



**TÜRKİYE CUMHURİYETİ**  
**ADANA ALPARSLAN TÜRKER BİLİM VE TEKNOLOJİ**  
**ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BAZI KAVUZSUZ ARPA GENOTİPLERİNİN  $\beta$ -GLUKAN VE**  
**DİRENÇLİ NİŞASTA İÇERİKLERİ**

**DELAL ABDULLAHOĞLU**  
**YÜKSEK LİSANS**



**TÜRKİYE CUMHURİYETİ**  
**ADANA ALPARSLAN TÜRKES BİLİM VE TEKNOLOJİ**  
**ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BAZI KAVUZSUZ ARPA GENOTİPLERİNİN  $\beta$ -GLUKAN VE**  
**DİRENÇLİ NİŞASTA İÇERİKLERİ**

**DELAL ABDULLAHOĞLU**  
**YÜKSEK LİSANS**

**DANIŞMAN**  
**DR. ÖĞR. ÜYESİ MURAT REİS AKKAYA**

**ADANA 2022**

Bu tezde yer alan tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik davranışa uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu beyan ederim. Ayrıca, bu kuralların ve davranışların gerektirdiği şekilde bu çalışmaya özgün olmayan tüm bilgiler için atıf verdiğimi ve kaynak gösterdiğimi beyan ederim.

[İmza]

Delal ABDULLAHOĞLU

# ÖZET

## BAZI KAVUZSUZ ARPA GENOTİPLERİNİN $\beta$ -GLUKAN VE DİRENÇLİ NİŞASTA İÇERİKLERİ

Delal ABDULLAHOĞLU

Yüksek Lisans, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr.Öğr.Üyesi Murat Reis AKKAYA

Şubat 2022, 59 sayfa

Arpa (*Hordeum vulgare L.*) dünyadaki en önemli tahıllardan biridir. Türkiye'de arpa buğdaydan sonra üretilen ikinci önemli tahıldır. Arpanın, içerdiği ham protein, diyet lif, dirençli nişasta ve özellikle yüksek  $\beta$ -glukan oranı nedenleriyle besinsel lif olarak kullanılabileceği belirtilmiş ve gıda sanayinin çeşitli alanlarında kullanım olanakları araştırılmaya başlanmıştır.  $\beta$ -glukanın yanı sıra arpanın protein, nişasta ve B vitaminleri içeriği bakımından da zengin olması arpa bazlı ürünlerin potansiyel kullanımını artırmaktadır.

Bu çalışmada Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsünden temin edilen 2 adedi kavuzlu (Akhisar-98, Hilal) ve 12 adedi kavuzsuz (Güldeste, InbonH1-46, Övd3-108, InbonH1-25, InbonH1-49, Övd3-115, Övd3-103, Övd3-106, InbonH1-6, InbonH1-3, Övd3-124 ve Özen), 4 adedi çeşit (Güldeste, Hilal, Akhisar-98 ve Özen), 10 adedi ileri hat (InbonH1-46, Övd3-108, InbonH1-25, InbonH1-49, Övd3-115, Övd3-103, Övd3-106, InbonH1-6, InbonH1-3 ve Övd3-124) ve 3 adedi (Övd3-108, Hilal ve Özen) iki sıralı, 11 adedi (Güldeste, InbonH1-46, InbonH1-25, InbonH1-49, Övd3-115, Övd3-103, Övd3-106, InbonH1-6, InbonH1-3, Övd3-124 ve Akhisar-98) altı sıralı olan 14 farklı genotipte arpa materyali kullanılmıştır.

Arpa genotiplerinde NIRS (nem, ham protein, ham lif, ham yağ, kül ve nişasta),  $\beta$ -glukan ve dirençli nişasta analizleri yapılmıştır. Analizi yapılan kavuzlu arpa numunelerinin; nem oranı %11.46-11.57 arasında, ham protein oranı %14.37-16.11 arasında, ham lif oranı %0.07-5.72 arasında, ham yağ oranı %1.17-1.57 arasında, kül oranı %1.46-1.69 arasında, nişasta oranı %46.5-69.93 arasında,  $\beta$ -glukan oranı %4.90-5.31 arasında ve dirençli nişasta oranı %6.72-6.90 arasında tespit edilmiştir. Kavuzsuz arpa genotiplerinde ise; nem oranı %10.22-13.73

arasında, ham protein oranı %13.35-17.55 arasında, ham lif oranı %0.28-5.26 arasında, ham yağ oranı %1.16-2.91 arasında, kül oranı %0.15-1.98 arasında, nişasta oranı %57.63-71.51 arasında,  $\beta$ -glukan oranı %2.89-5.84 arasında ve dirençli nişasta oranı %6.38-8.11 arasında olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre özellikle  $\beta$ -glukan ve dirençli nişasta oranlarının kavuzsuz arpa numunelerinde kavuzlu arpa numunelerine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** arpa, kavuzsuz arpa, kalite, beta glukan, dirençli nişasta



# ABSTRACT

## **β-GLUCAN AND RESISTANT STARCH CONTENT OF SOME HULL-LESS**

### **BARLEY GENOTYPES**

Delal ABDULLAHOĞLU

M.Sc., Department of Food Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Murat Reis AKKAYA

February 2022, 59 pages

Barley (*Hordeum vulgare L.*) is one of the most important grains in the world. Barley is the second most important grain produced in Turkey after wheat. It has been stated that barley can be used as a dietary fibre due to its crude protein, dietary fibre, resistant starch and especially high  $\beta$ -glucan content, and the possibilities of its use in various fields of the food industry have begun to be investigated. In addition to  $\beta$ -glucan, the fact that barley is rich in protein, starch and B vitamins increases the potential use of barley-based products.

In this study, 2 hulled (Akhisar-98, Hilal) and 12 hull-less (Güldeste, InbonH1-46, Övd3-108, InbonH1-25, InbonH1-49, Övd3-115, Övd3-103, Övd3-106, InbonH1-6, InbonH1-3, Övd3-124 and Özen), 4 varieties (Güldeste, Hilal, Akhisar-98 and Özen), 10 forward lines (InbonH1-46, Övd3-108, InbonH1-25, InbonH1 -49, Övd3-115, Övd3-103, Övd3-106, InbonH1-6, InbonH1-3 and Övd3-124) and 3 of them (Övd3-108, Hilal and Özen) in two rows, 11 of them (Güldeste, InbonH1-46, InbonH1 -25, InbonH1-49, Övd3-115, Övd3-103, Övd3-106, InbonH1-6, InbonH1-3, Övd3-124 and Akhisar-98) six-row barley materials of 14 different genotypes were used.

NIRS (moisture, crude protein, crude fibre, crude oil, ash and starch),  $\beta$ -glucan and resistant starch analyses were performed on barley genotypes. Hulled barley samples analysed; moisture content %11.46-11.57, crude protein rate %14.37-16.11, crude fibre rate %0.07-5.72, crude oil rate %1.17-1.57, ash rate %1.46-1.69, starch rate %46.5-69.93,  $\beta$ -glucan ratio was found to be between %4.90-5.31 and resistant starch ratio between %6.72-6.90. In hull-less barley genotypes; The moisture content is %10.22-13.73, the crude protein rate is

%13.35-17.55, the crude fibre rate is %0.28-5.26, the crude oil rate is %1.16-2.91, the ash rate is %0.15-1.98, the starch rate is %57.63-71.51,  $\beta$ -glucan It was determined that the ratio of between %2.89-5.84 and the ratio of resistant starch was between %6.38-8.11. According to the results obtained, it was determined that especially the  $\beta$ -glucan and resistant starch ratios were higher in the hull-less barley samples than in the hulled barley samples.

**Keywords:** barley, hull-less barley, quality, beta glucan, resistant starch





*Bu tezi sevgili geniş aileme ithaf ediyorum.*

## TEŞEKKÜR

Tez konumun planlanmasında, araştırılmasında ve oluşumunda ilgi ve desteğini hiç esirgemeyen, tecrübelerinden yararlandığım, yanında çalışmaktan onur duyduğum ve tez çalışmam boyunca göstermiş olduğu hoşgörü ve sabırdan dolayı ayrıca en iyi şekilde rehberlik yapan tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Murat Reis AKKAYA'ya, yardımlarını hiç esirgemeyen, birçok yönleriyle bizlere yol gösteren değerli hocalarım sayın Prof. Dr. Osman KOLA'ya, Prof. Dr. Haşim KELEBEK'e, Dr. Öğr. Üyesi Ali Emrah ÇETİN'e, Prof. Dr. Mehmet Sertaç ÖZER'e, Arş. Gör. Erva PARILDI'ya ve Arş. Gör. Burçak TÜRKER'e,

Tezimdeki bazı analizlerin gerçekleştirmesinde beni yönlendiren, yardıma ihtiyacım olduğu her an benim için değerli vakitlerini ayıran ve çalışmalarına çok önemli katkıları olan Kimyager Kemal BOLAT'a ve Dr. C. Aylin OLUK'a, arpa numunelerinin temininde her türlü desteği gösteren Dr. Hasan AY'a ve Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'ne,

Eğitim hayatım boyunca benden maddi, manevi desteklerini ve dualarını hiç esirgemeyen her zaman yanımda olan sevgili geniş aileme ve arkadaşlarıma;

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Delal ABDULLAHOĞLU

Şubat, 2022

# İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xii
TABLolar LİSTESİ .....	xiii
KISALTMALAR .....	xiv
1. GİRİŞ .....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
2.1. Arpa.....	4
2.1.1. Kavuzsuz Arpa .....	7
2.2. Dünyada ve Türkiye’de Arpanın Yeri.....	8
2.3. Arpanın Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	9
2.4. Arpanın Sağlık Üzerindeki Etkisi .....	10
2.5. Arpanın Gıdalarda Kullanımı.....	11
2.6. Beta Glukan.....	11
2.6.1. $\beta$ -glukanın Gıdalarda Kullanımı.....	13
2.6.2. $\beta$ -glukanın Sağlık Üzerinde Etkileri.....	13
2.7. Dirençli Nişasta .....	14
2.7.1. Dirençli Nişastanın Vücuttaki Mekanizması.....	16
2.7.2. Dirençli Nişasta Türleri ve Bulunduğu Kaynaklar.....	17
2.7.3. Dünyada ve Ülkemizde Dirençli Nişastanın Yeri .....	19
2.7.4. Dirençli Nişastanın Fonksiyonel Özellikleri .....	19
2.7.5. Dirençli Nişastanın İnsan Sağlığına Etkileri .....	21
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	23
3.1. Malzeme.....	23
3.2. Yöntem.....	23
3.2.1. Near Infrared Spectroscopy (NIRS) Analizi .....	23
3.2.2. $\beta$ -glukan Analizi.....	24
3.2.2.1. $\beta$ -glukan Analizi Aşamaları .....	25
3.2.2.2. Sonuçların Hesaplanması .....	29
3.2.2.3. Enzim ve Çözeltilerin Hazırlanması .....	29

3.2.1.4. Kimyasallar ve Cihazlar .....	30
3.2.3. Dirençli Nişasta Analizi .....	30
3.2.3.1. Dirençli Nişasta Analizi Hazırlık Çalışmaları.....	30
3.2.3.2. Dirençli Nişasta Analizin Aşamaları.....	31
4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	36
4.1. NIRS Analiz Sonuçları (%).....	36
4.1.1. Nem Oranları (%).....	36
4.1.2. Ham Protein Oranları (%) .....	38
4.1.3. Ham Lif Oranları (%).....	39
4.1.4. Ham Yağ Oranları (%) .....	40
4.1.5. Ham Kül Oranları (%).....	41
4.1.6. Nişasta Oranları (%).....	42
4.2. $\beta$ -glukan Analiz Sonuçları (%).....	43
4.3. Dirençli Nişasta Analiz Sonuçları (%).....	46
5. SONUÇLAR .....	49
ÖNERİLER.....	50
KAYNAKLAR.....	51
ÖZGEÇMİŞ .....	<b>Hata! Yer işareti tanımlanmamış.</b>

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Bereketli hilal bölgesi .....	3
Şekil 2. Arpa tanesinin anatomisi.....	5
Şekil 3. Kavuzlu arpa .....	5
Şekil 4. Arpa tanesinin enine kesiti.....	6
Şekil 5. Kavuzsuz arpa görseli .....	7
Şekil 6. İllere göre arpa üretim.....	9
Şekil 7. $\beta$ -glukanın yapısı.....	12
Şekil 8. Amiloz ve amilopektinin yapısı .....	15
Şekil 9. Dirençli nişastanın metabolik mekanizması .....	17
Şekil 10. Dirençli nişastanın fonksiyonel özellikleri .....	20
Şekil 11. Foss NIRSystem XDS Near-Infrared Rapid Content Analyser .....	24
Şekil 12. Megazyme $\beta$ -glukan ve glukoz test kitleri.....	25
Şekil 13. UV-VIS Spektrofotometre cihazı.....	26
Şekil 14. $\beta$ -glukan analizi aşamalarına ait görseller-1 .....	27
Şekil 15. $\beta$ -glukan analizi aşamalarına ait görseller-2 .....	28
Şekil 16. Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (HPLC) cihazı .....	33
Şekil 17. Dirençli nişasta analizi akış şeması.....	34
Şekil 18. Dirençli nişasta analizi aşamalarına ait görseller .....	35
Şekil 19. Arpa numunelerine ait nem oranları (%) .....	37
Şekil 20. Arpa numunelerine ait ham protein oranları (%).....	38
Şekil 21. Arpa numunelerine ait ham lif oranları (%).....	40
Şekil 22. Arpa numunelerine ait ham yağ oranları (%).....	41
Şekil 23. Arpa numunelerine ait ham kül oranları (%) .....	42
Şekil 24. Arpa numunelerine ait nişasta oranları (%) .....	43
Şekil 25. Arpa numunelerine ait $\beta$ -glukan oranları (%).....	45
Şekil 26. Arpa numunelerine ait dirençli nişasta oranları (%).....	48

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 1. Arpanın kimyasal içeriği.....	10
Tablo 2. Buğday, arpa ve yulafta çözünür ̢-glukan oranları.....	12
Tablo 3. Dirençli nişasta tipleri, sindirimi ve buldukları besin kaynakları.....	18
Tablo 4. Bazı ülkelerin dirençli nişasta tüketim miktarları.....	19
Tablo 5. Arpa materyalinin özellikleri.....	23
Tablo 6. NIRS sisteminde hububat kalibrasyon istatistikleri.....	24
Tablo 7. Arpa genotiplerine ait NIRS analiz sonuçları.....	36
Tablo 8. Arpa numunelerine ait ̢-glukan oranları.....	44
Tablo 9. Bazı tahıllarda bulunan ̢-glukan oranları.....	46
Tablo 10. Arpa genotiplerine ait dirençli nişasta oranları.....	47

## KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AOAC	: Uluslararası Amerikan Resmi Analitik Kimyacıları Birliği
ARGE	: Araştırma ve Geliştirme
DN	: Dirençli Nişasta
EDN	: Enzime Dirençli Nişasta
EFSA	: European Food Safety Authority (Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi)
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
FDA	: U.S. Food and Drug Administration (Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi)
GI	: Gastrointestinal inflamasyonun
GOPOD	: Glikoz Oksidaz /Peroxidaz
HCl	: Hidrojen Klorür
HPLC	: Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
ICARDA	: Uluslararası Tarımsal Araştırmalar Merkezi
MÖ	: Milattan Önce
NaOH	: Sodyum hidroksit
TMO	:Toprak Mahsulleri Ofisi
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
USDA	: Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı

# 1. GİRİŞ

Değişen dünya koşulları, son yıllarda gelişen teknolojiler, çevre kirliliğinin artması, günlük hayatta yaşanan stresin artması ve fonksiyonel gıdalara artan talep ile birlikte insanların beslenme alışkanlıkları son yıllarda önemli ölçüde değişmiştir. Bu gelişmeler insanların beslenme ve sağlık koşullarına daha çok dikkat etmesini gerektirmektedir. Fonksiyonel özelliklerinden dolayı kavuzsuz arpa, karabuğday, çavdar, yulaf vb. tahıllar araştırmalar için daha çekici hale gelmiştir. Son yıllarda düşük kalorili, az yağlı düşük kolesterolü ve lif içeriği yüksek gıdalara olan talep de artmıştır. Bu nedenlerden dolayı bütün ülkelerin ekonomilerinde tarımın özel bir yeri vardır. İnsan yaşamının doğrudan ya da dolaylı olarak bitkilere bağlı oluşu, tarımı çok önemli bir uğraşı alanı haline getirmiştir.

Yaygın tahıllar arasında arpa, düşük glisemik indeksli bir besindir. Tahıllar içerisinde buğdaydan sonra gelen en eski kültür bitkisinden olan arpa, dünya tahıl üretimi içerisinde buğday, çeltik ve mısırdan sonra dördüncü sırada yer almaktadır (Ay ve ark., 2018; Eğilmez, 2021). Türkiye’de ise buğdaydan sonra ikinci sıradadır (Taş ve Salan, 2017). İnsanoğlunun işleyerek tükettiği ilk tarımsal ürünlerden biri olan arpa, yaklaşık 10.000 yıllık ziraat süresince yalnızca belli alanlarda kullanılmıştır (Arslantaş ve ark., 2002). Önceleri arpa insan beslenmesinde kullanılmış, ancak kısmen buğday ve pirincin öne çıkması nedeniyle tüketimi öncelikle yem, malt ve tahıl demlenmesine dönüşmüştür (Egbert, 2008). Günümüzde hayvan beslenmesinde ve bira sanayinde olmak üzere başlıca iki amaçla yetiştirilmektedir (Kün, 1988). Dünyada üretilen arpanın yaklaşık %67’si yem, %21’i sanayi amaçlı kullanılmaktadır. Gıda olarak kullanımı ise arpa tüketiminin %5’ini oluşturmaktadır (Eğilmez, 2021).

Tam tahıl arpa nişasta, mineral, besinsel lif, vitamin, fenolik maddeler, antioksidan, lignin ve çok az doymuş yağ asidi içermesi açısından önem taşımaktadır. Bu besleyici bileşenler tane içerisine düzgün bir şekilde dağılmamış olup en çok embriyo ve kepek kısmında bulunmaktadır. Ayrıca bu bileşenlerin kalp, yüksek kolesterol, tip 2 diyabet, kanser, bağırsak, yüksek kan basıncı ve obezite gibi hastalık risklerini azaltıcı etkilerinin olduğu bilimsel çalışmalarla ortaya konmuştur (Köten, 2010).

Arpa tanesi, yaklaşık olarak %7.5-15 ham protein ve %75 oranında da hazım olunabilir besin maddesi içermekte olup, çok iyi bir besin kaynağıdır (Akdeniz ve ark., 2003). Yemlik olan arpalarda protein oranı yüksek olan arpalar tercih edilmektedir. Kavuzun fazla olması besleyicilik değerini düşürür. Arpanın kullanıldığı önemli alanlardan biri de malt sanayisidir.

Bira üretimi için gerekli olan malt iki sıralı beyaz arpalardan elde edilmektedir. Yemlik çeşitlerin aksine, biralık arpalarda protein oranının %9.0-10.5 gibi düşük düzeylerde olması gereklidir (Karahocagil ve Ege, 2004).

Çoğu arpa tanesinin toplam  $\beta$ -glukan içeriği, tane ağırlığına göre %2 ila %11 arasında değişmekle beraber genellikle %4 ila %7 arasındadır. Bazı genotiplerde %13 ila %17'ye kadar yüksek  $\beta$ -glukan düzeyi rapor edilmiştir. Yemlik ve altı sıralı arpalar, maltlık ve diğer iki sıralı çeşitlere göre biraz daha düşük  $\beta$ -glukan seviyelerine sahip olabilir (Jadhav ve ark., 1998).

İnsan vücuduna alınan nişastanın, incebağırsakta tam olarak sindiriminin gerçekleşmediği görülmüş, enzimatik hidrolizden sonra bazı nişastaların sağlam kaldığı tespit edilmiş ve sindirilemeyen bu nişasta dirençli nişasta olarak adlandırılmış ve fonksiyonel özellikte olan dirençli nişastaya ilgi artmıştır. İleostomi alanında yapılan çalışmalarda da mide ve bağırsakta sindirime direnç gösteren nişasta kalıntılarının var olduğu doğrulanmıştır. Yapılan çalışmalarda bu nişastaların kalın bağırsakta fermente edilebilir olduğu açığa çıkarılmıştır (Hendek-Ertop ve Hayta, 2015).

Geçmişte yoğun olarak insan beslenmesinde kullanılan arpa günümüzde de birçok ülke tarafından insan gıdası amacıyla tüketilmektedir. Kavuzsuz arpanın una işlenmesi sırasında kavuz ayırmaya ihtiyaç duymaması gıda sanayisinde kullanımı açısından en önemli avantajlarından biridir. Kavuzsuz arpanın yüksek oranda  $\beta$ -glukan içermesi, doyurucu ve enerji verici bir tahıl olması, çözünen ve çözünmeyen besinsel lif oranlarının yüksek olması ve yüksek oranda dirençli nişasta içermesi son zamanlarda insan gıdası olarak kullanımını arttırmıştır. Kavuzsuz arpaların, ekmek yapımında kullanımı, makarna, erişte gibi gıda maddelerine farklı oranlarda karıştırılarak kullanımı, hali hazırda mevcut kullanım alanlarından biridir (Sayim ve ark., 2018).

Literatürde genellikle arpanın bira ve malt üretim teknolojileri üzerine yapılan araştırmalara rastlanmaktadır. Kavuzsuz arpanın kalitesi üzerine yapılan çalışma sayısı ise oldukça azdır. Bu çalışma ile bazı kavuzlu ve kavuzsuz arpa genotiplerinin besin değerlerinin yanı sıra  $\beta$ -glukan ve dirençli nişasta oranlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, bu çalışma ile gıdaların çeşitlendirilmesinde ve besin değerlerinin artırılmasında arpayı kullanacak olan araştırmacılara veri sağlanması da amaçlanmıştır.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Arpa (*Hordeum vulgare* L.) çok eski zamanlardan beri insanlar tarafından gıda olarak kullanılmaktadır. Ortadoğu'nun Bereketli Hilalindeki ilk tarımı yapılan tahıllarından biri olan arpa, milattan önce (MÖ) 8000 yıllarında vahşi ataları olan *Hordeum spontaneum*'dan ıslah edilmiştir. Arkeolojik kanıtlar arpa yetiştiriciliğini Mısır'da MÖ 5000, Mezopotamya'da MÖ 2350, kuzeybatı Avrupa'da MÖ 3000 ve Çin'de MÖ 1500 olarak tarihlendirmektedir. Genetik çalışmalar Tibet'in arpa için bağımsız, ilave bir ıslah merkezi olduğunu da göstermektedir (Anonim, 2020; Sun ve ark., 2013).

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)'nün Orta Doğu Kurak Alanlarda Uluslararası Tarımsal Araştırmalar Merkezi (ICARDA), Halep, Suriye ve Dünya'daki diğer araştırma merkezlerinden toplanan arpa genotiplerini arkeolojik veriler ile karşılaştırmış ve Bereketli Hilalin (Şekil 1) arpanın gen merkezi olduğu sonucuna varmıştır. Bu arpanın kökeni ile ilgili en önemli ve kabul gören teoridir (Marwat ve ark., 2012). Bununla birlikte ticari değeri buğdaydan az olmasına rağmen, yağış miktarının çok düşük ve düzensiz olduğu bölgelerde tarımının yapılabilmesi değerini artırmaktadır. Tuzlu topraklara buğdaydan daha toleranslıdır ve çok soğuk koşullarda dahi gelişebilmektedir (Kendal, 2012).



Şekil 1. Bereketli hilal bölgesi

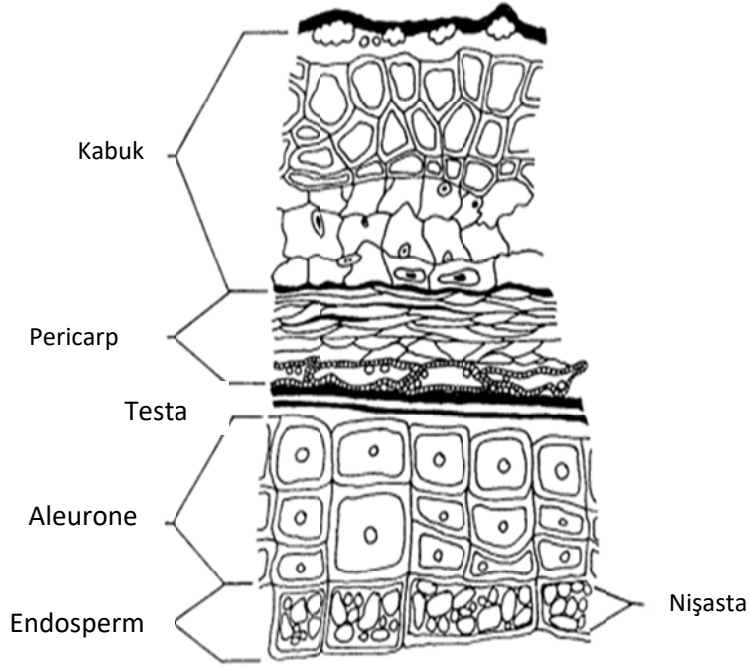
Arpa, eski Yunan kültüründe temel bir ekmek hammaddesi olmasının yanı sıra, güçlerinin çoğunu arpa içeren diyetlere bağlayan gladyatörler için önemli bir yemek olmuştur. Eski Yunanlılar gastrointestinal inflamasyonun (GI) tedavisi için tahıllardan elde edilen müsilajı kullanmışlardır. Ayrıca Romalı gladyatörler verdiği güç için arpayı onurlandırma geleneğini

sürdürmüşlerdir (Marwat ve ark., 2012). Romalı gladyatörler, enerji seviyelerini artırmak için arpa yemekten dolayı “hordearii” veya “arpa adamları” olarak da anılmışlardır (Egbert, 2008).

Arpa hayvan beslenmesine ek olarak, kıtlık ve savaş yıllarında insan beslenmesinde kullanılmış ve özellikle kırsal kesimde belli oranda buğday ekmeğine lezzet katmak adına yetiştiriciliği yapılmıştır. Bu bağlamda kavuzsuz arpalar özellikle tercih edilmiş ve bu arpalara yerel olarak “Peygamber Arpası, Göyneksiz arpa” gibi adlar verilmiştir. Nitekim son yıllarda batı ülkelerinde bu konuda çok yoğun ARGE çalışmaları yürütülmektedir. Ayrıca, Osmanlı İmparatorluğu döneminde özellikle şehirlerde “malt usaresi” tedavi edici olarak sıvı halde tüketilmiştir. Türkiye, genetik çeşitliliği, engin arpa tarımı kültürü ile eskiden beri dünyanın önemli arpa üreticisi ülkelerinden birisi olma özelliğini sürdürmektedir (Anonim, 2015).

## 2.1. Arpa

Arpa (*Hordeum vulgare* L.), dünya genelinde yem ve gıda endüstrisi tarafından büyük ölçüde kullanılmaktadır. Bu tahıl protein açısından oldukça zengin olmasının yanı sıra tüketildiğinde yüksek enerji sağlayan nişastayı da büyük oranda içerir. Bu da arpa tanesini özellikle çiftlik hayvanlarının beslenmesi için oldukça değerli kılar (Deckardt ve ark., 2013). Arpa bitkisi ilkbahar ve yaz aylarında çiçek açar. Bitkideki her düğüm üç çiçek üretir. Arpanın botanik olarak iki tipi vardır. Bunlar başak eksenindeki başakçıkların tane bağlama özelliğine göre iki sıralı (*H. distichum* = *H. vulgare* convar. *distichum*) ve altı sıralı (*H. Hexastichum* = *H. vulgare* convar. *hextastichum*) arpalarıdır (Akar ve ark., 2004; Arslantaş ve ark., 2002). Genel olarak altı sıralı arpa, iki sıralı arpadan daha fazla protein ve enzim içeriğine sahiptir (Egbert, 2008). Arpa ülkemizde doğrudan insan beslenmesinde kullanılmasa da, malt ürünleri ve hayvan yemi olarak dünyanın gıda arzında önemli bir yer tutmaktadır (Jadhav ve ark., 1998). Arpa tanesinin anatomisi Şekil 2’de (Kent, 1983), kavuzlu arpa ise Şekil 3’te görülmektedir.



**Şekil 2.** Arpa tanesinin anatomisi



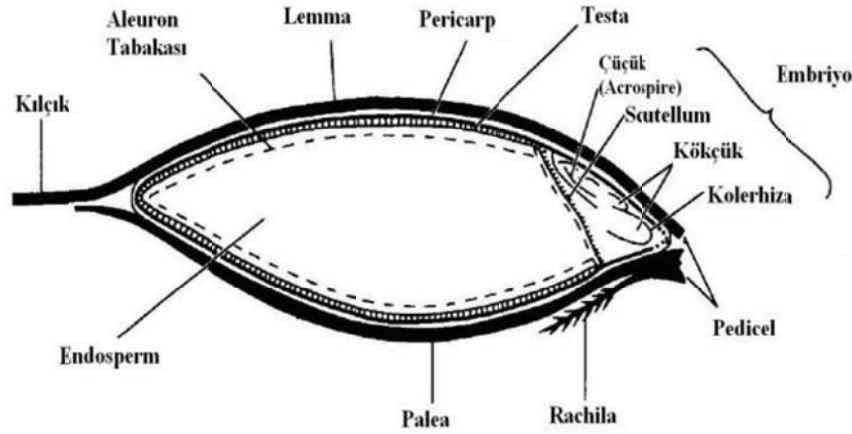
**Şekil 3.** Kavuzlu arpa

Bugün dünyada küresel olarak ekimi yapılan arpanın %65'i hayvan yemi olarak, %33'ü maltlık olarak bira ve viski yapımı, %2'si de insan besini olarak gıda endüstrisinde kullanılmaktadır. Ülkemizde ise tüketimin %90'ı hayvan yemi olarak, kalan kısmı maltlık olarak bira sanayinde ve gıda endüstrisinde kullanılmaktadır (Akar ve ark., 2004; Kılınç ve ark., 1992; Şehitoğlu, 2007). Arpa çiftçi sınıfının iyileşen koşulları ve buğday endüstrisinin büyümesi ve gelişmesi nedenleriyle zamanla gıda tahılı olarak gözden düşse de, çözünür diyet lifi ve diğer tam tahıl bileşenlerinin sağladığı sağlık yararları hakkında artan tüketici bilgisi ile

arpalı gıdaların insan diyetinde yeniden önemli bir yer kazanma şansı yakalamıştır (Newman ve ark., 1990).

Arpadan elde edilen malt şurubu; ekmekçilikte, şekerlemede, dokuma endüstrisinde, yatıştırıcı etkisi nedeniyle tıpta, maltlı süt, alkol, sirke ve maya yapımında kullanılmaktadır. Bununla birlikte, günümüzde dahi Asya ve Kuzey Afrika gibi ülkelerde en önemli gıda kaynağı olarak kullanılmaya devam etmektedir (Köten ve ark., 2013; Şehitoğlu, 2007 ).

Serin iklim tahılları içerisinde buğdaydan sonra en çok ekimi yapılan arpa, tahıllar içerisinde en çok kardeşlenen tür olup, 5-8 kardeş oluşturmaktadır. Arpa tanesi yaklaşık 8-12 mm uzunluk, 3-4 mm genişlik ve 2-3 mm kalınlıktadır (İmamoğlu ve Sarı, 2018). Arpa tanesinin enine kesiti Şekil 4'te görülmektedir (Candan, 2009).



**Şekil 4.** Arpa tanesinin enine kesiti

Kültür bitkisi olarak arpa, tane yapılarına göre kavuzlu ve kavuzsuz olmak üzere iki ana kategoriye ayrılır. Arpa tanesinin buğday tanesinden farkı iç kavuz olarak bilinen tabakanın taneye sımsıkı yapışık olmasıdır. Bu yüzden arpa tanesi kavuzlu tane olarak bilinir. Bunun yanı sıra kavuzsuz tane veren arpa çeşitleri de bulunmaktadır (Karaduman, 2018). Kavuzsuzluk arpada 7H kromozomunun üzerindeki tek bir gen ile, resesif 'nud' geni tarafından kontrol edilmektedir (Yalçın ve Çelik, 2006).

1970 yılında Kanada'da Saskatchewan SK Üniversitesinde, arpa embriyo plazmasının beslenme kalitesi üzerine yapılan çalışmalar sırasında kavuzsuz arpa yeniden keşfedilmiştir (Bhatty ve Rossnagel, 1998). Kanada'da bu ve ardından gelen buluşlar pek çok kavuzsuz arpa çeşidinin geliştirilme çalışmalarında etkili olmuştur. Geliştirilen bu çeşitler; 2 veya 6 sıralı, düşük veya yüksek  $\beta$ -glukan içerikli, düşük veya yüksek asit ekstrakt viskoziteli ve mumsu

(waxy) veya normal nişastalı, düşük ve yüksek protein ve yüksek nişastalı (CDC gainer) veya az miktarda kavuzlu (CDC freedom) olabilmektedir (Karaduman, 2018).

### 2.1.1. Kavuzsuz Arpa

Kavuzsuz arpalarda, kavuz harman sırasında taneden kendiliğinden ayrılmaktadır. Kavuzsuz arpanın una işlenmesi sırasında kavuz ayırmaya ihtiyaç duyulmaması gıda sanayinde kullanımı açısından en önemli avantajlarından biridir. Buna ek olarak, kavuzsuz arpalar kavuzlu arpalardan aksine değirmenlerdeki ipek eleklerle zarar vermemektedir (Sayim ve ark., 2018). Bu özellik malt ve bira sektöründe de büyük kolaylıklar getirmektedir (Karaduman, 2018). Kavuzsuz arpa hayvan yemi ve malt endüstrisinde kullanılmasının yanı sıra insan beslenmesinde ve gıda sektöründe de kullanılabilir.

Arpalarda bulunan başlıca iki unsur protein ve nişasta iken, kavuzsuz arpalarda ise toplam ve çözünür  $\beta$ -glukan kavuzlu arpaya oranla daha çok bulunabilmektedir. Birçok gıda ürünü için kavuzsuz arpa, konvansiyonel buğday öğütme teknikleri ile öğütülüp kepek ve una işlenebilmektedir (Yalçın ve Çelik, 2006). Bunun yanı sıra ekmek, bisküvi, kek ve erişte üretiminde %5-10 oranında buğday ununa kavuzsuz arpa unu katılabilmektedir (Bhatty, 1986). Gıda endüstrisi, insan beslenmesinde düşük ham lif içeriği ve kolayca sindirilebilir protein içeriğinden dolayı, besin değeri daha yüksek olan kavuzsuz arpayı kavuzlu arpaya göre daha çok tercih etmektedir (Sayim ve ark., 2018). Kavuzsuz arpa görseli Şekil 5'te görülmektedir.



**Şekil 5.** Kavuzsuz arpa görseli

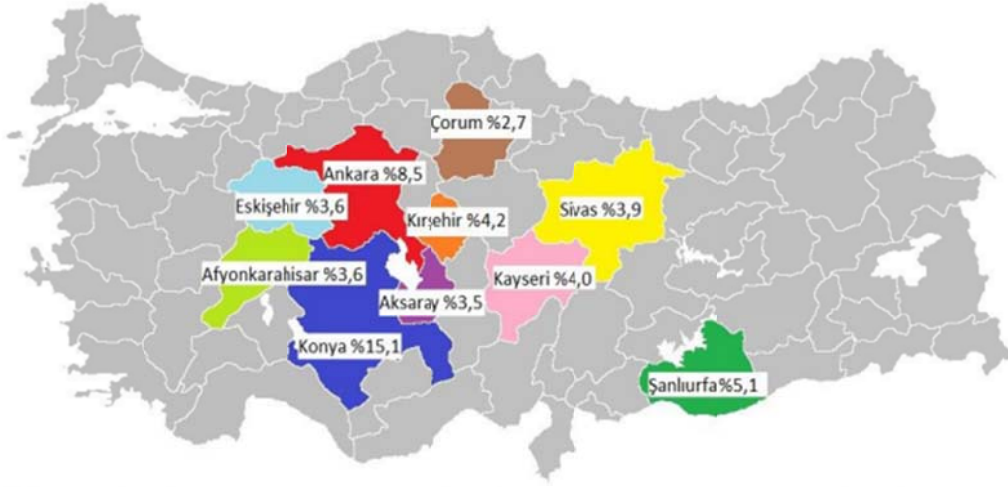
Ülkemizde de Ankara'da bulunan Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü tarafından yazlık ve kışlık ilk kavuzsuz arpa çeşidi tescil edilerek tohumluk üretimine başlanmıştır.

Hatta, aynı kurumun destekleri ile bu çeşitlerden elde edilen unun katkı olarak kullanıldığı arpa unu katkılı buğday ekmeği Ankara’da 2013 yılı itibariyle ticari olarak üretilmeye ve pazarlanmaya başlanmıştır (Sayim ve ark., 2018).

Ülkemizde ticari anlamda ilk olarak Ankara Büyükşehir Belediyesi Halk Ekmek Fabrikası %30 kavuzsuz arpa unu içeren “Kavuzsuz Arpalı Ekmek” üretmiştir. Sandviç ekmeği boyutunda olan kavuzsuz arpalı ekmek, 14 Kasım 2013 tarihinden itibaren 100 gram olarak satışa sunulmaya başlanmıştır. Bunun yanında Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü tarafından kavuzsuz arpa çeşitlerinin tanıtımı ve kullanım olanakları hakkında bisküvi ve un sektörüne yönelik tanıtım sunumları ve tanıtım ziyaretleri de gerçekleştirilmiştir (Sayim ve ark., 2018).

## **2.2. Dünyada ve Türkiye’de Arpanın Yeri**

Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı (USDA) verilerine göre dünya arpa ekim alanında 2019/20 döneminde son yedi dönemde olduğu gibi Avrupa Birliği (AB) %21.7 ile en büyük paya sahiptir. AB’den sonra sırasıyla %16.4 ile Rusya, %7.9 ile Avustralya, %7.4 ile Türkiye ve %5.3 ile Kanada gelmektedir. Bu beş ülke dünya arpa ekim alanının yaklaşık %58.7’sini oluşturmaktadır (Eğilmez, 2021). Türkiye’de 2020 yılında 8.3 milyon ton olan arpa üretiminin ise 2021 yılında %30.7 azalışla 5.75 milyon ton olarak gerçekleşeceği tahmin edilmektedir (TMO, 2021). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre 2020 yılı Türkiye arpa üretiminin %93’ü diğer (yemlik) arpa, %7’si maltlık arpa olarak gerçekleşmiştir. 2020 yılında bir önceki yıla göre maltlık arpanın üretimi %50, yemlik arpanın üretimi %6.9 artmıştır (Eğilmez, 2021). Geniş bir adaptasyon yeteneğine sahip olan arpa ülkemizde hemen bütün bölgelerde yetişmektedir (Akman ve Kara, 2007). 2019 yılı TÜİK verilerine göre Türkiye’nin tüm bölgelerinde yetiştirilmekle birlikte en fazla arpa üretimi %50.4 ile İç Anadolu bölgesinde, %12.5 ile Ege bölgesinde, %12 ile Güneydoğu Anadolu bölgesinde yapılmıştır. 2019 yılı arpa üretiminde Konya 1.1 milyon ton (%15.1) ile birinci sırada yer alırken, Ankara 650 bin ton (%8.5) ile ikinci, Şanlıurfa ise 386 bin ton (%5.1) ile üçüncü sırada yer almıştır (Şekil 6). Arpa üretimi 2019 yılında bir önceki yıla göre %8.6 oranında artarak 7.6 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. TÜİK Bitkisel Üretim İstatistiklerine göre 2019 yılında 7.6 milyon ton olan arpa üretimi, 2020 yılında %9.2 oranında artarak 8.3 milyon tona ulaşmıştır (TÜİK, 2020).



Şekil 6. İllere göre arpa üretim

### 2.3. Arpanın Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Arpa tanesi temiz, parlak sarı-beyaz, dolgun, ince kabuklu, orta sert ve üniform boyutta olup, genellikle gıda amaçlı kullanıma uygundur. Tüketicilerin ve gıda üreticilerinin parlak beyaz renkli sedefli tahıl ve öğütülmüş unlara yönelik genel tercihleri göz önüne alındığında, ürünlerin beyazlığı arpanın gıda kullanımı için en kritik özelliklerinden birisidir. Buğdayın aksine, arpa kepeği valsli öğütme işlemi sırasında kolayca parçalanır, bu da kepek parçacıkları içermeyen beyaz un üretmeyi son derece zorlaştırır. Buna göre, arpa unu genellikle görünür kepek partikülleri içerir (Baik ve Ullrich, 2008).

Arpa bileşiminde kuru maddede yaklaşık %9-14 protein, %52-72 nişasta ve nişasta olmayan polisakkarit olmak üzere sırayla %4-6 selüloz/lignin, %3-6  $\beta$ -glukan ve %4-7 arabinoksilan bulunmaktadır. Arpa antioksidan olarak etki eden tokotrienol ve tokoferollerin bütün izomerlerini ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  ve  $\delta$ ) içermektedir. Ayrıca arpa B vitaminlerinden özellikle tiamin, pridoksin, riboflavin ve pantotenik asit kaynağıdır (Altan ve ark., 2006; Baik ve Ullrich, 2008; Köten ve ark., 2013). Arpanın kimyasal içeriği Tablo 1'de görülmektedir.

**Tablo 1.** Arpanın kimyasal içeriği

Nem (%)	Protein (%)	Lif (%)	Yağ (%)	Kül (%)	Nişasta (%)	$\beta$ -glukan (%)	Dirençli Nişasta (%)	Selüloz (%)
9.5-13.2	12.1-18.2	2.5-11.8		0.93-2.0		2.40-5.0	0.26-0.4	Ermişer ve Yalçın, 2021
11.2-12.8	12.7-14.2			1.43-1.89		4.22-5.7		Türker, 2020
	10-13	1.4-5.0	1-2.2		73.9-78	3.9-4.1		Shavetave ark., 2019
	12.2-16.5			1.6-2.8	53.7-60.7	4.8-5.7		Karaduman, 2018
							5.38	Shen ve ark., 2016
10.7-11.9			1.90	0.86-1.31		2.80-4.28		Erkan ve ark., 2006
9.91	15.27			0.76		4.88		Golzari, 2015
	8-17		2-3	1.5-3.0	65-68	3.6-9.0		1.4-5.0 Arendt ve Zannini, 2013
	9-14				52-72	3-6		4-6 Köten ve ark., 2013
13.1				1.45				Gupta ve ark., 2011

Arpa, B grubu vitaminler açısından zengindir ve demir, çinko, magnezyum, selenyum ve bakır da dahil olmak üzere iyi bir eser element kaynağıdır. Sağlık yararları ile ilişkili diğer bileşenler arasında tokotrienol, lignan, fitoöstrojen, fenolik bileşikler ve fitik asit bulunmaktadır (Marwat ve ark., 2012). Arpadaki antioksidanlar, vücut hücreleri oksijen kullandığında oluşan serbest radikalleri toplayarak oksidatif hasar oranını yavaşlatmaya yardımcı olmaktadır (Egbert, 2008).

#### 2.4. Arpanın Sağlık Üzerindeki Etkisi

Arpanın buğday ve yulafa göre daha çok çözünebilir life sahip olduğu ortaya konulmuş ve bunun da kolesterolü düşürücü etki yapması sebebiyle arpa ununun (özellikle kavuzsuz arpa) ekmek katkı maddesi olarak kullanılmasında büyük ilgiye neden olduğu ifade edilmiştir (Şehitoğlu, 2007). Yine artan kalp hastalıkları riski ile ilişkili olan düşük yoğunluğa sahip lipoprotein (LDL)'in etkisinin buğdayla karşılaştırıldığında daha yüksek oluşu arpa ununun insan beslenmesinde mükemmel bir katkı maddesi olarak önemini artırmaktadır (Akar ve ark., 2004). Bugün arpa unu ancak bazı ülkelerde buğday unu içerisinde %8-10 oranında katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Arpa ununda gluten bulunmaması ve unundan elde edilen ekmeğin esmer olmasından dolayı arpanın undaki katkı payı bu oranla sınırlandırılmıştır (Şehitoğlu, 2007).

Arpanın yüksek lif içeriğine sahip olması diğer doğal faydalarından birisidir. Arpa hem çözünür hem de çözünmez liflere sahiptir. Çözünür lif kan kolesterolünü düşürmede etkilidir ve kalp

hastalığı riskini azaltabilir. Ayrıca, çözünür lif şeker emilimini yavaşlatmakta ve tip 2 diyabet geliştirme riskini azaltmakta faydalıdır. Arpada bulunan çözünmeyen lif, kolon kanseri gibi bazı kanser riskini azaltmaya yardımcı olmaktadır. Az yağlı ve yüksek lifli besin olmasının yanı sıra, arpada sağlık üzerine olumlu etkileri olan birçok vitamin ve antioksidan da bulunmaktadır (Egbert, 2008).

## **2.5. Arpanın Gıdalarda Kullanımı**

Arpa tüketiminin beslenme ve sağlık üzerine yararları hakkında çok şey bilinmesine karşın, işleme ve gıda ürünü/içerik geliştirme açısından arpa tanesi bileşenlerinin işlevselliği hakkında çok daha az şey bilinmektedir. Lif, renk, doku, sertlik vb. dahil olmak üzere tanenin fiziksel ve kimyasal özellikleri, arpanın gıda amaçlı kullanımı için fırsatlar ve zorluklar sunar. Örneğin, arpanın lif özellikleri tüketicilere sağlık açısından fayda sağlarken, arpanın öğütülerek un haline getirilmesi buğdaydan daha zordur. Ayrıca renk gelişimi ve dinamikleri arpa ile çalışmayı pirinçten daha zor hale getirmektedir. Bununla birlikte arpa, pek çok mayasız fırınlanmış üründe buğdayın, pişmiş cilalı pirincin ve soğuk ve sıcak kahvaltılık tahıllarda yulaf ve mısırın yerini kısmen veya tamamen alabilir. Özellikle tam tahıllı ekmekek ve kahvaltılık tahıl ürünlerinde arpa kullanımında artış eğilimi vardır (Ames ve ark., 2006).

Batı ülkelerinde arpa her geçen gün bir gıda maddesi olarak popülerlik kazanmaktadır. Arpadan kahvaltılık tahıl ürünleri, arpa unundan ekmekek, bisküvi, kek, yufka türü ekmekekler yapılmakta ve arpa unu kıvam arttırıcı olarak kullanılmaktadır. Kavuzsuz arpa çorbalar, yahniler, yulaf lapası ve sosislerde; gıda maltı ve malt ekstraktı fermente arpa ürünleri, kraker, çeşitli ekmekeklerde veya bebek mamalarında kullanılmakta ve bu bahsedilen ürünlerin yanı sıra arpadan yeni gıdaların üretilmesi için çalışmalar devam etmektedir (Arslantaş ve ark., 2002; Bhattı, 1993; Marwat ve ark., 2012).

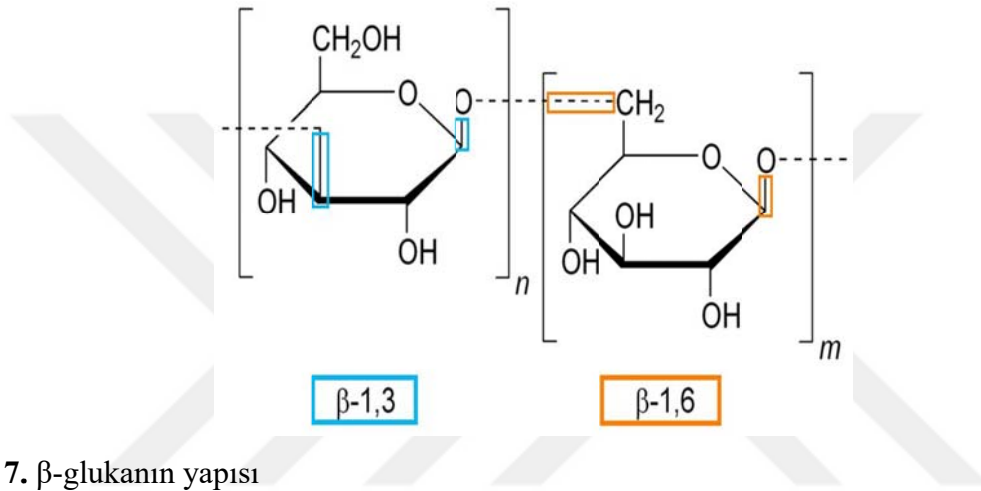
Ames ve ark. (2006), arpa unu ekmeğinin dokusal özelliklerinin buğday unu ekmeğine kıyasla tüketici tarafından olumlu kabul edildiğini bildirmiş ve arpa unu ekmeğinin pazarlanabilirliğini belirtmişlerdir.

## **2.6. Beta Glukan**

Beta-glukan ( $\beta$ -glukan) bir polisakkarittir. Arpa, yulaf ve çavdar gibi tahıllarda hücre duvarı unsuru olarak bulunur (Kale ve Bingöl, 2014).  $\beta$ -glukanlar polisakkarit zincirinde  $\beta$ -1,3,  $\beta$ -1,4 veya  $\beta$ -1,6 glikozidik bağlarla birbirine bağlanmış D-glikoz monomerlerinden oluşur (Şekil 7)

(Candan, 2009; Şimşekli ve Doğan, 2012). Temel olarak moleküler kütleleri, çözünürlükleri, viskoziteleri ve üç boyutlu şekilleri bakımından heterojen olan bir polisakkarit ailesinden oluşurlar (Jadhav ve ark., 1998; Özaydın, 2014).

$\beta$ -glukan, arabinoksilan gibi pentozanların suda çözünen kısımları, diğer bileşiklerle bağ oluşturarak bağırsaktan emilimi ve akışkanlığı azaltmakta, ayrıca fazla miktarda metan ve bütirik asit üreten anaerob mikroorganizmaların üremesi için uygun bir ortam oluşturmaktadır (Alp ve ark., 1998).



Şekil 7.  $\beta$ -glukanın yapısı

Yaygın olarak bitkilerde selüloz, tahıl tohumlarında kepek, ekmek mayasının hücre duvarı, bazı fungus, mantar ve bakterilerde bulunurlar.  $\beta$ -glukan yulaf ve ekmek mayasından elde edilebilir. Tahıl temelli  $\beta$ -glukanlar suda çözünme özelliklerinden dolayı insan beslenmesinde çözünür lif desteği olarak önemli rol oynarlar. Bununla birlikte  $\beta$ -glukan, tahılın teknolojik kullanımını üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Özaydın, 2014; Saulnier ve ark., 1993).

Tablo 2. Buğday, arpa ve yulaf ta çözünür  $\beta$ -glukan oranları

Tahıl	Bütün Kısım (%)	Kavuzsuz (%)	Kepek (%)
Buğday	0.39	0.42	1.38
Arpa	3.95	4.14	5.28
Yulaf	2.66	3.16	7.48

$\beta$ -glukan yulaf, arpa ve buğday gibi tahıllarda çoğunlukla alöron ve endosperm hücre duvarında bulunan nişasta olmayan bir polisakkarittir. Ayrıca arpa ve yulaf ta en önemli çözünür besinsel lif bileşenidir. Diğer tahıllarla karşılaştırıldığında arpa ve yulaf oldukça yüksek oranda  $\beta$ -glukan içermektedir (Tablo 2). Bu oran arpada %5-11, yulaf ta %3-7 ve buğdayda yaklaşık %1 kadardır. Yıllardan beri özellikle bira endüstrisindeki öneminden

dolayı arpa  $\beta$ -glukanları en çok çalışılan  $\beta$ -glukanlar olmuştur (Baik ve Ullrich, 2008; Köten, 2010).

### **2.6.1. $\beta$ -glukanın Gıdalarda Kullanımı**

$\beta$ -glukanın erişte, fırın ürünleri, kek ve pastalar, makarna, müsli, çorbalar, salata sosları, içecekler, düşük yağlı süt ve et ürünleri gibi çeşitli ürünlere katılması ürünlerin niteliklerinde değişikliklere neden olmaktadır. Ekmek yapım performansının, su bağlama, emülsiyon, stabilizasyon kapasitesi, kabarma yeteneği, tekstür, konsantrasyon, molekül ağırlığı ve polisakkarit yapısı ile ilişkili olduğu görülmektedir (Havrlentova ve ark., 2011).

$\beta$ -glukanlar besin değerini artırmanın yanı sıra ürünün duyusal ve tat özelliklerini de geliştirirler. Ayrıca  $\beta$ -glukanlar gıda endüstrisinde gıda yüzeylerinde geçirgen olmayan kaplama amacıyla da kullanılabilir. Mevcut araştırmalar dondurulmuş süt ürünlerinde kristalizasyonu ve rekristalizasyonu düzenleyici olarak lif kaynaklarının uygulanmasını teyit etmektedir (Havrlentova ve ark., 2011; Limberger-Bayer ve ark., 2013). Arpa tüketimini artırmak,  $\beta$ -glukan alımını da artırır ve kişinin sindirim sistemine daha fazla çözünür lif sağlar (Egbert, 2008).

Düşük konsantrasyonda  $\beta$ -glukan yüksek viskoziteye ilişkin mükemmel reolojik özellikleri sayesinde hidrokolloit formunda veya mikropartiküllü toz şeklinde kullanılan polisakkarit türünde gıda katkı maddesidir (Havrlentova ve ark., 2011). Yiyecek ve içecek endüstrisi açısından viskozite  $\beta$ -glukanların en önemli fiziksel özelliklerinden biridir (Jadhav ve ark., 1998).

### **2.6.2. $\beta$ -glukanın Sağlık Üzerinde Etkileri**

$\beta$ -glukanın bilinen birçok faydası vardır. İmmun sistemi uyarmak ve güçlendirmek başta olmak üzere, anti-tümör etki, radioprotektif etki, enfeksiyonlara karşı direnç artırıcı etki, kan şekeri seviyesini düzenleme, kolesterol seviyesini düşürme, deriyi canlı tutma gibi etkileri bilinmektedir. Çözünebilir bir lif olan  $\beta$ -glukan gıda viskozitesini artırarak glikoz emilimini yavaşlatmakta, kalp damar hastalıklarında önemli bir risk faktörü olan kandaki kolesterol seviyesini düşürmekte, kalp damar hastalıkları riskini azaltabilmekte ve tip 2 diyabetin kontrolüne yardımcı olduğu bildirilmektedir (Altan ve ark., 2006; Baik ve Ullrich, 2008; Brennan ve Cleary, 2005). Avrupa Gıda Güvenliği Birliği'ne (EFSA) göre, sağlık açısından

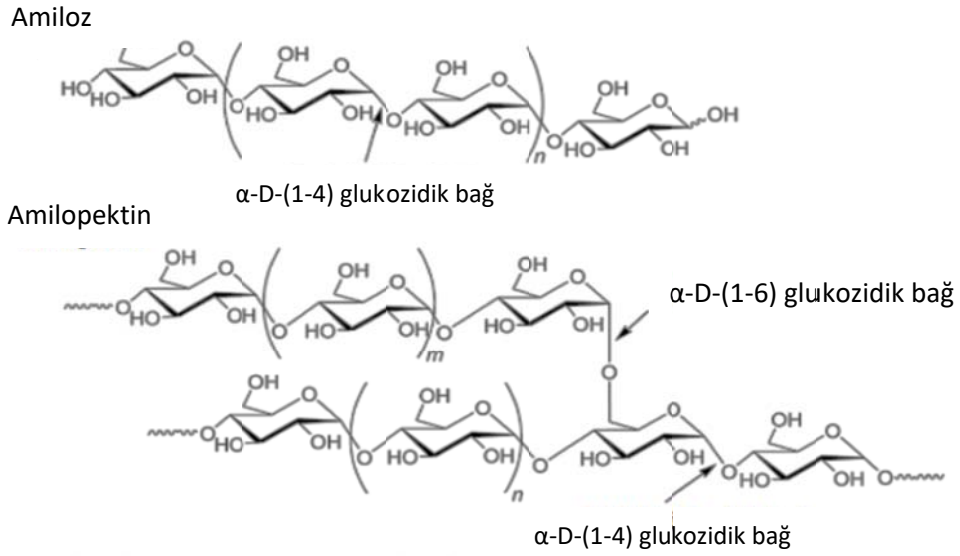
iddia edilen etkileri elde etmek için günde en az 3g arpa  $\beta$ -glukanının tüketilmesi gerektiği belirtilmiştir (Ermişer ve Yalçın, 2021).

Yulaf ve arpa kaynaklı  $\beta$ -glukanlar “Oatrim” ve “Barleytrim” dekstrinlerini içeren hidrokolloidler şeklinde birçok üründe yağ ikamesi olarak kalori oranını düşürme amacı ile kullanılmaktadır (Özcan ve ark., 2013).

McIntosh ve ark., (1995) arpalı gıdaların besinsel önemini gözden geçirdikleri çalışmalarında; arpanın işlenmesine yönelik daha yeni yaklaşımların gelişmesi ile, insan tüketimi için kaliteli gıdalar sağlamada arpanın daha fazla kullanım potansiyeline sahip olduğu ve bunun da diğer popüler tahıllarla birlikte Batı toplumlarında artan arpa kullanımını teşvik etmesi gerektiği sonucuna varmışlardır.

## **2.7. Dirençli Nişasta**

Kimyasal olarak nişastalar, D-glikozun iki farklı homopolimerinden (amiloz ve amilopektin) (Şekil 8) oluşmuş bir  $\alpha$ -glukan olup, bitki kaynaklı gıdalarda en önemli polisakarittir (Okumuş, 2015; Sajilata ve ark., 2006). Yapısında az miktarda fosfat ve lipid de içerir. Amiloz genellikle 600-3000 sayıda glikozun  $\alpha$ -(1-4) bağları ile bağlandığı düz zincir halindeki polimerlerdir. Amilopektin ise daha büyük bir molekül olup amiloza göre daha fazla dallanma gösterir. Yaklaşık 6000-60000 glikozil gruba sahip ve  $\alpha$ -(1-4) bağları ile oluşmuş düz zincire yaklaşık 20-30 glikoz molekülünün  $\alpha$ -(1-6) bağları ile bağlandığı dallı bir yapıdır (Ölçer ve Akın, 2008; Sajilata ve ark., 2006). Dirençli nişasta, sindirime dirençli ve ince bağırsakta emilmeyen nişastadır. Bu nedenle dirençli nişasta bir diyet lifi olarak kabul edilebilir (Nguyen ve ark., 2022).



**Şekil 8.** Amiloz ve amilopektinin yapısı

Nişasta belli koşullar altında amilaz enzimleriyle veya asitlerle, hidroliz yoluyla değişik irilikteki karbonhidrat moleküllerine parçalanırlar. Bu reaksiyonu katalizleyen amilaz enzimleri glikoz arasındaki bağlara etki ederler. Hayvanlar ve insanlar amilaz enzimlerine sahip olduklarından nişastayı sindirebilirler. Karbonhidratları içeren besin maddeleri, ince bağırsağa inince, pankreastan salgılanan  $\alpha$ -amilaz ile bağırsak bezleri tarafından salgılanan maltaz, sakkaraz, laktaz ve oligo-1,6-glikosidaz gibi enzimlerin etkisine maruz kalır ve sindirim devam eder, bağlar parçalanır ve geriye maltoz ve glikoz kalır. İnsan vücuduna alınan nişastanın, incebağırsakta tam olarak sindiriminin gerçekleşmediği görülmüş, enzimatik hidrolizden sonra bazı nişastaların sağlam kaldığı tespit edilmiştir ve sindirilemeyen bu nişasta kalıntılarında ilgi artmıştır. Bu fraksiyonlar “dirençli nişasta (DN)” olarak isimlendirilmektedir (Ferrari ve ark., 2009; Hendek-Ertop ve Hayta, 2015; Kotancılar ve ark., 2008). Dirençli nişasta terimi ilk önce Englyst ve ark., (1982) tarafından in vitro olarak amilazlar ve pullulanaz muamelesiyle hidrolize dirençli küçük bir nişasta fraksiyonunu tarif etmek için kullanılmıştır (Sajilata ve ark., 2006).

İleostomi alanında yapılan çalışmalarda da mide ve bağırsakta sindirime direnç gösteren nişasta kalıntılarının var olduğu doğrulanmıştır. Yapılan çalışmalarda bu nişastaların kalın bağırsakta fermente edilebilir olduğu açığa çıkarılmıştır (Hendek-Ertop ve Hayta, 2015).

Sağlık yararlarına rağmen, şu anda dirençli nişasta alımına ilişkin birkaç kılavuz bulunmaktadır. Bununla birlikte, Commonwealth Science and Industrial Research Organisation (CSIRO) günde 15-20 g dirençli nişasta önermektedir. Ayrıca, Avrupa Gıda

Güvenliği Otoritesi (EFSA), unlu mamullerdeki sindirilebilir nişastanın en az %14'ü dirençli nişasta ile değiştirildiğinde dirençli nişastanın tokluk glisemik yanıtı azalttığına dair sağlık iddiasını onaylamıştır. Dirençli nişasta enerji alımına katkıda bulunmaz, bu nedenle gıdalardaki bir miktar nişastayı dirençli nişasta ile değiştirerek kalori alımı azaltılabilmekte, bu da kilo vermede faydalı olmaktadır (Nguyen ve ark., 2022).

Ham ve işlenmiş gıdalar, nişastanın botanik kaynağına ve işleme türüne bağlı olarak önemli miktarda dirençli nişasta içerir. Amiloz/amilopektin oranı, fiziksel form, jelatinleşme derecesi, ısı işlemler, soğutma ve depolama, yiyeceklerin dirençli nişasta içeriğini etkilemektedir (Goni ve ark., 1996; Köksel ve ark., 2008).

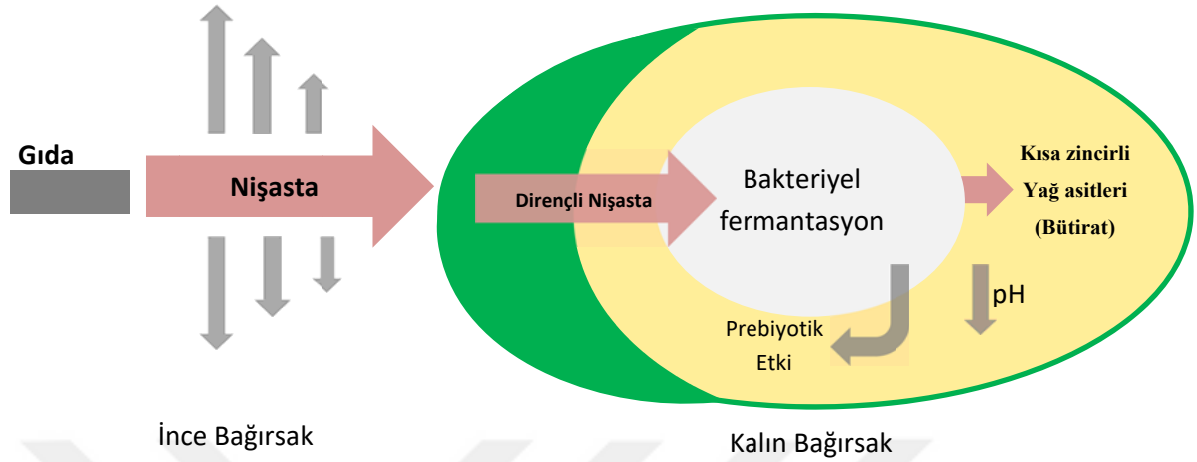
Dirençli nişasta, 120 dakikalık enzim inkübasyonundan sonra hidrolize olmamış nişastadır. Bu sebeple ince bağırsakta emilmeden kalın bağırsağa ulaşan nişasta, bağırsak mikroflorası tarafından az veya çok fermente olur ve bağırsak mikroflorası tarafından enerji kaynağı olarak kullanılır. İnce bağırsakta sindirilmeden kalın bağırsağa geçen diyet nişastasının bu fraksiyonu dirençli nişasta olarak tanımlanmaktadır (Sajilata ve ark., 2006).

### **2.7.1. Dirençli Nişastanın Vücuttaki Mekanizması**

Dirençli nişasta sindirime karşı direnç gösteren nişastadır ve vücudumuz onu parçalayamamaktadır (Asprey, 2018). Genellikle ince bağırsaklarımızdaki enzimler nişastaları sindirir ve onları şekere dönüştürür. Bununla birlikte dirençli nişasta, midede ve ince bağırsakta sindirilmeden hareket eder ve kalın bağırsağa sağlam bir şekilde ulaşır (Englyst ve Kingman, 1990).

Dirençli nişasta tipik bir nişastadan çok bir prebiyotik gibi davranır. Bir prebiyotik faydalı bağırsak bakterilerinin (probiyotiklerin) besin kaynağıdır. Kalın bağırsaktaki bu bakteriler dirençli nişastayı besin kaynağı olarak kullanırlar ve kısa zincirli bir yağ asitleri olan asetat, bütirat ve propiyonatı oluştururlar. Bütirik asit beynimizi ve kalın bağırsağımızı güçlendiren bir özelliğe sahiptir (Asprey, 2018; Rahman ve ark., 2007). Kısa zincirli yağ asitleri vücudumuzda kalın bağırsakta absorbe edilebilir veya bekletilebilir. Kalın bağırsakta bulunan bakteriler tarafından enerji için kullanılabilir. Kısa zincirli yağ asitleri de kalın bağırsağa kan akışını uyarmak, besin dolaşımını artırmak, patojen bakteri büyümesini inhibe etmek, minerallerin emilimine yardımcı olmak, toksik/kanserojen bileşiklerin emilimini engellemek

gibi birçok yönden fayda sağlayabilmektedir (Andrews, 2018; Maki ve ark., 2009). Şekil 9’da dirençli nişastanın metabolik mekanizması görülmektedir (Anonim, 2018a).



Şekil 9. Dirençli nişastanın metabolik mekanizması

Dirençli nişastanın sindirilememesinin ise temel nedenleri;

- Yoğun molekül yapısı sindirim enzimlerinin ulaşabilmesini sınırlamakta, bu durum pişmemiş nişasta granülünün yapısıyla açıklanmaktadır (Demirkesen, 2015).
- Nişasta granüllerinin sindirim enzimleri tarafından parçalanamayacak yapıda bulunmalarıdır (Homayouni ve ark., 2013).
- Nişasta granüllerinin jelatinize olması, molekülleri sindirim enzimleri tarafından tamamıyla ulaşılabilir hale getirmektedir. Nişasta jeli sonradan soğutulduğunda ise oluşan kristal yapı enzimatik sindirime dirençli hale gelmesine yol açmaktadır (Haralampu, 2000).
- Kimyasal olarak modifiye edilerek sindirim enzimleri tarafından parçalanamamasıdır (Demirkesen, 2015).

### 2.7.2. Dirençli Nişasta Türleri ve Bulunduğu Kaynaklar

Gıdalardaki enzime dirençli nişasta (EDN), fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre Tip 1 EDN, Tip 2 EDN, Tip 3 EDN, Tip 4 EDN ve Tip 5 EDN olmak üzere 5 farklı grupta sınıflandırılmaktadır (Tablo 3) (Demirekin ve Gül, 2016; Okumuş, 2015; Zhu ve ark. 2013). Tip 1 EDN fiziksel olarak erişilemeyen nişasta ve baklagiller ile kısmen öğütülmüş tahıllarda bulunur. Tip 2 EDN B veya C tipi polimorf sergileyen pişmemiş patates nişastası, yeşil muz nişastası ve yüksek amilozlu mısır nişastası, olgunlaşmamış muzda bulunan ve  $\alpha$ -amilaz tarafından yavaşça hidrolize edilen ham granüler nişastada bulunur. Tip 3 EDN ısı

işlemlerden sonra oluşan retrograde nişasta formudur. Sindirim enzimine karşı en dirençli olan form Tip 3 EDN'dir. Tip 4 EDN kimyasal işlem sonucu elde edilen asetat nişastaları, fosfat nişastaları gibi modifiye nişastaları kapsar. Ekmek, kek gibi ürünlerde kullanılır (Asa ve ark., 2002; Birt ve ark., 2013; Englyst ve ark., 1992; Homayouni ve ark., 2013; Nguyen ve ark., 2022). Tip 5 EDN ise amiloz-lipid kompleksinden meydana gelir (Okumuş, 2015). Genel olarak, gıdalara daha duyarlı olmaları nişasta-lipid yapısına ve botanik kaynaklarına bağlıdır. Kolonda kısa zincirli yağ asitlerinin, özellikle bütirat oluşumunu desteklediğini ve bu nedenle kolorektal hastalıkların önlenmesi için besin takviyesi olarak kullanılmaya uygun olduğunu bulmuşlardır (Fuentes-Zaragoza ve ark., 2011).

**Tablo 3.** Dirençli nişasta tipleri, sindirimi ve buldukları besin kaynakları

Nişastanın Tipi	Tanımı (Thanh-Blicharsve ark.,2014).	İnce bağırsaktaki sindirimi (Fuentes-Zaragoza ve ark., 2010).	Direnci azaltan koşullar (Nugent, 2005)	Bulduğu besin kaynakları (Fuentes-Zaragoza ve ark., 2010).
Tip-1 EDN	Sindirilemeyen bir matris içinde ve fiziksel olarak erişilemez durumda.	Yavaş; kısmen sindirilebilir. Eğer öğütülmüş ise sindirilebilir.	Öğütme ve çiğneme.	Bütün ya da kısmen öğütülmüş tahıllar ve tohumlar, sebze, makarna.
Tip-2 EDN	Jelatinize olmamış dirençli granüllerdir. B tipi kristallik gösterir ve $\alpha$ -amilaz yavaş olarak hidrolize edebilir.	Çok yavaş; taze hali pişirilirse tamamen sindirilebilir.	Gıda işleme yöntemleri ve pişirme.	Çiğ patates, yeşil muz, bazı baklagiller, yüksek amilozlu nişastalar.
Tip-3 EDN	Piştirilip soğutulan gıdalarda meydana gelen retrograde nişasta formu.	Yavaş; ısıtma işlemiyle sindirimi artırılabilir.	Gıda işleme koşulları.	Piştirilip soğutulan patates, ekmek, mısır gevreği, uzun süreli ve tekrarlı nemli ısıya maruz kalan gıdalar.
Tip-4 EDN	Kimyasal olarak modifiye edilmiş dirençli nişasta ve endüstriyel olarak üretilmiş gıda bileşenleri. Dekstrinler, eterler veya ester içerir.	Kimyasal modifikasyon sonucu, hidrolize karşı dirençlidir.	İn vitro koşullarda sindirime karşı duyarlılığı çok azdır.	Bazı lifler, modifiye nişasta kullanılan içecekler, kekler, ekmek vb. ürünler (Fuentes-Zaragoza ve ark., 2010).
Tip-5 EDN	Yüksek sıcaklıklarda jelatinizasyon gerektiren yüksek amiloz nişastalarından oluşan ve retrograde olmaya daha duyarlı olan amiloz-lipid kompleksli nişastadır (Fuentes-Zaragoza ve ark., 2011).	Amiloz-lipid kompleksi enzim hidrolizine karşı dirençlidir (Okumuş, 2015).		

### 2.7.3. Dünyada ve Ülkemizde Dirençli Nişastanın Yeri

Nişasta bazlı gıdalar nişastanın kökeninden, bileşiminden ve işleme yöntemlerinden dolayı çeşitli beslenme özelliklerine sahiptirler. Dünyadaki çoğu insan tarafından günlük tüketilen enerjinin yaklaşık %60-70'ı nişasta bazlı gıdalar tarafından sağlanmakta ve beslenme alışkanlıklarına göre bu miktar değişiklik gösterebilmektedir. Kişi başı günlük dirençli nişasta tüketim miktarı (Tablo 4); Hindistan'da 10 g/gün, Almanya'da 3.75 g/gün, Fransa'da 3.73 g/gün ve ABD'de 5 g/gün olarak bildirilmekte sağlığa yararları açısından öğün başına minimum 6 g dirençli nişasta önerilmektedir (Anonim, 2013; Birt ve ark., 2013).

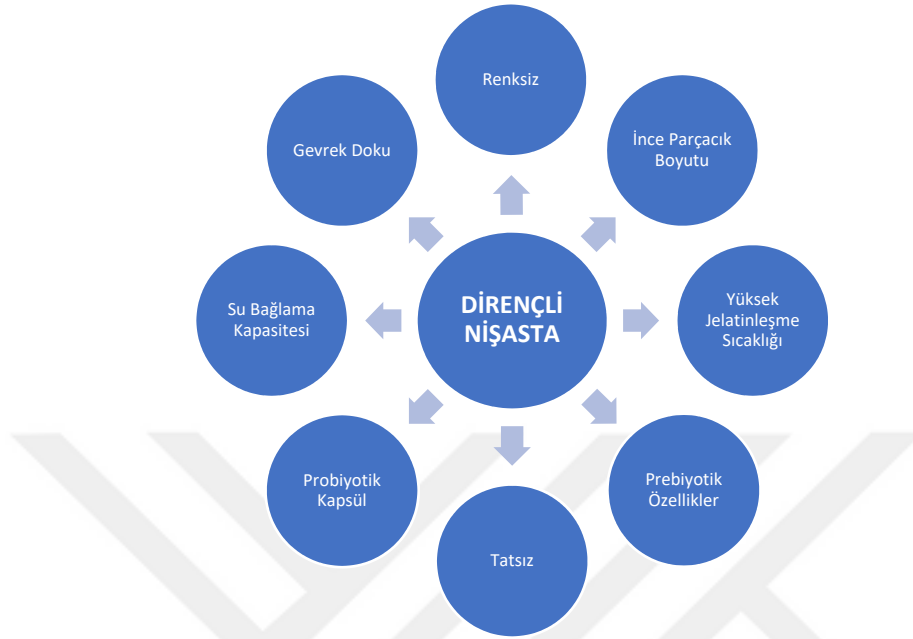
**Tablo 4.** Bazı ülkelerin dirençli nişasta tüketim miktarları

Ülkeler	Tahmini Kişi Başı Tüketim (g/gün)
Hindistan	10.00
İtalya	8.74
İspanya	5.74
Yeni Zelanda	5.70
ABD	5.00
İsviçre	4.38
Belçika	3.99
Almanya	3.75
Fransa	3.73

### 2.7.4. Dirençli Nişastanın Fonksiyonel Özellikleri

Dirençli nişasta kavramı nişastanın biyoyararlılığı ve besinsel lif kaynağı olarak kullanılması konusunda yeni bir ilgi alanı oluşturmuştur. Yapılan araştırmalarda dirençli nişastanın fizyolojik fonksiyonlarının besinsel lif ile benzer olduğu görülmüştür (Kotancılar ve ark., 2008). Dirençli nişastanın fonksiyonel özellikleri yanında, gıda aromalarını daha az baskılaması, tatlı, beyaz renkli, spesifik bir tadın olmaması, (Candal ve ark., 2016; Murphy ve ark., 2008), partikül boyutunun normalliği, ürün dokusuna etkisinin az olması ve doğal kaynaklardan elde ediliyor olması nedenleriyle dirençli nişastanın avantajları arasında sayılmaktadır (Şekil 10) (Demirekin ve Gül, 2016; Dülger ve Şahan, 2011). Tokluk hissi vererek yeme isteğini azaltma ve kan şekeri dengede tutma özelliğine sahiptir. Standart nişastaya göre %50 daha az enerji içeriğine sahiptir (Anonim, 2018b). Dirençli nişasta bir çok

uygulamada gıdanın tadında, kokusunda ve görünüşünde bir değişikliğe neden olmadığından tüketici taleplerini karşılamaktadır (Samray, 2018).



**Şekil 10.** Dirençli nişastanın fonksiyonel özellikleri

Glisemik indeksi standart nişastaya göre %90 daha düşüktür. Nişasta çoğunlukla sindirilebilir polimerdir, ancak dirençli nişasta olarak adlandırılan bazı nişastalar düşük su tutma kapasitesine, küçük partikül boyutuna ve yumuşak tada sahip olan olumlu özelliklere sahiptir (Anonim, 2018b). EDN'nin fırınlanmış ürünlere, makarna ürünlerine ve meşrubatlara katılması, iyileştirilmiş dokusal özellikler ve sağlık yararları sağlar (Sharma ve ark., 2008). Çeşitli yiyecekleri faydalı kılan şişme, jel oluşturma, köpük oluşturma, emülsifikasyon viskoziteyi artırma, su ve yağ absorplama kapasitesi gibi bazı fizikokimyasal özellikleri EDN'yi gıda endüstrisinde aranan ham maddelerden yapmaktadır (Demirekin ve Gül, 2016; Yalçın ve Çelik, 2006).

Pişirme işlemi ekmek, bisküvi, kurabiye ve kek gibi çeşitli tahıl bazlı gıda ürünlerinin üretiminde yer alan termal bir işlemdir. Pişirmede kullanılan bileşenler, nihai ürünlerin dirençli nişasta içeriğini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Pişirme işlemi ile yüksek sıcaklıkta jelatinleşme nedeniyle bazı malzemelerin dirençli nişasta içeriği azaltılabilir de, tahıl ürünlerinin dirençli nişasta içeriğindeki artışın, pişirme sonrasında nişasta retrogradasyonundan kaynaklandığı bildirilmiştir (Nguyen ve ark., 2022).

Dirençli nişasta fırıncılık ürünlerinde un yerine kullanılarak ürünün lif oranını artırır ve istenilen dokuyu kazandırır. Kızartılmış ürünlerde yağ oranını azaltırken, kahvaltılık tahıl ve kaplamalı ürünlerin kıtırlığını artırır. Eklendiği gıdanın kalorisini düşürmesi ve gösterdiği laksatif etkiden dolayı çölyak hastaları için üretilen ürünlerde kullanılabilirliği için fonksiyonel gıda bileşeni sayılmaktadır (Demirekin ve Gül, 2016; El, 2008; Nugent, 2005). Araştırma planlarındaki farklılıklar, zayıf deneysel tasarım ve besin veya besinsel bileşen olarak kullanılan dirençli nişastanın dozu, tipi ve kaynağındaki farklar, dirençli nişasta çalışmaları arasında karşılaştırma yapmayı engellemektedir (Kotancılar ve ark., 2008).

Öztürk ve ark. (2010), amilotip mısır nişastalarında dal ayırma, otoklavlama-depolama ve kurutma işlemlerini, yapıştırma ve fonksiyonel özelliklerini (çözünürlük, su bağlama, emülsiyon kapasitesi ve stabilite) ve dirençli nişasta içeriği üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Bu çalışma, dalları ayrılmış numunelerde dirençli nişasta içeriğinin arttığını, emülsiyon özelliklerinin ise gelişmediğini göstermiştir.

Dirençli nişastanın teknolojik kazançları göz önüne alındığında, peynir, dondurma, yoğurt, sütlü tatlı, İran fermente içeceği, ekmek, mısır gevreği, kek, muffin, makarna gibi çok sayıda gıda ürünü dirençli nişasta ile zenginleştirilebilmektedir (Homayouni ve ark., 2013).

### **2.7.5. Dirençli Nişastanın İnsan Sağlığına Etkileri**

Dirençli nişasta tamamen sindirilmediğinden, diğer nişastalar gram başına yaklaşık 4 kalori enerji verirken dirençli nişasta gram başına yalnızca 2 kalori enerji vermektedir. Dirençli nişasta ayrıca tok hissetmemizi de sağlamaktadır. Kısa zincirli yağ asitleri yemeyi azaltan hormonların salınımını tetikleyebilir. Dirençli nişasta, besin maddelerinin kan dolaşımına geçişini yavaşlatarak iştahı sabit tutmaktadır (Andrews, 2018). Yüksek miktarda dirençli nişasta tüketimi gastrointestinal performans üzerinde bazı olumsuz (gaz, şişkinlik, karın ağrısı, ishal vs.) etkilere sebep olabilmektedir (Perera ve ark., 2010). Yan etkilerin yaş, kilo, cinsiyet, genetik, sağlık ve bağırsak mikroflorasının bileşimi gibi kişisel niteliklere göre farklılık gösterdiği de bildirilmektedir (Grabitske ve Slavin, 2009).

Dirençli nişasta, bağırsıklık hücrelerinin üretimini artırırken, bağırsaktaki iltihaplı dokuların üretimini engelleyebilir (Andrews, 2018). Ayrıca dirençli nişasta kandaki kolesterol ve yağları düşürmeye yardımcı olur (Anonim, 2016) ve aynı zamanda yeni yağ hücrelerinin üretimini de azaltır (Andrews, 2018). Dirençli nişasta, irritable bağırsak sendromunu, divertikülit, kabızlığı

ve ülseratif koliti hafifletmeye de yardımcı olur. Kısa zincirli yağ asitleri kalın bağırsakta anormal bakteri hücrelerinin gelişmesini önleyerek ve mineral emilimini arttırarak (özellikle kalsiyum) bağırsak hareketlerine yardımcı olmaktadır. Dirençli nişasta sindirilmediğinden, insülin miktarı diğer nişastalarda olduğu gibi yükselmez ve kan şekeri sorunlarına neden olmaz (Asprey, 2018). Bunların yanı sıra insülin duyarlılığını arttırmaya yardımcı olur ve glikoz kontrolünü iyileştirir (Anonim, 2016).

Dirençli nişasta bağırsaktaki prekanseröz hücreleri öldürebilir ve bağırsaktaki kanserli lezyonları küçültebilir. Ayrıca kilomuzu kontrol etmenize yardımcı olabilir ve uykuyu iyileştirir (Asprey, 2018).

Dirençli nişasta, prebiyotik etkinin üstünde ve ötesindeki kalın bağırsak mikroflorası üzerinde sağlığı teşvik edici etkilere sahiptir (Sharma ve ark., 2008). Ağızdaki bakterilerin fermantasyonuna karşı dirençli olması ve dişlere yapışması daha az olması nedeniyle diş çürüklerini en aza indirir (Saxelby, 2014). Kolon kanseri hastalarının dışkı maddesi sağlıklı bireylere göre daha fazla safra asidi ve nötr steroid taşıdığından (Reddy ve ark., 1977), dirençli nişastanın kolon kanserinin kontrolü ve önlenmesi üzerine de olumlu bir etkisi olduğuna inanılmaktadır (Perera ve ark., 2010).

Dirençli nişasta, birçok besin değerine sahip ideal bir diyet lifidir. Sağlık avantajlarından yararlanmak için günde 6-12 gr tüketilmesi gerekirken, insan bağırsak sistemini geliştirmek için günde 20 gr alımı gereklidir (Murphy ve ark., 2008)

Bu tez çalışmasında bazı kavuzlu ve kavuzsuz arpa genotipleinin bazı temel besin değerlerinin ve son zamanlarda insan beslenmesi açısından giderek önemi artan  $\beta$ -glukan ve dirençli nişasta oranlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bunun yanı sıra bu çalışma ile gıdaların çeşitlendirilmesinde ve besin değerlerinin arttırılmasında arpayı kullanacak olan araştırmacılara veri sağlanması da amaçlanmıştır.

### 3. MALZEME VE YÖNTEM

#### 3.1. Malzeme

Bu çalışmada Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsünden temin edilen 2 adedi kavuzlu, 12 adedi kavuzsuz, 4 adedi çeşit, 10 adedi ileri hat ve 3 adedi iki sıralı, 11 adedi altı sıralı olan 14 farklı genotipte arpa materyali kullanılmıştır. Kullanılan arpa materyalinin kavuz, aşama ve sıra sayısı özellikleri Tablo 5’ te görülmektedir.

**Tablo 5.** Arpa materyalinin özellikleri

Çeşit/Genotip Adı	Kavuz Özelliği	Aşama	Sıra Sayısı
Akhisar-98	Kavuzlu	Çeşit	6
Hilal	Kavuzlu	Çeşit	2
Inbon H1-46	Kavuzsuz	İleri hat	6
Güldeste	Kavuzsuz	Çeşit	6
Övd3-108	Kavuzsuz	İleri hat	2
Inbon H1-25	Kavuzsuz	İleri hat	6
Inbon H1-49	Kavuzsuz	İleri hat	6
Övd3-115	Kavuzsuz	İleri hat	6
Övd3-103	Kavuzsuz	İleri hat	6
Övd3-106	Kavuzsuz	İleri hat	6
Inbon H1-6	Kavuzsuz	İleri hat	6
Inbon H1-3	Kavuzsuz	İleri hat	6
Özen	Kavuzsuz	Çeşit	2
Övd3-124	Kavuzsuz	İleri hat	6

#### 3.2. Yöntem

##### 3.2.1. Near Infrared Spectroscopy (NIRS) Analizi

Arpa numunelerine ait bazı kalite parametrelerinin belirlenmesinde herhangi bir kimyasal ve ön hazırlık işlemine gereksinim duyulmayan NIRS analiz yöntemi kullanılmıştır. Arpa numunelerinden spektrumların alınmasında Foss NIRSystem XDS Near-Infrared Rapid Content Analyser cihazı (Şekil 11) ve “ISI scan” programı kullanılmıştır.



**Şekil 11.** Foss NIRSystem XDS Near-Infrared Rapid Content Analyser

Spektrumlar alınmadan önce numuneler herhangi bir ön işleme tabi tutulmamış, tam dane şeklinde spektrumları alınmıştır. Arpa numunelerinin 400-2500 nm dalga boyları arasındaki spektrumları her 2 nm’de bir olmak üzere alınmıştır. Spektrumların alınmasında kullanılan ve analizin doğruluğunda belirteç olan her bir kalite parametresine ait NIRS kalibrasyon verileri (örnek sayısı, standart sapma, çapraz doğrulama, çapraz doğrulamanın kare hatası) Tablo 6’da görülmektedir.

**Tablo 6.** NIRS sisteminde hububat kalibrasyon istatistikleri

Kalite Parametresi	N*	Ortalama	Min	Max	SD*	1-VR*	SECV*
Nem	893	11.00	5.32	16.69	2.29	0.92	0.53
Ham Protein	923	12.30	6.31	18.29	5.28	0.93	0.53
Ham Lif	526	7.00	0	19.77	4.22	0.97	0.78
Ham Yağ	197	2.98	0	8.79	2.85	0.97	0.31
Kül	185	2.23	0.24	4.22	1.92	0.90	0.21
Nişasta	302	62.04	44.71	79.38	13.64	0.90	1.86

\*N: Örnek sayısı, SD:standart sapma, 1-VR:Çapraz doğrulama, SECV: Çapraz Doğrulamanın Kare Hatası

### 3.2.2. $\beta$ -glukan Analizi

Arpa numunelerinde  $\beta$ -glukan içeriği Megazyme  $\beta$ -glukan ve glukoz test kitleri (Megazyme 2/11 PonderosaParade, Warriewood Sydney, NSW, 2102 Australia) (Şekil 12) kullanılarak belirlenmiştir (McCleary ve Codd, 1991). Bu kitler  $\beta$ -glukan analizinin gerçekleştirilebilmesi için analizler sırasında kullanılan likenaz,  $\beta$ -glukosidaz ve GOPOD (glukoz

oksidaz/peroksidaz) enzimlerinden oluşmaktadır. Bu kitler kullanılarak analizler için gerekli çözeltiler hazırlanmıştır (Candan, 2009).



Şekil 12. Megazyme  $\beta$ -glukan ve glukoz test kitleri

### 3.2.2.1. $\beta$ -glukan Analizi Aşamaları

- Kuru madde miktarı bilinen tam arpa unundan yaklaşık 0.5 g (0.0001 hassasiyette) 50 ml'lik falkon tüplere alınmıştır.
- Örnek üzerine 1 ml etil alkol (%50 v/v) ve 5 ml sodyum fosfat tamponu (20 mM, pH 6.5) ilave edilerek vortekste 1 dakika karıştırılmıştır.
- Tüp içerisine 5 ml damıtık su ilave edilerek vortekste 30 sn karıştırılmıştır.
- Tüp 40°C'ye soğutulduktan sonra üzerine 0.2 ml likenaz ilave edilerek vortekste karıştırılıp 40°C'de 1 saat inkübasyona bırakılmıştır.
- 19 ml damıtık su ilave edilerek hacim 30 ml'ye tamamlanmıştır.

- 1000 devir/dk'da 10 dk santrifüj yapıldıktan sonra Whatman No:4 filtre kağıdından geçirilmiştir.
- Filtrattan üç tüpe 0.1 ml alınıp birine 0.1 ml asetat tamponu (50 mM. pH 4.0) (kör deneme), diğer iki tüpe ise 0.1 ml glukozidaz enzimi ilave edilmiştir. Üç tüpe de 3 ml glukozoksidaz/peroksidaz (GOPOD) enzim çözeltisi eklenmiştir. Tüpler 40°C'de 20dk inkübe edilmiştir.
- Tüpler UV-VIS spektrofotometrede (Şekil 13) 510 nm'de absorbans ölçülmüştür.



**Şekil 13.** UV-VIS Spektrofotometre cihazı

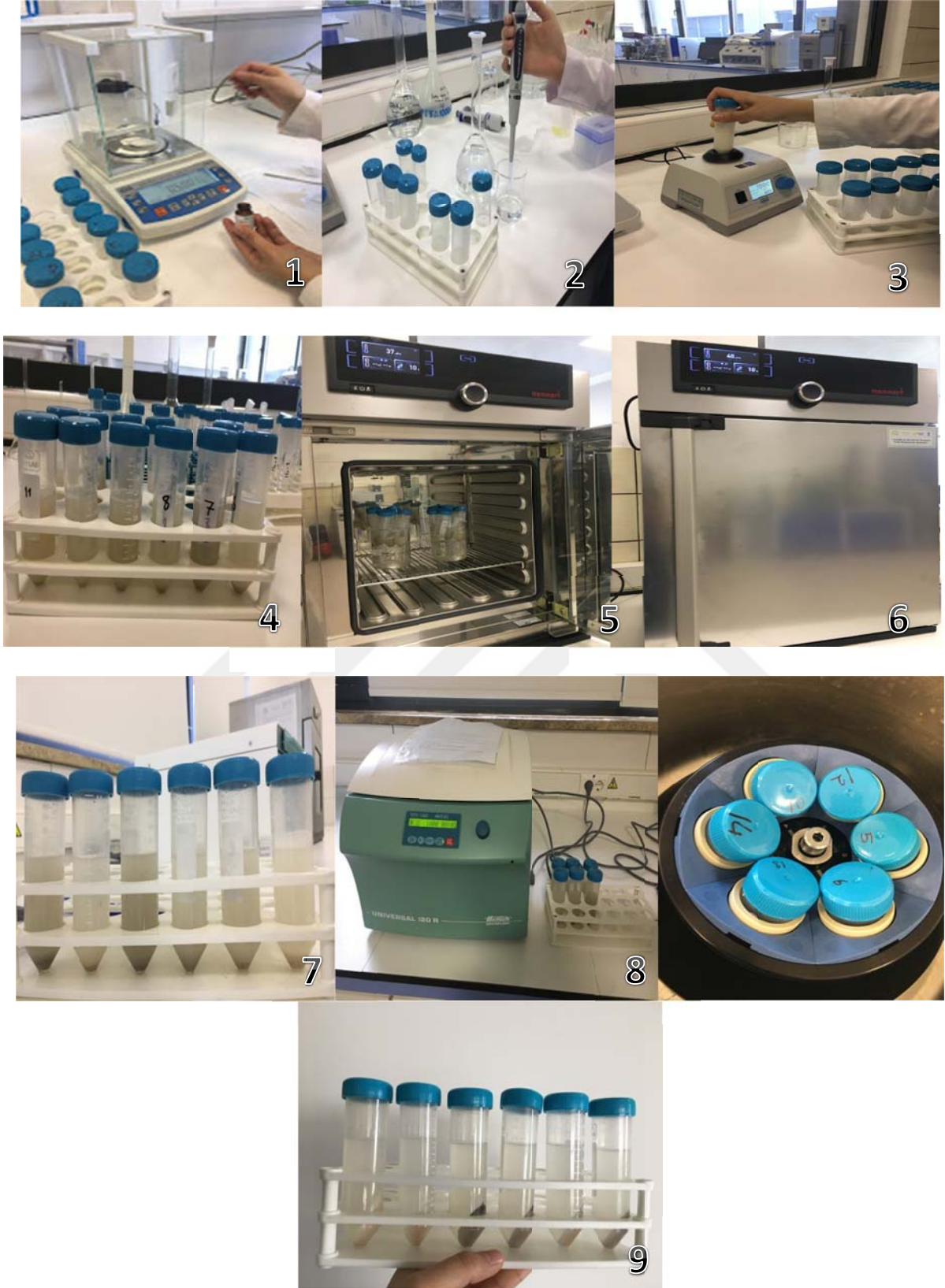
Spektrofotometrenin özellikleri;

Dalga boyu: 510 nm (492-550)

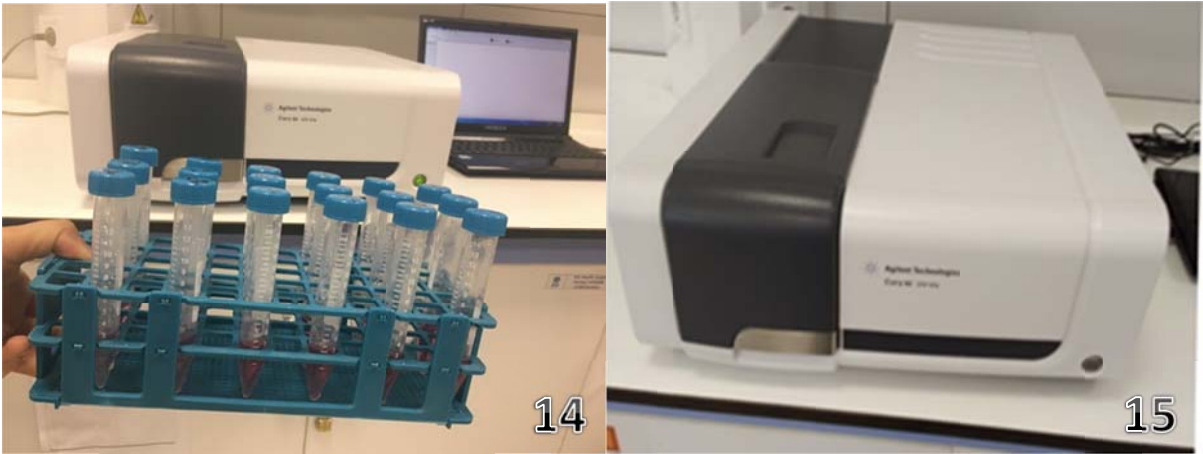
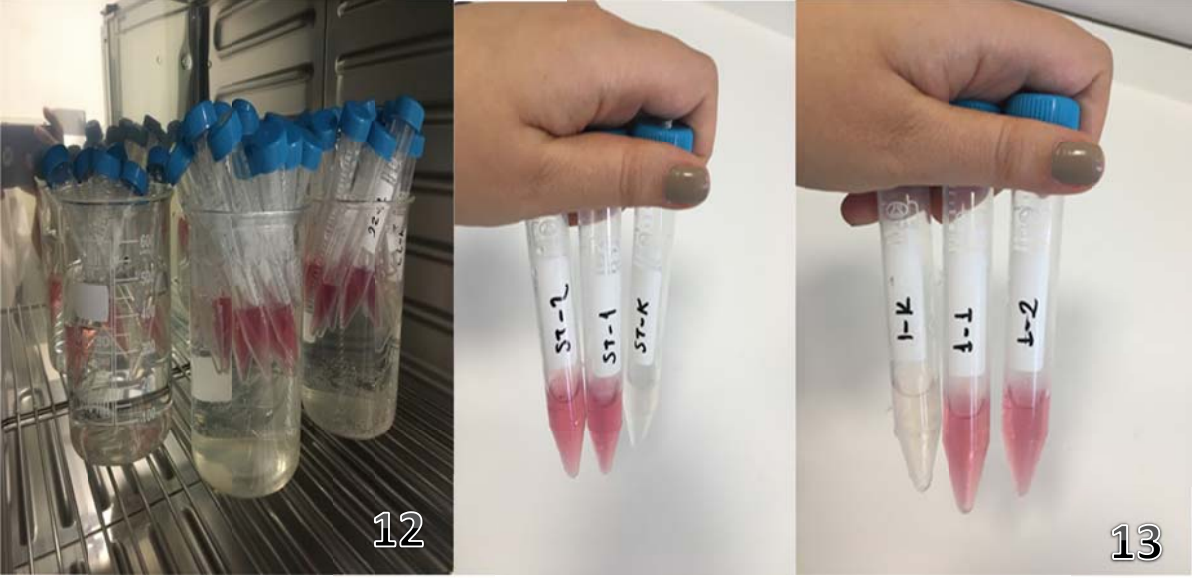
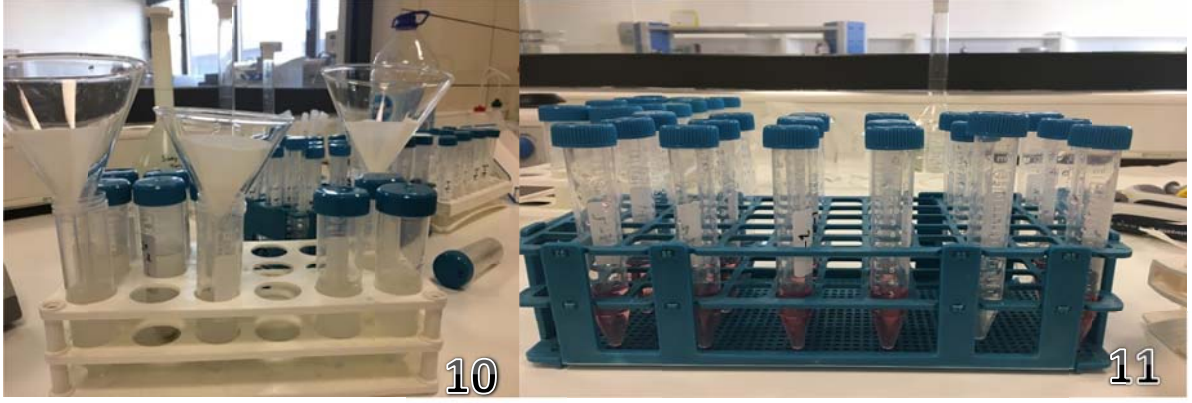
Sıcaklık: 40-50°C

Işık yolu: 1 cm

Sıfır ayarı: Kör Şahit



Şekil 14.  $\beta$ -glukan analizi aşamalarına ait görseller-1



Şekil 15.  $\beta$ -glukan analizi aşamalarına ait görseller-2

### 3.2.2.2. Sonuçların Hesaplanması

Arpa örneklerinde  $\beta$ -glukan oranlarının hesaplamaları aşağıdaki formüle göre yapılmıştır (Candan, 2009).

$$\beta - \text{glukan (\%ww)} = \Delta E \times F \times 300 \frac{1}{1000} \times \frac{100}{w} \times \frac{162}{180}$$

ya da

$$\beta - \text{glukan (\%ww)} = \Delta E \times \frac{F}{w} \times 27$$

$\Delta E$ =Örnek absorbansı-Kör deneme absorbansı

$$F = \frac{100 \mu\text{g glukoz}}{100 \mu\text{g glukoz absorbansı}}$$

W= Örneğin mg olarak kuru ağırlığı

### 3.2.2.3. Enzim ve Çözeltilerin Hazırlanması

**Likenaz çözeltisi:** Likenaz süspansiyonu, Sodyum Fosfat Tampon (20 mM pH:6.5) çözeltisi ile 20 ml'ye tamamlanmıştır (Candan, 2009).

**$\beta$ -Glukosidaz Çözeltisi:**  $\beta$ -Glukosidaz süspansiyonu, Sodyum Asetat Tampon çözeltisi (50mM pH 4.0) ile 20ml'ye tamamlanmıştır (McCleary ve Codd, 1991).

**Sodyum Fosfat Tampon Çözeltisi:** (20mM, pH 6.50) 3.12 g  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  tartılarak 900 ml distile su ile çözündürülmüştür. 1 M NaOH ile pH 6.50'ye ayarlanarak distile su ile 1000 ml'ye tamamlanmıştır (Candan, 2009).

**Sodyum Asetat Tampon Çözelti:** (50mM, pH 4.00), 2.9 ml glacial asetik asit 900 ml steril saf suda çözülmüş olup 1 M NaOH ilavesi ile pH 4.00'e ayarlanmıştır. Steril saf su ile 1000 ml'ye tamamlanmıştır (McCleary ve Codd, 1991).

**Sodyum Hidroksit:** 4 g NaOH 1000 ml ye distile su ile tamamlanmıştır.

**%50 Etanol:** 520 ml %96 etanol 1000 ml'ye saf su ile tamamlanmıştır (Candan, 2009).

**GOPOD (Glikoz Oksidaz/Peroksidaz) Tampon çözelti:** Tüp içindeki 50 ml Glucose reagent buffer çözeltisi distile su ile 1000 ml' ye tamamlanmıştır. Tüp içindeki Glucose Determination Reagent çözeltisi bu buffer çözeltisi içinde çözündürülmüştür (Bu GOPOD

çözeltisi kahverengi şişede 2-5°C de 3 ay saklanabilir ve benzer standart kurve verir. Maksimum stabilite için GOPOD çözeltisi oda sıcaklığı ve üzerine çıkarılmamalıdır).

#### **3.2.1.4. Kimyasallar ve Cihazlar**

Yapılan ön hazırlık ve kimyasal analiz aşamalarında etil alkol (Merck), metanol (Merck), sodyum fosfat (Merck), asetik asit (Merck), likenaz enzimi (Megazyme),  $\beta$ -glukozidaz (Megazyme), GOPOD (Glikoz Oksidaz/Peroksidaz) (Megazyme), sülfürik asit (Merck), sodyum hidroksit (Merck), hidroklorik asit (Isolab), sodyum asetat trihidrat (Merck), sodyum dihidrojen fosfat-dihidrat,  $\alpha$ -amilaz, alkalaz, amilo glukozidas – glukoamilaz, gliserol ve reçine (Isolab) kimyasalları kullanılmıştır.

**Cihazlar;** Hassas terazi (0.0001) (S-403 Denver Instrument, Almanya), Etüv (Mettler UNB-100, Almanya), pH metre (HI 110 Series, HANNA Instruments, ABD), Tüp karıştırıcı (IKA, Almanya), Manyetik karıştırıcı (IKA HS10, Almanya), Santrifüj (Hettich, Rotofix 32A Universal 320R), UV-Visible spektrofotometre (Agilent, Cary 60 UV-VIS), HPLC (Shimadzu Prominence, Japonya), NIRS (Foss NIRSystem XDS Near-Infrared Rapid Content Analyser, ABD), Un değirmeni (Yücebaş Makine, İzmir, Türkiye).

#### **3.2.3. Dirençli Nişasta Analizi**

Dirençli nişasta analizleri öncesinde arpa numuneleri değirmen ile tam arpa unu haline getirilmiştir. Dirençli nişasta analizi AOAC 2001.03 (2002) metodu esas alınarak oluşturulan ve analiz kitleri kullanılarak HPLC cihazında gerçekleştirilmiştir.

##### **3.2.3.1. Dirençli Nişasta Analizi Hazırlık Çalışmaları**

- Fosfat Tampon çözelti: Hassas terazide [1.753 g  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ] + [10.94 g  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ] tartılmıştır. 1000 ml beherde yaklaşık 500 ml kadar distile su ile çözündürülmüştür, çözelti 1000 ml balon jöjeye aktarılıp, hacim çizgisine kadar distile su ile tamamlanmıştır.
- 0.275 M NaOH çözeltisi: Hassas terazide 11 g NaOH tartılmıştır. 500-1000 ml beherde distile su ile çözündürülmüştür. 1000 ml balon jöjeye aktarılmış ve hacim çizgisine kadar distile su ile tamamlanmıştır.
- %37'lik 0.325 M HCl: Mezürde 325 ml HCl ölçülmüştür. 1000 ml balon jöjeye aktarılmıştır, hacim çizgisine kadar distile su ile tamamlanmıştır (Not: Asidin

üzerine direk su ilave edilmez, önce balon jøjeye bir miktar su ilave edilmeli daha sonra HCl aktarılmalıdır).

- $\alpha$ -amilaz
- Proteaz
- Amilo glukozidas – glukoamilaz
- Etanol: %95 lik 60°C
- Gliserol: 10 ml 10 mg/ml gliserol (Stok çözeltili için: 10 g gliserol > % 99.5 saflıkta küçük bir behere tartılmıştır. Kantitatif olarak su ile tekrarlanan yıkama ile 1 L hacimsel şişeye aktarılmıştır ve hacim seyreltilmiştir. Gliserolün tam ağırlığının ölçülmesi ve kaydedilmesi önemlidir ki bu da 10 g'a yakın olabilir. Son gliserol LC standardının konsantrasyonunu hesaplariken gliserolün saflığı ve ağırlığı dikkate alınır).
- Reçine: 25 g RPS + 25 g RAM
- Distile su

Kullanılan Malzemeler: 250 ml balon jöje, hassas terazi, tartım kabı, otomatik pipet, manyetik karıştırıcı, termometre, pastör pipeti, pH metre, 100 ml mezür, 500 ml erlen, evaporatör, huni, kaba filtre kâğıdı, 50 ml balon jöje, 100 ml balon jöje, etüv, desikatör, maşa, kaşık.

### 3.2.3.2. Dirençli Nişasta Analizin Aşamaları

- Hassas terazide 1 g numune tartılmıştır. Tartılan numune 250 ml balon jøjeye aktarılmış, üzerine 50 ml fosfat tampon çözeltisi ve 100 µl  $\alpha$ -amilaz ilave edilmiştir. Manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Numune sıcaklığı 95°C olduğunda 30 dk süre tutulup, süre dolduktan sonra oda sıcaklığında soğutma yapılmıştır.
- pH metrede okutma yapılıp, 0.275 M NaOH çözeltisinden bir miktar, pastör pipet yardımıyla çekilip, tampon çözeltisine aktarılarak pH 7.5'e çıkartılmıştır.
- pH 7.5 olduktan sonra 0.5 ml proteaz ilave edilmiştir. Bu esnada manyetik karıştırıcıda karıştırma işlemi devam eder. Numune sıcaklığı 60°C olduğunda 30 dk süre tutulup, oda sıcaklığında soğutmaya bırakılmıştır.
- pH metrede okutma yapılıp, 0.325 M HCl çözeltisinden bir miktar pastör pipet yardımıyla çekilip, tampon çözeltisine aktarılarak pH 4.5'e düşürülmüştür.
- pH 4.5 olduktan sonra 0.3 ml glukoamilaz ilave edilmiştir. Bu esnada manyetik karıştırıcıda karıştırma işlemine devam edilir. Numune sıcaklığı 60°C olduğunda 30 dk süre tutulup, oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır.

- Tampon çözeltisi mezürde ölçülmüştür. Çıkan hacmin 4 katı kadar 60°C %95'lik etanol 500 ml behere ilave edilmiştir.
- Çözelti oda sıcaklığında 1 gece bekletilmiştir.
- Filtrasyon işlemi yapılmıştır (500 ml erlende süzülür).
- Filtrat evaporatörde uçurulmuştur (alkol ve su), içinde sıvı kalmayacak şekilde kurutulmuştur.
- Kuruyan madde minimum miktarda distile su ile çözülüp daha sonra 50 ml balon jojeye aktarılmıştır. Üzerine 10 ml 10 mg/ml gliserol ilave edilmiştir. 50 ml balon jodede hacim çizgisine kadar distile su ile tamamlanmıştır.
- 25 g RPS+25 g RAM reçine karışımına ilave edilip, (0.8 ml/dk akış hızı) çözelti geçirme işlemi bitince 250 ml distile su kolondan geçirilerek kalan kısım toplanmıştır (Not: Evaporatörde kullanılacak olan 100 ml balon jojeler yaklaşık 2-3 saat etüvde bekletilip desikatöre alınarak kurutma işlemi için hazır hale getirilir. Soğuyan balon jolenin darası alınır).
- Toplanan 300 ml hacim evaporatörde kuruyuncaya kadar buharlaştırılmıştır (100 ml balon jodede).
- 10 ml'lik balon jojeye aktarılıp, hacim çizgisine kadar distile su ile tamamlanır.
- 0.2 µm filtreden geçirilerek 2 ml'lik viallere alınır.
- HPLC cihazında okutma yapılır (Şekil 16).

HPLC parametreleri:

- Dedektör: Shimadzu RID 20A
- Kolon: TSK Gel G-Oligo-PW 7,8\*300 mm
- Kolon Sıcaklığı: 80°C
- Mobil Faz: Ultra saf su
- Akış Hızı: 0.5 ml/dk
- Enjeksiyon Hacmi: 20µl



**Şekil 16.** Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (HPLC) cihazı

### **Sonuçların hesaplanması**

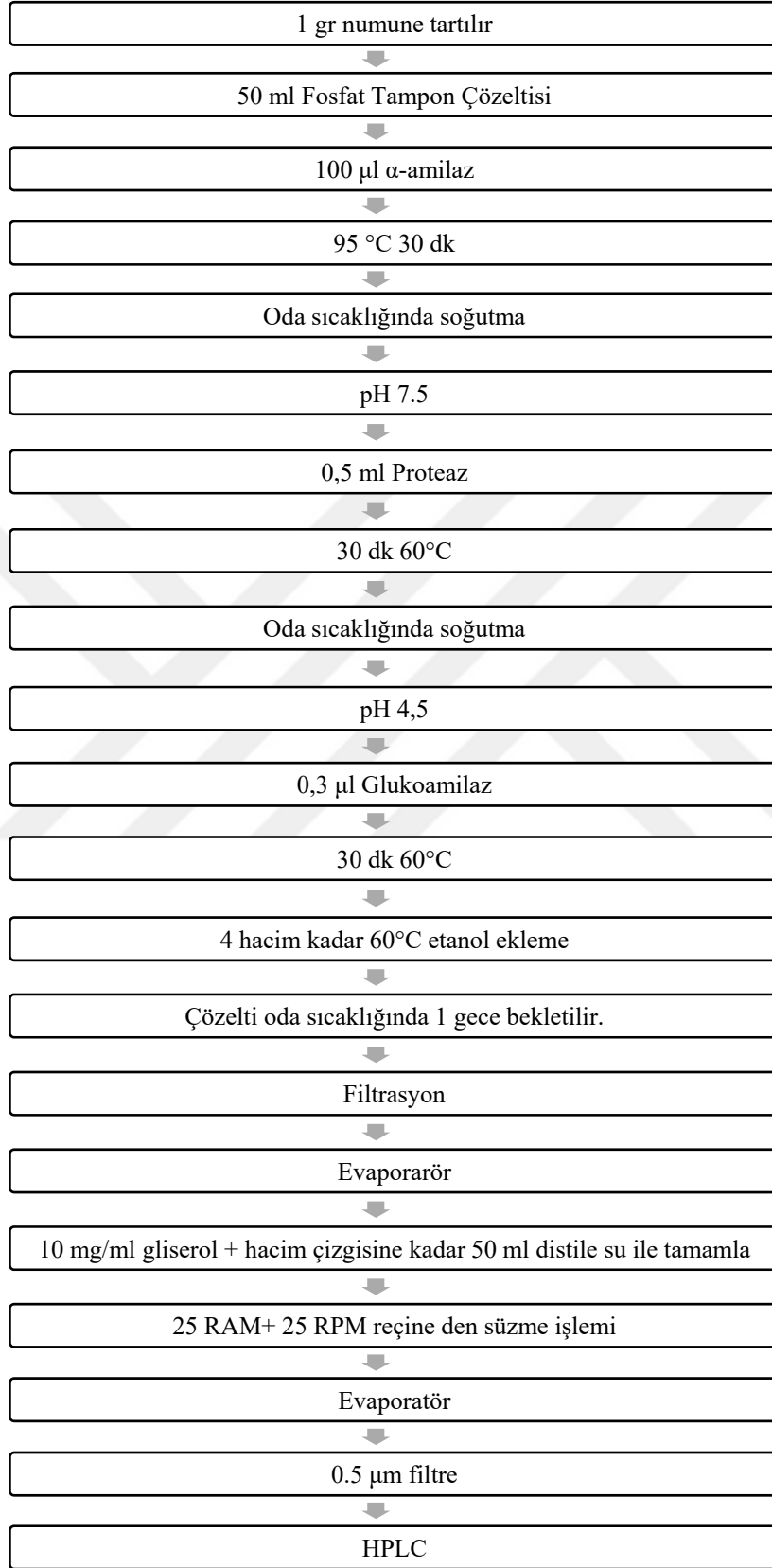
Arpa örneklerinde % dirençli nişasta oranlarının hesaplamaları aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (AOAC 2001.03, 2002).

$$\text{Respöns faktör} = 1 / \left( \frac{\text{dekstroz pik alanı}}{\text{gliserolün pik alanı}} \right) \times \left( \frac{\text{standart dekstroz ağırlığı}}{\text{standart gliserol ağırlığı}} \right)$$

$$DN = \left( \frac{DN \text{ pik alanı}}{Gliserolün pik alanı} \right) \times (Gliserolün standardı \times \text{Respöns faktör})$$

$$\% DN = \frac{DN}{\text{Numune ağırlığı (mg)}} \times 100$$

DN: Dirençli nişasta (Düşük molekül ağırlıklı dirençli maltodekstrin)



Şekil 17. Dirençli nişasta analizi akış şeması



Şekil 18. Dirençli nişasta analizi aşamalarına ait görseller

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırmada kullanılan arpa numunelerinde yapılan analizler sonucu elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

### 4.1. NIRS Analiz Sonuçları (%)

Arpa numunelerine ait nem, ham protein, ham lif, ham yağ, kül ve nişasta oranları Tablo 7’de görülmektedir.

**Tablo 7.** Arpa genotiplerine ait NIRS analiz sonuçları

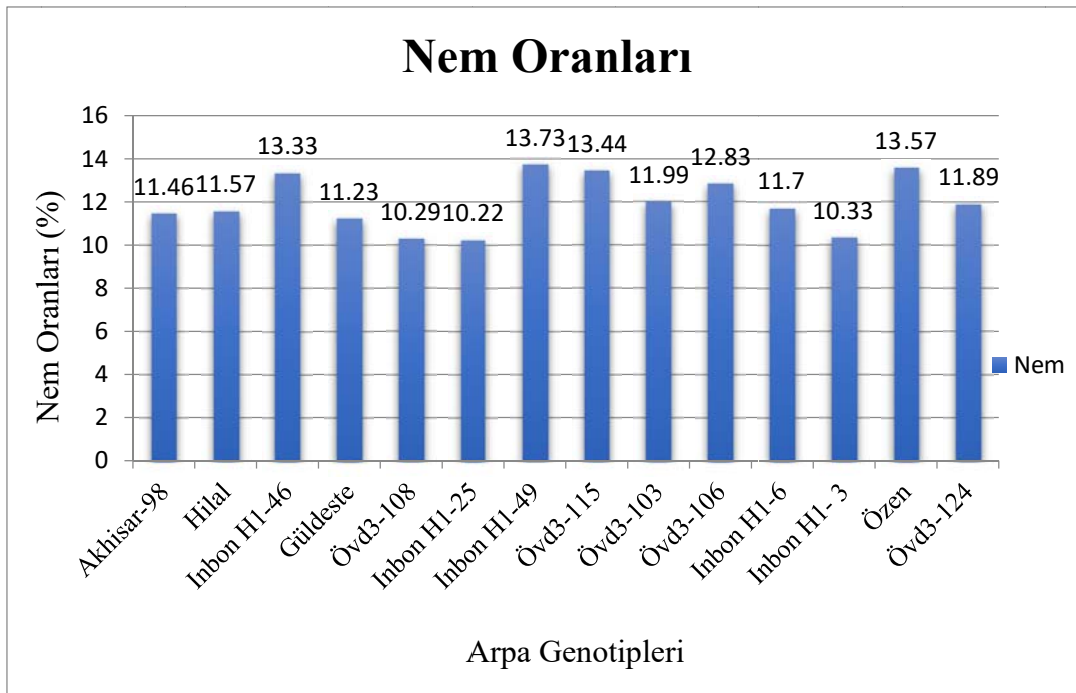
Numune	Kalite Parametreleri (%)					
	Nem	Ham Protein	Ham Lif	Ham Yağ	Ham Kül	Nişasta
Akhisar-98	11.46	14.37	<b>5.72</b>	1.17	1.69	46.5
Hilal	11.57	16.11	0.07	1.57	1.46	69.93
Inbon H1-46	13.33	14.56	3.06	2.55	0.71	59.33
Güldeste	11.23	15.20	1.85	1.74	<b>1.98</b>	67.37
Övd3-108	10.29	15.39	2.57	1.52	1.65	57.96
Inbon H1-25	10.22	13.60	5.26	1.44	1.75	57.78
Inbon H1-49	<b>13.73</b>	14.21	0.28	1.92	1.18	66.36
Övd3-115	13.44	13.84	1.21	1.5	1.12	64.64
Övd3-103	11.99	13.35	2.66	1.16	1.03	59.84
Övd3-106	12.83	<b>17.55</b>	1.33	<b>2.91</b>	0.15	64.74
Inbon H1-6	11.7	17.03	2.08	2.16	1.89	62.24
Inbon H1- 3	10.33	14.85	4.53	2.16	1.58	57.63
Özen	13.57	14.31	3.13	2.04	0.85	66.98
Övd3-124	11.89	16.65	0.7	2.24	1.69	<b>71.51</b>
<b>Ortalama</b>	11.97	15.07	2.46	1.7	1.33	62.34

#### 4.1.1. Nem Oranları (%)

Araştırmada kullanılan arpa numunelerine ait nem oranları Tablo 7’de ve Şekil 19’da görülmektedir. Arpa numunelerinin nem oranları %10.22 ile %13.73 arasında değişmiştir. En yüksek nem oranı %13.73 ile InbonH1-49 genotipinde belirlenirken, en düşük nem oranı %10.22 ile InbonH1-25 genotipinde tespit edilmiştir. Arpa numunelerinin ortalama nem oranları ise %11.97 olarak bulunmuştur. Yapılan bazı çalışmalarda nem miktarları: Ermişer ve Yalçın (2021), yaptıkları çalışmada rafine kavuzsuz arpa ununda nem oranını %13.2, tam tahıllı kavuzsuz arpa ununda nem oranı %9.5 olduğunu tespit etmişlerdir. Türker (2020),

yaptığı çalışmada kavuzlu arpa, kavuzsuz arpa ve buğday unu numunelerinin nem değerlerini incelemiştir. Kavuzlu arpada nem oranını %11.42-12.43 arasında, kavuzsuz arpa da ise nem oranını %11.21-12.83 arasında değiştiğini, buğday ununda ise nem oranını %11.84 olarak tespit etmiştir. Golzari (2015), buğday, çavdar ve kavuzsuz arpa örneklerinde yaptığı çalışmada nem oranları sırasıyla %10.15, %9.35 ve %9.91 oranında tespit etmiştir.

Gupta ve ark. (2011), buğday unu yerine arpa ununun kurabiyelerde kullanılmasıyla ilgili yapılan bir çalışmada arpa ununun fizikokimyasal özellikleri incelenmiştir. Arpa ununun nem değerinin %13.1 olduğu saptanmıştır.



**Şekil 19.** Arpa numunelerine ait nem oranları (%)

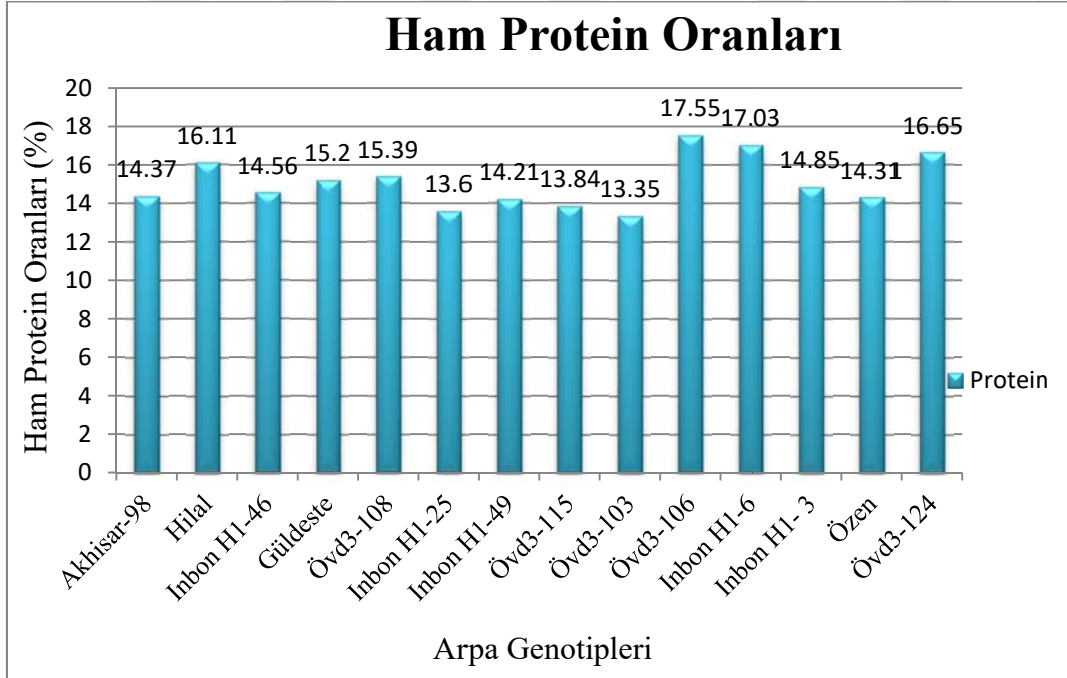
Erkan ve ark. (2006), buğday ununda nem oranını %14.4, arpa ununda nem oranını %10.7-11.8 arasında, kavuzsuz arpa ununda ise nem oranı %11.9, Yalçın ve Çelik, (2006) kavuzsuz arpa ununda nem oranı %11.2 oranında tespit etmişlerdir. Arpa tanelerinin depolanması için optimum nem seviyesi %12'nin altındaki düşük nem içeriğidir. Ancak dünyanın kuzey kısmında nemli hava koşulları söz konusu olduğundan %16'ya kadar nem oranına izin verilmektedir (Akar ve ark., 2004).

Çölkesen ve ark. (2002), 1998 yılında arpa tanesinde %9.87 (Goldie) ile %10.97 (Volga) arasında; 1999 yılında ise %8.27 (Brenda) ile %9.30 (Volga) arasında tespit etmiştir. Maltlık arpada tane neminin % 12-13 olması öngörülmektedir (Kün, 1988). Bu araştırmada kullanılan

arpa numunelerin nem oranları literatür ile benzerlik gösterirken, arpaların nem oranı üzerine yetiştirilen bölgenin, ikliminin ve depolama koşullarının etkisi kaçınılmazdır.

#### 4.1.2. Ham Protein Oranları (%)

Araştırmada kullanılan arpa numunelerine ait protein oranları Tablo 7’de ve Şekil 20’de görülmektedir. Numunelerin protein oranları %13.35 ile %17.55 arasında değişmiştir. En yüksek protein oranı %17.55 ile Övd3-106 genotipinde belirlenirken, en düşük protein miktarı %13.35 ile Övd3-103 genotipinde tespit edilmiştir. Arpa numunelerinin ortalama protein oranları ise %15.07 olarak bulunmuştur. Yapılan bazı çalışmalarda Ermişer ve Yalçın (2021), yaptıkları çalışmada rafine kavuzsuz arpa ununda protein oranı %12.1, tam tahıllı kavuzsuz arpa ununda protein oranı %18.2, durum buğdayı irmiğinde protein oranı ise %12.4 olarak tespit etmiştir. Türker (2020), yaptığı çalışmada kavuzlu arpa, kavuzsuz arpa ve buğday unu numunelerinin protein değerlerini incelemiş, kavuzlu arpanın protein oranını %12.75-14.24 arasında, kavuzsuz arpanın protein oranını ise %13.08-13.45 arasında, Karaduman (2018), ise kavuzsuz arpada protein oranını %15.1-16.5 arasında, kavuzlu arpada %12.2-15.9 arasında tespit etmiştir.



Şekil 20. Arpa numunelerine ait ham protein oranları (%)

Golzari (2015), buğday, çavdar ve kavuzsuz arpa unu örneklerinde yaptığı çalışmada protein oranlarını sırasıyla %11.88, %7.97 ve %15.27 olarak tespit etmiştir. Köten ve ark., (2013),

arpada yaptıkları çalışmalarında protein oranını %9.00-14.00 arasında, Gürsoy (2011), bazı iki sıralı arpa (*Hordeum vulgare* L.) hat ve çeşitlerinde yaptığı çalışmada, en yüksek protein değerini %11.86 ile hat 3'de tespit etmiş, diğer hatlar ve Tokak 157/37 çeşidi de buna yakın değerler gösterdiğini belirlemiştir. Artan azotlu gübreleme ile birlikte tanede protein oranı da artış göstermiş, arpada protein oranı artışının azotlu gübre artışına paralel olduğu sonucuna varmıştır.

Aydoğan ve ark. (2011), yaptığı çalışmada arpa genotiplerin protein oranını yıllar ve çevreye göre incelemiş; 2006-2007 yılı ortalama protein oranlarını %11.82, Çumra ve Konya merkez çevrelerini sırasıyla %12.83 ve %10.81 olarak bulmuştur. 2007-2008 yılı ortalama protein oranlarını %11.31, Çumra ve Konya merkez çevrelerini sırasıyla %9.25 ve %13.37 olarak bulmuştur. Yıllar arasında protein oranı bakımından önemli farklılık olmadığı ancak çevreler arasında önemli farklılıklar tespit etmiştir.

Yalçın ve Çelik (2006), kavuzsuz arpa ununda protein oranını %13.9 oranında, Erkan ve ark. (2006), yaptıkları çalışmada buğday ununda protein oranını %11.6, arpa ununda protein oranını %8.0-10.4, kavuzsuz arpa ununda ise protein oranı %13.4 olarak bulmuşlardır.

Çölkesen ve ark., (2002) yaptıkları çalışmalarında arpada protein oranını ilk yıl %10.0 (Kompact, Volga) ile %11.87 (ND 8972) arasında; ikinci yıl ise %10.63 (Volga) ile %12.57 (Viva) arasında olduğunu belirlemişlerdir. İki yıllık ortalamada ise en düşük protein oranını Volga (% 10.32), en yüksek protein oranını ise Alexis (% 11.95) çeşidi vermiştir.

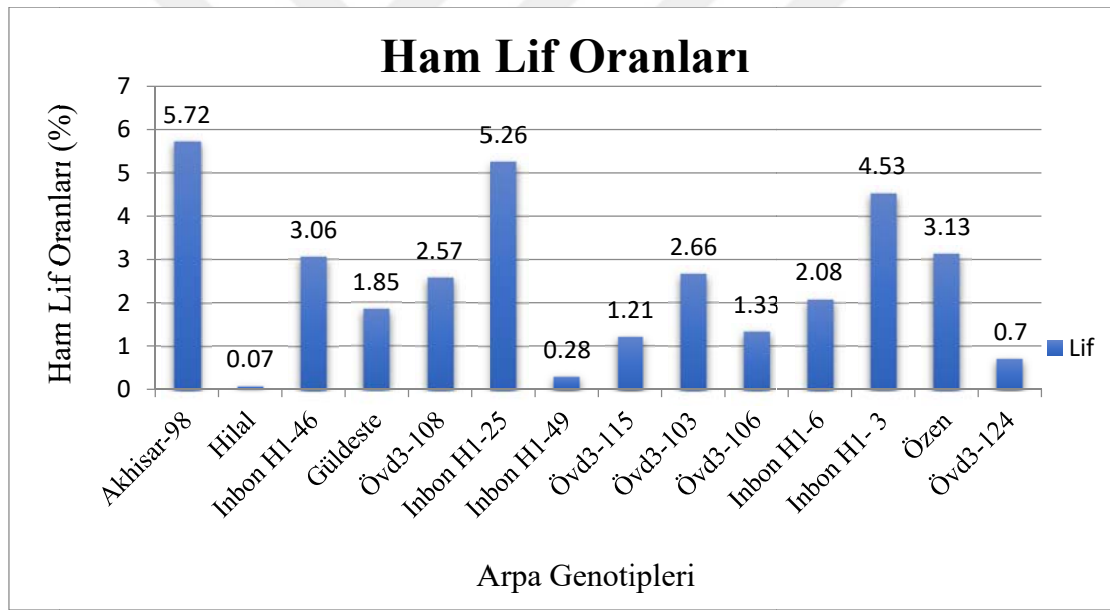
Öztürk ve ark. (2001), yaptıkları araştırmada arpa çeşitlerinin ham protein oranlarını %11.4-13.2 arasında tespit etmiştir. En yüksek ham protein oranını da Karatay 94 (%13.2) ve Zafer 160 (% 13.2) çeşitlerinde belirlemişlerdir. Jadhav ve ark. (1998), yaptıkları çalışmada arpada protein oranını %8-15 arasında, Bhatti (1986) yaptığı çalışmada, 2 kavuzsuz arpa çeşidinde (Scout 2 sıralı arpası ve Tupper 6 sıralı) protein oranını %13.3-18.0 arasında tespit etmişlerdir.

Literatürden elde edilen bu sonuçlar ile araştırmamızdan elde edilen sonuçlar benzerlik göstermektedir. Yapılan çalışmalardan arpaların çeşidine ve yetiştirildiği bölgeye göre protein değerlerinin değiştiği gözlemlenmiştir.

#### **4.1.3. Ham Lif Oranları (%)**

Araştırmada kullanılan arpa numunelerine ait ham lif oranları Tablo 7'de ve Şekil 21'de

görülmektedir. Numunelerin ham lif oranları %0.07 ile %5.72 arasında değişmiştir. En yüksek ham lif oranı %5.72 ile Akhisar-98 çeşidinde belirlenirken, en düşük ham lif oranı %0.07 ile Hilal çeşidinde tespit edilmiştir. Arpa numunelerinin ortalama ham lif oranları ise %2.46 olarak bulunmuştur. Yapılan bazı çalışmalarda Ermişer ve Yalçın (2021), yaptıkları çalışmada rafine kavuzsuz arpa ununda ham lif oranı %2.5, tam tahıllı kavuzsuz arpa ununda ham lif oranı %11.8 olduğunu tespit etmişlerdir. Gray ve ark. (2009), mumsu kavuzsuz arpa çeşitlerinde diyet lif oranını %7.2-9.1 arasında, normal arpa çeşitlerde ise %2.2-6.7 arasında tespit etmiş, arpadaki çözünür lifin ağırlıklı olarak  $\beta$ -glukandan oluştuğunu, mumsu çeşitlerin normal çeşitlerden daha fazla çözünür diyet lifi içerdiğini tespit etmiştir. Bhaty (1986), yaptığı çalışmada 2 kavuzsuz arpa çeşidinde (Scout 2 sıralı arpası ve Tupper 6 sıralı) lif oranını %0.8-1.6 arasında tespit etmiştir. Elde ettiğimiz ham lif oranları ile literatürdeki değerler birbirine benzemektedir.



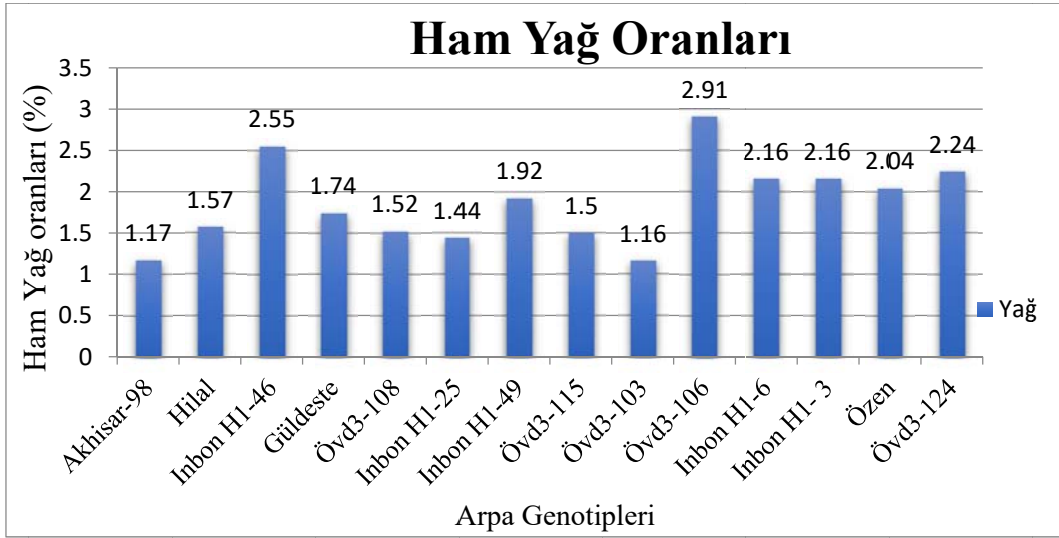
**Şekil 21.** Arpa numunelerine ait ham lif oranları (%)

Literatürde genelde besinsel lif veya diyet lif değerleri ile karşılaştırılmıştır. Arpalarda ham lif değerine ulaşamamıştır. Araştırmamızdan elde ettiğimiz değerler ise ham lif değerleridir. Elde ettiğimiz değerlerin literatür ile bu kadar farklı olmasının hem yapılan lif analizinin farklılığından, hem de kullanılan yöntemlerin farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

#### 4.1.4. Ham Yağ Oranları (%)

Araştırmada kullanılan arpa numunelerine ait ham yağ oranları Tablo 7’de ve Şekil 22’de görülmektedir. Numunelerin ham yağ oranları %1.16 ile %2.91 arasında değişmiştir. En

yüksek ham yağ oranı %2.91 ile Övd3-106 genotipinde belirlenirken, en düşük ham yağ oranı %1.16 ile Övd3-103 genotipinde tespit edilmiştir. Arpa numunelerinin ortalama ham yağ oranı ise %1.7 olarak bulunmuştur. Erkan ve ark. (2006) yaptıkları çalışmalarında, buğday arpa ununda ham yağ oranını %1.62-1.92 arasında, kavuzsuz arpa ununda ise ham yağ oranı %1.90 olarak tespit etmişlerdir, Jadhav ve ark. (1998) ise yaptıkları çalışmada, arpada yağ oranını %2-3 arasında tespit etmişlerdir. Araştırmadan elde ettiğimiz ham yağ değerleri diğer araştırmalar ile uyum içerisindedir.

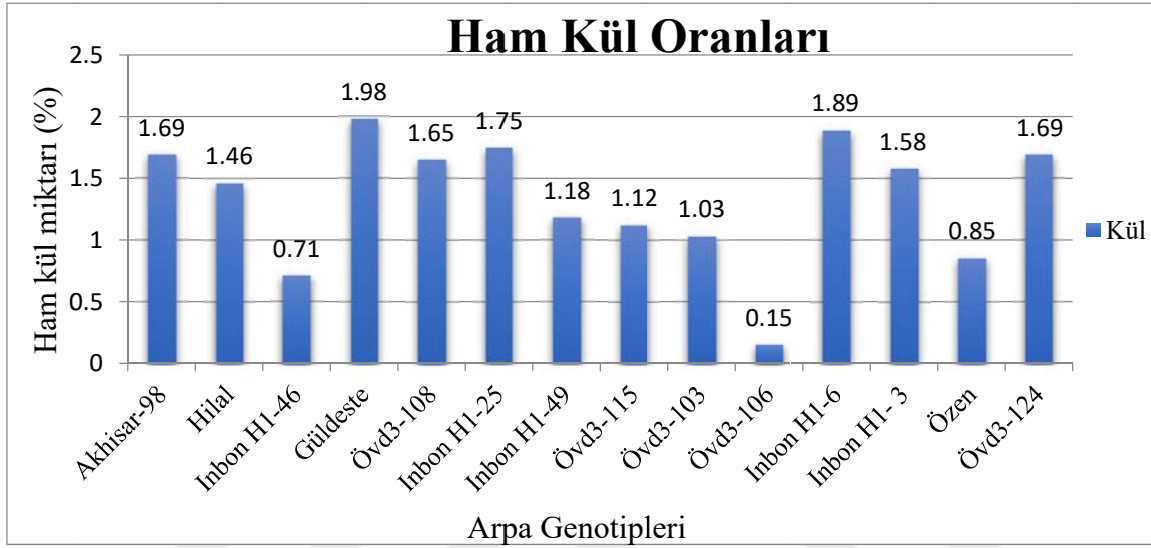


Şekil 22. Arpa numunelerine ait ham yağ oranları (%)

#### 4.1.5. Ham Kül Oranları (%)

Araştırmada kullanılan arpa numunelerine ait ham kül oranları Tablo 7’de ve Şekil 23’te görülmektedir. Numunelerin ham kül oranları %0.15 ile %1.98 arasında değişmiştir. En yüksek ham kül oranı %1.98 ile Güldeste çeşidinde belirlenirken, en düşük kül oranı %0.15 ile Övd3-106 genotipinde tespit edilmiştir. Arpa numunelerinin ortalama ham kül oranları ise %1.33 olarak bulunmuştur. Yapılan bazı çalışmalarda Ermişer ve Yalçın, (2021) yaptıkları çalışmada rafine kavuzsuz arpa ununda kül oranını %0.93, tam tahıllı kavuzsuz arpa ununda kül oranı %2.0, durum buğdayı irmiğinde ise kül oranı %0.63 olduğunu tespit etmiştir. Türker (2020), yaptığı çalışmada kavuzlu arpa, kavuzsuz arpa ve buğday unu numunelerinin kül değerlerini incelemiştir. Kavuzlu arpada kül oranını %1.43-1.51 arasında, kavuzsuz arpada %1.51-1.89 arasında, buğday ununda ise kül oranını %0.75 olarak tespit etmiştir. Karaduman (2018), yaptığı çalışmada kavuzsuz arpalarda kül oranını %1.6-2.1 arasında, kavuzlu arpalarda ise %2.1-2.8 arasında tespit etmiştir. Golzari (2015), buğday, çavdar ve kavuzsuz

arpa unu örneklerinde yaptığı çalışmada kül oranı sırasıyla buğday %0.47, çavdar %1.22 ve kavuzsuz arpa %0.76 oranında tespit etmiştir. Alkan ve Kandemir (2015), Tokak yerel arpa çeşitlerinin özelliklerinin incelendiği bir çalışmada 25 farklı arpa çeşidine ait kül miktarının %2.04-2.56 arasında değiştiğini tespit etmiştir. Gupta ve ark. (2011), buğday unu yerine arpa ununun kurabiyelerde kullanılmasıyla ilgili yapılan bir çalışmada arpa ununun fizikokimyasal özellikleri incelenmiş, kül miktarının %1.45 olduğu saptanmıştır.



Şekil 23. Arpa numunelerine ait ham kül oranları (%)

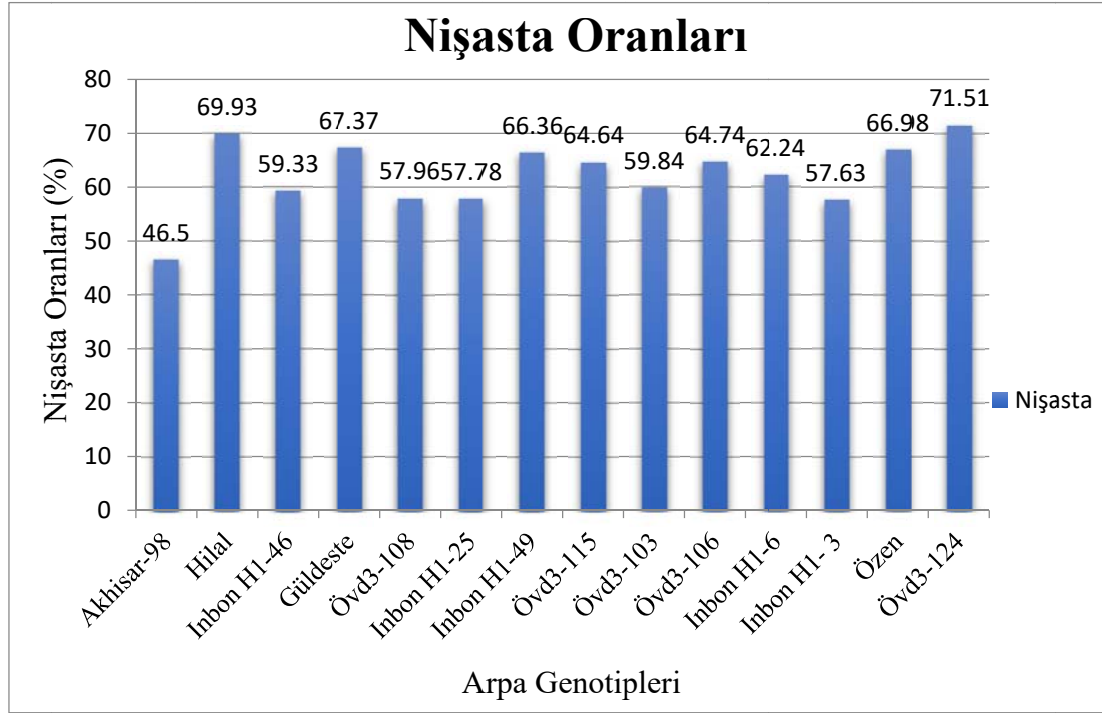
Erkan ve ark. (2006), arpa ununda kül oranını %0.86-1.03 arasında, kavuzsuz arpa ununda ise kül oranı %1.31 oranında, Bhattı (1986) yaptığı çalışmada, 2 kavuzsuz arpa çeşidinde (Scout 2 sıralı arpası ve Tupper 6 sıralı) kül oranını %1.1-2.1 arasında tespit etmiştir. Literatürden elde edilen bu sonuçlar araştırmamızdan elde edilen sonuçlar ile benzerlik göstermektedir.

#### 4.1.6. Nişasta Oranları (%)

Araştırmada kullanılan arpa numunelerine ait nişasta oranları Tablo 7’de ve Şekil 24’te görülmektedir. Numunelerin nişasta oranları %46.50 ile %71.51 arasında değişmiştir. En yüksek nişasta oranı %71.51 ile Övd3-124 genotipinde belirlenirken, en düşük nişasta oranı ise %46.50 ile Akhisar-98 çeşidinde tespit edilmiştir. Arpa numunelerinin ortalama nişasta oranları %62.34 olarak bulunmuştur.

Karaduman (2018), yaptığı çalışmada nişasta oranlarını kavuzsuz arpada %59.7-60.7 arasında, kavuzlu arpada ise %53.7-57.7 arasında tespit etmiştir. Djurle ve ark., (2017) yaptığı çalışmada arpa unu karışımında nişasta oranı %65.7-71.4, ekme kırıntısında nişasta oranı

%50.7-63.6 arasında, ekmek kabuğunda ise nişasta oranı %50.7-63.8, kavuzsuz arpa unu karışımında nişasta oranı %66.9, kavuzsuz arpa ekmek kırıntısında nişasta oranı %56.5, kavuzsuz arpa ekmek kabuğunda ise nişasta oranı %56.8 olarak tespit etmiştir.



**Şekil 24.** Arpa numunelerine ait nişasta oranları (%)

Fuentes-Zaragoza ve ark. (2010) ise, arpada nişasta oranını %55.2, Jadhav ve ark. (1998), arpada nişasta oranını %60-64 arasında olduğunu belirlemişlerdir. Bhatti ve Rosnagell (1998), 6 Japon kavuzsuz arpa çeşidinde nişasta içeriğini %66.8-77.3 aralığında, aynı lokasyonda yetiştirilen 12 Kanada kavuzsuz arpa çeşidinde ise nişasta oranını %60-75 arasında tespit etmişlerdir. Farklı araştırmalardan elde edilen bu sonuçlar ile araştırmamızdan elde edilen sonuçlar benzerlik göstermektedir.

#### 4.2. $\beta$ -glukan Analiz Sonuçları (%)

Araştırmada kullanılan arpa numunelerinden elde edilen  $\beta$ -glukan oranları Tablo 8'de ve Şekil 25'te görülmektedir. Numunelerin kuru madde üzerinden hesaplanan  $\beta$ -glukan oranları %2.89 ile %5.84 arasında değişmiştir. En yüksek  $\beta$ -glukan oranı %5.84 ile InbonH1-6 genotipinde, en düşük  $\beta$ -glukan oranı ise %2.89 ile Özen çeşidinde tespit edilmiştir. Arpa numunelerinin ortalama  $\beta$ -glukan oranları da %4.48 olarak bulunmuştur. Yapılan çalışmada kavuzlu arpa çeşitlerinde en düşük  $\beta$ -glukan oranı %4.90 Akhisar-98 çeşidinde iken en yüksek %5.31 ile Hilal çeşidinde olduğu saptanmıştır. Kavuzsuz arpa çeşitlerinde ise en

düşük  $\beta$ -glukan oranı %2.89 Özen çeşidinde iken, en yüksek  $\beta$ -glukan oranı %5.84 Inbon H1-6 genotipinde tespit edilmiştir.

**Tablo 8.** Arpa numunelerine ait  $\beta$ -glukan oranları

Çeşitler	$\beta$ -Glukan (%)
Akhisar-98	4.90
Hilal	5.31
InbonH1-46	3.52
Güldeste	4.70
Övd3-108	4.66
InbonH1-25	4.70
InbonH1-49	4.79
Övd3-115	4.31
Övd3-103	3.61
Övd3-106	4.74
<b>InbonH1-6</b>	<b>5.84</b>
InbonH1-3	3.45
Özen	2.89
Övd3-124	5.22
Ortalama	4.48

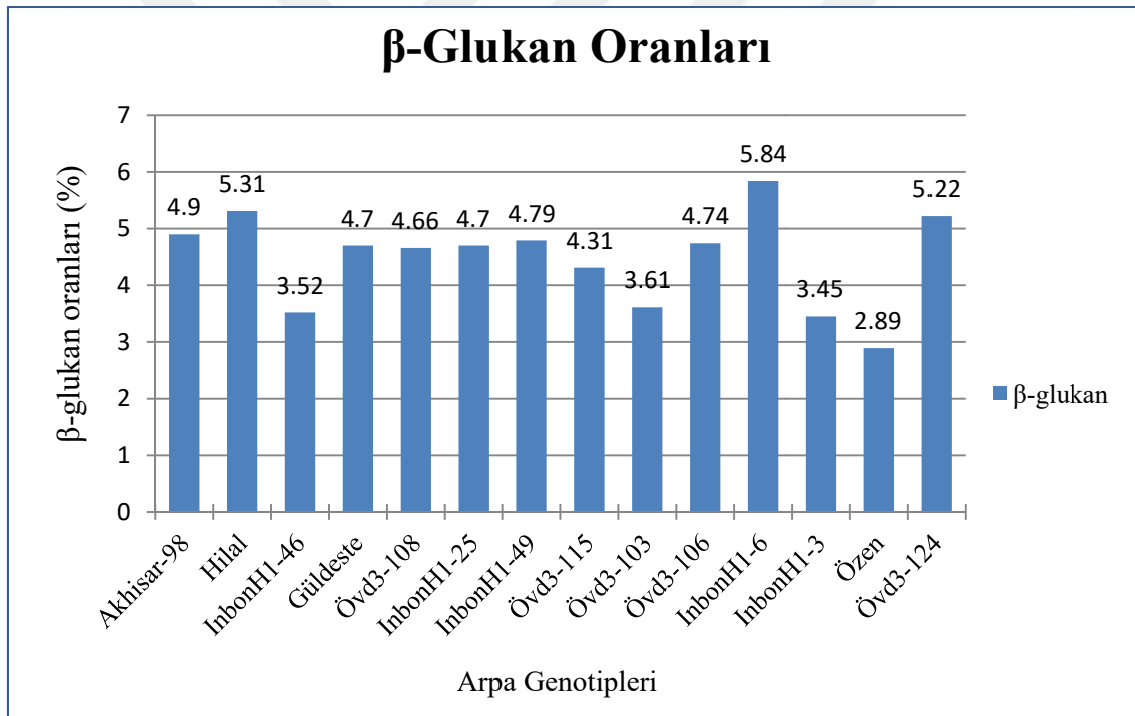
Ermişer ve Yalçın, (2021) yaptıkları çalışmada ise rafine kavuzsuz arpa ununda  $\beta$ -glukan oranı %2.40, tam tahıllı kavuzsuz arpa ununda  $\beta$ -glukan oranı %5.0, durum buğdayı irmiğinde ise  $\beta$ -glukan oranı %0.01, rafine kavuzsuz arpa makarnasında  $\beta$ -glukan oranı %0.40-1.02, tam tahıllı kavuzsuz arpa makarnasında ise  $\beta$ -glukan oranı %0.47-2.38 arasında olduğunu tespit etmiştir.

Türker (2020) yaptığı çalışmada, tüm tane kavuzlu arpa, kavuzsuz arpa ve buğday unu numunelerinde  $\beta$ -glukan değerlerini incelemiştir. Tüm tane kavuzlu arpa numunelerinde  $\beta$ -glukan değerlerini %4.22-5.53 arasında, kavuzsuz arpa numunelerinde  $\beta$ -glukan değerlerini %4.42-5.7 arasında değiştiği tespit etmiştir. Kavuzlu arpa unu numunelerinde  $\beta$ -glukan değerlerini %2.2-2.8, kavuzsuz arpa unu örneklerinde  $\beta$ -glukan değerlerini %1.88-3.08, buğday unu örneklerinde ise  $\beta$ -glukan değerlerini %0.21 olarak tespit etmiştir. Arpa unlarında daneye göre  $\beta$ -glukan değerleri daha az bulunmuştur.

Arcangelis ve ark. (2019), yaptıkları çalışmada arpada  $\beta$ -glukan değerini %2-11 arasında,

Karaduman (2018) ise, kavuzlu arpalardan mumsu (waxy) olanlarda  $\beta$ -glukan oranını %4.8, kavuzsuz arpada ise mumsu (waxy) olanlarda  $\beta$ -glukan oranını %5.7 olarak tespit etmiştir. Ayrıca  $\beta$ -glukan içeriğinin çeşit ve yetiştirme şartlarından etkilendiğini, kuru yıllarda artan sentezlerine bağlı olarak miktarın arttığını, yağmurlu yıllar da ise hem  $\beta$ -glukan hem de asit ekstrakt viskozitesinin negatif etkilendiğini belirlemiştir (Karaduman, 2018). Djurle ve ark. (2017) yaptığı çalışmada, arpa unu karışımında  $\beta$ -glukan oranını %1.7-4.0, ekme kırıntısında %1.7-3.8, ekme kabuğunda ise %1.7-3.8 arasında tespit etmiştir.

Golzari (2015) yaptığı çalışmada, kavuzsuz arpanın  $\beta$ -glukan içeriğini %4.88 olarak tespit etmiş, buğday ununa %10, %20, %30, %40, %50 oranında kavuzsuz arpa unu ilave edildiğinde  $\beta$ -oranlarını da sırasıyla %0.57, %0.94, %1.29, %1.65, %2.25 olarak tespit etmiştir. Kavuzsuz arpa unu arttıkça  $\beta$ -glukan miktarının arttığını tespit etmiştir.



**Şekil 25.** Arpa numunelerine ait  $\beta$ -glukan oranları (%)

Wirkijowska ve ark. (2012) ise yaptıkları çalışmada, kavuzsuz arpa çeşitlerinde  $\beta$ -glukan miktarlarını %4.04 ile %5.71 arasında, Şimşekli ve Doğan, (2012),  $\beta$ -glukan oranını %3.0 ile %10.6 aralığında, Ferrari ve ark., (2009) yaptığı çalışmada arpa çeşitlerinde  $\beta$ -glukan değerinin %5.4-7.8 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Panfili ve ark. (2008) yaptığı çalışmada, arpa örneklerinin  $\beta$ -glukan değerlerinin %4.82, Erkan ve ark. (2006) yaptıkları çalışmada, arpa ununda  $\beta$ -glukan oranını %2.80-3.38 arasında, kavuzsuz arpa ununda ise  $\beta$ -

glukan oranı %4.28 olarak, Altan ve ark. (2006) ise, arpanın bileşiminde çeşide bağlı olarak %3-6 oranında  $\beta$ -glukan olabileceğini bildirilmiştir. Vasanthan ve ark. (2002) yaptığı çalışmada ise, arpalarda  $\beta$ -glukan değerleri %3.9 ile %6.5 arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Yulaf kepeği yaklaşık olarak %7 oranında  $\beta$ -glukan içermektedir. Kuru yulaf, arpa ile aynı oranda (%5)  $\beta$ -glukan, buğday ve çavdar ise %2 oranında  $\beta$ -glukan içermektedir (Kale ve Bingöl, 2014). Bazı tahıllarda bulunan  $\beta$ -glukan oranları Tablo 9’da görülmektedir (Şimşekli ve Doğan, 2012). Tahıl kaynaklı  $\beta$ -glukanlar arpa, yulaf ve çavdarda buğdaya göre daha fazla miktarda bulunmaktadır.

**Tablo 9.** Bazı tahıllarda bulunan  $\beta$ -glukan oranları

Tahıl Çeşidi	$\beta$ -glukan oranı (%)
Yulaf	5.5-11
Arpa	3.0-10.6
Buğday	0.5-3.8
Pirinç	1.0-3.5

Yeung ve Vasathan’ın (2001) yaptığı çalışmada ise  $\beta$ -glukan oranının %5.9, Bhattı ve Rosnagel (1998), yaptığı çalışmalarında  $\beta$ -glukan oranını normal nişastalı kavuzsuz arpalarda %4-6 aralığında, mumsu (waxy) arpalarda ise %6-8 aralığında olduğunu tespit etmişlerdir. Jadhav ve ark. (1998), arpada  $\beta$ -glukan oranını %3.6-6.1 arasında olduğunu tespit etmişlerdir.

Elde edilen literatür sonuçlarından da tahıllar içerisinde en yüksek  $\beta$ -glukan oranlarının arpa ile yulafta olduğu görülürken, arpalardan da özellikle kavuzsuz olanlarında oran oldukça yüksektir. Bu araştırmanın sonuçlarından elde edilen  $\beta$ -glukan değerleri ile literatürdeki sonuçlar karşılaştırıldığında da, özellikle kavuzsuz arpalardan elde edilen  $\beta$ -glukan içeriklerinin literatür ile benzer seviyelerde olduğu tespit edilmiştir.

#### 4.3. Dirençli Nişasta Analiz Sonuçları (%)

Araştırmada kullanılan arpa numunelerinden elde edilen dirençli nişasta oranları Tablo 10’da ve Şekil 26’ da görülmektedir. Numunelerin kuru madde üzerinden hesaplanan dirençli nişasta oranları %6.38 ile %8.11 arasında değişmiştir. En yüksek dirençli nişasta oranı %8.11 ile Guldeste çeşidinde belirlenirken, en düşük dirençli nişasta oranı %6.38 ile InbonH1-25 genotipinde tespit edilmiştir. Arpa numunelerinin ortalama dirençli nişasta oranları ise %7.20

olarak bulunmuştur. Yapılan çalışmada kavuzlu arpa çeşitlerinde en düşük dirençli nişasta oranı %6.72 Akhisar-98 çeşidinde iken en yüksek dirençli nişasta oranı %7.00 ile Hilal çeşidinde bulunmuştur. Kavuzsuz arpa çeşitlerinde ise en düşük dirençli nişasta oranı %6.38 InbonH1-25 genotipinde iken, en yüksek dirençli nişasta oranı %8.11 Güldeste çeşidinde tespit edilmiştir.

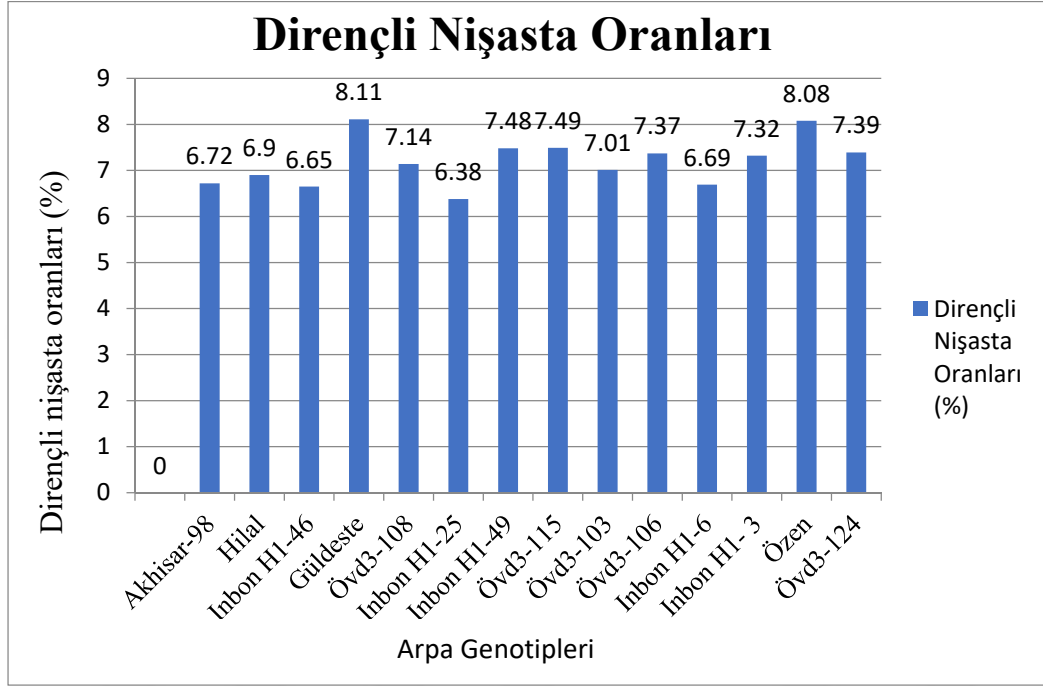
**Tablo 10.** Arpa genotiplerine ait dirençli nişasta oranları

<b>Çeşitler</b>	<b>Dirençli Nişasta Oranları (%)</b>
Akhisar-98	6.72
Hilal	6.90
Inbon H1-46	6.65
Güldeste	<b>8.11</b>
Övd3-108	7.14
Inbon H1-25	6.38
Inbon H1-49	7.48
Övd3-115	7.49
Övd3-103	7.01
Övd3-106	7.37
Inbon H1-6	6.69
Inbon H1- 3	7.32
Özen	8.08
Övd3-124	7.39
<b>Ortalama</b>	<b>7.20</b>

Yapılan bazı çalışmalarda Ermişer ve Yalçın (2021), yaptıkları çalışmada rafine kavuzsuz arpa ununda dirençli nişasta oranı %0.26, tam tahıllı kavuzsuz arpa ununda dirençli nişasta oranı %0.40 olarak tespit etmiştir. Shen ve ark. (2016), farklı tahılların nişasta oranlarını araştırdıkları çalışmalarında arpa nişastasında dirençli nişasta oranını %5.38 olarak belirlemişlerdir. Fuentes-Zaragoza ve ark. (2011) yaptıkları çalışmalarında, arpada dirençli nişasta oranını %18.2, mısır da %25.2, pirinçte %14.1, buğday da %13.6, yulafta ise %7.2, Perera ve ark., (2010) yaptıkları çalışmada arpada dirençli nişasta oranını %4.1 olarak tespit etmişlerdir.

Vasanthan ve Bhattı, (1998) yaptığı çalışmada arpada dirençli nişasta oranını %3.3, bezelyede dirençli nişasta oranı %3.8, mercimekte ise dirençli nişasta oranı %3.4 olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca tavlamanın kurutulmuş nişastanın dirençli nişasta içeriğine etkisi üzerine yaptığı çalışmada, arpada dirençli nişasta oranı 100°C ve 130°C'de %7.0'den %13.4'e

yükseldiği, ancak dirençli nişasta oluşumu 140°C'de %7.0'dan %11.5'e düştüğü, bezelye ve mercimeklerde, dirençli nişasta oranını sırasıyla 100°C ve 130°C'de %8.4'den %14.1'e ve %6.5'ten %9.5'e yükseldiğini tespit etmişlerdir. Tavlama sıcaklığının 130°C ve 140°C'ye yükselmesinin dirençli nişasta oluşumuna etkisi olmamıştır.



**Şekil 26.** Arpa numunelerine ait dirençli nişasta oranları (%)

Araştırmamızdan elde ettiğimiz dirençli nişasta oranları tam arpa unundan elde edilen değerlerdir. Araştırmamızda belirlenen dirençli nişasta oranları Shen ve ark. (2016), Perera ve ark. (2010) ile Vasanthan ve Bhatti, (1998)'nin belirlediği değerler ile benzerlik gösterirken, Fuentes-Zaragoza ve ark. (2011)'nin sonuçlarından düşük kalmıştır. Bu farklılığın analiz ve materyal farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

## 5. SONUÇLAR

Çalışma kapsamında 14 farklı genotipte arpa (2 adet kavuzlu, 12 adet kavuzsuz) materyali kullanılmış ve öğütülerek arpa unu elde edilmiştir. Elde edilen tam arpa unlarında, NIRS (nem, ham protein, ham lif, ham yağ, ham kül ve nişasta) analizleri ile  $\beta$ -glukan ve dirençli nişasta analizleri gerçekleştirilmiştir.

Yapılan analizler sonucunda, kavuzlu arpa numunelerinin nem oranları %11.46-11.57 arasında, ham protein oranları %14.37-16.11 arasında, ham lif oranları %0.07-5.72 arasında, ham yağ oranları %1.17-1.57, ham kül oranları %1.46-1.69 arasında, nişasta oranları %46.5-69.93 arasında,  $\beta$ -glukan oranları %4.90-5.31 arasında ve dirençli nişasta oranları %6.72-6.90 arasında tespit edilmiştir.

Kavuzsuz arpa genotiplerinde ise nem oranları %10.22-13.73 arasında, ham protein oranları %13.35-17.55 arasında, ham lif oranları %0.28-5.26 arasında, ham yağ oranları %1.16-2.91 arasında, ham kül oranları %0.15-1.98 arasında, nişasta oranları %57.63-71.51 arasında,  $\beta$ -glukan oranları %2.89-5.84 arasında ve dirençli nişasta oranları %6.38-8.14 arasında belirlenmiştir.

Araştırmadan elde ettiğimiz ortalama  $\beta$ -glukan oranı literatür ile karşılaştırıldığında yaklaşık olarak %6 düzeyinde daha fazla tespit edilirken, ortalama dirençli nişasta oranı ise yaklaşık olarak %69 düzeyinde daha fazla tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlardan özellikle kavuzsuz arpa numunelerinde en yüksek  $\beta$ -glukan oranları ve dirençli nişasta oranlarının olduğu tespit edilmiştir.

## ÖNERİLER

Arpanın (*Hordeum vulgare* L.) ekonomik önemi dünya çapında buğday, pirinç ve mısırdan sonra dördüncü sırada, ülkemizde ise ikinci sırada yer almaktadır. Ülkemizde arpa hayvan beslenmesinde ve malt/bira üretim alanında kullanılmaktadır. Besinsel lif içeriği, dirençli nişasta ve  $\beta$ -glukan içeriği yüksek olan arpa unlarının gıda üretiminde kullanılmasıyla insanlar daha fazla lif tüketmeye teşvik edilecektir. Mükemmel bir çözünür ve çözünmez diyet lifi kaynağı olması nedeniyle insan beslenmesinde arpaya olan ilgi artmakta, enzime dirençli nişastanın dahil olduğu arpa ürünleri insan tüketimine yönelik gıdalarda kullanılmasıyla, kavuzsuz arpa için daha büyük fırsatlar ortaya çıkmaktadır. Bunun arkasında, kavuzsuz arpanın depolama, nakliye ve işlemede kavuzlu arpaya göre çeşitli avantajlarının olması da vardır. Tahıl bazlı gıdalar, temel gıdalardaki dirençli nişasta içeriklerini artırmak için uygun ve verimli bir yoldur.

Son yıllarda insan sağlığı ve beslenmesi açısından  $\beta$ -glukana ve dirençli nişastaya artan ilgi nedeniyle de kavuzsuz arpaların hem tahıl ürünlerinde hem de diğer gıda maddelerinde kullanımının yaygınlaşacağı düşünülmektedir. Ayrıca hem  $\beta$ -glukan üretiminde hem de dirençli nişasta üretiminde, ıslah yoluyla daha da geliştirilmiş kavuzsuz arpaların da hammadde olarak kullanılabilmesi düşünülmektedir.

Bu tez çalışmasından elde edilen bulguların, kavuzsuz arpaların farklı gıdalarda kullanılması yönünde daha fazla çalışmaların yapılabilmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Akar, T., Avcı, M., Düşünceli, F. (2004). Barley: Post –Harvest Operations. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 3-5.
- Akdeniz, H., Keskin, B., Yılmaz, İ., Oral, E. (2003). Bazı Arpa Çeşitlerinin Verim ve Verim Unsurları ile Bazı Kalite Özellikleri Üzerinde Bir Araştırma. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 14(2), 119-125.
- Akman, Z., Kara, B. (2007). Isparta Yöresinde Yetiştirilen Arpa Köy Çeşitlerinin Verim ve Verim Öğelerinin Belirlenmesi, *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20 (2), 163-169.
- Alkan, F. R., Kandemir, N. (2015). Tokak yerel arpa çeşidi içinden seçilen saf hatların bazı gıda, yem ve tarımsal özellikler bakımından varyasyonları, *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 24, 124-139.
- Alp, M., Kahraman, R., Kocabağlı, N., Abaş, İ., Aksu, H. (1998). Buğday ve Arpa Ağırlıklı Rasyona Katılan Farklı Enzim Karmalarının Broyler Performansı ve İleum pH'sına Etkisi. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 23(3), 617-622.
- Altan, A., Yağcı, S., Maskan, M., Göğüş, F. (2006). Arpanın Ürün Bazında Değerlendirilmesi. Türkiye 9. Gıda Kongresi, 24-26 Mayıs, 495-498.
- Ames, N., Rhymer, C., Rossnagel, B. Therrien, M., Ryland, D., Dua, S., Ross, K. (2006). Utilization of diverse hullless barley properties to maximize food product quality, *Cereal Foods World*, 51, 23–38.
- Andrews, R. (2018). <https://www.precisionnutrition.com/all-about-resistant-starch>. Erişim Tarihi: 21.10.2021
- Anonim, (2013). <https://www.gidahatti.com/direncli-nisasta-31039/>. Erişim Tarihi: 21.10.2021
- Anonim, (2015). Arpa sektörü raporu, Konya- Ereğli. Erişim Tarihi: 21.10.2021
- Anonim, (2016). Resistant Starch. <https://www.thehealthygrain.com/resistant-starch/>. Erişim Tarihi: 21.10.2021
- Anonim, (2018a). Barley Resistant Starch and Prebiotic Fiber For Gut Health and The Microbiot, *Applied Nutrition Science*, 2-4.
- Anonim, (2018b). <http://mam.tubitak.gov.tr/tr/teknoloji-transfer-ofisi/direncli-nisasta>. Erişim Tarihi: 21.10.2021
- Anonim, (2020). <https://www.britannica.com/plant/barley-cereal> Written By: The Editors of Encyclopedia Britannica See Article History. Erişim Tarihi: 21.10.2021
- AOAC, (2002). AOAC Official Method 2001.03, Total dietary fibre in foods containing resistant maltodextrin, Chapter 45, p92.

- Arcangelis, E., Djurle, S., Andersson, A. A. M., Marconi, E., Messia, M.C., Andersson, R. (2019). Structure analysis of  $\beta$ -glucan in barley and effects of wheat  $\beta$ -glucanase. *Journal of Cereal Science*, 85, 175-181.
- Arendt, E. K., Zannini, E. (2013). Cereal grains for the food and beverage industries. Woodhead Publishing, Elsevier.
- Arslantaş, D., Ünver, A., Özcan, M. (2002). Malt Şırasının Laktikasit Fermentasyonu ile İşlenmesi. *Gıda ve Yem Teknolojisi Bilimi*, sayı (1), 19-23.
- Asa, M., Hennigsson, M., Margareta, E., Nyman, G.L., Inder, M.E., Björk. (2002). Influences of dietary adaptation and source of resistant starch on short-chain fatty acids in the hindgut of rats. *British Journal of Nutrition*, 89, 319–327.
- Asprey, D. (2018). <https://blog.bulletproof.com/resistant-starch/>. Erişim Tarihi: 21.10.2021
- Ay, H., Aykanat, S., Anay, A., Akkaya, M.R., Zeybek, A. (2018). Agronomic and Quality Evaluation Of Rainfed Barley (*Hordeum Vulgare* L.) In Eastern Mediterranean Condition. Volume 27 – No. 10, 6532-6546.
- Aydoğan, S., Şahin, M., Göçmen Akçacık, A., Ayrançı, R., Dağdaş, B. (2011). Konya Koşullarına Uygun Yüksek Verimli ve Kaliteli Arpa Genotiplerinin Belirlenmesi, Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü, 10-12.
- Baik, B.K., Ullrich, S.E. (2008). Barley for food: Characteristics, improvement and renewed interest, *Journal of Cereal Science*, 48, 233–242.
- Bhatty, R.S. (1993). Extraction and enrichment of (1→3),(1→4)- $\beta$ -D-glucan from barley and oat brans, *Cereal Chemistry*, 70, 73.
- Bhatty, R.S. (1986). Physiochemical and Functional (Breadmaking) Properties of Hull-less Barley Fractions. *Cereal Chemistry*, 63 (1): 31-35.
- Bhatty, R.S., Rosnagel, B.G. (1998). Comparison of Pearled and Unpearled Canadian Japanese Barleys. *Cereal Chemistry*, 75(1): 15-21.
- Birt, D.F., Boylston, T., Hendrich, S., Jane, J.L., Hollis, J., Li, L., McClelland, J., Moore, S., Philips, G.J., Rowling, M., Schalinske, K., Scott, M.P., Whitley, E.M. (2013). Resistant Starch: Promise for Improving Human Health. *Advances in nutrition (Bethesda, Md.)*, 4 (6): 587-601.
- Brennan, C.S., Celary, L.J. (2005). The potential use of cereals (1-3,1-4)- $\beta$ -D glucans as functional food ingredients. *Journal of Cereal Science*, 42:1-13.
- Candal, C., Kılıç, Ö., Erbaş, M. (2016). Enzime Dirençli Nişasta Üretim Yöntemleri ve Gıda Endüstrisinde Kullanım Amaçları. *Gıda*, 41, (6): 421-423.
- Candan, B. (2009). Arpa. Malt ve Birada  $\beta$ -glukan İçeriği ve Bira Kalitesi Üzerine Etkileri. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. 3-8.
- Çölkesen, M., Öktem, A., Engin, A., Öktem, A.G., Demirbağ, V., Yürürdurmaz, C., Çokkızgın, A. (2002). Bazı Arpa Çeşitlerinin (*Hordeum vulgare* L.)

- Kahramanmaraş ve Şanlıurfa Koşullarında Tarımsal ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5(2): 78-85.
- Deckardt, K., Khiaosa-ard, R., Grausgruber, H., Zebeli, O. (2013). Evaluation of various chemical and thermal feed processing methods for their potential to enhance resistant starch content in barley grain. *Starch*, 66 (5-6): 558–565.
- Demirekin, A., Gül, H. (2016). Enzime Dirençli Nişasta ve Sağlık Üzerindeki Etkileri. *Uşak Üniversitesi Ziraat Fakültesi dergisi*, 30 (2): 71-78.
- Demirkesen, H. (2015). Kara Nohut Nişastasından Enzimatik Yöntemle Elde Edilen Dirençli Nişastanın Fizikokimyasal ve Fonksiyonel Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, 3-5.
- Djurle, S., Andersson, A.A.M., Andersson, R. (2017). Effects of baking on dietary fibre, with emphasis on b-glucan and resistant starch, in barley breads. / *Journal of Cereal Science* 79. 449-455. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.10.017>.
- Dülger, D., Şahan, Y. (2011). Diyet Lifin Özellikleri ve Sağlık Üzerindeki Etkileri. *U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2011, Cilt 25, Sayı 2, 149-152.
- Egbert, G. (2008). Barley. in College Seminar 235 Food for Thought: *The Science, Culture, Politics of Food Spring*. 3-18.
- Eğilmez, S. (2021). Ürün Raporu Arpa. Tepge Yayın No: 339. Isbn: 978-605-7599-78-.
- El, S. (2008). Gıda Bileşenlerinin Beslenme Açısından Önemi. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü Beslenme Ders Notu, 11-12.
- Englyst, H.N., Kingman, S.M. (1990). Dietary Fiber and Resistant Starch A Nutritional Classification of Plant Polysaccharides. 49-50.
- Englyst, H.N., Kingman, S.M. Cummings, J.H. (1992). Classification and measurement of nutritional important starch fractions. *European Journal of Clinical Nutrition*, 46, 533-550.
- Englyst, H.N., Wiggins, H.S., Cummings, J.H. (1982). Determination of the Non-starch Polysaccharides in Plant Foods by Gas = Liquid Chromatography of Constituent Sugars as Alditol Acetates. *Analyst*, 107, 307-317.
- Erkan, H., Çelik, S., Bilgi, B., Köksel H. (2006). A new approach for the utilization of barley in food products: Barley tarhana, *Food Chemistry* 97. 12–18.
- Ermişer, D., Yalçın, E. (2021). Dietary fibre, protein profile and technological characteristics of durum spaghetti enriched with refined / whole grain hull-less barley flour. *Journal of Cereal Science*, 102, 103315, <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2021.103315>.
- Ferrari, B., Finocchiaro, F., Stanca, A., M. Gianinetti, A. (2009). Optimization of air classification for the production of  $\beta$  glucan –enriched barley flours. *Journal of Cereal Science*, 50, 152-158.
- Fuentes-Zaragoza, E., Riquelme-Navarrete, M.J., Sánchez-Zapata, E., Pérez- Álvarez, J.A. (2010). Resistant starch as prebiotic: A review. IPOA Research Group, Agro-Food

Technology Department, Universidad Miguel Herná'ndez, Orihuela, Alicante, Spain, 406-415. DOI 10.1002/star.201000099.

- Fuentes-Zaragoza, E., Sanchez-Zapata, E., Sendra, E., Sayas, E., Navarro, C., Fernandez-Lopez, J., Perez-Alvarez, J.A. (2011). Resistant starch as prebiotic: A review. *Starch*, 63, 406–415. doi 10.1002/star.201000099.
- Golzari, E.H. (2015). Arpa Unu ve Çavdar Unu İlavesinin Buğday Unlarının Bazı Fiziksel, Kimyasal, Reolojik ve Ekmek Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi. Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 2-40.
- Goni, I., Garcia-Diz, L., Manas, E., Saura-Calixto, F. (1996). Analysis of resistant starch: a method for foods and food products. *Food Chemistry*, 56 (4) 445-449.
- Grabitske, H. A., Slavin, J. L. (2009). Gastrointestinal effects of low-digestible carbohydrates. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 49, 327–360.
- Gray, D., Abdel-Aal, E-S.M., Seetharaman, K., Kakuda, Y. (2009). Differences in Carbohydrate Composition and Digestion In Vitro of Selected Barley Cultivars as Influenced by Pearling and Cooking. *Cereal Chemist*, 86 (6): 669–678.
- Gupta, M., Bawa, A. S., Semwal, A. D. (2011). Effect of Barley Flour Blending on Functional, Baking And Organoleptic Characteristics of High-Fiber Rusks. *Journal of food processing and preservation*, 35, 46-63.
- Gürsoy, M. (2011). Bazı İki Sıralı Arpa (*Hordeum Vulgare L.*) Hat ve Çeşitlerinde Farklı Azot Dozlarının Verim ve Kalite Ögelerine Etkileri. *e-Journal of New World Sciences Academy*. 6 (4): 115-117.
- Haralampu, S. G. (2000). Resistant starch: A review of the physical properties and biological impact of RS3. *Carbohydrate Polymers*, 41, 285–292.
- Havrlentova, M., Petrulakova, Z., Burgarova, A., Gago, F., Hlinkova, A., Sturdik, E. (2011). Cereal  $\beta$ -glucans and their Significance for the Preparation of Functional Foods-A Review. *Czech Journal of Food Sciences*, 29 (1). 1-14.
- Hendek-Ertop, M., Hayta, M. (2015). Ekşi Hamur Fermantasyonunun Ekmeğin Biyoaktif Bileşenleri ve Biyoyararlanımı Üzerindeki Etkileri. *Gıda*, 41 (2): 115-122. Doi: 10.15237/Gıda.Gd15053.
- Homayouni, A., Amini, A., Keshtiban, A., Mortazavian, A., Esazadeh, K., Pourmoradian, S. (2013). Resistant starch in food industry: a changing outlook for consumer and producer. *Starch*, 66:102-114. Doi 10.1002.
- İmamoğlu, A., Sarı, N. (2018). Arpa Yetiştiriciliği. Çiftçi Broşürü. No: 125.1-3.
- Jadhav, S. J., Lutz, S.E., Ghorpade, V.M., Salunkhe, D.K. (1998). Barley: Chemistry and Value- Added Processing. *Critical Reviews in Food Science*, 38 (2): 123–171.
- Kale, C., Bingöl, N.T. (2014). Role of Beta Glucan in Animal Nutrition. *Van Veterinary Journal*, 26 (1) 43-47.

- Karaduman, Y. (2018). Kavuzsuz Arpa Potansiyeli. Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. *Unlu Mamuller Teknolojisi*. 74:21-26.
- Karahocagil, P., Ege, H. (2004). Arpa. Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü. Sayı 6. Nüsha 8. 2-5.
- Kendal, E. (2012). İleri Kademedeki Bazı Yazlık Arpa Genotiplerinin Farklı Çevre Şartlarında Verim ve Kalite Parametrelerinin İncelenmesi. *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 25(1): 7-17.
- Kent, N. L. (1983). Barley, in *Technology of Cereals*. 3rd ed., Pergamon Press, Oxford, U.K., 154.
- Kılınç, M., Kırtok, Y., Yağbasanlar, T. (1992). Çukurova Koşullarına Uygun Arpa Çeşitlerinin Geliştirilmesi Üzerine Araştırmalar II. Arpa-Malt Semineri. 25-27 Mayıs. 205-218.
- Köksel, H., Masatçıoğlu, T., Kahraman, K., Öztürk, S., Basman, A. (2008). Improving effect of lyophilization on functional properties of resistant starch preparations formed by acid hydrolysis and heat treatment. *Journal of Cereal Science* 47, 275-282. doi:10.1016/j.jcs.2007.04.007.
- Kotancılar, H.G., Gerçekaslan, K.E., Karaoğlu, M., Boz, H. (2008). Dirençli Nişasta. Türkiye 10. Gıda Kongresi; 21-23 Mayıs 2008. Erzurum
- Köten, M. (2010). Arpa Unu ile Zenginleştirmenin Makarnanın Bazı Besinsel ve Kalite Özelliklerine Etkisi. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi.
- Köten, M., Ünsal, A.S., Atlı, A. (2013). Arpanın İnsan Gıdası Olarak Değerlendirilmesi. *Türk Tarım, Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*. 1(2): 51-55.
- Kün, E. (1988). Serin İklim Tahılları. Ders Kitabı, *AÜ Ziraat Fakültesi Yay*:1032, 299-301.
- Limberger-Bayer, V. M., Francisco, A., Chan, A., Oro, T., Ogliari, P.J., Barreto, P.L.M. (2013). Barley  $\beta$ -glucans extraction and partial characterization. *Food Chemistry*, 154, 84-89.
- Maki, K., Sanders, L., Reeves, M., Kaden, V., Rains, T., Cartwright, Y. (2009). Beneficial effects of resistant starch on laxation in healthy adults. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60: 296-305.
- Marwat, S., Hashimi, M., Khan, K. (2012). Barley (*Hordeum vulgare* L.) A prophetic food mentioned in Ahadith and its ethnobotanical importance. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 12(7): 35-41.
- Mccleary, B. V., Codd, R. (1991). Measurement of 1 $\rightarrow$ 3,1 $\rightarrow$ 4- $\beta$ -D-glucan in barley and oats: A streamlined enzymic procedure. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 55, 303-312.
- McIntosh, G. H., Newman, R. K., Newman, C. W. (1995). Barley foods and their influence on cholesterol metabolism. *World Review of Nutrition and Dietetics*, 77-89.

- Murphy, M. M., Douglass, J. S., Birkett, A. (2008). Resistant starch intakes in the United States. *Journal of the American Dietetic Association*, 108, 67–78.
- Newman, R.K., McGuire, C.F., Newman, C.W. (1990). Composition and Muffin-Baking Characteristics of Flours from Four Barley Cultivars. *Cereal Foods World*. 35: 563-566.
- Nguyen, S.N., Drawbridge, P., Beta, T. (2022). Resistant Starch in Wheat-, Barley-, Rye-, and Oat-Based Foods: A Review. *Starch*, 2100251. <https://doi.org/10.1002/star.202100251>.
- Nugent, A. (2005). Health properties of resistant starch. British Nutrition Foundation *Nutrition Bulletin*. 30, 27-54.
- Okumuş, B.N. (2015). Kahverengi Mercimek Nişastasının Karakterizasyonu ve Lipidler ile Dirençli Nişasta Tip 5 Oluşturma Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, 7-8.
- Ölçer, H., Akın, B. (2008). Starch: Biosynthesis, Granule Structure and Genetic Modifications. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Sayı:16, Issn-1302-3055, 3-5.
- Özayaydın, S. (2014). Bazı Katkı Maddelerinin Diyabetik Yulaf Kepeği Bisküvisinin Kalite Kriterleri Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans tezi. 35-37.
- Özcan, T., Kurtuldu, O., Delikanlı, B. (2013). Tahıl İçerikli Süt Ürünlerinin Geliştirilmesinde  $\beta$ -Glukan Kullanımı. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 27 (1): 87-96.
- Öztürk, A., Çağlar, Ö., Tufan, A. (2001). Bazı Arpa Çeşitlerinin Erzurum Koşullarına Adaptasyonu. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Dergisi*. 32 (2): 109-111.
- Öztürk, S., Köksel, H., K.W.Ng, P. (2010). Production of resistant starch from acid-modified amylopectin starches with enhanced functional properties. *Journal of Food Engineering*, 103, 156–164.
- Panfili, G., Fratianni, A., Di-Criscip, T., Marconi, E. (2008). Tocol and  $\beta$ -glucan levels in barley varieties and in pearling by-products. *Food Chemistry*, 107, 84-91.
- Perera, A., Meda, V., Tyler, R.T. (2010). Resistant starch: A review of analytical protocols for determining resistant starch and of factors affecting the resistant starch content of foods. *Food Research International*, 43, 1959-1979.
- Rahman, S., Bird, A., Regina, Z., Li, J.P., Ral, S., McMaugh, D., Topping., Morell, M. (2007). Resistant starch in cereals: Exploiting genetic engineering and genetic variation. *Journal of Cereal Science*, 46: 251-260.
- Reddy, B. S., Ernst, L., Wynder, D. (1977). Metabolic epidemiology of colon cancer: Fecal bile acids and neutral sterols in colon cancer patients and patients with adenomatous polyps. *Cancer*, 39(6): 2533-9.
- Sajilata, M.G., Singhal, R.S., Kulkarni, P.R. (2006). Resistant Starch — A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. Institute of Food Technologists*, 5, 3-5.

- Samray, M.N. (2018). Enzime Dirençli Nişasta İlavesinin Galeta Unundan Üretilen Ekstrüzyon Ürünlerinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi. Hacettepe Üniv. Yüksek Lisans Tezi. 2-10.
- Saulnier, L., Gevaudan, S., Thibault, J.F. (1993). Extraction and Partial Characterisation of  $\beta$ -glucan from the Endosperms of two Barley Cultivars. *Journal of Cereal Science* 19: 171-178.
- Saxelby, C. (2014). Resistant starch - the newest fibre. <https://foodwatch.com.au/blog/carbs-sugars-and-fibres/item/resistant-starch-the-newest-fibre.html>. Erişim Tarihi: 21.10.2021
- Sayim, İ., Ergün, N., Aydoğan, S. (2018). Kavuzsuz Arpa. Ziraat Yüksek Mühendisi. 5. Bölüm. 88-90.
- Şehitoğlu, M. (2007). Arpa Çeşitlerinde Farklı Tohumluk Miktarlarının Verim Ögeleri ve Kalite Özelliklerine Etkileri. Selçuk Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, 1-5.
- Sharma, A., Yadav, B.S., Ritika, A. (2008). Resistant Starch: Physiological Roles and Food Application. *Food Reviews International*, 24: Issn: 8755-9129 Print / 1525-6103, 193-206.
- Shaveta. Kaur, H., Kaur, S. (2019). Hulless barley: A new era of research for food purposes. *Journal of Cereal Research*, 11 (2): 114-124. doi.org/10.25174/2249-4065/2019/83719
- Shen, R.L., Zhang, W.J., Dong, J.L. (2016). Preparation, structural characteristics and digestibility of resistant starches from highland barley, oats and buckwheat starches. *Journal of Food and Nutrition Research*, 55, (4): 303–312.
- Şimşekli, N., Doğan, İ.S. (2012). Tahıl Kaynaklı  $\beta$ -glukanların Gıdalarda Ürün Özelliklerine Etkileri. Türkiye 11. Gıda Kongresi. Hatay, 7-11.
- Sun, D., Xu, T., Zhang, G., Ling, Z., Sun, D., Yi, D. (2013). Exploiting and Utilizing the Novel Annual Wild Barleys Germplasms on the Qing-Tibetan Plateau. *Advance in Barley Sciences: Proceedings of 11th International Barley Genetics Symposium*, 100-109.
- Taş, A., Salan, A. (2017). Un ve Unlu Mamuller Sektör Raporu. Çerkezköy Ticaret ve Sanayi Odası, 5-6.
- Thanh-Blicharz, J.L., Anioła, J., Kowalczewski, P., Przygoński, K., Zaborowska, Z., Lewandowicz, G. (2014). Type IV resistant starch increases cecum short chain fatty acids level in rats. *Acta Biochimica Polonica*, 61 (1): 109–114.
- Toprak Mahsülleri Ofisi Genel Müdürlüğü (TMO), (2021). (Güncelleme Tarihi: 23.11.2021 Bir Sonraki Güncelleme Tarihi: 06.12.2021).
- TÜİK, (2020). Türkiye İstatistik Kurumu. Erişim adresi <http://tuik.gov.tr/Start.do>. Erişim Tarihi: 21.10.2021

- Türker, M. (2020). Bazı Arpa Genotipleri ile  $\beta$ -glukan İçeriği Zenginleştirilmiş Ekmek Hamurunun Reolojik Özellikleri. Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, 18-26.
- Vasanthan, T., Bhatta, R.S. (1998). Enhancement of Resistant Starch (RS3) in Amylomaize, Barley, Field Pea and Lentil Starches. *Starch*, 50 (7): 286–291.
- Vasanthan, T., Gaosong, J., Yeung, J., Li, J. (2002). Dietary fiber profile of barley flour as affected by extrusion cooking. *Food Chemistry*, 77, 35-40.
- Wirkiowska., Rzedzicki, A.Z., Kasprzak, M., Blaszcak, W. (2012). Distribution of (1-3) (1-4)- $\beta$ -d-glucans in Kernels of Selected Cultivars of Naked and Hulled Barley, *Journal of Cereal Science*, 56, 496-503.
- Yalçın, E., Çelik, S. (2006). Kavuzsuz Arpa Proteinlerinin Bazı Fonksiyonel Özelliklerinin İncelenmesi. Türkiye 9. Gıda Kongresi, 24-26, 657-660.
- Yeung, J., Vasathan, T. (2001). Pearling of hull-less barley: product composition and gel color of pearled barley flours as affected by the degree of pearling. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 331-335.
- Zhu F., Wang S., Wang Y.(2013). Physical properties and enzyme susceptibility of rice and highamylose maize starch mixtures. *Journal Science Food Agriculture*, 93 (12): 3100–6

