işleminde elde edilen sırasıyla Aktaş-K kavuz örneğinde (%81,7) ve Güneş-N nişasta örneğinde (%11,8) belirlenmiştir ($P<0,05$). Araştırmada, Güneş-K kavuz örneği için DPPH radikal süpürme aktivitesi %58,1'dir (Çizelge 4.5)
- xxi.** Kavuzlu tam karabuğday unlarında (Aktaş-TK ve Güneş-TK) saptanan DPPH radikal süpürme aktivitesi sırasıyla %62,2 ve %59,4 olarak belirlenmiştir ($P>0,05$). Aktaş-U ve Güneş-U kavuzsuz tam karabuğday unlarının DPPH radikal süpürme aktivitesi değerleri ise sırasıyla %53,0 ve %51,9'dur ($P>0,05$; Çizelge 4.5).
- xxii.** Islak öğütme işleminden elde edilen fraksiyonlar olan Aktaş-P, Güneş-P, Aktaş-RL, Güneş-RL, Aktaş-N ve Güneş-N örneklerinin DPPH radikal süpürme aktivitesi değerleri %40'ın altında kalmıştır (Çizelge 4.5).
- xxiii.** Tüm örnekler incelendiğinde, Aktaş karabuğday çeşidinin unlarının ve ıslak öğütme fraksiyonlarının DPPH radikal süpürme aktivitesi değerleri Güneş karabuğday çeşidinden daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.5).
- xxiv.** En yüksek ve en düşük TEAK antioksidan kapasiteleri sırasıyla Aktaş-RL (11,8 mmol/kg) ve Güneş-N (1,9 mmol/kg) örneklerinde gözlenmiştir ($P<0,05$). Araştırmada, Güneş-RL'nin TEAK değeri 9,7 mmol/kg olarak bulunmuştur (Çizelge 4.5).
- xxv.** Her iki karabuğday çeşidinin nişasta fraksiyonlarının TEAK antioksidan kapasitesi değerleri tüm örnekler içinde en düşük olmak ile birlikte birbirine benzerdir ($P>0,05$; Çizelge 4.5).
- xxvi.** Kavuz fraksiyonları incelendiğinde, Aktaş-K'nın TEAK değeri (11,1 mmol/kg) ile Güneş-K'nın TEAK değeri (7,2 mmol/kg) arasında belirgin bir fark gözlenmiştir ($P<0,05$; Çizelge 4.5).
- xxvii.** Kavuzlu tam karabuğday unlarının TEAK antioksidan kapasitesi değerleri kavuzsuz tam karabuğday unlarından daha yüksektir. Nitekim Aktaş-TK ve

Güneş-TK unlarının TEAK antioksidan kapasitesi değerleri sırasıyla 9,0 ve 7,7 mmol/kg iken Aktaş-U ve Güneş-U unlarının TEAK antioksidan kapasitesi değerleri sırasıyla 5,6 ve 6,2 mmol/kg olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.5).

- xxviii.** Tüm örnekler dikkate alındığında, kavuzsuz tam karabuğday unlarının (Aktaş-U ve Güneş-U) TEAK antioksidan kapasitesi değerleri hariç diğer tüm un ve fraksiyonlarda *Aktaş cv.* karabuğday çeşidinin TEAK antioksidan kapasitesi değerleri *Güneş cv.* karabuğday çeşidine göre daha yüksektir (Çizelge 4.5).
- xxix.** Güneş-TK ve Aktaş-TK karabuğday unlarında toplam nişasta değerleri sırasıyla %50,3 ve %54,1 olarak bulunurken ($P>0,05$), Güneş-U ve Aktaş-U karabuğday unlarında toplam nişasta değerleri sırasıyla %76,0 ve %81,1'dir ($P>0,05$; Çizelge 4.6).
- xxx.** Nişasta fraksiyonlarındaki toplam nişasta değerleri Aktaş-N ve Güneş-N örneklerinde sırasıyla %87,8 ve %85 olarak tespit edilmiştir ($P>0,05$) ve tüm örnekler içinde nişasta fraksiyonları en yüksek değerlere sahiptir (Çizelge 4.6).
- xxxi.** Ruşeym+besinsel lif fraksiyonlarında kontamine toplam nişasta miktarı %10,9 (Aktaş-RL) ve %9,4 (Güneş-RL) olarak bulunmuş ($P>0,05$) ve tüm örnekler içinde ruşeym+besinsel lif fraksiyonları en düşük değerlere sahiptir (Çizelge 4.6).
- xxxii.** Aktaş-TK ve Güneş-TK karabuğday unlarında enzime dirençli nişasta miktarları sırasıyla %3,34 ve %3,14 olarak bulunurken ($P>0,05$), Aktaş-U ve Güneş-U unlarında sırasıyla %1,13 ve %1,35 olarak tespit edilmiştir ($P>0,05$; Çizelge 4.6).
- xxxiii.** Aktaş-N ve Güneş-N nişastalarında enzime dirençli nişasta miktarları sırasıyla %3,28 ve %3,62 olarak bulunurken ($P>0,05$), Aktaş-RL ve Güneş-RL ruşeym+besinsel lif fraksiyonlarında sırasıyla %2,20 ve %2,61 olarak belirlenmiştir ($P<0,05$; Çizelge 4.6).
- xxxiv.** Aktaş-TK ve Güneş-TK karabuğday unlarında fitik asit miktarları sırasıyla %0,99 ve %1,00 olarak bulunurken ($P>0,05$), Aktaş-U ve Güneş-U unlarında sırasıyla %0,52 ve %0,55 olarak tespit edilmiştir ($P>0,05$; Çizelge 4.6).
- xxxv.** Aktaş-RL ve Güneş-RL ruşeym+besinsel lif fraksiyonlarında fitik asit miktarları sırasıyla 0,74 ve 0,96 g/100 g olarak belirlenmiştir ($P<0,05$; Çizelge 4.6).
- xxxvi.** Aktaş-P ve Güneş-P protein fraksiyonlarında fitik asit miktarları sırasıyla 0,62 ve 0,69 g/100 g olarak saptanmıştır (Çizelge 4.6).

- xxxvii.** Sonuç olarak kavuzlu karabuğdayların nişasta ve kavuz fraksiyonlarında fitik asit belirlenememiştir. Görüldüğü gibi fitik asit, ıslak öğütme işleminde daha çok ruşeym+besinsel lif ve protein fraksiyonlarına bağlanmıştır (Çizelge 4.6).
- xxxviii.** Karabuğday unlarında suda çözünen madde (SÇM) miktarı değerleri birbirine benzerdir. Suda çözünen madde miktarı en yüksek ve en düşük örnekler sırasıyla Güneş-TK (%5,9) ve Aktaş-U'dır (%5,1) ($P>0,05$; Çizelge 4.7).
- xxxix.** Kavuzlu tam karabuğday unlarında su bağlama kapasitesi (SBK, %) kavuzsuz tam karabuğday unlarına kıyasla daha yüksektir ($P<0,05$). Güneş-TK ve Aktaş-TK karabuğday unlarında SBK değerleri sırasıyla %147,3 ve %149,3 ($P>0,05$) olarak bulunurken, Güneş-U ve Aktaş-U karabuğday unlarında SBK değerleri sırasıyla %118,2 ve %119,9 ($P>0,05$) olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.7).
- xl.** Kavuzlu tam karabuğday unlarının fonksiyonel özelliklerinden su tutma kapasitesi (STK), kavuzsuz tam karabuğday unlarına kıyasla daha yüksektir ($P<0,05$). Araştırmada, Güneş-TK ve Aktaş-TK karabuğday unlarında STK değerleri sırasıyla 1,72 ve 1,70 g H₂O/g un ($P>0,05$) olarak bulunurken, Güneş-U ve Aktaş-U karabuğday unlarında STK değerleri sırasıyla 1,30 ve 1,28 g H₂O/g un ($P>0,05$) olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.7).
- xli.** Aktaş-TK ve Güneş-TK örneklerinde yağ absorplama kapasitesi (YAK) sırasıyla 1,05 ve 1,17 g sıvı yağ/g un ($P>0,05$) olarak bulunurken, Aktaş-U ve Güneş-U örneklerinin her ikisinde de 0,86 g sıvı yağ/g un olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.7).
- xliv.** Sonuç olarak kavuzlu tam karabuğday unlarının SÇM, SBK, STK ve YAK değerleri kavuzsuz tam karabuğday unlarından daha yüksektir (Çizelge 4.7).
- xliv.** Kavuzlu tam karabuğday unlarının L^* parlaklık değeri kavuzsuz tam karabuğday unlarından daha düşüktür (Çizelge 4.8).
- xliv.** Aktaş-N nişasta örneğinin L^* parlaklık değeri (98,4) Güneş-N nişastasının L^* parlaklık değerinden (93,0) daha yüksektir. Islak öğütme işlemi ile elde edilen nişastaların L^* parlaklık değerleri diğer örneklerle göre daha yüksek tespit edilmiştir (Çizelge 4.8).
- xliv.** Nişasta fraksiyonlarının a^* kırmızılık değerleri beklenildiği gibi en düşük bulunmakla beraber istatistiksel olarak aralarındaki fark önemsizdir ($P>0,05$; Çizelge 4.8).
- xlvi.** Aktaş cv. (10,04) ve Güneş cv. (11,6) karabuğday tanelerinde b^* sarılık değerleri diğer karabuğday örneklerine göre en yüksektir (Çizelge 4.8).

- xlvi.** Nişasta örneklerinin b^* sarılık değerleri beklenildiği gibi en düşük değerler olarak bulunmuştur, nitekim Aktaş-N nişasta örneğinin b^* sarılık değeri (2,3) ve Güneş-N nişasta örneğinden (4,7) düşük saptanmıştır (Çizelge 4.8).
- xlviii.** En yüksek beyazlık indeksi ($B\bar{I}$) değerleri ıslak öğütme işleminden elde edilen nişasta fraksiyonlarında saptanmıştır. Nitekim Aktaş-N nişastasının $B\bar{I}$ değeri (97,2) aynı L^* parlaklık değerinde olduğu gibi Güneş-N nişastasının $B\bar{I}$ değerinden (91,5) daha yüksektir (Çizelge 4.8).
- xliv.** Nişasta bileşenlerinin ve kavuzsuz tam karabuğday unlarının jelatinizasyon başlangıç sıcaklıkları (T_o) 60,7-63,8 °C arasında değişmiştir. Jelatinizasyon pik (T_p) ve jelatinizasyon sonlanma (T_c) sıcaklıkları ise sırasıyla 66,5-70,4°C ve 73,8-77,4°C aralıklarında değişmiştir (Çizelge 4.9).
- i.** En yüksek ve en düşük jelatinizasyon entalpisi (ΔH) sırasıyla Aktaş-N (11,2 J/g) ve Güneş-U (9,0 J/g) örneklerinde tespit edilmiştir (Çizelge 4.9).
- ii.** Nişasta fraksiyonlarının jelatinizasyon indeksi ile kavuzsuz tam karabuğday unlarının jelatinizasyon indeksi değerleri birbirine yakın bulunmuştur. Araştırmada, Aktaş-N'nin T_o (60,7°C) ve T_c (76,4°C) değerleri kavuzsuz tam karabuğday ununa göre (sırasıyla 63,1°C ve 73,8°C) düşük bulunmuştur ($P<0,05$). Her iki nişasta örneğinin T_p değerleri de kavuzsuz tam karabuğday unlarına göre azalmıştır ($P<0,05$; Çizelge 4.9).
- iii.** Her iki nişasta bileşeninin jelatinizasyon entalpisi (ΔH) kavuzsuz tam karabuğday unlarının entalpisine göre önemli düzeyde artmıştır ($P<0,05$; Çizelge 4.9).
- iiii.** Karabuğdayların ıslak öğütme işleminden elde edilen nişasta fraksiyonlarının T_o , T_p , ve T_c değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunurken ($P<0,05$); kavuzsuz tam karabuğday unlarının aynı DSC değerleri ve bununla birlikte ΔH değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.9).
- iv.** Islak öğütme işlemi ile izole edilen karabuğday nişastalarının +4°C'de 15 günlük depolanma süresince retrogradasyon özellikleri DSC cihazında incelenmiş ve başlangıç sıcaklığı değerleri Aktaş-N ve Güneş-N nişastaları için sırasıyla 39,4-37,3°C ve 38,5-37,5°C aralıklarında, pik sıcaklıkları sırasıyla 48,1-48,5°C ve 45,4-48,9°C aralıklarında; sonlanma sıcaklıkları ise sırasıyla 58,4-60,5°C ve 58,6-61,0°C aralıklarında değişmiştir (Çizelge 4.10).
- v.** Aktaş-N ve Güneş-N nişastalarının retrogradasyon entalpileri sırasıyla 1,0-5,6 J/g ve 1,0-5,2 J/g aralıklarında değişirken, depolama süresince yükselmiştir. Retrogradasyon entalpisi değerleri Aktaş-N ve Güneş-N

nişastaları için depolama süresince birbirine yakın bulunmuştur (Çizelge 4.10).

- lvi.** Aktaş-N ve Güneş-N nişastalarının retrogradasyon indeksi değerleri incelendiğinde, sırasıyla 9,4-50,3 ve 97,7-56,6 aralıklarında değişirken, depolama süresince artış göstermiştir. Güneş-N nişastasının retrogradasyon indeksi (*RI*) değerleri depolama süresince Aktaş-N nişastasından daha yüksek seyretmiştir (Çizelge 4.10).
- lvii.** Nişasta fraksiyonlarının pik viskozite değerleri (2,3 Pa·s), karabuğday unlarının değerlerine göre daha yüksek bulunmuştur ($P<0,05$). Kavuzlu tam karabuğday unlarının (Aktaş-TK ve Güneş-TK) pik viskozite değerleri (sırasıyla 1,8 ve 2,0 Pa·s), kavuzsuz tam karabuğday unlarının pik viskozite değerlerinden (1,0 Pa·s) daha yüksektir ($P<0,05$; Çizelge 4.11).
- lviii.** Nişasta fraksiyonlarının sıcak çirleş viskozitesi değerleri (2,2 Pa·s), karabuğday unlarının değerlerine göre daha yüksek bulunmuştur ($P<0,05$). Kavuzlu tam karabuğday unlarının (Aktaş-TK ve Güneş-TK) sıcak çirleş viskozite değerleri (sırasıyla 1,7 ve 1,9 Pa·s) ise kavuzsuz tam karabuğday unlarının sıcak çirleş viskozitesi değerlerinden (sırasıyla 1,0 ve 0,9 Pa·s) daha yüksektir ($P<0,05$; Çizelge 4.11).
- lix.** En yüksek son viskozite değerine Güneş-TK unu (3,7 Pa·s) sahip olmuştur fakat kavuzlu tam karabuğday unları (Aktaş-TK ve Güneş-TK) ve nişasta fraksiyonlarının son viskozite değerleri birbirine yakındır ($P>0,05$). En düşük son viskozite değeri ise Güneş-U ununda (1,7 Pa·s) gözlenmiştir ve kavuzsuz tam karabuğday unlarının (Aktaş-U ve Güneş-U) son viskozite değerleri diğer örneklere göre en düşüktür ($P<0,05$; Çizelge 4.11).
- lx.** En yüksek ve en düşük katılma viskozitesi değerleri sırasıyla Güneş-TK (1,8 Pa·s) ve Güneş-U (0,8 Pa·s) unlarında gözlenmiştir ($P<0,05$). Kavuzlu tam karabuğday unlarının katılma viskozitesi değerleri nişasta fraksiyonlarının katılma viskozitesinden daha yüksektir ($P<0,05$). Kavuzsuz tam karabuğday unlarının (Aktaş-U ve Güneş-U) katılma viskozitesi değerleri ise diğer örneklere göre en düşük bulunmuştur (Çizelge 4.11).
- lxi.** Aktaş-N ve Güneş-N nişastalarının çirleşme sıcaklığı, pik zamanı, pik viskozite, sıcak çirleş viskozitesi, kırılma viskozitesi, son viskozite ve katılma viskozitesi değerleri birbirine oldukça yakındır ($P>0,05$). Güneş-N nişastasının çirleşme sıcaklığı (85,7°C), Aktaş-N nişastasının çirleşme sıcaklığından (83,7°C) yüksektir ($P>0,05$; Çizelge 4.11).

Karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Möench) çölyak hastaları için prolamin proteinlerini çok düşük düzeyde içermesi veya içermemesi, dengeli amino asit bileşimi, yüksek miktarda besinsel lif, flavonoid bileşikler (rutin ve kuersetin), vitamin ve mineral maddeler gibi insan beslenmesi için gerekli başlıca bileşenleri önemli miktarda içerdiğinden dolayı son yıllarda tüketimi tavsiye edilmektedir. Ülkemizde ilk defa Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nün ıslah çalışmaları sonucu geliştirdiği ve tescil ederek üretim izni aldığı Güneş cv. ve Aktaş cv. karabuğday çeşitlerinin çiftçilerimiz tarafından yetiştirilmesi ve üretiminin artırılması çalışılmaktadır. Bu araştırmada, Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nden temin edilen Güneş cv. ve Aktaş cv. karabuğday çeşitlerinin ıslak öğütme tekniği ile ilk kez tane bileşenlerine ayrılması incelenmiştir. Buna göre kavuzlu karabuğdaylar belli ıslak öğütme koşullarında başlıca olarak nişasta, protein, rüşeym+besinsel lif ve kavuz bileşenlerine ayrılmıştır. Bu çalışmada kimyasal, fizikokimyasal ve mekanik işlemler ile nişasta mümkün olan en az nişasta zedelenmesi ile taneden ayrılmıştır. Bilindiği gibi kuru öğütme koşullarında nişasta zedelenmesi meydana gelmektedir. Daha sonra ayrılan tane bileşenlerinin başta nişasta olmak üzere bazı fiziksel, kimyasal, fizikokimyasal ve besinsel özellikleri incelenmiştir. Islak öğütme fraksiyonlarının toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite özellikleri ilk kez bu araştırmada çalışılmıştır. Araştırmamızın bundan sonraki aşamalarında yerli karabuğdayların farklı ıslak öğütme koşullarında elde edilecek nişasta bileşenlerinin fizikokimyasal (çirişlenme-viskozite, retrogradasyon özellikleri), fonksiyonel özellikleri ve gıda uygulamaları detayları ile çalışılacaktır. Ayrıca, farklı ıslak öğütme koşullarında elde edilecek protein fraksiyonlarının fonksiyonel özellikleri, protein profili, amino asit kompozisyonları detayları ile incelenecektir. Böylece ülkemizde geliştirilen ve tescillenen karabuğdayların ıslak öğütme teknolojisi ile elde edilecek başta nişasta olmak üzere tane bileşenlerinin gıda sanayimize özgün ürünler olarak kazandırılması hedeflenmektedir.

6. KAYNAKLAR

AACCI (American Association of Cereal Chemists International) (2010) Approved Methods of Analysis, Metots No: 08-01.01, 30-25.01, 32-05.01, 32-21.01, 32-40.01, 44-15.02, 46-12.01, 76-13.01, 76-21.01, 11th edition, The Association: St. Paul, MN, USA.

Abugoch LE, Romero N, Tapia CA, Silva J ve Rivera M (2008) "Study of Some Physicochemical and Functional Properties of Quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd) Protein Isolates", Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56: 4745-4750.

Acquistucci R ve Fornal J (1997) "Italian buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) starch: Physicochemical and Functional Characterization and *in vitro* Digestibility", Nahrung, 41(5): 281-284.

Ahmed A, Khalid N, Ahmad A, Abbasi NA, Latif MSZ ve Randhawa MA (2014) "Phytochemicals and Biofunctional Properties of Buckwheat: A Review", Journal of Agricultural Science, 152: 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.

Alvarez-Jubete L, Arendt EK ve Gallagher E (2009a) " Nutritive Value and Chemical Composition of Pseudocereals as Gluten-free Ingredients", International Journal of Food Sciences and Nutrition, 60(S4): 240-257.

Alvarez-Jubete L, Holse M, Hansen Å, Arendt EK ve Gallagher E (2009b) "Impact of Baking on Vitamin E Content of Pseudocereals Amaranth, Quinoa, and Buckwheat", Cereal Chemistry, 86(5): 511-515.

Alvarez-Jubete L, Arendt EK ve Gallagher E (2010a) "Nutritive Value of Pseudocereals and Their Increasing Use as Functional Gluten-Free Ingredients", Trends in Food Science & Technology, 21: 106-113.

Alvarez-Jubete L, Wijngaard H, Arendt EK ve Gallagher E (2010b) "Polyphenol Composition and *in vitro* Antioxidant Acitivity of Amaranth, Quinoa, Buckwheat and Wheat as Affected by Sprouting and Baking", Food Chemistry, 119: 770-778.

AOAC (American Oil Association Chemists) Official Methods (2005). Starch (total) in cereal products. Amyloglucosidase- α -amylase method, Method 996.11; 2002.02.

Arslan A, Gil JV, Fernández-Espinar MT ve Haros CM (2016) "Quinoa Wet-Milling: Effect of Steeping on Isolation, Pasting and Thermal Properties of Starch", ICC-Cereal and Bread Congress, 17-21 April, İstanbul, Turkey.

Avanza MV ve Añón MC (2007) "Effect of Thermal Treatment on the Proteins of Amaranth Isolates", Journal of the Science of Food and Agriculture, 87: 616-623.

Bai CZ, Feng ML, Hao XL, Zhong QM, Tong LG ve Wang ZH (2015) "Rutin, Quercetin, and Free Amino Acid Analysis in Buckwheat (*Fagopyrum*) Seeds from Different Locations", *Genetics and Molecular Research*, 14(4): 19040-19048.

Baljeet SY, Ritika BY ve Roshan LY (2010) "Studies on Functional Properties and Incorporation of Buckwheat Flour for Biscuit Making", *International Food Research Journal*, 17: 1067-1076.

Bejosano FP ve Corke H (1999) "Properties of Protein Concentrates and Hydrolysates from *Amaranthus* and Buckwheat", *Industrial Crops and Products*, 10: 175-183.

Bilgiçli N ve İbanoğlu Ş (2015) "Effect of Pseudo Cereal Flours on Some Physical, Chemical and Sensory Properties of Bread", *Journal of Food Science and Technology*, 52(11): 7525-7529.

Brandemarte EA, Franco CML ve Lopes-Filho JF (2004) "Physicochemical Properties of Maize Starch Obtained from Intermittent Milling and Dynamic Steeping (IMDS) Under Various Steeping Conditions", *Cereal Chemistry*, 81(3): 369-376.

Calzetta AN, Tolaba MP ve Suarez C (2006) "Effects of Steeping Conditions on Wet-Milling Attributes of Amaranth", *International Journal of Food Science and Technology*, 41: 70-76.

Cheng A (2018) "Review: Shaping a Sustainable Food Future by Rediscovering Long-Forgotten Ancient Grains", *Plant Science*, 269: 136-142.

Chlopicka J, Pasko P, Gorinstein S, Jedryas A ve Zagrodzki P (2012) "Total Phenolic and Total Flavonoid Content, Antioxidant Activity and Sensory Evaluation of Pseudocereal Bread", *LWT-Food Science and Technology*, 46: 548-555.

Dadáková E ve Kalinová J (2010) "Determination of Quercetin Glycosides and Free Quercetin in Buckwheat by Capillary Micellar Electrokinetic Chromatography", *Journal of Separation Science*, 33: 1633-1638.

Duliński R, Starzyńska-Janiszewska A, Byczyński Ł ve Błaszczuk U (2017) "Myo-inositol Phosphates Profile of Buckwheat and Quinoa Seeds: Effects of Hydrothermal Processing and Solid-state Fermentation with *Rhizopus oligosporus*", *International Journal of Food Properties*, 20(9): 2088-2095.

Eßlinger HM (2009) *Handbook of Brewing*, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.

Egli I, Davidsson I, Juillerat MA, Barclay D ve Hurrell R (2003) "Phytic Acid Degradation in Complementary Foods Using Phytase Naturally Occurring in Whole Grain Cereals", *Journal of Food Science*, 68(5): 1855-1859.

Ermişer D (2019) "Yerli Kavuzsuz Arpanın (Özen cv.) Spagetti Makarna Üretiminde Kullanımı ve Bazı Kalite Özelliklerinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bolu.

Fabjan N, Rode J, Košir IJ, Wang Z, Zhang Z ve Kreft I (2003) "Tartary Buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) as a Source of Dietary Rutin and Quercitrin", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 6452-6455.

Fletcher RJ (2004) "Pseudocereals I Overview", Reference Module in Food Science, 2: 488-493.

Föste M, Elgeti D, Brunner AK, Jekle M ve Becker T (2015) "Isolation of Quinoa Protein by Milling Fractionation and Solvent Extraction", Food and Bioproducts Processing, 96: 20-26.

Gallagher E (2009) Gluten-Free Food Science and Technology, First Edition, Blackwell Publishing Ltd., Oxford.

Giménez-Bastida JA, Zielinski H, Piskula M, Zielinska D ve Szawara-Nowak D (2017) "Buckwheat Bioactive Compounds, Their Derived Phenolic Metabolites and Their Health Benefits", Molecular Nutrition Food Research, 61(7): 1-10.

Golisz A, Lata B, Gawronski SW ve Fujii Y (2007) "Specific and Total Activities of the Allelochemicals Identified in Buckwheat", Weed Biology and Management, 7: 164-171.

Gorinstein S, Lojek A, Číž M, Pawelzik E, Delgado-Licon E, Medina OJ, Moreno M, Salas IA ve Goshev I (2008) " Comparison of Composition and Antioxidant Capacity of Some Cereals and Pseudocereals", International Journal of Food Science and Technology, 43: 629-637.

Gorinstein S, Pawelzik E, Delgado-Licon E, Yamamoto K, Kobayashi S, Taniguchi H, Haruenkit R, Park YS, Jung ST, Drzewiecki J ve Trakhtenberg S (2004) "Use of Scanning Electron Microscopy to Indicate the Similarities and Differences in Pseudocereal and Cereal Proteins", International Journal of Food Science and Technology, 39: 183-189.

Gupta M, Gill BS ve Bawa AS (2008) "Gelatinization and X-ray Crystallography of Buckwheat Starch: Effect of Microwave and Annealing Treatments", International Journal of Food Properties, 11: 173-185.

Gutfinger T (1981) "Polyphenols in Olive Oils", Journal of American Oil Chemical Sociation, 58: 966-968.

Haros M, Perez OE ve Rosell CM (2004) "Effect of Steeping Corn with Lactic Acid on Starch Properties", Cereal Chemistry, 81(1): 10-14.

Haug W ve Lantzsch HJ (1983) "Sensitive Method for the Rapid Determination of Phytate in Cereals and Cereal Products", Journal of the Science of Food and Agriculture, 34: 1423-1426.

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, Maeda T, Tsumori R ve Morita N (2007) "Characteristics of Fractionated Flours from Whole Buckwheat Grain Using a Gradual Milling System and Their Application for Noodle Making", Journal of the Science of Food and Agriculture, 87: 2823-2829.

Jacquemart AL, Cawoy V, Kinet JM, Ledent JF ve Quinet M (2012) "Is Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) Still a Valuable Crop Today?", The European Journal of Plant Science and Biotechnology, 6(2): 1-10.

Jambrec D, Sakač M, Jovanov P, Mišan A, Pestorić M, Tomović V ve Mandić A (2016) "Effect of Processing and Cooking on Mineral and Phytic Acid Content of Buckwheat-Enriched Tagliatelle", *Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly*, 22(3): 319-326.

Jan KN, Panesar PS ve Singh S (2017) "Process Standardization for Isolation of Quinoa Starch and Its Characterization in Comparison with Other Starches", *Food Measure*, 11: 1919-1927.

Karamać M (2010) "Antioxidant Activity of Tannin Fractions Isolated from Buckwheat Seeds and Groats", *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 87: 559-566.

Karamac M, Biskup I ve Kulczyk A (2015) "Fractionation of Buckwheat Seed Phenolics and Analysis of Their Antioxidant Activity", *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 65(4): 243-249.

Kreft S, Knapp M ve Kreft I (1999) "Extraction of Rutin from Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) Seeds and Determination by Capillary Electrophoresis", *Journal of Agricultural Food and Chemistry*, 47: 4649-4652.

Kumar CS, Malleshi NG ve Bhattacharya S (2008) "A Comparison of Selected Quality Attributes of Flours: Effects of Dry and Wet Grinding Methods", *International Journal of Food Properties*, 11: 845-857.

Kumari N ve Raghuvanshi RS (2015) "Physico-Chemical and Functional Properties of Buckwheat (*Fagopyrum Esculentum* Moench)", *Journal of Eco-friendly Agriculture*, 10(1): 77-81.

Lee SC, Prosky L ve De Vries JW (1992) "Determination of Total, Soluble, and Insoluble Dietary Fiber in Foods - Enzymatic-Gravimetric Method, MES-TRIS Buffer: Collaborative Study", *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 75: 395-416.

Lee SY, Oh S, Lee K, Jang YJ, Sohn MH, Lee KE ve Kim KE (2005) "Murine Model of Buckwheat Allergy by Intragastric Sensitization with Fresh Buckwheat Flour Extract", *Journal of Korean Medical Science*, 20: 566-572.

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.

Li W, Lin R ve Corke H (1997) "Physicochemical Properties of Common and Tartary Buckwheat Starch", *Cereal Chemistry*, 74(1): 79-82.

Li X, Kokawa M ve Kitamura Y (2018) "Influence of Micro Wet Milling Parameters on the Processing of Komatsuna (*Brassica rapa* var. *perviridis*) Juice with Rich Phosphatidic Acid", *Journal of Food Engineering*, 217: 50-57.

Lin LY, Hsieh YJ, Liu HM, Lee CC ve Mau JL (2009) "Flavor Components in Buckwheat Bread", *Journal of Food Processing and Preservation*, 33: 814-826.

Lindeboom N, Chang PR, Falk KC ve Tyler RT (2005) "Characteristics of Starch from Eight Quinoa Lines", *Cereal Chemistry*, 82: 216-222.

Linsberger-Martin G, Lukasch B ve Berghofer E (2012) "Effects of High Hydrostatic Pressure on the RS Content of Amaranth, Quinoa and Wheat Starch", *Starch*, 64: 157-165.

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(11): 2457-2464.

Liu H, Guo X, Li W, Wang X, Lv M, Peng Q ve Wang M (2015) "Changes in Physicochemical Properties and *in vitro* Digestibility of Common Buckwheat Starch by Heat-moisture Treatment and Annealing", *Carbohydrate Polymers*, 132: 237-244.

Liu H, Wang L, Shen M, Guo X, Lv M ve Wang M (2016) "Changes in Physicochemical Properties and *in vitro* Digestibility of Tartary Buckwheat and Sorghum Starches Induced by Annealing", *Starch*, 68: 709-718.

Loubes MA, Resio AN, Tolaba MP ve Suarez C (2012) "Mechanical and Thermal Characteristics of Amaranth Starch Isolated by Acid Wet-Milling", *Food Science and Technology*, 46: 519-524.

Lu L ve Baik BK (2015) "Starch Characteristics Influencing Resistant Starch Content of Cooked Buckwheat Groats", *Cereal Chemistry*, 92(1): 65-72.

McCleary BV, Gibson TS ve Mugford Dc (1997) "Measurement of Total Starch in Cereal Products by Amyloglucosidase- α -Amylase Method: Collaborative Study", *Journal of AOAC International*, 80: 571-579.

Malik MA ve Saxena DC (2016) "Effect on Physicochemical and Thermal Properties of Buckwheat (*Fagopyrum Esculentum*) Starch by Acid Hydrolysis Combined with Heat Moisture Treatment", *Journal of Food Processing and Preservation*, 40: 1352-1363.

Masatcioglu MT, Yalcin E, Kim M, Ryu GH, Celik S ve Koksel 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.

Manzoni MSJ, Kronka SN ve Lopes-Filho JF (2002) "Effect of Steeping Conditions (Sulfur Dioxide, Lactic Acid, and Temperature) on Starch Yield, Starch Quality, and Germ Quality from the Intermittent Milling and Dynamic Steeping Process (IMDS) for a Brazilian Corn Hybrid", *Cereal Chemistry*, 79: 120-124.

Mathew E ve Singh M (2016) "Ancient Grains and Pseudocereals: Chemical Compositions, Nutritional Benefits, and Roles in 21st Century Diets", *Cereal Foods World*, 61(5): 198-203.

Mota C, Santos M, Mauro R, Samman N, Matos AS, Torres D ve Castanheira I (2016) "Protein Content and Amino Acids Profile of Pseudocereals", *Food Chemistry*, 193: 55-61.

Nisar AM, Charanjit SR ve Sukhcharn S (2018) "Nutritional Constituents of Pseudo Cereals and Their Potential Use in Food Systems: A review", Trends in Food Science & Technology, 75: 170-180.

Ogungbenle HN (2003) "Nutritional Evaluation and Functional Properties of Quinoa (*Chenopodium quinoa*) Flour", International Journal of Food Sciences and Nutrition, 54: 153-158.

Park JW, Bang DB, Kim CW, Ko SH, Yum HY, Kim KE, Hong CS ve Lee KY (2000) "Identification and Characterization of the Major Allergens of Buckwheat", Allergy, 55: 1035-1041.

Perez OE, Haros M, Suarez C ve Rosell CM (2003) "Effect of Steeping Time on the Starch Properties from Ground Whole Corn", Journal of Food Engineering, 60: 281-287.

Prego I, Maldonado S ve Otegui M (1998) "Seed Structure and Localization of Reserves in *Chenopodium quinoa*", Annals of Botany, 82: 481-488.

Prosky L, Asp NG, Schweizer TF, DeVries JW ve Furda I (1988) "Determination of Insoluble, Soluble, and Total Dietary Fiber in Food Products, Interlaboratory Study", Journal of the Association of Official Analytical Chemists, 71: 1017-1023.

Prosky L, Asp NG, Schweizer TF, DeVries JW, Furda I ve Lee SC (1992) "Determination of Insoluble and Soluble Dietary Fiber in Foods and Food Products: Collaborative Study", Journal of the Association of Official Analytical Chemists, 75: 360-367.

Przybylski R, Lee YC ve Eskin NAM (1998) "Antioxidant and Radical-Scavenging Activities of Buckwheat Seed Components", Journal of the American Oil Chemists' Society, 75(11): 1595-1601.

Qian J, Rayas-Duarte P ve Grant L (1998) "Partial Characterization of Buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) Starch", Cereal Chemistry, 75: 365-373.

Qian JY ve Kuhn M (1999) "Physical Properties of Buckwheat Starches from Various Origins", Starch, 51(2-3): 81-85.

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.

Ragaei S, Abdel-Aal ESM ve Noaman M (2006) "Antioxidant Activity and Nutrient Composition of Selected Cereals for Food Use", Food Chemistry, 98: 32-38.

Resio ANC, Tolaba MP ve Suárez C (2009) "Correlations Between Wet-Milling Characteristics of Amaranth Grain", Journal of Food Engineering, 92: 275-279.

Robin F, Théoduloz C ve Srichuwong S (2015) "Properties of Extruded Whole Grain Cereals and Pseudocereals Flours", International Journal of Food Science and Technology, 50: 2152-2159.

Rocchetti G, Lucini L, Lorenzo Rodriguez JM, Barba FJ ve Giuberti G (2018) "Gluten-Free Flours from Cereals, Pseudo-Cereals and Legumes: Phenolic Fingerprints and *in vitro* Antioxidant Properties", Food Chemistry,

Schoenlechner R, Siebenhandl S ve Berghofer E (2008) "Pseudocereals, In 'Gluten-Free Cereal Products and Beverages', Eds. Arendt EK ve Bello FD (2008), First Edition, Elsevier, Oxford.

Sedaj I, Mandić A, Sakač M, Mišan A ve Tumbas V (2010) "Comparison of Antioxidant Components and Activity of Buckwheat and Wheat Flours", Cereal Chemistry, 87: 387-392.

Sedaj I, Sakač M, Mandić A, Mišan A, Tumbas V ve Čanadanović-Brunet J (2012) "Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) Grain and Fractions: Antioxidant Compounds and activities", Journal of Food Science, 77: 954-959.

Singh V, Moreau RA ve Hicks KB (2003) "Yield and Phytosterol Composition of Oil Extracted from Grain Sorghum and Its Wet-Milled Fractions", Cereal Chemistry, 80(2): 126-129.

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.

Skrabanja V ve Kreft I (1998) "Resistant Starch Formation Following Autoclaving of Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) Groats. An *in vitro* Study", Journal Agriculture Food Chemistry, 46: 2020-2023.

Skrabanja V, Kreft I, Golob T, Modic M, Ikeda S, Ikeda K, Kreft S, Bonafaccia G, Knapp M ve Kosmelj K (2004) "Nutrient Content in Buckwheat Milling Fractions", Cereal Chemistry, 81(2): 172-176.

Skrabanja V, Liljeberg Elmsåhl HGM, Kreft I ve Björck IME (2001) "Nutritional Properties of Starch in Buckwheat Products: Studies *in vitro* and *in vivo*", Journal Agriculture Food Chemistry, 49: 490-496.

Steadman KJ, Burgoon MS, Lewis BA, Edwardson SE ve Obendorf RL (2001a) "Buckwheat Seed Milling Fractions: Description, Macronutrient Composition and Dietary Fibre", Journal of Cereal Science, 33: 271-278.

Steadman KJ, Burgoon MS, Lewis BA, Edwardson SE ve Obendorf RL (2001b) "Minerals, Phytic Acid, Tannin and Rutin in Buckwheat Seed Milling Fractions", Journal of the Science of Food and Agriculture, 81: 1094-1100.

Sun T ve Ho CT (2005) "Antioxidant Activities of Buckwheat Extracts", Food Chemistry, 90: 743-749.

Theethira TG ve Dennis M (2015) "Celiac Disease and the Gluten-Free Diet Consequences and Recommendations for Improvement", Digestive Diseases, 33(2): 175-182.

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.

Torres MD, Arufe S, Chenlo F ve Moreira R (2017) "Coeliacs Cannot Live by Gluten-Free Bread Alone-Every Once in a While They Need Antioxidants", International Journal of Food Science and Technology, 52: 81-90.

Uriyapengson J ve Duarte PR (1994) "Comparison of Yield and Properties of Amaranth Starches Using Wet and Dry-Wet Milling Processes", Cereal Chemistry, 71: 571-577.

Vici G, Belli L, Biondi M ve Polzonetti V (2016) "Gluten Free Diet and Nutrient Deficiencies: A review", Clinical Nutrition, 35(6): 1236-1241.

Wang M, Guo X, Ma Y ve Gao J (2012) "Buckwheat: A Novel Pseudocereal. In "Cereals and Pulses Nutraceutical Properties and Health Benefits", Eds. Yu L, Tsao R ve Shahidi F, First Edition, A John Wiley & Sons, Ltd., Publication, Iowa, USA.

Watanebe M, Ohshita Y ve Tsushida T (1997) "Antioxidant Compounds from Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Möench) Hulls", Journal Agriculture Food Chemistry, 45: 1039-1044.

Wfi YM, Zhang GQ ve Li ZX (1995) "Study on Nutritive and Physico-Chemical Properties of Buckwheat Flour", 39(1): 48-54.

Wijngaard HH ve Arendt EK (2006) "Buckwheat", Cereal Chemistry, 83(4): 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.

Yoshimoto Y, Egashira T, Hanashiro I, Ohinata H, Takase Y ve Takeda Y (2004) "Molecular Structure and Some Physicochemical Properties of Buckwheat Starches", Cereal Chemistry, 81: 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.

Yu X, Yang M, Dong J ve Shen R (2018a) "Comparative Analysis of the Antioxidant Capacities and Phenolic Compounds of Oat and Buckwheat Vinegars During Production Processes", Journal of Food Science, 83: 844-853.

Yu D, Chen J, Ma J, Sun H, Yuan Y, Ju Q, Teng Y, Yang M, Li W, Fujita K, Tatsumi E ve Luan G (2018b) "E Physicochemical Properties of Common Buckwheat Flour", LWT - Food Science and Technology, 92: 220-226.

Zayas JF (1997) "Functionality of Proteins in Foods", Springer-Verlag, Berlin, Germany.

Zheng GH, Sosulski FW ve Tyler RT (1998) "Wet-Milling, Composition and Functional Properties of Starch and Protein Isolated from Buckwheat Groats", Canadian Institute of Food Science and Technology, 30: 493-502.

Zhu F (2016) "Buckwheat Starch: Structures, Properties and Applications", Trends in Food Science & Technology, 49: 121-135.

Žvikas V, Pukelevičienė V, Ivanauskas L, Romanovskaja D ve Jakštas V (2017) "Evaluation of Phenolic Antioxidant Content Inorganically and Conventionally Grown Buckwheat Herb Crop and Its Regrowth", Society of Chemical Industry, 97: 3278-3283.



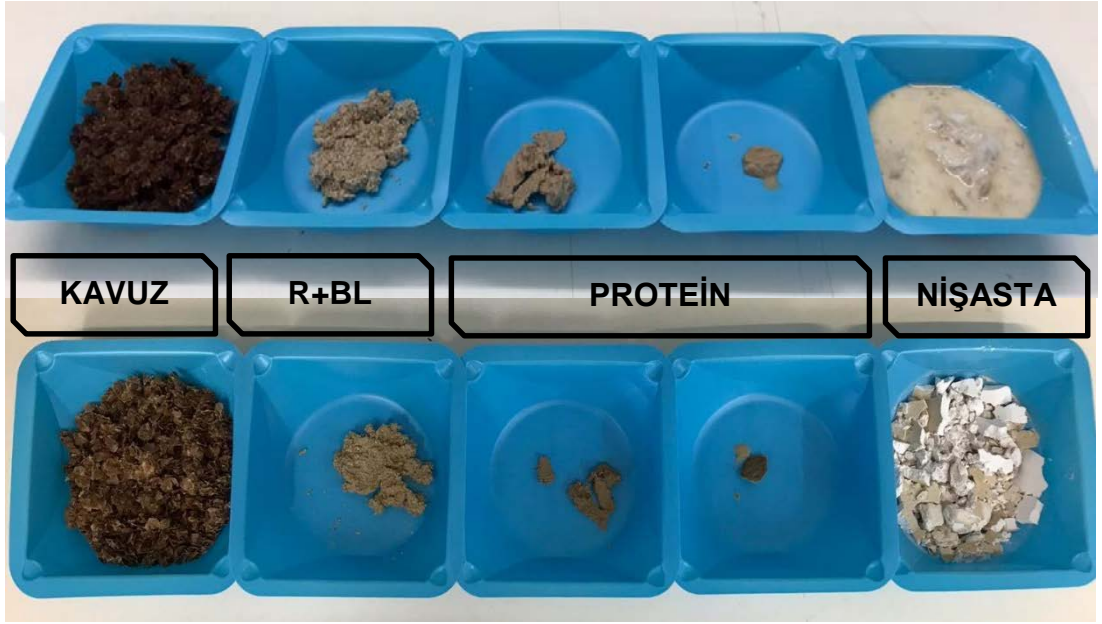


EKLER

7. EKLER

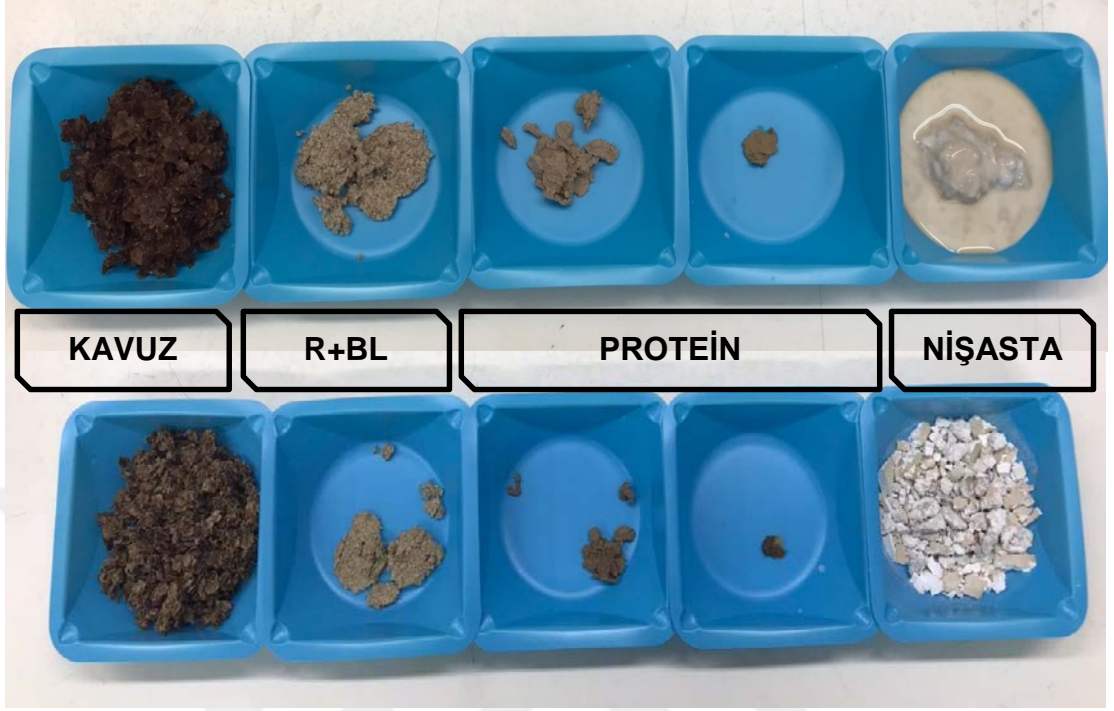
EK A. Kavuzlu Karabuğdayların Islak Öğütme İşleminde Elde Edilen Fraksiyonlarının Genel Görünümleri

A.1. Aktaş cv. kavuzlu karabuğdayın ıslak öğütme işleminden elde edilen fraksiyonlarının ıslak ve kurutulmuş görünümleri.



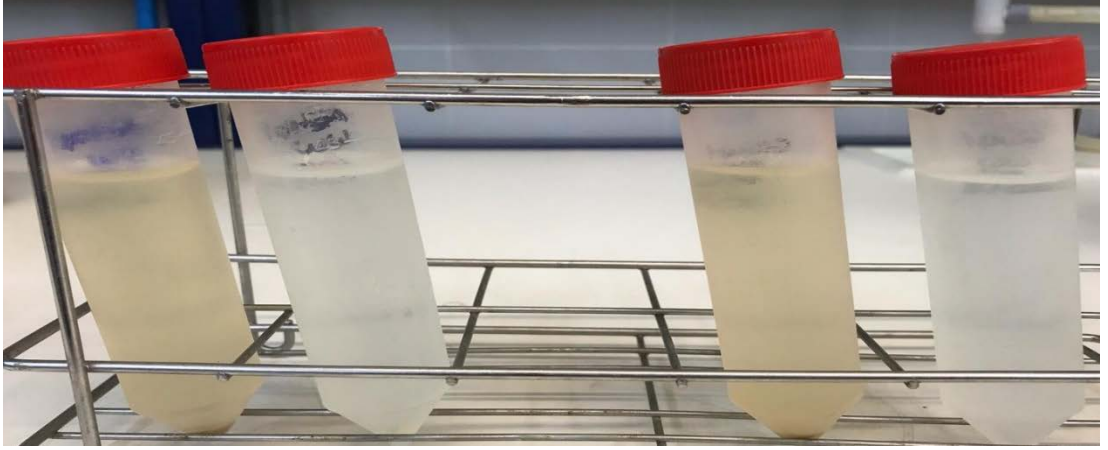
Şekil A.1. Aktaş cv. kavuzlu tam karabuğday örneğinin ıslak öğütme işleminden elde edilen sırasıyla (soldan sağa) kavuz, rüşeym ve besinsel lif, protein ve nişasta fraksiyonlarının ıslak (üst) ve kurutulmuş (alt) görünümleri.

A.2. Güneş cv. kavuzlu karabuğdayın ıslak öğütme işleminden elde edilen fraksiyonlarının ıslak ve kurutulmuş görünümleri.



Şekil A.2. Güneş cv. kavuzlu tam karabuğday örneğinin ıslak öğütme işleminden elde edilen sırasıyla (soldan sağa) kavuz, rüşeym ve besinsel lif, protein ve nişasta fraksiyonlarının ıslak (üst) ve kurutulmuş (alt) görünümleri.

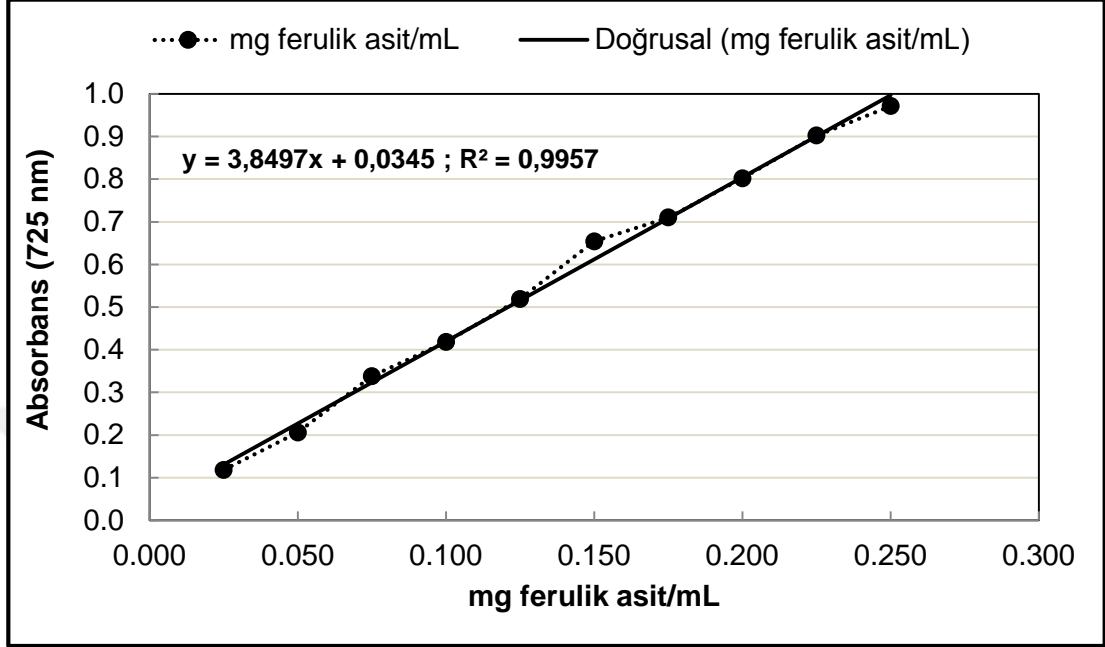
A.3. Kavuzlu karabuğday örneklerinin ıslak öğütme işlemi sırasında ayrılan ıslatma ve yıkama sularının genel görünüşleri.



Şekil A.3. Kavuzlu tam karabuğdaylar *Aktaş cv.* (sol) ve *Güneş cv.* (sağ) örneklerinin ıslak öğütme işlemi sırasında suya karışan katı madde miktarını belirlemek için ayrılan ıslatma (sol) ve yıkama (sağ) sularının genel görünüşleri.

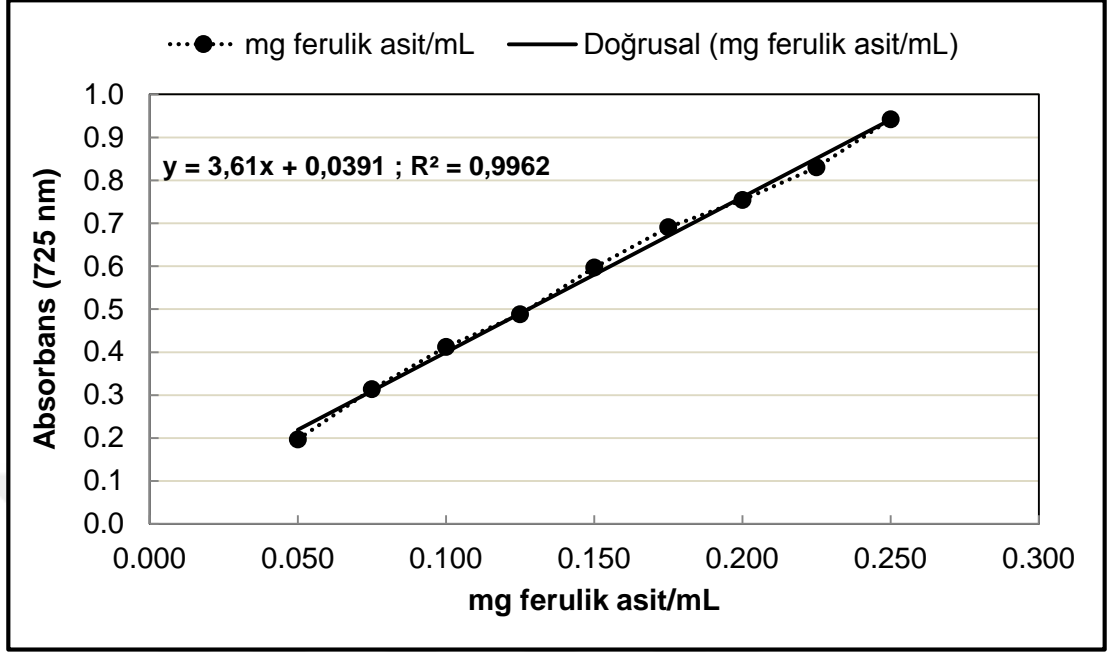
EK B. Kalibrasyon Doğruları

B.1. Dimetil sülfoksit (DMSO) çözeltisi kullanılarak hazırlanan ferulik asit standart doğru grafiği.



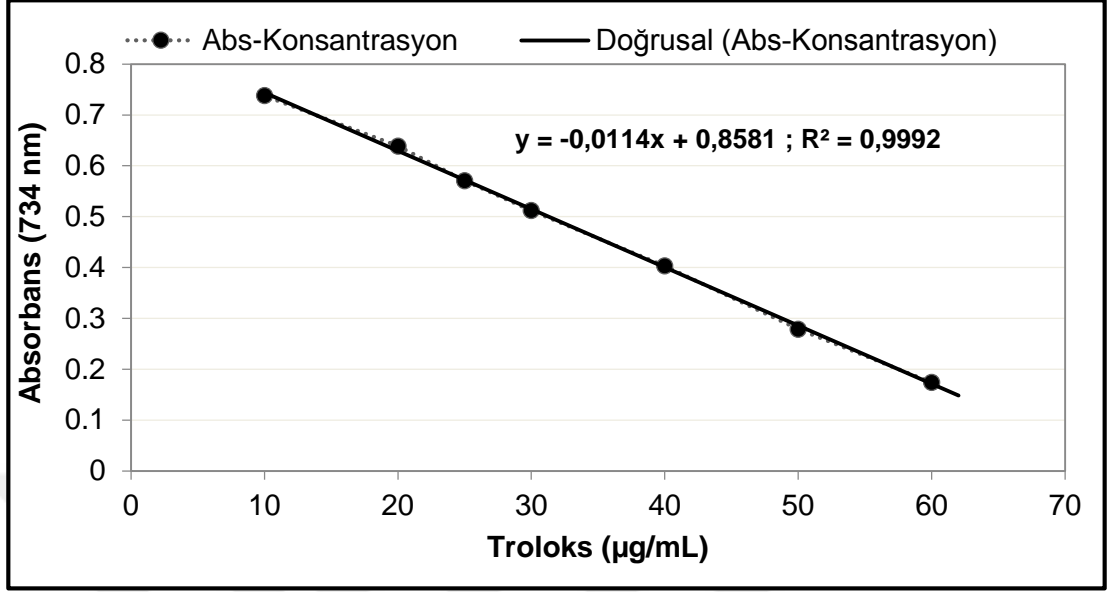
Şekil B.1. DMSO çözeltisi ile toplam fenolik madde miktarının belirlenmesinde kullanılan ve dimetil sülfoksit çözeltisi kullanılarak hazırlanan ferulik asit standart doğru grafiği.

B.2. %80 (v/v)'lik metanol çözeltisinde ferulik asit kullanılarak hazırlanan standart doğru grafiği.



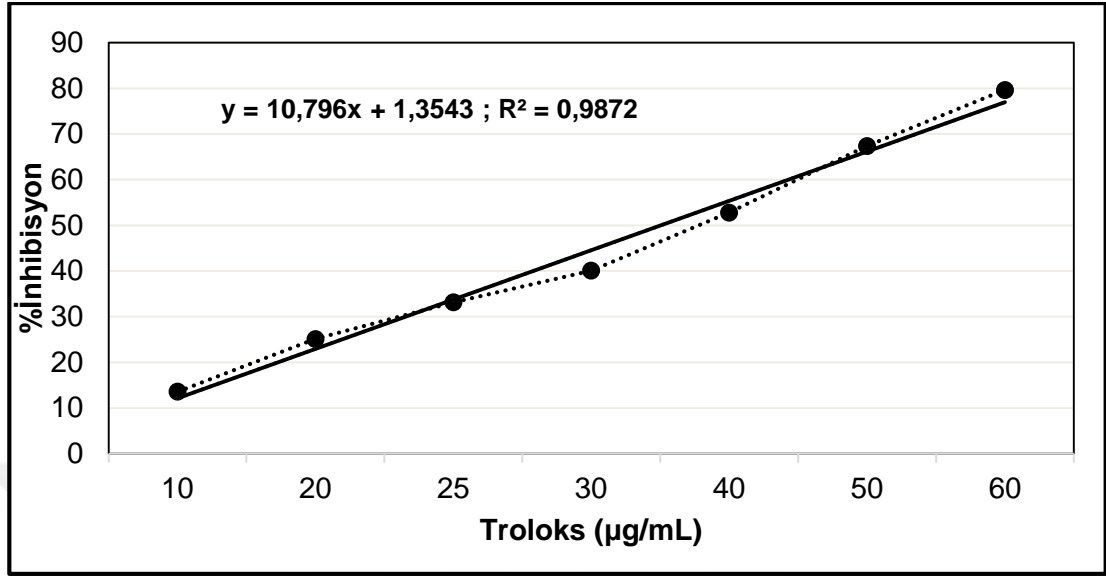
Şekil B.2. %80 (v/v)'lik metanol çözeltisi ile serbest fenolik madde miktarının belirlenmesinde kullanılan ve %80 (v/v)'lik metanol çözeltisinde ferulik asit kullanılarak hazırlanan standart doğru grafiği.

B.3. Troloks sentetik antioksidan bileşigi kullanılarak ABTS radikalinin süpürülmesi ile hazırlanan standart doğru grafiği.



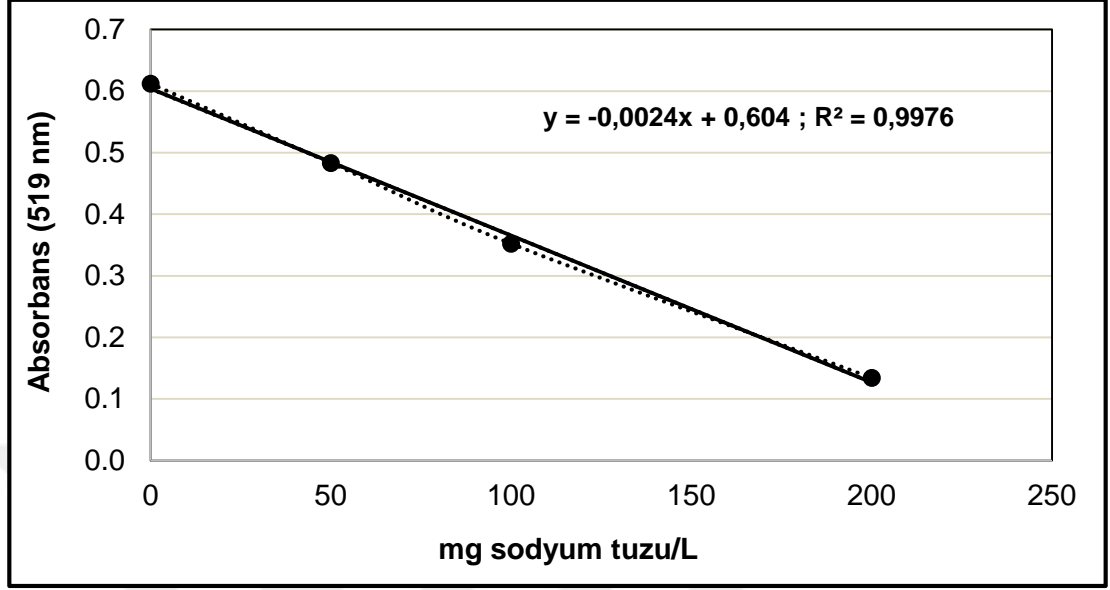
Şekil B.3. Antioksidan aktivitenin Troloks Eşdeğeri Antioksidan Kapasitesi olarak ifade edilmesinde, Troloks sentetik antioksidan bileşigi kullanılarak ABTS radikalinin süpürülmesi ile hazırlanan standart doğru grafiği.

B.4. ABTS radikalinin Troloks sentetik antioksidan bileşigi kullanılarak hazırlanan inhibisyon (%) standart doğru grafiği.



Şekil B.4. ABTS radikalinin Troloks sentetik antioksidan bileşigi kullanılarak hazırlanan inhibisyon (%) standart doğru grafiği.

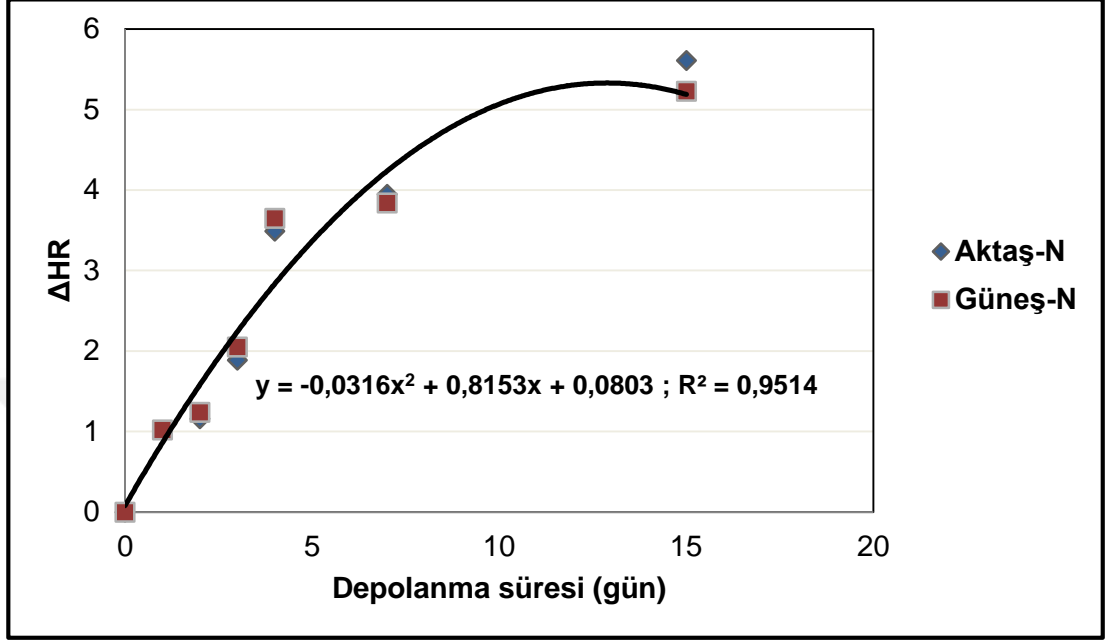
B.5. Fitik asit fosforunun fitik asit sodyum tuzu çözeltisi (mg/L) kullanılarak hazırlanan standart doğru grafiği.



Şekil B.5. Fitik asit fosforunun fitik asit sodyum tuzu çözeltisi (mg/L) kullanılarak hazırlanan standart doğru grafiği.

EK C. Termal Özellikler Grafiği

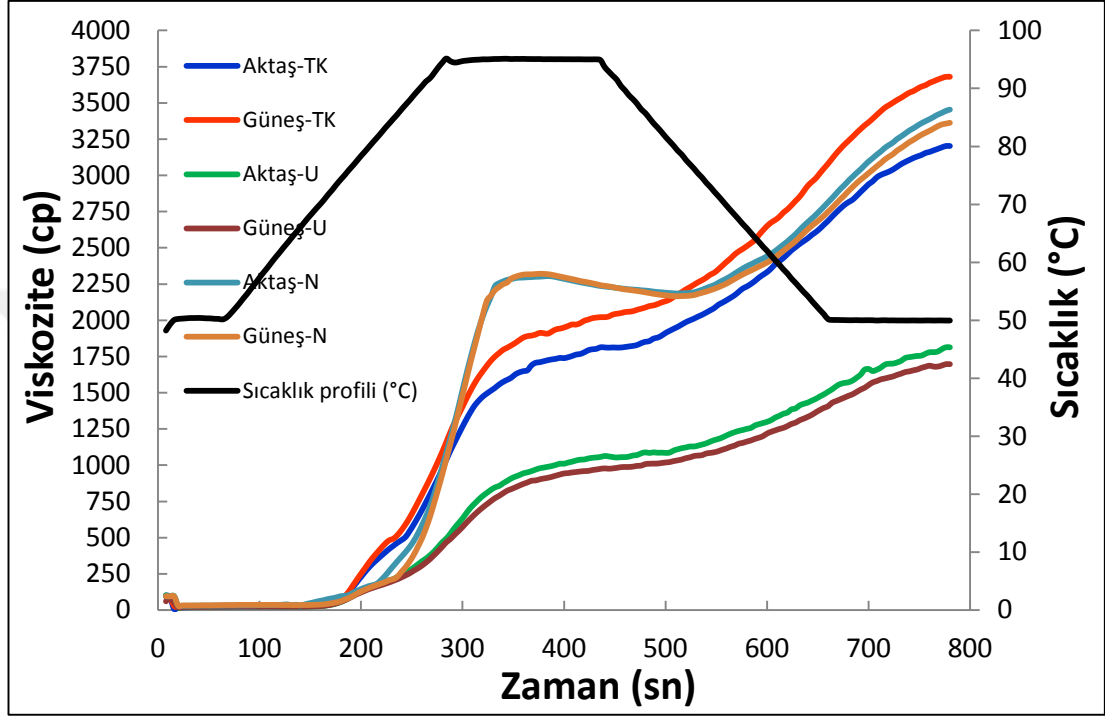
C.1. Islak öğütme işleminden elde edilen nişasta fraksiyonlarının depolanma süresince retrogradasyon entalpilerindeki (ΔH_R) değişimleri.



Şekil C.1. Islak öğütme işleminden elde edilen nişasta fraksiyonlarının (Aktaş-N ve Güneş-N) +4°C'de 15 günlük depolanma süresince retrogradasyon entalpilerindeki (ΔH_R) değişimleri.

EK D. Çişişlenme Özellikleri Grafiği

D.1. Kavuzlu tam karabuğday unları, kavuzsuz tam karabuğday unları ve ıslak öğütme işleminden elde edilen nişasta fraksiyonlarının çirişlenme özelliklerinin hızlı viskozimetre cihazında incelenmesi.



şekil D.1. Kavuzlu tam karabuğday unları (Aktaş-TK ve Güneş-TK), kavuzsuz tam karabuğday unları (Aktaş-U ve Güneş-U) ve nişasta fraksiyonlarının (Aktaş-N ve Güneş-N) çirişlenme özelliklerinin hızlı viskozimetre cihazında incelenmesi.

8. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ayşenur ARSLAN

Doğum Yeri ve Tarihi : İstanbul / 07.06.1993

Lisans Üniversite : Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Elektronik posta : aysenur.arslannn@gmail.com

İletişim Adresi : aysenur.arslannn@gmail.com

Bilimsel Yayınları :

1. Arslan A, Haros M, Gil VJ ve Fernandez ET (2016) "Quinoa Wet-Milling: Effect of Steeping on Isolation, Pasting and Thermal Properties of Starch", 2016 ICC 15th International Cereal and Bread Congress, 18-21 April 2016, İstanbul, Türkiye.