

GÖZDE KILIÇ

BESLENME VE DİYETETİK

İSTANBUL – 2024

**T.C.
İSTİNYE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ARPA UNU KULLANILARAK BETA-GLUKANCA
ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ GELENEKSEL EKMEK (BAZLAMA)
GELİŞTİRİLMESİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA**

GÖZDE KILIÇ

**DANIŞMAN
PROF. DR. HAMİT KÖKSEL**

BESLENME VE DİYETETİK ANABİLİM DALI

İSTANBUL – 2024

**T.C.
İSTİNYE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ARPA UNU KULLANILARAK BETA-GLUKANCA
ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ GELENEKSEL EKMEK (BAZLAMA)
GELİŞTİRİLMESİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA**

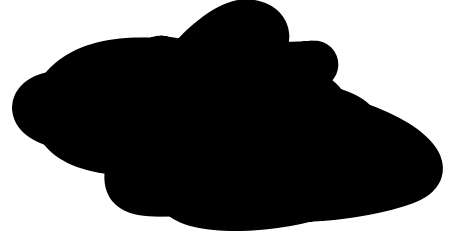
GÖZDE KILIÇ

**DANIŞMAN
PROF. DR. HAMİT KÖKSEL**

İSTANBUL – 2024

ETİK BEYANI

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum, “Arpa Unu Kullanılarak Beta-Glukanca Zenginleştirilmiş Geleneksel Ekmek (Bazlama) Geliştirilmesi Üzerine Bir Çalışma” adlı çalışmanın, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığı beyan ederim.



TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince bana destek olan, yol gösteren, bilgi ve birikimlerini esirgemeyen değerli hocam Sn. Prof. Dr. Hamit KÖKSEL'e;

Tez çalışmam için planlanan kimyasal analizlerin yapılmasında ve yorumlanmasında yardımcı olan hocam Sn. Dr. Öğr. Üyesi Zeynep Hazal TEKİN ÇAKMAK'a;

Tez çalışmamın laboratuvar kısmında bana yardımcı olan ve her sorumu içtenlikle yanıtlayan hocam Sn. Öğr. Gör. Sena ORUÇ'a;

Tez savunmamda yer almayı kabul eden ve değerli bilgilerini benimle paylaşan hocalarıma;

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam süresince anlayış ve desteklerini benden esirgemeyen tüm hocalarıma;

Son olarak, bugüne kadar eğitim hayatım süresince her an yanımda olan, maddi ve manevi açıdan beni her konuda destekleyen biricik anneme en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI.....	i
ETİK BEYANI	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
TABLOLAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
RESİMLER LİSTESİ	viii
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	x
ABSTRACT.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	4
2.1. Arpanın Tane Yapısı ve Bileşimi.....	4
2.2. Arpanın Sağlık Üzerine Etkileri.....	7
2.3. Beta Glukanın Yapısı ve Özellikleri	9
2.4. Beta Glukan Kaynakları.....	10
2.5. Akdeniz Beslenme Modeli.....	11
2.5.1. Akdeniz Beslenme Modelinde Beta Glukanın Yeri.....	12
2.6. Beta Glukanın Sağlık Üzerine Etkileri	12
2.6.1. Kardiyovasküler Sistem	12
2.6.2. Anti Kanser Etkisi	13
2.6.3. Bağırsak Mikrobiyotası.....	14
2.6.4. İmmüностimülatör Etkisi.....	16
2.6.5. Diyabet	19
3. MATERYAL VE METOT	21
3.1. Materyal	21
3.2. Metot	21
3.2.1. Bazlama Örneklerinin Hazırlanması	21
3.2.2. Bazlama Örneklerinin Renk Analizi	23
3.2.3. Bazlama Örneklerinin Tekstürel Analizi	23

3.2.4. Bazlama Örneklerinin Beta-Glukan Analizi	24
3.2.5. Bazlama Örneklerinin ICP-MS ile Mineral Analizi	24
3.2.6. Bazlama Örneklerinin <i>in-vitro</i> Glisemik İndeks Analizi	24
3.2.7. Bazlama Örneklerinde Bağlı ve Serbest Halde Bulunan Fenoliklerin Analizi .	25
3.2.8. Bazlama Örneklerinin Antioksidan Analizi	25
3.2.9. İstatistiksel Analiz.....	25
4. BULGULAR.....	26
4.1. Bazlama Örneklerinin Çap ve Kalınlık Değerleri ile İç Kesit Görünümü.....	26
4.2. Bazlama Örneklerinin Renk Analiz Sonuçları.....	28
4.3. Bazlama Örneklerinin Tekstürel Analiz Sonuçları	30
4.4. Bazlama Örneklerinin β -Glukan İçerikleri ile Glisemik İndeks ve Hidroliz İndeksi	32
4.5. Bazlama Örneklerinin Mineral İçerikleri.....	33
4.6. Bazlama Örneklerinin Fenolik İçerikleri ve Antioksidan Kapasiteleri.....	36
5. TARTIŞMA	38
6. SONUÇ ve TOPLUMA KATKI.....	43
KAYNAKÇA.....	44
EKLER.....	58
EK: İNTİHAL RAPORU.....	58

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3.1. Arpa unu ilaveli bazlama formülasyonu.....	23
Tablo 4.1. Bazlama örneklerinin çap ve kalınlık değerleri.....	26
Tablo 4.2. Bazlama örneklerinin renk değerleri	29
Tablo 4.3. Bazlama örneklerinin tekstürel özellikleri.....	31
Tablo 4.4. Bazlama örneklerinin β -glukan içerikleri ile <i>in vitro</i> Gİ ve Hİ değerleri.....	32
Tablo 4.5. Bazlama örneklerinin mineral içerikleri.	34
Tablo 4.6. 200 g bazlamanın önerilen mineral alımına katkısı.....	35
Tablo 4.7. Bazlama örneklerinin fenolik içeriği ve antioksidan kapasiteleri.	37

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Farklı kaynaklardan elde edilen beta glukanların kimyasal yapısı.....	10
Şekil 2.2. Beta glukan kaynakları.	10
Şekil 2.3. Bağırsaktaki patojenleri ve β -glukanları tanıma mekanizmalarının şematik gösterimi	17



RESİMLER LİSTESİ

Resim 3.1. Fermentasyon öncesi ve sonrası örneklerin görünümü	22
Resim 4.1. Ticari un ve %100 Tosunbey unundan üretilen bazlama örnekleri	26
Resim 4.2. %15 oranında arpa unu içeren bazlama örneğinin iç kesiti	27
Resim 4.3. %30 oranında arpa unu içeren bazlama örneğinin iç kesiti	27
Resim 4.4. %45 oranında arpa unu içeren bazlama örneğinin iç kesiti	27
Resim 4.5. %60 oranında arpa unu içeren bazlama örneğinin iç kesiti	27
Resim 4.6. %100 Tosunbey kontrol bazlama örneğinin iç kesiti	28



SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

α	: Alfa
β	: Beta
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ABTS	: 2,2'-Azino-Bis
BCa	: Meme Kanseri
DPPH	: 2,2-Difenil-1-Pikrilhidrazil
FDA	: Gıda ve İlaç Dairesi (Food and Drug Administration)
g	: Gram
GAE	: Gallik Asit Eşdeğeri
GI	: Glisemik İndeks
HI	: Hidroliz İndeksi
HDL	: Yüksek Yoğunluklu Lipoprotein
kg	: Kilogram
KZYA	: Kısa Zincirli Yağ Asitleri
LDL	: Düşük Yoğunluklu Lipoprotein
TG	: Trigliserit
TEAC	: Troloks Eşdeğeri Antioksidan Kapasite Yöntemi
TÜBER	: Türkiye Beslenme Rehberi

ÖZET

Kılıç, G. (2024). Arpa Unu Kullanılarak Beta-Glukanca Zenginleştirilmiş Geleneksel Ekmek (Bazlama) Geliştirilmesi Üzerine Bir Çalışma. İstinye Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beslenme ve Diyetetik ABD. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.

Ekmek günlük enerji gereksiniminin büyük bir bölümünü karşılamaktadır. Sağlıklı bir beslenme modeli olan Akdeniz beslenme modelinde lif açısından tahıl tüketiminin önemi açıktır. Akdeniz beslenme modeli, yüksek oranda diyet lifi, vitamin, mineral ve biyoaktif bileşikler içeriği ile organizmayı Tip II diyabet, kardiyovasküler hastalıklar ve kanser gibi bulaşıcı olmayan hastalıklara karşı korumada etkilidir.

Bu çalışmanın amacı, Akdeniz beslenme modeli uygulayan kişiler için rehberlerde önerilen günlük beta-glukan alımını sağlayacak ve besin değerini artıracak yüksek beta-glukan içeriğine sahip geleneksel bir ekmek (bazlama) geliştirmektir. Fonksiyonel bir bazlama üretmek amacıyla ekmeklik buğday (Tosunbey çeşidi) unu, yüksek beta-glukan içerikli kavuzsuz arpa (Chifaa çeşidi) unu ile %15, %30, %45 ve %60 oranlarında zenginleştirilmiştir.

Çalışmanın bulguları, arpa unu ile zenginleştirilmiş bazlama örneklerinden yüksek oranda arpa unu içerenler (%45 ve %60), alt limit 3 g beta-glukan içeriği sağlaması şartını ileri süren uluslararası sağlık beyanını karşılayabileceğini göstermiştir. Tekstür analiz sonuçları, bazlama örneklerine arpa unu ilave oranının %45 ve üzeri olduğunda istatistiksel olarak önemli derecede daha sert hale geldiğini ($p<0,05$) göstermektedir. Farklı oranlarda (%15–%60) arpa unu içeren 100 g bazlama örneklerinin beta-glukan değeri 0,79–2,83 g arasında değişmektedir. Arpa unu içeriği %60 olan bazlamanın glisemik indeksi 64,73, toplam fenolik madde içeriği ise 448,94 GAE (Gallik Asit Eşdeğeri)/100 olarak hesaplanmıştır. %60 oranında arpa unuyla zenginleştirilen bazlama örneğinin K mineral içeriği %102, Mg %130 ve Fe %293 oranında artış sergilemiştir ve günde 200 g bazlama ekmeği tüketiminin yetişkin bir kadının günlük Mg ihtiyacının %23'ünü, Fe ihtiyacının %82'sini ve Mn ihtiyacının %103'ünü karşılayabileceği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arpa unu, Bazlama, Beta glukana, Akdeniz beslenme modeli

ABSTRACT

Kilic, G. (2024). A Study on the Development of Beta-Glucan Enriched Traditional Bread (Bazlama) Using Barley Flour. Istinye University, Institute of Health Science, Department of Nutrition and Dietetics. Master Thesis. Istanbul.

Bread meets a large part of the daily energy requirement. The importance of cereal consumption in terms of fiber in the Mediterranean diet, which is a healthy eating model, is clear. The Mediterranean diet is an effective dietary model in protecting the organism against non-communicable diseases such as Type II diabetes, cardiovascular diseases and cancer due to its high content of dietary fiber, vitamins, minerals and bioactive compounds.

The purpose of the this study was to develop a traditional bread (bazlama) with high beta-glucan content to provide the recommended daily beta-glucan intake by the guidelines and improve its nutritional value for people following the Mediterranean diet. In order to produce a functional bazlama, bread wheat (cv. Tosunbey) flour was enriched with hull-less barley (cv. Chifaa) flour with high beta-glucan content by 15%, 30%, 45% and 60%.

Findings of study, barley flour enriched bazlama samples were able to meet the international health claims which stipulate a daily intake limit of at least 3 g beta-glucan. Texture analysis results showed that bazlama samples became significantly harder ($p<0.05$) when the barley flour addition level was 45% and above. Beta-glucan content of 100 g bazlama samples containing different levels (15% - 60%) of barley flour ranged between 0.79 – 2.83 g. Glycemic index of the bazlama with 60% barley flour content was 64.73 and the total phenolic content was 448.94 GAE/100. The K mineral content of the bazlama sample enriched with 60% barley flour increased by 102%, Mg by 130% and Fe by 293%. It was determined that consumption of 200 g of bazlama bread per day can meet 23% of the daily Mg requirement, 82% of the Fe requirement and 103% of the Mn requirement of an adult woman.

Key Words: Barley flour, Bazlama, Beta glucan, Mediterranean diet

1. GİRİŞ

Ekmek, dünyanın farklı bölgelerinde farklı şekillerde tüketilen temel gıda maddelerinden biridir (de Oliveira ve ark., 2022). Ekmek, nişasta ve enerji kaynağı olmasının yanı sıra mineral açısından zengin, diyet lifi kaynağıdır (Djurle ve ark., 2018). Buğday, arpa, mısır gibi tahıllar insan beslenmesinde önemli bir yer tutmaktadır ve günde ortalama 2000 kalori (kcal) alan sağlıklı bir yetişkin için günlük besin gereksiniminin yaklaşık %70'ini karşılamaktadır (WHO, 2020; Aghalari ve ark., 2022).

Ekmek; karbonhidrat, protein, demir (Fe), kalsiyum (Ca) ve çeşitli vitaminler gibi birçok besin ögesini içermektedir. Günde ortalama 300 g ekmek tüketimi, organizmanın gereksinim duyduğu besin ögelerini karşılayabilmektedir (Aghalari ve ark., 2022). Ekmek, organizmanın ihtiyaç duyduğu Fe'in %10'unu sağlayabilmektedir (Qajarbeygi ve ark., 2018) ve E vitamini, potasyum (K) ve selenyum (Se) gibi mineral içermektedir. Bu sebeple ekmek, organizmanın ihtiyaç duyduğu enerjiyi karşılamakta ve plazma glukoz seviyesinin regüle edilmesinde rol oynamaktadır (Kourkouta ve ark., 2017).

Dünya Sağlık Örgütü'ne göre (DSÖ) günlük ekmek tüketimi kişi başı ortalama 250 g olarak tahmin edilmektedir (Garcia-Mantrana ve ark., 2015). Türkiye Beslenme Rehberi'nde (TÜBER) ekmek ve tahıl grubunun tüketiminde önerilen miktar, (18–49 yaş aralığı için) erkek bireyler için 5 (250 g/gün); kadın bireyler için ise 3,5–4 porsiyon (175 – 200 g/gün) olarak belirtilmiştir (TÜBER, 2022).

Dünyada ekmek ve unlu mamullerin tüketimi her geçen gün artmaktadır. Bu durum temel olarak nüfus artışı ile ilişkilendirilmektedir. Gelişmiş ülkelerde ekmek tüketiminde bir azalış söz konusudur. Örneğin Letonya'da unlu mamullerin tüketiminin son 20 yılda azaldığı görülmektedir (Eglite ve Kunkulberga, 2017). Ancak gelişmekte olan ülkelerin beslenme modeli tahıl ağırlıklıdır ve ekmek tüketim oranı daha yüksektir. Örneğin İran'da ekmek tüketiminin kişi başı yaklaşık 320 g/gün olduğu varsayılmaktadır (Mollakhalili-Meybodi ve ark., 2023).

Türkiye'de ise ekmek tüketiminin kişi başına yılda 104 kg olduğu tahmin edilmektedir (Sarica ve ark., 2020). Türkiye'de tahıl tüketimi beslenmede büyük önem taşımakta olup, kişi başına harcanan enerjinin %66'sı tahıllardan karşılanmaktadır ve bu enerjinin %56'sı ise sadece ekmekten sağlanmaktadır (Levent ve Bilgiçli, 2012).

Türkiye Beslenme ve Sağlık Araştırması (TBSA) 2017 verilerine göre, katılımcıların son 1 ayda tükettikleri ekmek çeşitleri incelendiğinde, her gün veya haftada 5 – 6 kez beyaz ekmek tüketenlerin sıklığı, erişkinlerin %72,3'ü olduğu görülmektedir. Aynı raporda, erişkinler için her gün veya haftada 5 – 6 kez tam tahıl ekmeğini tüketme sıklığının %15 olduğu saptanmıştır (TÜBER, 2022). TBSA 2010 verileri ele alındığında ise, erişkinlerin %87'sinin (haftada 5 – 6 kez veya her gün) beyaz ekmek tükettiği görülmekteyken, tam tahıl ekmeği tüketen erişkin sıklığının ise %17 olduğu sonucuna ulaşılmıştır (TÜBER, 2015).

Türkiye'de ekmek tüketim sıklığına bağlı olarak gelişen kardiyovasküler hastalıklar, diyabet, kanser vb. bulaşıcı olmayan hastalıkların insidansını azaltma veya önleme, buna ek olarak günlük diyet lifi ihtiyacını karşılamaya yönelik besin değeri açısından içeriği zenginleştirilmiş bir ürün geliştirmesi planlanmıştır. Bazlama, bu amaçlara yönelik mevcut tez çalışmasının geliştirmiş olduğu ürünlerden bir tanesidir.

Akdeniz beslenme modelinde tahıl ürünlerinin yüksek miktarda tüketilmesi ve bu nedenle de tüketim sıklığına bağlı olarak bazlama gibi ürünlerin, birtakım besleyici özelliklerinin artırılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir. Bu sayede tahıl ürünlerinin genel olarak değişen besleyici özellikleri ve yerel besinlerin iyileştirilmesi ile tüketimi artırılarak bireylerin bu beslenme şeklini ve besleyici özellikleri iyileştirilmiş olan ürünleri benimseyeceği öngörülmektedir (PRIMA Foundation, 2020).

Akdeniz beslenme modelinde tüketilen yerel besinler zenginleştirilirken özellikle sağlık beyanlarına dikkat edilerek bireylerin ve toplumların genel beslenme modellerinin sürdürülebilir olmasını sağlamak esastır. Bir Avrupa Birliği (AB) projesinin (MEDWHEALTH) bir bölümünü oluşturan mevcut çalışmanın amacı, Akdeniz beslenme modelini benimseyen Akdeniz ülkelerinin bazlama, kuskus, bulgur gibi birkaç tane yerel gıda ürününün besleyici özelliklerinin iyileştirilmesidir. Bu tez çalışmasının bir diğer amacı, bireyin 1 günde tüketebileceği toplam ekmek miktarı ile Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından kabul edilen sağlık beyanını karşılayacak seviyede β -glukan içeren bir bazlama geliştirmektir.

Bu amaçla geliştirilecek olan üründe, Akdeniz beslenme modelindeki yerel besinlerin besleyici özelliklerini iyileştirme ve içeriğinin zenginleştirilmesiyle beraber, bir gün boyunca FDA tarafından önerilen miktarda (3 g) beta-glukan diyet lifi alımı sağlanacak olup, mikrobiyal popülasyon proliferasyonunu destekleyerek,

kardiyovasküler hastalıkların gelişimini önlemeye yardımcı olabileceği ve bu açıdan literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Ayrıca üretilen ürünlerin yerel üretiminin desteklenmesini, kadın kooperatifleri ile iş birliği yapılmasını, üretilen ürünlerin özelliklerinin ve üretim proseslerinin kadın kooperatif üyelerine öğretilmesini, bu kooperatiflerde daha sağlıklı ürünler üretilmesini ve böylece kadın kooperatif üyelerine daha iyi gelir sağlamak da bu projenin diğer amaçlarından birisidir (Romano, 2022).

Bu tez çalışması kapsamında üretilmiş olan bazlama örneklerine farklı oranlarda arpa unu ikame edilmiştir. Üretilen örnekler analizlere tabi tutulmuş olup β -glukan, mineral, antioksidan, fenolik madde içeriğine, tekstürel vb. özelliklerine göre kendi aralarında kıyaslanmıştır. Bu bağlamda, üretilen ürünün literatüre katkı sağlayarak yeni ürün geliştirme çalışmalarının halk sağlığı için faydalı olacağı ve toplumu β -glukan tüketimi açısından teşvik edeceği öngörülmektedir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Arpanın Tane Yapısı ve Bileşimi

Arpa (*Hordeum vulgare* L.), dünya çapında geniş bir tarım alanına sahip olan; Himalaya, Fas, Etiyopya gibi ülkelerde, yüksek enlem ve yüksek sıcaklık gibi ekstrem koşullarda kolayca yetişebilen; tüketim bakımından pirinç, buğday ve mısırdan sonra gelen önemli tahıl ürünlerinden bir tanesidir (Farag ve ark., 2022).

Arpa tanesi, anatomik yapı itibarıyla, endosperm, embriyo ve kavuzdan oluşmaktadır. Bu kavuzu, kabuk kısmı oluşturmaktadır; tanenin yaklaşık %7-12'sini meydana getiren bu kısım endospermın etrafını sarmaktadır (Farag ve ark., 2022).

Kavuzlu arpa tanesi, en az proses uygulanan arpa çeşididir ve sadece tüketilemeyen en dıştaki kabuk çıkarılmaktadır. Kavuz sayesinde arpadaki kepek ve rüşeymin çoğu korunmakta ve bu da arpayı lif içeriği ve besin değeri açısından zengin kılmaktadır. Kavuz, kabuklu arpa tanesinin en dış tabakasıdır ve %10-20'sini oluşturmaktadır. Temelde %30-35 selüloz, %30-33 hemiselüloz ve %17-25 lignin içermektedir. Arabinoksilan, arpa kabuğundaki toplam polisakkaritin %45'ini oluşturmaktadır (Boukid, 2024).

Embriyo, tahıldaki en önemli canlı dokudur ve yeni bitkiye dönüşen kısımdır. Çimlenme öncesinde embriyonun canlılığını korumak için sınırlı miktarda nişasta, lipit ve protein içerir. Alöron tabakası iki ila üç hücre kalınlığındadır ve endospermi kaplamaktadır; protein, fitin, fosfolipitler, RNA ve bir miktar karbonhidrat içeren canlı bir dokudur. Endosperm ise bir protein matrisi içinde dağılmış nişasta granüllerinden meydana gelmektedir (Jaeger ve ark. 2021).

Arpa tanelerinin kuru ağırlığının büyük bir kısmını (%78-83) karbonhidratlar oluşturmaktadır. Arpa karbonhidratlarının üç ana türü vardır; düşük molekül ağırlıklı karbonhidratlar (monosakkaritler), yapısal olmayan polisakkaritler ve hücre duvarı polisakkaritleridir. Genellikle olgun arpa tanelerindeki toplam şeker içeriğinin %3-8'ini monosakkaritler oluşturmaktadır. Yapısal olmayan polisakkaritler ise fruktanlar ve nişastadan oluşmaktadır, hücre duvarı polisakkaritleri ise esas olarak selüloz, β -glukan ve arabinoksilanlardır (Geng ve ark. 2022).

Arpa tanesinin endosperm hücre duvarı, nişasta dışı polisakkaritler olarak bilinen β -glukan ve arabinoksilandan oluşmaktadır. Endosperm daha az miktarda arabinoksilan içermekteyken, alöron hücre duvarı esas olarak arabinoksilanlardan (%67-71) oluşmaktadır ve daha düşük miktarda β -glukan (%26) içermektedir (Izydorczyk ve Dexter, 2008).

Arpa tanesi nişasta bakımından oldukça zengin olup (%65-80), yeterli protein dengesine (%10-17) ve düşük oranda lipid içeriğine (%2-3) sahiptir. Arpa tanesi yaklaşık olarak %4-9 β -glukan ve %1,5-2,5 arasında mineral içermektedir (Martinez-Subira ve ark., 2020; Elouadi ve ark., 2021). Başka kaynaklara göre arpa tanesinin toplam ağırlığının %8-30 arasında protein içerdiği bildirilmektedir (Jaeger ve ark. 2021). Arpa ununun %2,86 oranında çözünür diyet lifi, %10,24 çözünmez diyet lifi ve %13,1 oranında toplam diyet lifi içerdiği bildirilmiştir (Huang ve ark., 2020).

Arpa proteininin yaklaşık %75'i gluten benzeri proteinlerden oluşmaktadır (%50 prolaminler; başlıca hordein ve %25 gluteninler). Majör elementler (kalsiyum (Ca) %0,02, magnezyum (Mg) %0,08, fosfor (P) %0,21 ve potasyum (K) %0,25) ve minör elementler (bakır (Cu) 12 mg/kg, mangan (Mn) 13,9 mg/kg ve demir (Fe) 49,9 mg/kg) açısından iyi bir kaynaktır. Arpa embriyosu en yüksek mineral seviyesine sahipken, endospermde mineral seviyesi en düşük düzeydedir (Farag ve ark., 2022). Depo dışı proteinler alöron ve embriyoda bulunurken, depo proteinler ise endospermde yer almaktadır. Arpa tanesinin başlıca depo proteini olan hordein, toplam proteinin %35-50'sini oluşturmaktadır (Geng ve ark., 2022).

Arpa nişastası, amiloz ve amilopektin karışımından oluşan kompleks bir polimerdir. Amiloz molekülü doğrusal zincirli α -(1-4) glukozidik bağlı glukoz moleküllerinden oluşurken; amilopektin büyük ölçüde α -(1-4) glukozidik bağlı glukoz moleküllerinden oluşmaktadır. Ancak dallanma noktalarında α -(1-6) glukozidik bağlı dallanmış bir yapıdadır. Bu polimerler, tanedeki toplam nişastanın yaklaşık %25 amiloz ve %75 amilopektin oranında bulunmaktadır (Gous ve Fox, 2017).

Amiloz ve amilopektin oranı, nişastanın fizikokimyasal özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir ve bu sebeple arpanın tüketilebilirlik ve işlenebilirlik kalitesini etkilemektedir. Mumsu yapıdaki arpa nişastasında amiloz içeriği %0-10 arasındayken, mumsu yapıda olmayan arpa nişastası %17-24 arasında amiloz içermektedir (Chen ve ark., 2020).

Mumsu nişasta içermeyen tanelerde amiloz, toplam nişastanın %20-30'unu meydana getirmektedir ve α -(1-4) bağları ile doğrusal olarak birbirine bağlanmış 100 – 10.000 glukoz biriminden oluşmaktadır (Raj ve ark., 2023).

Mumsu ve yüksek amilozlu nişastaların kullanımı gıda endüstrisinde oldukça yaygındır. Mumsu nişastalar, emülgatör, kıvam arttırıcı ve donma-çözünme stabilizatörü olarak kullanılmaktadır (Gous ve Fox, 2017).

Arpada bulunan lipitler, endospermin kuru ağırlığının %1-3'ünü oluşturmaktadır olup arpa tanesinin tamamında bulunmaktadır ve endospermde yoğunlaşmaktadır (Lukinac ve Jukic 2022; Raj ve ark., 2023). Lipit içeriği alöron tabakasında en yüksek seviyededir ve embriyonun içindedir (Lukinac ve Jukic 2022). Arpa embriyosunda linoleik (%50-60), palmitik (%20-30), oleik (%10-15) ve linolenik asit (%4-9) gibi yağ asitleri bulunmaktadır. Arpa tanesinin endosperm lipitleri çoğunlukla palmitik asit (%46) ve linoleik asitten (%34) oluşmaktadır (Raj ve ark., 2023).

Arpa tanesi, içerdiği biyoaktif bileşikler sayesinde bir gıda maddesi olarak gittikçe daha fazla ilgi görmektedir. Arpa tanesi diyet lifi, fenolik asitler, fitosteroller, antosiyaninler, proantosiyandinler, tokoller, folat ve lignan gibi fitokimyasal bileşenlerden oldukça zengindir (Martinez-Subira ve ark., 2020; Farag ve ark., 2022).

Arpa tanesi, fenolik bileşenler açısından incelendiğinde, esas bileşen olarak ferulik asit (%68) içermektedir; az miktarda vanilik asit, kumarik asit, siringik asit, 2,4-dihidroksibenzoik asit, sinapik asit de dahil olmak üzere çeşitli biyoaktif bileşikler barındırmaktadır (Farag ve ark., 2022). Arpa tanesinin dış katmanlarının yüksek düzeyde fitosterol içeriğine sahip olduğu bilinmektedir. Çavdarın ortalama 955 mg/g, arpada 761 mg/g, buğdayın 690 mg/g ve yulafın 447 mg/g bitki sterolü içerdiği çalışmalarca gösterilmiştir (Raj ve ark., 2023).

Arpa, diğer tahıllara göre daha yüksek düzeyde E vitamini içermesi sebebiyle tokol ve α -tokotrienol açısından en zengin tahıllardan biri olarak kabul edilmektedir. Genel olarak kavuzsuz arpanın kavuzlu arpaya göre tokol konsantrasyonu daha düşüktür (Farag ve ark., 2022; Raj ve ark., 2023).

Arpa tanelerinde tokoferollerin çoğunluğu embriyoda bulunurken, tokotrienoller çoğunlukla endosperm ve perikarpta yer almaktadır (Geng ve ark., 2022). En yüksek tokol konsantrasyonları sırasıyla endosperm (%95), kabuk (%63) ve embriyodadır (%10) (Raj ve ark., 2023).

Arpadaki E vitamini seviyesi 8,5 – 31,5 µg/g kuru ağırlık arasında değişmekte olup depolama koşullarından ve genotipten etkilenmektedir (Farag ve ark., 2022). Arpa, B grubu vitaminlerinden de oldukça zengindir ve bu vitaminler embriyo ve alöron katmanda yoğunlaşmaktadır (Huang ve ark., 2020).

2.2. Arpanın Sağlık Üzerine Etkileri

Arpa tanesinin kimyasal bileşiminin ve insan sağlığındaki fonksiyonlarının daha iyi anlaşılmasıyla arpanın sağlıklı bir gıda olarak kullanımı önemli bir şekilde ele alınmıştır. Amerika Birleşik Devletleri, Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından 2006 yılında, arpanın düzenli olarak tüketiminin plazma kolesterol seviyelerini düşürerek kardiyovasküler hastalıkları önleyebileceğini gösteren çalışmalara dayanarak, arpa için sağlık beyanı yapılmasına onay verilmiştir. Arpanın sağlıkla ilişkili fonksiyonları esas olarak β-glukan diyet lifi ve tokollerin yüksek içeriğine bağlanmaktadır (Geng ve ark., 2022).

Tam tahıllı arpa ürünlerinden sağlanabilen günlük 3 g çözünür β-glukan alımının, yulaf ürünleriyle aynı düzeyde plazma kolesterol konsantrasyonunu düşürücü etki gösterdiğini FDA tarafından bildirmiştir (Ames ve Rhymer, 2008). Tam tahıllı ürünlerin düzenli tüketiminin faydaları kanıtlanmış olup porsiyonda her 16 gramlık artış kardiyovasküler hastalık riskinde %9 oranında bir azalma ile ilişkilendirilmektedir (Hughes ve Grafenauer, 2021). Arpa β-glukanlarının günde en az 3 g tüketimi sonucundaki etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, hem normokolesterolemik hem de hiperkolesterolemik bireylerde toplam kolesterol ve düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) konsantrasyonlarını azalttığı gözlemlenmiştir (Agostoni ve ark., 2011).

Arpa diğer tahıl ürünleriyle karşılaştırıldığında (mısır, pirinç, buğday), en yüksek oranda β-glukan içeriğine sahiptir. Arpa tanesi buğdaydan yaklaşık 10 kat daha fazla β-glukan içermektedir (Geng ve ark., 2021). Arpada yüksek oranda bulunan β-glukan, kolesterolün ve kalp hastalığı riskinin azalmasıyla ilişkilendirilmiştir. Arpanın içeriğindeki lif sayesinde plazma glukoz seviyeleri düzenlenebilir ve bu sebeple arpa tüketimi diyabet hastaları için iyi bir tercih olabilir (Raj ve ark., 2023).

Shimizu ve arkadaşlarının (2008) yürütmüş olduğu bir çalışmada, hiperkolesterolemisi olan 44 erkek birey 12 hafta boyunca pirinç veya yüksek beta glukan (7 g/gün) içeriğine sahip arpa tüketmiştir. Çalışma sonucunda, serum LDL konsantrasyonunu ve toplam kolesterol düzeyinin önemli ölçüde azaldığı görülmüştür.

Buna ek olarak yüksek β -glukan içeriğine sahip arpa tüketimi visseral yağlanmayı azaltmış olup bel çevresi üzerinde plasebo ve vaka grupları arasında anlamlı farklılıklar bulunmuştur.

Arpanın, serum kolesterolü ve glisemik indeksi düşürmede, kardiyovasküler hastalıkları önlemede etkili olduğu gösterilen β -glukan başta olmak üzere lif içeriği sayesinde gıda endüstrisinde kullanımı yaygınlaşmıştır. Arpa, çözünür diyet lifi, β -glukan ve fitokimyasal içermesi sebebiyle fonksiyonel tahıl olarak da adlandırılmaktadır (Lukinac ve Jukic 2022).

Arpanın bir çeşidi olup Fas'ta satışa sunulan ve yalnızca kavuzsuz tanelere sahip olan "Chifaa" çeşidi yüksek düzeyde β -glukan içermektedir (Elouadi ve ark., 2021). Chifaa'nın kavuzsuz olması hasat zamanında verim kayıplarını azaltmakta ve arpa ürünlerinin kalitesini artırmaktadır. Chifaa, zengin bir fenolik asit, β -tokoferol, lutein ve zeaksantin kaynağıdır. Ayrıca plazma kolesterolünü düşürme ve tokluğu artırma potansiyeline sahip olmakla beraber postprandiyal glisemik yanıtı azaltmaktadır. Chifaa'nın, bulaşıcı olmayan hastalıklara ve kolon kanserine karşı bir immün uyarıcı olduğu bilinmektedir. Tam tahıl ürünü olan arpa, anti-inflamatuar ve anti-kanser niteliklerine sahip polifenoller ve karotenoidler gibi birçok biyoaktif bileşen içermektedir (Romano ve ark., 2022).

Gan ve arkadaşları (2023) tarafından yürütülen, Tibet arpası lifinin farelerde yüksek yağlı diyetle beslenmeye bağlı gelişen obezite üzerindeki etkisini inceleyen çalışmada, Tibet arpa lifi ile beslenmenin farelerde ağırlık kazanımını ve dislipidemiye önemli ölçüde azalttığını, glukoz toleransını ve insülin direncini iyileştirdiğini, kronik sistemik inflamasyonu hafiflettiğini ve feçesteki kısa zincirli yağ asitleri (KZYA) düzeyini artırdığı sonucuna ulaşılmış olup Tibet arpa lifinin karaciğerde lipit birikimini hafiflettiği bulunmuştur. Tibet arpa lifi takviyesi potansiyel olarak faydalı bakteriler olan *Muribaculaceae* ve *Akkermansiaceae* popülasyonunu arttırırken, *Bacteroidaceae*, *Prevotellaceae*, *Rikenellaceae* ve *Alloprevotella* popülasyonunu ise önemli ölçüde azaltmıştır.

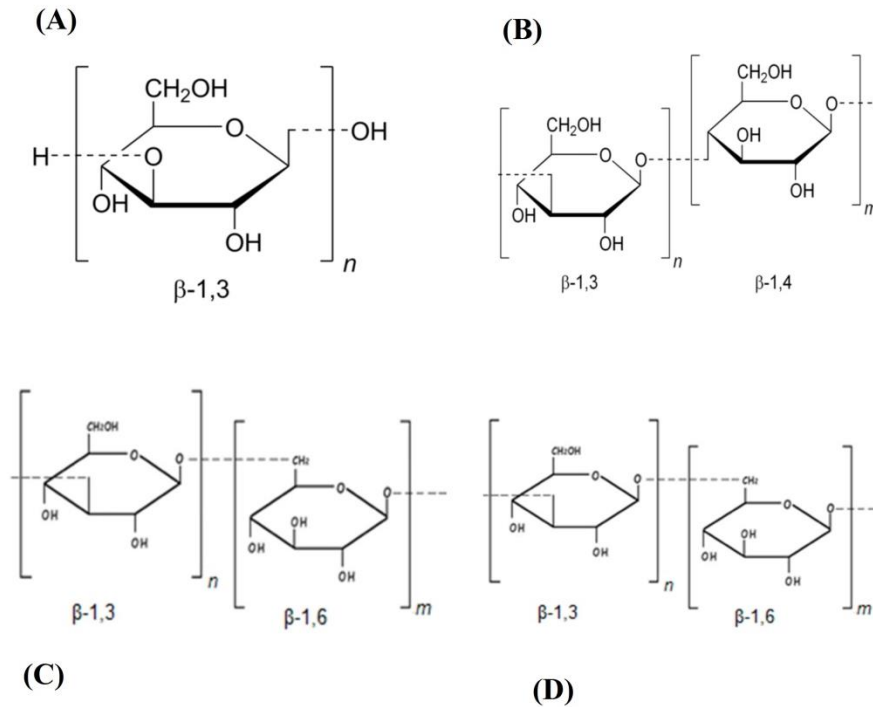
Yapılan bir çalışmada, kabuksuz Tibet arpasının kepeğinde daha yüksek oranda arabinoksilan (%14,21–21,06) içerdiği sonucuna ulaşılmıştır; bu sayede plazma kolesterolünü düşürmede, glisemik indeksi azaltmada ve mineral adsorpsiyonunu iyileştirmede büyük bir etki göstermiştir (Guo ve ark., 2019).

Aoe ve arkadaşlarının (2017), 100 Japon katılımcı üzerinde yürütmüş olduğu randomize, çift-kör, plasebo kontrollü bir çalışmada, 12 hafta boyunca pirinç ve yüksek β -glukanlı arpa karışımı (test grubu, 4,4 g/gün) veya β -glukansız arpa karışımı tüketilmiştir. Her iki grupta da vücut ağırlığı ve beden kitle indeksinde (BKİ) azalma görülmüş olup bu değişimler test grubunda anlamlı derecede daha fazla bulunmuştur. Bel çevresi ve visseral yağlanma her iki grupta da anlamlı derecede azalış göstermiştir.

2.3. Beta Glukanın Yapısı ve Özellikleri

β -glukanın fonksiyonları, büyük ölçüde moleküler yapılarına bağlıdır. β glukanın tanımlanmış olan β -(1-3), β -(1-4) ve β -(1-6) olmak üzere üç ana glukozidik bağlı modeli vardır. Dallanmış veya düz zincirli β -(1-3) glukanlar genellikle mantarlardan ve bakterilerden izole edilmektedir (Wan ve ark., 2022). β -glukanlar, doğal polisakkaritler olarak adlandırılmakta ve β -glukozidik bağ ile bağlı 250.000'den fazla D-glukoz biriminden oluşmaktadır (Jayachandran ve ark., 2018).

β -glukanın farklı kaynaklardan izole edilmesi sebebiyle glukozidik bağ yapısı, dallanma derecesi, çözünürlük ve moleküler ağırlık gibi nitelikler açısından farklılık göstermektedir. Tahıllardan izole edilen β -glukanlar, ağırlıklı olarak β -(1-3) ve β -(1-4) glukozidik bağlarından oluşmaktadır (Kaur ve ark., 2019). Farklı kaynaklardan elde edilen β -glukanların kimyasal yapıları Şekil 2.1'de gösterilmiştir.



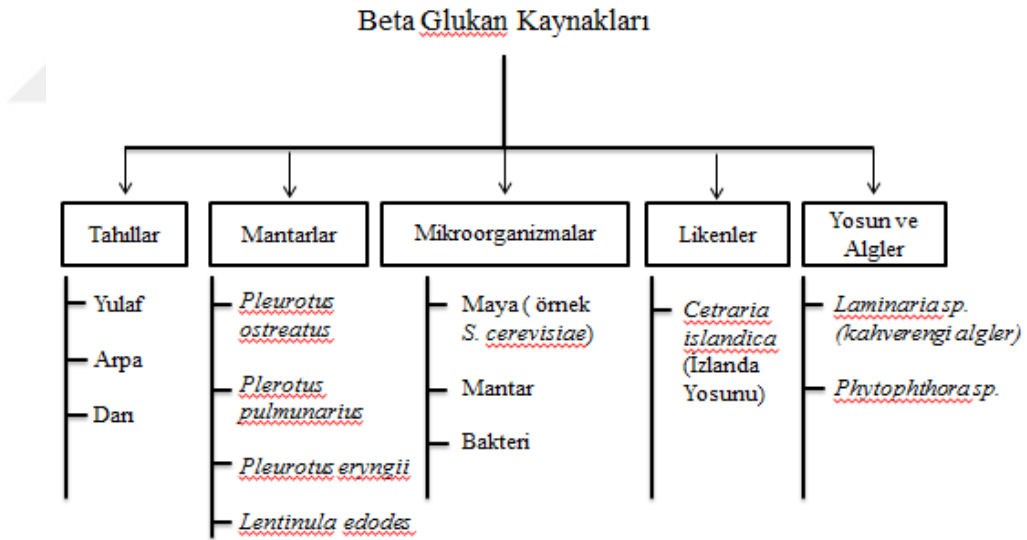
Şekil 2.1. Farklı kaynaklardan elde edilen beta glukuanların kimyasal yapısı.

Bakterilerden ekstrakte edilen beta glukuan yapısı, (1-3) bağlı, dallanma yoktur, düz zincir yapısındadır (A); tahıllardan veya likenlerden elde edilen beta glukuan yapısı, (1-3) veya (1-4) doğrusal omurga yapısındadır, dallanma yoktur (B); deniz yosunlarından elde edilen beta glukuan, β -1,6 dallanmış yapıdadır, β -1,3 omurgasına sahiptir (C); mantar veya mayadan ekstrakte edilen beta glukuan yapısı, β -1,6 dallanmış yapıdadır, β -1,3 omurgasına sahiptir (D). (Kaur ve arkadaşlarından (2019) alınmıştır).

2.4. Beta Glukan Kaynakları

Tahıllardaki β -glukan, yulaf ve arpa tanelerinin çoğunlukla endosperm ve alöron tabakasının hücre çeperlerinde yer alan çözünür bir diyet lifidir. Çavdar ve buğday gibi tahıllar daha düşük konsantrasyonda β -glukan içermektedir (Shoukat ve Sorrentino, 2021). β -glukan konsantrasyonu özellikle arpa (%2-20), yulaf (%3-8) ve sorgum (%1,1-6,2) gibi kaynaklarda yüksektir (Lukinac ve Jukic, 2022).

β -glukan mikroorganizmalar, mantarlar, algler ve likenlerden de ekstrakte edilebilmektedir. β -glukan mantar, maya ve bakterilerin hücre çeperinde yaygın olarak bulunmaktadır (Kaur ve ark., 2019). β -glukan kaynakları Şekil 2.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Beta glukuan kaynakları.

(Kaur ve arkadaşlarından (2019) uyarlanmıştır).

β -glukanlar *Cryptococcus neoformans*, *Pneumocystis carinii*, *Aspergillus fumigatus*, *Candida albicans* ve *Saccharomyces cerevisiae* gibi çeşitli bakteri ve mantarlarda bulunabilmektedir (Jayachandran ve ark., 2018). Mayaların hücre çeperi β -glukan, mannan, protein, lipit ve kitinden oluşmaktadır; β -glukanın oranı yaklaşık %29-64 arasındadır (Liu ve ark., 2021).

β -glukan, tahıllarda β -(1-4) ve β -(1-3) glukozidik bağlarla, mantarlarda ise β -(1-6) glukozidik bağlarla bağlanmış β -D glukopiranoz birimlerinden oluşan dallanmamış bir yapıda bulunmaktadır (Shah ve ark., 2017).

Mayalardan elde edilen β -glukanlar (*Saccharomyces cerevisiae* vb.) düz zincirlere sahip doğrusal β -(1-3) omurgalarının karışımlarıdır ve bunlara β -(1-6) bağlı uzun dallar vardır. Mantar β -glukanları düz β -(1-3) glukan, β -(1-6) aracılığıyla bağlanan kısa dallı zincirlere sahiptir. Bakterilerden izole edilen β -glukanlar, düz ve dallanmamış β -(1-3)-D-glukan omurgalarına sahipken, alglerden izole edilen β -glukanlar ise türe göre değişiklik göstermektedir (Kaur ve ark., 2019).

2.5. Akdeniz Beslenme Modeli

Akdeniz beslenme modeli, Ancel Keys tarafından 1960 yılında ortaya atılan, üzerinde en çok çalışılan diyetlerden biri haline gelmiş olup büyük oranda ilgi gören bir diyet çeşididir. Kökeni, Akdeniz'i çevreleyen uygarlıklara dayanan Akdeniz beslenme modelinin basit bir diyetin ötesinde, bu bölgede yaşayan popülasyonların yaşam tarzları ve sosyal davranışlarıyla da ilişkilidir (Barber ve ark., 2023).

Akdeniz beslenme modeli, zeytinyağı ve bitkisel gıdaların (meyveler, sebzeler, rafine edilmemiş tahıllar, baklagiller ve kabuklu yemişler) tüketiminin yüksek miktarda olduğu, süt ürünleri, balık ve kümes hayvanlarının düşük-orta; alkolün orta düzeyde, kırmızı et ve şekerin ise düşük miktarda tüketimi ile tavsiye edilen bir beslenme modelidir (Chen ve ark., 2023).

Geleneksel Akdeniz beslenme modelinde sızma zeytinyağı diyetin esas yağ kaynağıdır. Bu beslenme modeline yüksek düzeyde bağlılık mortalitede, kardiyovasküler hastalık ve kansere yakalanma riskinde önemli ölçüde düşüş sağlamanın yanı sıra yaşamın ilerleyen dönemlerinde kronik hastalık riskini de azaltmaktadır (Capurso, 2021).

Akdeniz beslenme modeli, lif içeriği açısından zengindir ve yüksek düzeyde kompleks karbonhidrat içermektedir. Anti-aterojenik ve anti-inflamatuar özellikleri olan çoklu doymamış yağ asitlerinden zengin, flavonoidler ve polifenoller gibi antioksidatif özelliklere sahip biyoaktif bileşiklerin bir kombinasyonunu içermektedir. Akdeniz beslenme modelinde vitamin ve mineraller de dahil olmak üzere, bol miktarda bulunan mikro besin maddelerinin dengeli bir şekilde alınması, yetersiz beslenme ve immün yetmezliklerin önlenmesine yardımcı olmaktadır (Garcia-Montero ve ark., 2021).

2.5.1. Akdeniz Beslenme Modelinde Beta Glukanın Yeri

Akdeniz beslenme modelinde yer alan besinler yüksek oranda lif içermektedir. Mantarlarda, mayada, yulaf ve arpa gibi tahıl tanelerinde bulunan çözünür lif özelliği gösteren β -glukanların, çeşitli kemirgen modellerinde mikrobiyotayı ve kognisyonu modifiye ettiği sonucuna ulaşılmıştır (Koblinsky ve ark., 2023).

Orta düzeyde Akdeniz beslenme modelini uygulayan 83 İtalyan erkek ve kadında 3 g/gün yulaf β -glukanı alımının etkilerini değerlendiren randomize, plasebo kontrollü bir çalışmada, 4 ve 8 haftalık uygulamadan sonra sırasıyla LDL (başlangıçtan itibaren %12,2 ve %15,1), toplam kolesterol (%6,5 ve %8,9) ve yüksek yoğunluklu lipoprotein (HDL) dışı kolesterolde (%11,8 ve %12,1) önemli düşüşler gözlemlenmiştir (Garcia-Cordero ve ark., 2023).

2.6. Beta Glukanın Sağlık Üzerine Etkileri

2.6.1. Kardiyovasküler Sistem

Kardiyovasküler hastalıklar, dünya çapında bir halk sağlığı sorunu olup morbidite ve mortalite sebebidir (Gaidai ve ark., 2023). Yaklaşık 17,9 milyon insan 2019 yılında bu hastalıklardan dolayı yaşamını yitirmiştir ve bu sayı tüm küresel ölümlerin %32'sini temsil etmektedir. Bu ölümlerin %85'i kalp krizi ve inme nedeniyle gerçekleşmiştir (WHO, 2021).

Plazma kolesterol düzeyinin yüksek olması kardiyovasküler hastalıklara sebep olan faktörlerden bir tanesidir. Yapılan araştırmalar sonucunda, günde 3 g β -glukan alımının, HDL üzerinde herhangi bir etki göstermezken LDL seviyesini düşürmede etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. β -glukanların gastrik boşalmayı etkilediği, LDL ve trigliseritlerin (TG) emilimini azaltan viskoz bir kütle oluşturarak plazma kolesterolü düşürdüğü varsayılmaktadır (Kumar ve ark., 2020).

Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) 2006 yılında β -glukanların koroner kalp hastalığı riskini azalttığını bildirmiştir. Avrupa'da ise 2009 yılında β -glukanlarla ilgili sağlık beyanları plazma kolesterol seviyelerinin korunması için onaylanmıştır. β -glukanlar kolesterol düşürme yeteneğine sahip olup viskoz β -glukanların safra asidi metabolizmasını modüle ettiği çalışmalarca kanıtlanmıştır (Murphy ve ark., 2021).

1997 ile 2019 yılları arasında sağlıklı bireylerde yürütülmüş 49 müdahale çalışmasında, yulaf β -glukanının HDL ve TG düzeylerini önemli ölçüde etkilemeden, toplam kolesterol ve LDL seviyelerini düşürücü etkinliği desteklenmiştir (Mathews ve ark., 2020). Ayrıca 14 çalışmayı ve 615 katılımcının dahil edildiği bir meta-analiz, hem sağlıklı bireylerde hem de hiperkolesterolemisi olanlarda günde 6,5 – 7 g arpa β -glukanı tüketiminin sonucunda LDL ve HDL harici kolesterol düzeyini yaklaşık %7 oranında azalttığını göstermiştir (Li ve ark., 2022).

2.6.2. Anti Kanser Etkisi

β -glukanlar, tümör oluşumunu engellemeye yardımcı olmak için 40 yıldan uzun bir süre önce literatürde bildirilmiş biyolojik bir yanıt değiştiricidir (Driscoll ve ark., 2009). İmmüностimülatör özelliklere sahip olan β -glukanların gastrointestinal sistem kanserlerini özellikle de kolorektal kanseri önlemede etkili olduğu bilinmektedir (Ciecierska ve ark., 2019). Beta-glukanlar, birçok çalışmada meme kanserinde (BCa) bir terapi ajanı olarak kullanılmıştır. β -glukanların hücre aracılı bağışıklığı teşvik ederek makrofajları ve nötrofilleri stimüle ettiği çalışmalarca gösterilmiştir (Poles ve ark., 2021).

Demir ve arkadaşları (2007) tarafından, yeni tanı alan veya nükseden metastatik BCa olan kadın bireyler üzerinde yürüttükleri bir çalışmada, hastalara *Saccharomyces cerevisiae*'den elde edilen β -glukandan 14 gün boyunca 10 mg/gün olmak üzere iki adet kapsül verilmiştir. Takviyeden önce BCa hastalarının lenfosit sayısı ve CD14 hücrelerinde CD95 ekspresyonu kontrol grubuna göre anlamlı derecede düşük bulunmuştur. β -glukan takviyesinden sonra ise ortalama monosit sayısı anlamlı derecede artış göstermiştir. CD14 monositlerde CD95 ve CD45RA ekspresyonu önemli düzeyde yükselmiştir.

Suda çözünen bir β -glukan olan PCM3-II'nin insan meme karsinomu MCF-7 (Michigan Cancer Foundation-7) hücrelerinin proliferasyonu ve canlılığı üzerindeki etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, 72 saatlik tedavide PCM3-II'nin, MCF-7'nin proliferasyonunu ve canlılığını doza bağlı olarak azalttığı sonucuna ulaşılmıştır (Zhang ve ark., 2006).

Kemik iliği kaynaklı makrofajların hücre kültürü ve melanom cilt kanseri (B16F10) olan fare modelinin incelendiği bir çalışmada, mantardan ekstrakte edilmiş β -D-glukan (CMPTR) kullanılmış olup demir oksit nanoparçacıkları (IONP) sisteminin

(CMPTR/IONP'ler) kanser üzerindeki immünoterapötik etkisi araştırılmıştır. CMPTR/IONP'lerin intratümoral uygulaması sonucunda farelerde tümör gelişimi anlamlı derecede azalmıştır. Ayrıca CMPTR/IONP tedavisi kanser hücrelerinde apoptozu destekleyerek tümör dokularında CD4 ve CD8 hücrelerinde T-lenfositlerinin infiltrasyonunu artırmıştır (Su ve ark., 2023).

Arpa β -glukanının, çin hamsterı yumurtalık hücre hattında (CHO-K1) metil metan sülfonatın (MMS) neden olduğu DNA hasarına karşı koruyucu bir etkisi olduğu yapılan çalışmalarca ortaya konmuştur (Mantovani ve ark., 2008).

β -glukan kullanımının akciğer, melanom ve meme kanseri üzerindeki etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, glukan takviyesinin hem birincil tümörlerin ağırlığını ve hem de akciğer kolonilerinin sayısını önemli ölçüde azalttığı sonucuna varılmıştır (Vetvicka ve Vetvickova, 2018).

Choromanska ve arkadaşları (2015) tarafından, yulaftan elde edilen düşük molekül ağırlıklı β -glukanın insan malign melanom hücreleri üzerindeki anti-tümör aktivasyonunun incelendiği bir çalışmada, β -glukan konsantrasyonunun artmasıyla beraber kanser hücrelerinin canlılığının önemli ölçüde azaldığı sonucuna ulaşılmıştır. Düşük molekül ağırlıklı β -glukan, test edilen kanser hücre hatlarında sitotoksik etkiyi ve doza bağlı olarak da tüm kanser hücre hatlarında kaspaz-12 ekspresyonunu indüklediği tespit edilmiştir.

Konsantrasyona bağlı olarak, β -glukanın SH-SY5Y hücre hattında (nöroblastom) sitotoksik aktivitesinin ölçüldüğü bir çalışmada, 62,5 $\mu\text{g/mL}$ ve daha yüksek dozlarda β -glukan takviyesinin, kontrol grubuna kıyasla SH-SY5Y hücrelerinin büyümesini ve bu hücrelerin canlılığını önemli ölçüde inhibe ettiği sonucuna ulaşılmıştır (Filiz ve ark., 2021).

2.6.3. Bağırsak Mikrobiyotası

Bağırsak mikrobiyotasını arke (Arkea), virüs, mantar ve protozoa dahil olmak üzere çeşitli mikroorganizma grupları oluşturmaktadır. Mevcut kanıtlara göre, mikroorganizmalar ve insan hücreleri arasında tespit edilen oran yaklaşık 1:1'dir ($3,8 \times 10^{13}$ vs. $3,0 \times 10^{13}$) (Garcia-Montero ve ark., 2021). İnsan kolon mikrobiyotası, 1000'den fazla farklı mikrobiyal tür ile 100 trilyondan fazla mikroorganizma içermektedir. Bunları yaklaşık olarak %65 *Firmicutes*, %25 *Bacteroidetes*, %5 *Actinobacteria* ve %8 oranında *Proteobacteria* oluşturmaktadır (Wang ve ark., 2019).

Diyet lifi degradasyonunun bir kısmı ince bağırsakta meydana gelse de büyük bir kısmı kolonik mikrobiyota tarafından fermente edilmektedir (Bach-Knudsen, 2015). İntestinal mikrobiyota diyet liflerini hidrolize ederek vitaminler, KZYA ve bazı metabolitleri üretebilmektedir (Shoukat ve Sorrentino, 2021).

Shen ve arkadaşları (2012) tarafından yapılan *in vitro* bir çalışma, toplam diyet lifi alımının artmasıyla beraber KZYA üretiminin arttığını ve buna bağlı olarak sakkarolitik bakteri grubunda da önemli bir artışın olduğunu göstermiştir. Çalışmada yüksek oranda diyet lifi alımı *Bifidobacterium*, *Lactobacillus-Enterococcus* ve *Ruminococcus* grubunun gelişimini önemli ölçüde stimüle ettiği bulunmuştur.

Connolly ve arkadaşları (2016) tarafından, kolesterolemi ve glukoz intoleransı nedeniyle kardiyometabolik hastalık riski taşıyan bireyler üzerinde β -glukanın etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, tam tahıllı yulaf β -glukanı fekal bifidobakterilerin ve laktobasillerin bolluğunu nispi olarak artırmıştır; *Escherichia coli* gelişimini baskılayarak toplam kolesterolü ve LDL konsantrasyonunu ise azaltmıştır. Tam tahıllı yulaf tüketimi, bağırsak mikrobiyotasındaki bakteri bileşimi üzerinde prebiyotik bir etki göstermiştir.

Başka bir çalışmada ise, yayla arpası β -glukanı (Tibet arpası), α -amilaz ve mide asidinin sindirimine direnç göstermekte ve insan gastrointestinal sistem kanalında bulunan *Bacteroides* ve *Lactobacillus* gibi faydalı bağırsak mikroorganizmalarının gelişmesini stimüle etmektedir. Etanol sebebiyle bağırsak hasarı gelişen bir fare modelinde ise aynı β -glukan gastrik lezyonlarını hafifletmiş ve gastrik ülser indeksini azaltmıştır (Li ve ark., 2022).

β -glukanın fizikokimyasal özellikleri izole edildiği kaynaklara göre değişmekte ve bağırsak mikrobiyotasının fermentasyon kapasitesini etkilemektedir. (1-3)-bağlı β -D glukanın, (1-3), (1-6)-bağlı β -D glukandan daha hızlı fermentasyona uğradığı ve bunun sonucunda butirojenik *Clostridium* cluster XIVa bakterilerinin gelişimini doğrudan stimüle ettiği bildirilmiştir (Nie ve ark., 2021).

Turunen ve arkadaşları (2011) tarafından, polipektomize hastaların fekal mikrobiyotası üzerinde arpadan elde edilen β -glukan tüketiminin etkisinin araştırıldığı bir pilot çalışmada, katılımcılar 3 ay süre ile günde 3 g β -glukanlı veya β -glukan içermeyen ekme (125 g/gün) tüketmişlerdir. Arpa β -glukanı içeren ekmeği tüketen vaka grubunda koliform grubu bakteri sayısı önemli ölçüde azalış sergilemiştir. *Clostridium perfringens* konsantrasyonu müdahalenin 30. gününde artmıştır, artış

istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Ancak müdahalenin 90. gününde 30. güne kıyasla anlamlı düzeyde azalmıştır.

Mitsou ve arkadaşları (2020) tarafından, β -glukan açısından zengin ve tüketilebilir mantarların, yaşa bağlı olarak mikrobiyal açıdan değişim gösteren intestinal mikrobiyota üzerindeki etkisinin araştırıldığı bir *in vitro* çalışmada, çeşitli substratlardan elde edilen mantarlar incelenmiştir. *P. eryngii* güçlü bir laktojenik etki gösterirken, *P. ostreatus* ve *C. cylindracea* anlamlı derecede bifidojenik etki yaratmıştır. *Pleurotus* ve *Cyclocybe* suşları, 65 yaş üstü sağlıklı bireylerin intestinal mikrobiyota bileşimi üzerinde *Bifidobacterium spp.* ve *Faecalibacterium prausnitzii* popülasyonlarında önemli bir artış sergilemiştir.

Jang ve arkadaşları (2023) tarafından yürütülen *Schizophyllum commune* (bir mantar türü) türünden elde edilen ticari β -glukan takviyesinin (TBG-136), konstipasyonu olan bireylerde intestinal mikrobiyota üzerindeki etkisinin incelendiği bir klinik çalışmada, 8 haftalık TBG-136 takviyesinden sonra *Lactobacillus* bolluğu plasebo grubuna göre önemli ölçüde artmıştır. Ek olarak TBG-136 takviyesi, plasebo grubuna kıyasla defekasyon sayısını ve rektosigmoid kolondan geçiş süresini önemli ölçüde iyileştirmiştir.

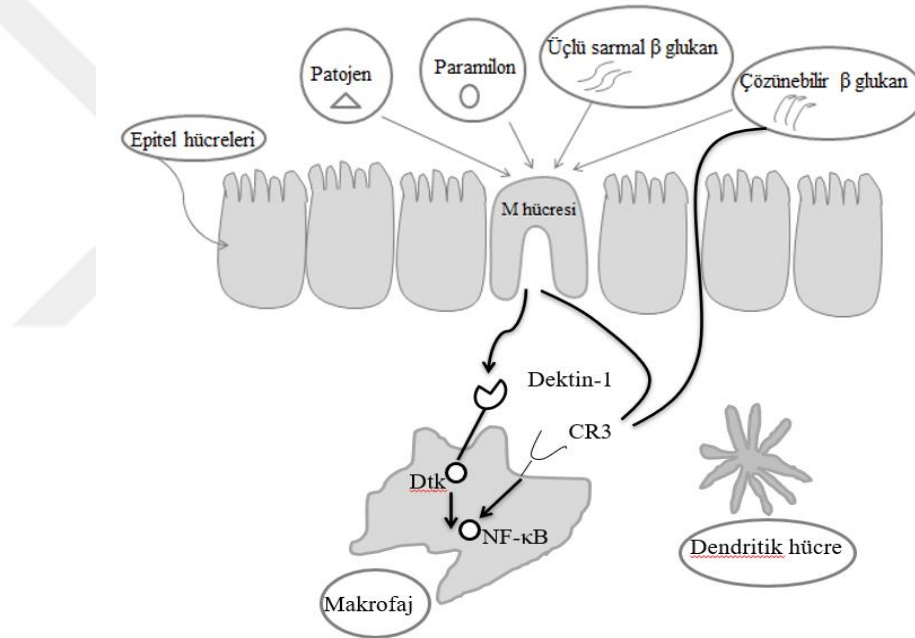
2.6.4. İmmünostimülatör Etkisi

Konjenital immün sistem makrofajlar, monositler, dendritik hücreler, nötrofiller, doğal öldürücü hücreler ve doğal lenfoid hücrelerinden oluşmakla beraber patojenlere karşı ilk savunma hattını temsil etmektedir (Mattiola ve Diefenbach, 2023).

β -glukanın immün sistemi stimüle edici aktivitesi, makrofajlar, nötrofiller, monositler, doğal öldürücü hücreleri ve dendritik hücreler dahil olmak üzere immünolojik olarak olgun hücreler üzerindeki spesifik membran reseptörlerine bağlanmasının bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. β -glukanın immün sistemi stimüle edici aktivitesi, makrofaj aktivasyon mekanizmasına dayanmaktadır. Tamamlayıcı reseptör (CR3), Toll benzeri reseptör (TLR-2), Dektin-1 gibi spesifik reseptörlerin varlığı sayesinde makrofajlar hem hücresel hem de humoral immünite tepkilerinin bir dizisini başlatan β -glukan yapısını tanımaktadır (Ciecierska ve ark., 2019).

İnsan çalışmalarında, immün sistemin stimüle edilebilmesi için, test edilen ve önerilen günlük β -glukan dozu 100 – 500 mg aralığında değişmektedir (Vetvicka ve ark., 2019). β -glukanlar için Dektin-1 proteininin önemi birincil derecede reseptör

görevi görmesidir. Dektin-1 proteini, makrofaj ve dendritik hücrelerin yüzeyinde eksprese edilmektedir. Makrofaj ve dendritik hücreleri, Dektin-1 tarafından β -glukanın tanınmasına bağlı olarak hücre çeperinde β -glukan içeren patojenlerin yanı sıra yüzeylerinde β -glukan içeren parçacıkları fagositize etmektedir. Dektin-1, fagositoza paralel olarak, dalak tirozin kinazı (Dtk) ve çoklu immün reaksiyonlardan sorumlu bir transkripsiyon faktörü olan nükleer faktör kappa B'nin (NF- κ B) aktivasyonu yoluyla proinflamatuvar sitokinlerin salgılanmasını tetiklemektedir. Çözünmeyen β -glukan Dektin-1'e bağlanırken, çözünür β glukan tamamlayıcı reseptör olan CR3'e bağlanarak immün reaksiyonu indüklemektedir (Nakashima ve ark., 2018). β -glukan yapısının zincir uzunluğu ve β -(1-6) yan zincirlerinin bulunması halinde, β -glukanın Dektin-1 reseptörüne bağlanma afinitesini artırmaktadır (Adams ve ark., 2008).



Şekil 2.3. Bağırsaktaki patojenleri ve β -glukanları tanıma mekanizmalarının şematik gösterimi. (Nakashima ve arkadaşlarından (2018) uyarlanmıştır).

Hem β -glukan parçacıklarının hem de patojenlerin yüzeyinde β -glukan birimleri bulunmaktadır. Bu birimler epitelyal lümeninden M hücrelerinin aracı olduğu aktif transport ile taşınmaktadır; ancak bazı çözünür β -glukanlar diğer besin maddeleri gibi doğrudan absorbe olabilmektedir (Şekil 2.3.) (Nakashima ve ark., 2018).

In vitro ortamda gerçekleştirilmiş, 3 sağlıklı birey üzerinde yürütülen, çeşitli diyet liflerinin bağırsak bariyer bütünlüğüne olan etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, test edilen tüm diyet liflerinin bağırsak bariyer bütünlüğünü artırdığı ve yulaf β -

glukanının en büyük etkiye sahip olduğu bildirilmiştir. Yüksek viskoziteli β -glukan (%94) ve %28 oranında β -glukan içeren fermentasyon ürünleri immünolojik biyobelirteçleri modüle etmede kayda değer bir etki göstermiştir. Çalışmaya dahil edilen 2 katılımcıda interferon gamma (IFN- γ), interlökin (IL)-10, IL-17, IL-2 ve IL-9 seviyelerini her iki β -glukan da artırmıştır. Yüksek viskoziteli β -glukanın fermentasyon ürünleri, %28'lik yulaf β -glukanının fermentasyon ürünlerine kıyasla daha yüksek oranda sitokin ve kemokin artışı sergilemiştir (Pham ve ark., 2018).

Başka bir çalışmada ise kronik solunum problemleri olan 8-12 yaş arası 40 katılımcıya 30 gün boyunca 100 mg ticari β -glukan takviyesi yapılmış olup immunoglobulin A (IgA), immunoglobulin M (IgM) ve immunoglobulin G (IgG) düzeyleri ölçülmüştür. Glukanla uyarılan grupta test edilen tüm antikorların üretiminde önemli bir artış gözlenmiştir; ancak kontrol grubunda antikor üretiminde azalış sergilenmiştir. Mayadan ekstrakte edilen β -glukanın 30 günlük oral uygulaması sonucunda kronik solunum problemleri olan katılımcıların mukozal bağışıklığı güçlü bir şekilde stimüle edilmiştir. Bununla birlikte, glukan takviyesi alan grup IgG, IgA ve IgM üretiminde güçlü bir artış gösterirken, plasebo grubunun tükürükteki IgG, IgA ve IgM seviyelerinde önemli ölçüde azalış bildirilmiştir (Vaclav ve ark., 2013).

En az 10 gün boyunca enteral beslenen hastalarda β -glukanın etkisinin incelendiği bir çalışmada, 3 g β -glukan içeren yüksek proteinli diyetle beslenen hastaların kontrol grubuna kıyasla serum IL-12 seviyeleri 21. günde önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur. β -glukan içeren diyetle beslenen grubun inflamasyon sıklığının ve mekanik ventilasyon süresinin anlamlı derecede düşük olduğu gözlemlenmiştir (Fazilatı ve ark., 2018).

Byun ve arkadaşlarının (2015) fare modelleri üzerinde yürütmüş oldukları bir çalışmada, *Agrobacterium* türlerinden ekstrakte edilen β -(1,3)-glukanın T lenfositlerinde IFN- γ üretimini tetiklediği bildirilmiştir. Ayrıca β -glukanın, IL-12 p70 sitokininin sekresyonunu tetiklediği tespit edilmiştir. Çalışmada β -glukanın, proinflamatuvar sitokinlerden tümör nekrozis faktör-alfa (TNF- α), IL-6, ve IL-1 β salgılanmasında da önemli bir artış sağlayarak dendritik hücrelerin aktivasyonunu işlevsel olarak indüklediği sonucuna ulaşılmıştır.

2.6.5. Diyabet

Diyabet, pankreasın yeterli insülin üretememesi veya vücudun ürettiği insülini etkin bir şekilde kullanamaması durumunda ortaya çıkan ve bulaşıcı olmayan kronik bir hastalıktır. Dünyadaki diyabetik birey sayısı 2014 yılı itibariyle 422 milyona ulaşmıştır. Yaşam tarzında yapılabilecek değişiklikler Tip II diyabetin başlamasını geciktirmenin en iyi yollarından biridir (WHO, 2023).

Araştırmalar, β -glukan içeren besinlerin anti-diyabetik etkilere sahip olduğunu ileri sürmektedir (Andrade ve ark., 2015). β -glukanların, diyabet patogeneğinde anahtar bir sinyal yolu olan fosfatidilinositol 3-kinaz (PI3K)/serin treonin kinaz (Akt) yoluyla metabolik yolların aktivasyonu üzerindeki etkileri söz konusudur. β -glukanlar, duodenumda glukoz absorpsiyonunu engelleyen bir bariyer oluşturarak postprandiyal Gİ düzeyini ve insülin pikini azaltmaktadır (Caseiro ve ark., 2022).

β -glukanın plazma glukoz kontrolünü iyileştirme mekanizması, karbonhidratların postprandiyal emilimi ve metabolizması üzerindeki etkisiyle ilişkili olduğu bilinmektedir. β -glukan, bağırsak viskozitesini artırarak gastrik boşalma hızı ile karbonhidrat absorpsiyonunu yavaşlatma yeteneğine ve postprandiyal glisemik yanıtı azaltma etkisine sahiptir. Kısa ve orta vadede β -glukan alımı orta yaşlı, fazla kilolu veya obez olan Tip II diyabetli yetişkinlerde postprandiyal glisemik kontrol belirteçlerinde iyileşmeler sağlamaktadır (Chen ve ark., 2022).

Bays ve arkadaşları (2011) tarafından yürütülen bir müdahale çalışmasında, preprandiyal plazma glukoz seviyelerinin 95-140 mg/dL olduğu, başlangıçta hiperglisemisi olan ancak daha önce diyabet tanısı almayan genel olarak sağlıklı katılımcılarda arpa β -glukanı (ABG) tüketiminin insülin duyarlılığına olan etkisi araştırılmıştır. Katılımcıların 12 hafta süresince 6 g/gün ABG içeren bir içecek tüketimi sonucunda insülin duyarlılığı artmıştır (açlık insülini ve HOMA indeksi azalmıştır).

Higa ve arkadaşları (2019) tarafından beyaz pirincin %50 oranında yüksek β -glukan içeriğine sahip arpa ile ikamesinin, postprandiyal plazma glukoz düzeylerini iyileştirmeye yönelik etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, referans değer aralığında glukoz toleransına sahip 15 sağlıklı katılımcı değerlendirilmiştir. Öğün plazma glukozu, beyaz pirinç tüketimiyle $94,7 \pm 7,8$ mg/dL seviyesindeyken, yüksek düzeyde β -glukan içeren arpa ile zenginleştirilmiş pirinç tüketiminde ($91,3 \pm 7,8$ mg/dL) ise anlamlı derecede azalış sergilemiştir.

Yüksek glisemik indeksli bir gıda olan pirincin, arpa veya benzeri tahıllarla ikame edilmesiyle Gİ değerini düşürmesi ve postprandiyal hiperglisemiye tedavi edebilmesi söz konusudur.

Bohl ve arkadaşlarının (2024), Tip II diyabeti olan 20 katılımcı üzerinde, yüksek amilozlu arpa ekmeğinin postprandiyal glukoz metabolizmasına etkisini değerlendirdikleri bir çalışmada, %50 oranında yüksek amilozlu arpa unu içeren ekmeğe, %100 buğday unu, %50 ve %75 kabuksuz arpa unu içeren ekmeğeler ile karşılaştırıldığında, 4 saatlik postprandiyal glukoz seviyelerini istatistiksel olarak anlamlı derecede azaltmıştır (sırasıyla %34, %27 ve %23). Kabuksuz arpa içeriği oranı %75 olan ekmeğe, %100 buğday unundan yapılan ekmeğe göre postprandiyal glukoz yanıtını %11 oranında düşürmüştür.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Bazlama üretiminde hammadde olarak ekmeklik buğday (Tosunbey çeşidi, *Triticum aestivum* L.) ve arpa (Chifaa çeşidi, *Hordeum vulgare* L.) kullanılmıştır. Arpa çeşidi Chifaa, 2021-2022 yetiştirme sezonunda Fas'ın Marchouch kentinde üretilen yüksek β -glukanlı kabuksuz bir arpadır. Ekmeklik buğday çeşidi (Tosunbey), Toprak Mahsulleri Ofisi, Ankara, Türkiye'den temin edilen güçlü gluten özelliklerine sahip sert, beyaz kışlık bir buğdaydır. Ticari un (Sinangil, Eksim Değirmencilik A.Ş., İstanbul, Türkiye), tuz, şeker ve kuru maya İstanbul, Türkiye'deki yerel marketlerden satın alınmıştır. Bazlama üretiminde yer alan maddeler insan tüketimine uygun niteliktedir. Mevcut çalışmada kullanılan tüm çözücüler ve reaktifler Sigma-Aldrich'ten (St. Louis, MO, ABD) satın alınmıştır. Glukoz ve β -glukan test kitleri Megazyme'den (Megazyme International, Wicklow, İrlanda) temin edilmiştir.

3.2. Metot

3.2.1. Bazlama Örneklerinin Hazırlanması

Bazlama örnekleri, buğday ununa %15, %30, %45 ve %60 oranlarında arpa unu ilavesi yapılarak hazırlanmıştır. Arpa ununun ekmek yapım kalitesi üzerindeki olumsuz etkisini dengelemek için güçlü bir ekmeklik buğday çeşidinden (Tosunbey) elde edilen un kullanılmıştır. Bir kontrol örneği %100 oranında Tosunbey'den, diğer kontrol örneği ticari undan üretilmiştir. Mevcut çalışma kapsamında kullanılan arpa unu %7 oranında β -glukan ihtiva etmektedir. Arpa unu yukarıda belirtilen oranlarda eklenmiş olup geri kalanı Tosunbey ile tamamlanmıştır. Tüm bazlama örnekleri iki paralel olarak hazırlanmıştır. Kontrol örneği ve arpa unu ikameli örnekler analize tabi tutulmuştur.

Bazlama örnekleri, Basman ve Koksel (1999) tarafından belirtilen yöntemle üretilmiştir. Standart bir bazlama örneği hazırlamak için 200 g un (tam arpa unu ve rafine buğday unu %14 nem içeriğine göre belirli oranlarda karıştırılmıştır), şeker (%1), tuz (%1,5), kuru maya (%2), ve su bir hamur yoğurucu (Kitchen Aid, Classic 4,3 L, St. Joseph, MI, ABD) kullanılarak hamur gelişimi sağlanıncaya kadar maksimum hızda karıştırılmıştır. Bu aşamanın ardından hamur iç sıcaklığı 25°C olarak ölçülmüştür.

Yoğurma işleminden sonra numune 30°C’de 1 saat fermentasyona bırakılmıştır. Hamur örnekleri iki parçaya bölünmüş, yuvarlak şekil verilmiş, oda sıcaklığında 6 dakika bekletilmiş ve daha sonra cetvel yardımıyla ölçülerek merdane ile 9 mm kalınlığa inceltilmiştir. Elektrikle ısıtılan, sıcaklığı ayarlanabilen bir tavada (Goldmaster, 1200 W, İstanbul, Türkiye) $240 \pm 5^\circ\text{C}$ ’de 5 dakika pişirilmiştir.

Bazlama örnekleri 2,5 dakika pişirildikten sonra ters çevrilerek her iki tarafın da eşit derecede pişmesi sağlanmıştır. Pişirme işleminden sonra örnekler 25°C’de 2 saat soğutulduktan sonra ağırlık ve çap ölçümleri yapılmıştır. Örnekler daha sonra plastik torbalara alınmıştır. Tekstür analizi haricinde, bazlama örnekleri küçük parçalara bölünmüş, 40°C’de kurutulmuş ve daha sonraki analizler için bir öğütücü (Tefal, GT110838, Rumilly, Fransa) kullanılarak öğütülmüştür.



Resim 3.1. Fermentasyon öncesi ve sonrası örneklerin görünümü

Her bir örnekten iki paralel çalışılmıştır. Bazlama formülasyonu Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1. Arpa unu ilaveli bazlama formülasyonu

Örnekler	Ürün Kodu	Buğday Ununa İkame Oranı (%)	Un Miktarı (g)	Arpa Unu Miktarı (g)	Su (mL)	Şeker (g)	Tuz (g)	Maya (g)
Ticari Kontrol	T0	0	200	0	140	2	3	4
%100 Tosunbey	T1	0	200	0	140	2	3	4
Arpa unu katkı	A1	15	170	30	140	2	3	4
	A2	30	140	60	140	2	3	4
	A3	45	110	90	140	2	3	4
	A4	60	80	120	153,3	2	3	4

3.2.2. Bazlama Örneklerinin Renk Analizi

Bazlama örneklerinin ekmek içi ve kabuk renk değerleri (L^* , a^* , b^*) bir kolorimetre (Konica Minolta Sensing, Inc., CR-400, Osaka, Japonya) kullanılarak ölçülmüş olup L^* (parlaklık), a^* (kırmızılık/yeşillik) ve b^* (sarılık/mavilik) değerleri olarak ifade edilmiştir. Arpa unu ilaveli bazlama örnekleri Tosunbey kontrol örneği ile karşılaştırıldıktan sonra toplam renk farkı (ΔE) aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

3.2.3. Bazlama Örneklerinin Tekstürel Analizi

Bazlama örneklerinin tekstür profil analizi (TPA), Marchetti ve arkadaşları tarafından geliştirilen bir yönteme göre TA-TX plus Tekstür Analiz Cihazı (Stable Micro Systems, Surrey, UK) kullanılarak gerçekleştirilmiştir (AACCI, 2010).

Bazlama örnekleri dört eşit parçaya bölünmüştür. TPA için ön test hızı, son test hızı ve test hızının her biri 1,7 mm/s olarak ayarlanmış ve sıkıştırma miktarı bazlama örneğinin yüksekliğinin %30’u kadar olmuştur. İki sıkıştırma döngüsü arasında 5 saniyelik bir aralık ve 5 g’lık bir tetikleyici kuvvet belirlenmiştir. TPA için bir P/36 silindirik prob (çap: 36 mm; Stable Micro Systems, Surrey, UK) kullanılmıştır. TPA eğrilerinden sertlik, yapışkanlık, çiğnenebilirlik ve elastikiyet parametreleri elde

edilmiştir. Bazlama örnekleri, pişirilmesinin ardından 2 saat, 24 saat ve 48 saat depolandıktan (oda sıcaklığında $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$) sonra bu parametreler değerlendirilmiştir.

3.2.4. Bazlama Örneklerinin Beta-Glukan Analizi

Bazlama örneklerinin β -glukan içerikleri Megazyme β -glukan Assay Kit (Megazyme International, Wicklow, İrlanda) ile AACC International Method No. 32 23.01'e göre değerlendirilmiştir (AACCI, 2010). Hammaddeler ve bazlama örnekleri üzerindeki tüm analizler tekrarlı olarak yapılmıştır.

3.2.5. Bazlama Örneklerinin ICP-MS ile Mineral Analizi

Mineral analizi Kılıç-Altun ve arkadaşlarının (2017) yöntemine göre indüktif eşleşmiş plazma kütle spektrometresi (Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometer ICP-MS) (7700 Series x, Agilent, Wilmington, DE, ABD) ve bir nebulizör (Agilent, Tokyo, Japonya) kullanılarak yapılmıştır.

Bazlama örneği, 6 mL nitrik asit (HNO_3 , %65) ve 2 mL hidrojen peroksit (H_2O_2 , %30) karışımı ile bir mikrodalga fırın (1200 W, The Ethos up, Milestone Inc., Monroe, CT, ABD) kullanılarak parçalanmıştır. Bu bazlama örnekleri kuruyana kadar buharlaştırılıp deiyonize su ile 20 mL'ye seyreltilmiştir. Argon gazı (%99,95) ana, yardımcı ve nebulizör olarak kullanılmıştır. Sonuçlar $\mu\text{g/g}$ olarak verilmiştir.

3.2.6. Bazlama Örneklerinin *in-vitro* Glisemik İndeks Analizi

Bazlama örnekleri, Aribas ve arkadaşları (2020) tarafından bildirilen yöntemin biraz değiştirilmiş versiyonuna göre parçalanmıştır. Bu amaçla, 50 mL'lik bir tüpe 5 mm çapında, 10 adet cam boncuk yerleştirilmiş ve ardından tüpe 100 mg örnek eklenmiştir. Tüplere toplam 2 mL 0,05 M HCl içeren pepsin (5 mg/mL, Sigma, P7000, St. Louis, MO, ABD) eklenmiştir. Tüpler çalkalamalı su banyosunda 37°C 'de 30 dakika boyunca inkübe edilmiştir. Her tüpe 4 mL 0,5 M sodyum asetat tamponu (pH 5,2), 1 mL 0,104 g pankreatin (Sigma, P7545) ve 14,45 U amiloglukozidaz (3300 U/mL, Megazyme Int., İrlanda) içeren enzim çözeltisi eklenmiş olup tüpler 37°C 'de 90 dakika boyunca çalkalamalı su banyosunda inkübe edilmiştir. Glukoz içeriği glukoz oksidaz-peroksidaz reaktifi (Megazyme International, Wicklow, İrlanda) ile belirlenmiştir. *In vitro* GI aşağıdaki denkleme göre hesaplanmıştır:

$$\text{GI} = 39.71 + (0.549 \times \text{HI})$$

3.2.7. Bazlama Örneklerinde Bağlı ve Serbest Halde Bulunan Fenoliklerin Analizi

Bazlama örnekleri etüvde (Mikrotest, MST-55, İstanbul, Türkiye) 48 saat kurutulmuştur. Kurutulmuş bazlama örnekleri öğütülüp gözenek açıklığı 15 mesh olan elekten geçirilmiştir. Analizden önce, öğütülmüş örnekler 1:5 (w/v) oranında hekzan kullanılarak yağdan arındırılmıştır ve bu işlem 3 kez tekrarlanmıştır. Örnekler, 10 dakika boyunca 200 rpm'de çalkalandıktan sonra (MK200D, Yamato Scientific Co., Ltd., Tokyo, Japonya) 5 dakika boyunca 2500 xg (g: yer çekimi ivmesi) santrifüj uygulanmıştır (Heraeus Multifuge X3 FR, Thermo Scientific, Dreieich, Almanya).

Bazlama örneklerinin serbest ve bağlı fenolik bileşikleri daha önce Shamanin ve arkadaşları (2022) tarafından tarif edilen yöntemle göre ekstrakte edilmiştir. Serbest ve bağlı fenolik içerikler Folin-Ciocalteu reaktifi kullanılarak belirlenmiştir (Singleton ve Rossi, 1965). Toplam fenolik içerik, serbest ve bağlı fenolik bileşiklerin toplamından hesaplanmıştır. Sonuçlar, mg galik asit eşdeğeri (GAE)/100 g kuru ağırlık olarak sunulmuştur.

3.2.8. Bazlama Örneklerinin Antioksidan Analizi

Antioksidan kapasiteleri ABTS (2,2'-azino-bis) ve DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) yöntemleri kullanılarak belirlenmiştir. DPPH radikal süpürme kapasitesi yönteminde, serbest ve bağlı ekstraktların absorbans değerleri 517 nm'de bir spektrofotometre (Shimadzu 150 UV-1800, Kyoto, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir (Singh ve ark., 2002). Absorbans aynı spektrofotometre kullanılarak, Re ve arkadaşlarının (1999) ABTS süpürme kapasitesi yöntemine göre, 734 nm'de ölçülmüştür. Toplam antioksidan kapasiteleri, serbest ve bağlı antioksidan kapasitelerinin toplamından elde edilmiştir. Sonuçlar mg Trolox eşdeğeri (TE)/100 g kuru ağırlık cinsinden verilmiştir.

3.2.9. İstatistiksel Analiz

Analizlerden elde edilen tüm veriler, tablolarda ortalama $\pm$ standart sapma olarak sunulmuş olup tüm veriler için ortalama standart sapma değerleri tablolarda gösterilmiştir. İstatistiksel analiz için bir istatistik yazılımı (SPSS, IBM versiyon 20, Armonk, NY, ABD) kullanılmıştır.

Anlamlı farklılıkları ($p < 0,05$) değerlendirmek için tek yönlü varyans analizi (ANOVA); ortalamaların karşılaştırılması için ise Tukey's *post hoc* analizi kullanılmıştır.

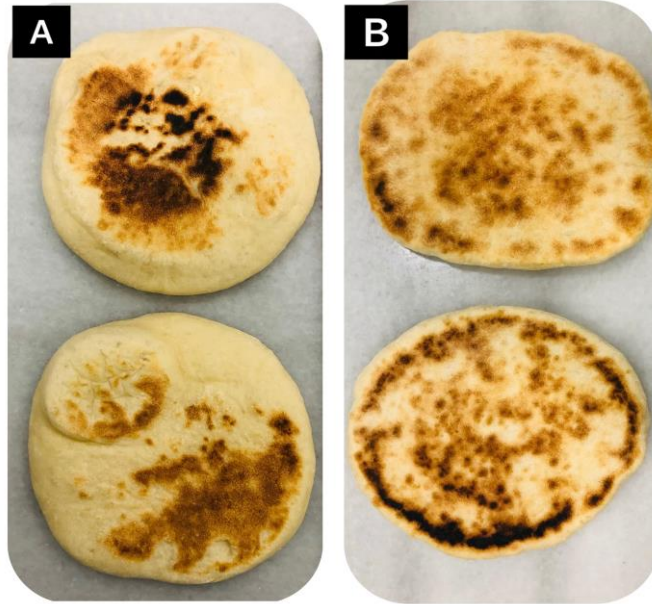
4. BULGULAR

4.1. Bazlama Örneklerinin Çap ve Kalınlık Değerleri ile İç Kesit Görünümü

Bazlama hamur örnekleri pişirilmeden önce 9 mm kalınlığa inceltilmiştir. Örneklerin piştikten sonra cetvelle yapılan ortalama çap ölçümleri ve kalınlık değerleri Tablo 4.1’de verilmiştir. Çap ölçümünde paralel olarak üretilen iki bazlama örneğinin her biri üzerinde birbirine dik iki eksenle ölçüm yapılmış olup, bu ölçümlerin aritmetik ortalaması alınmıştır.

Tablo 4.1. Bazlama örneklerinin çap ve kalınlık değerleri

Örnekler	Çap ve kalınlık (1. bazlama)	Çap ve kalınlık (2. bazlama)
%100 Tosunbey	15,00 cm – 9,0 mm	15,62 cm – 8,0 mm
Bazlama (%15 Arpa)	15,37 cm – 8,0 mm	15,55 cm – 7,5 mm
Bazlama (%30 Arpa)	16,12 cm – 7,0 mm	16,75 cm – 7,0 mm
Bazlama (%45 Arpa)	14,87 cm – 6,0 mm	15,12 cm – 5,5 mm
Bazlama (%60 Arpa)	15,35 cm – 5,0 mm	15,80 cm – 5,0 mm



Resim 4.1. Ticari un ve %100 Tosunbey unundan üretilen bazlama örnekleri
(A:Ticari un; B: %100 Tosunbey)



Resim 4.2. %15 oranında arpa unu içeren bazlama örneğinin iç kesiti



Resim 4.3. %30 oranında arpa unu içeren bazlama örneğinin iç kesiti



Resim 4.4. %45 oranında arpa unu içeren bazlama örneğinin iç kesiti



Resim 4.5. %60 oranında arpa unu içeren bazlama örneğinin iç kesiti

Üretilen bazlama örneklerine, arpa unu ilavesi arttıkça örneklerin kalınlığının azaldığı görülmektedir. %100 Tosunbey unu içeren bazlama örneğinin gözenek yapısı ve kalınlığı diğer örneklerle göre daha fazladır. Tosunbey kontrol örneklerinin kalınlığı 8 mm – 9 mm olarak ölçülmüştür.



Resim 4.6. %100 Tosunbey kontrol bazlama örneğinin iç kesiti

4.2. Bazlama Örneklerinin Renk Analiz Sonuçları

Bazlama örneklerinin renk analiz sonuçları Tablo 4.2’de gösterilmiştir. Tosunbey kontrol örneğinin ve %60 oranında arpa unu içeren örneğin ekmek içi renk değerleri (L^* , a^* ve b^*) sırasıyla 73,88 – 64,03, -0,46 – 3,61 ve 19,36 – 24,07 iken bu örneklerin kabuk renk değerleri ise (L^* , a^* ve b^*) sırasıyla 73,36 – 65,10, -0,22 – 2,42 ve 15,73 – 21,49 olarak hesaplanmıştır. Bazlama örneklerinin L^* değerleri, hem ekmek içinde hem de kabuk kısmında arpa unu ilavesi arttıkça azalmıştır. Ticari buğday unu ile hazırlanan kontrol numunesi ile Tosunbey buğday unu ile hazırlanan kontrol numunesinin ekmek içi L^* değerleri arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Arpa unu ile zenginleştirilmiş bazlama örneklerinin hepsi, Tosunbey ekmeklik buğday unundan üretilen kontrol bazlama örneğine göre (hem kabuk hem de ekmek içi için) daha yüksek sarılık değerlerine (b^*) sahiptir. Arpa unu ile zenginleştirilen bazlama örneklerinin ekmek içi renk farkı (ΔE) 4,98 – 12,34 arasında değişmekteyken bu değerler kabuk kısmı için 9,46 – 12,19 arasında olmaktadır.

Arpa unu içeriği %60 olan bazlama örneği hem ekmek içinde hem de kabuk kısmında en yüksek ΔE değerine sahiptir. ΔE değerlerinin düşük olması ise arpa unu ile zenginleştirilmiş bazlama örneklerinin renk bakımından kontrol örneklerine daha çok benzediği anlamına gelmektedir. Zenginleştirilmiş bazlama örneklerinden, %15 ve %45 oranında arpa unu içeren örneklerin hem ekmek içinde hem de kabuk kısmında benzer ΔE değerlerine sahip olduğu sonucuna ulaşılmış olup, Tosunbey kontrol örneği ile kıyaslandığında anlamlı derecede farklılık bulunamamıştır.

Tablo 4.2. Bazlama örneklerinin renk değerleri

Örnekler	Ekmek İçi Rengi				Kabuk Rengi			
	L*	a*	b*	ΔE	L*	a*	b*	ΔE
Ticari Kontrol	74,36 ± 0,82 ^a	-0,36 ± 0,23 ^d	17,98 ± 0,43 ^c		67,93 ± 0,63 ^{bc}	-0,18 ± 0,02 ^d	18,88 ± 0,82 ^{ab}	
%100 Tosunbey	73,88 ± 0,79 ^a	-0,46 ± 0,04 ^d	19,36 ± 0,07 ^{bc}		73,36 ± 0,30 ^a	-0,22 ± 0,04 ^d	15,73 ± 0,04 ^b	
Bazlama (%15 Arpa)	71,79 ± 1,02 ^{ab}	0,93 ± 0,02 ^c	22,12 ± 0,40 ^{ab}	4,98 ± 0,78 ^c	71,10 ± 1,43 ^{ab}	0,75 ± 0,04 ^c	18,91 ± 0,62 ^{ab}	9,46 ± 1,01 ^b
Bazlama (%30 Arpa)	68,84 ± 0,20 ^{bc}	1,49 ± 0,06 ^{bc}	19,64 ± 0,39 ^{bc}	5,70 ± 0,67 ^c	70,80 ± 0,58 ^{ab}	1,14 ± 0,18 ^c	19,43 ± 0,87 ^a	9,31 ± 1,00 ^b
Bazlama (%45 Arpa)	67,36 ± 0,54 ^{cd}	2,26 ± 0,18 ^b	22,31 ± 0,90 ^{ab}	8,39 ± 0,42 ^b	68,44 ± 0,63 ^{bc}	1,77 ± 0,01 ^b	21,04 ± 0,41 ^a	10,43 ± 0,90 ^{ab}
Bazlama %60 Arpa	64,03 ± 0,09 ^d	3,61 ± 0,23 ^a	24,07 ± 1,22 ^a	12,34 ± 0,87 ^a	65,10 ± 0,29 ^c	2,42 ± 0,05 ^a	21,49 ± 0,48 ^a	12,19 ± 0,80 ^a

^{a-d} Her bir sütunda farklı harflere sahip ortalamalar anlamlı derecede farklıdır (p < 0,05).

L*: 0 (siyah) ve 100 (beyaz) arasındaki aydınlık derecesidir.

a*: Kırmızılık veya yeşillik değerlerini belirtmektedir.

b*: Sarılık veya mavilik değerlerini belirtmektedir.

4.3. Bazlama Örneklerinin Tekstürel Analiz Sonuçları

Tablo 4.3’de bazlama örneklerinin sertlik, elastikiyet, yapışkanlık, çiğnenebilirlik ve başlangıç formunun geri kazanımı (resilience) özellikleri verilmiştir. Bir gıdanın dil ile ağız arasında veya dişler arasında ezilerek şekil değiştirmesi için gereken kuvvete “sertlik” denilmektedir (Guine ve ark., 2015). Bazlama örneklerinin sertliği %45 ve %60 oranında arpa unu ilavesi ile önemli ölçüde artmıştır ($p<0,05$). Sertlik, özellikle %45 oranında arpa unu ikamesinin üzerinde artış göstermiştir. Bu durum, kabul edilebilir kalitede bir bazlama elde etmek için arpa unu ilavesi miktarının %45’i geçmemesi gerektiği anlamına gelmektedir.

Arpa unu ile zenginleştirilmiş bazlama örneklerinin elastikiyet değerleri, kontrol bazlama örneklerine kıyasla anlamlı derecede farklı bulunamamıştır. Kontrol (%100 Tosunbey ve ticari un) bazlama örneklerinin en yüksek yapışkanlık özelliklerine sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bazlama formülasyonlarında, %60 oranında arpa unu ilavesi ile birlikte yapışkanlıkta anlamlı derecede bir düşüş ($p<0,05$) gözlemlenmiştir. Kontrol (%100 Tosunbey: 0,89; ticari un: 0,93) bazlama örneklerinin yapışkanlık değerleri 48 saatlik depolama sonrasında sırasıyla 0,87 ve 0,86 seviyelerine düşmüştür.

Tüm bazlama örneklerinin yapışkanlığı depolama süresi boyunca önemli ölçüde azalmıştır ($p<0,05$). Bazlama örneklerin oda sıcaklığında 48 saate kadar depolanması sırasında çiğnenebilirliği kademeli olarak artış sergilemiştir. Resilience parametresinde kontrol örnekleri ve arpa unu ile zengileştirilen örnekler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır.

Tablo 4.3. Bazlama örneklerinin tekstürel özellikleri.

Örnekler	Sertlik (N)	Elastikiyet	Yapışkanlık	Çiğnenebilirlik	Resilience
Ticari Kontrol	4,92 ± 0,56 ^c	0,98 ± 0,02 ^a	0,93 ± 0,01 ^a	3,87 ± 0,737 ^{bc}	0,56 ± 0,01 ^{ab}
%100 Tosunbey Kontrol	4,64 ± 0,69 ^c	0,97 ± 0,01 ^a	0,89 ± 0,01 ^{ab}	4,03 ± 0,635 ^{bc}	0,52 ± 0,02 ^{ab}
Bazlama (%15 Arpa)	3,42 ± 0,06 ^c	0,95 ± 0,01 ^a	0,89 ± 0,01 ^{ab}	3,62 ± 0,77 ^{bc}	0,50 ± 0,03 ^{ab}
Bazlama (%30 Arpa)	4,78 ± 0,38 ^c	0,94 ± 0,02 ^a	0,89 ± 0,01 ^{ab}	2,18 ± 0,51 ^c	0,45 ± 0,04 ^b
Bazlama (%45 Arpa)	11,28 ± 0,22 ^b	0,96 ± 0,04 ^a	0,88 ± 0,01 ^{ab}	8,14 ± 0,88 ^b	0,57 ± 0,01 ^{ab}
Bazlama (%60 Arpa)	32,65 ± 0,71 ^a	0,96 ± 0,01 ^a	0,87 ± 0,01 ^b	27,62 ± 0,88 ^a	0,58 ± 0,01 ^a
Ticari Kontrol	10,41 ± 0,21 ^c	1,58 ± 0,11 ^a	0,89 ± 0,02 ^a	12,30 ± 0,83 ^{bc}	0,60 ± 0,01 ^a
%100 Tosunbey Kontrol	8,23 ± 0,06 ^c	0,97 ± 0,00 ^b	0,88 ± 0,01 ^a	14,73 ± 1,47 ^{bc}	0,57 ± 0,02 ^a
Bazlama (%15 Arpa)	7,63 ± 0,21 ^c	0,97 ± 0,01 ^b	0,88 ± 0,01 ^a	8,91 ± 0,38 ^{bc}	0,62 ± 0,01 ^a
Bazlama (%30 Arpa)	10,53 ± 0,46 ^c	0,97 ± 0,01 ^b	0,87 ± 0,01 ^a	4,78 ± 1,80 ^c	0,58 ± 0,03 ^a
Bazlama (%45 Arpa)	25,18 ± 0,05 ^b	0,98 ± 0,01 ^b	0,87 ± 0,01 ^a	25,43 ± 4,45 ^{ab}	0,60 ± 0,01 ^a
Bazlama (%60 Arpa)	44,48 ± 3,72 ^a	0,97 ± 0,02 ^b	0,87 ± 0,01 ^a	41,82 ± 5,62 ^a	0,63 ± 0,01 ^a
Ticari Kontrol	15,80 ± 0,71 ^d	0,98 ± 0,02 ^a	0,87 ± 0,02 ^a	13,51 ± 0,54 ^b	0,60 ± 0,03 ^a
%100 Tosunbey Kontrol	26,48 ± 1,34 ^c	1,16 ± 0,05 ^a	0,86 ± 0,01 ^a	23,80 ± 4,93 ^b	0,57 ± 0,02 ^a
Bazlama (%15 Arpa)	15,86 ± 0,19 ^d	0,97 ± 0,01 ^a	0,85 ± 0,01 ^{ab}	14,44 ± 1,32 ^b	0,58 ± 0,01 ^a
Bazlama (%30 Arpa)	23,22 ± 1,10 ^c	0,95 ± 0,01 ^a	0,85 ± 0,01 ^{ab}	19,33 ± 0,45 ^b	0,56 ± 0,01 ^a
Bazlama (%45 Arpa)	48,52 ± 0,07 ^b	1,31 ± 0,32 ^a	0,84 ± 0,01 ^b	44,53 ± 2,42 ^a	0,62 ± 0,01 ^a
Bazlama (%60 Arpa)	56,58 ± 0,39 ^a	0,95 ± 0,01 ^a	0,84 ± 0,05 ^b	47,72 ± 2,23 ^a	0,61 ± 0,04 ^a

^{a-d} Her bir sütunda farklı harflere sahip ortalamalar anlamlı derecede farklıdır (p < 0,05).

4.4. Bazlama Örneklerinin β -Glukan İçerikleri ile Glisemik İndeks ve Hidroliz İndeksi

Glisemik indeks (Gİ), karbonhidratlı gıdaların, standart gıdalar ile karşılaştırıldığında postprandiyal serum glukoz seviyelerinde artış gösterme hızı ve kapasitesini ifade etmektedir (Yun ve ark., 2021; Liu ve ark., 2023). Yüksek glisemik indeksli gıdalarının ($G\dot{I} \geq 70$) obezite ve bulaşıcı olmayan diğer hastalıklar gibi çeşitli metabolik hastalıklarla ilintili olduğu düşünülmektedir (Yun ve ark., 2021). Hidroliz indeksi (Hİ) ise örneklerin hidroliz eğrisi altındaki alanın aynı zaman diliminde standart bir gıda ürünün (beyaz ekmek) alanına bölünmesiyle hesaplanmaktadır (Matos-Segura ve Rosell, 2011).

Bazlama örneklerinin Gİ ve Hİ değerleri Tablo 4.4'te sunulmuştur. Bazlama örneklerinin glisemik indeks değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ($p < 0,05$) bulunmuştur. *In vitro* Gİ analiz sonuçları, arpa unu ilave seviyesi arttıkça bazlama örneklerinin *in vitro* Gİ değerlerinin önemli ölçüde azaldığını göstermiştir ($p < 0,05$).

Tüm arpa unu ilave seviyelerindeki bazlama örneklerinin Hİ değerleri, kontrol bazlama örneklerine kıyasla önemli düzeyde azalış sergilediği görülmektedir. Tosunbey ununa arpa unu ilavesiyle *in vitro* Gİ değerinin azaldığı görülmektedir (Tablo 4.4).

Tablo 4.4. Bazlama örneklerinin β -glukan içerikleri ile *in vitro* Gİ ve Hİ değerleri

Örnekler	Beta Glukan (%)	Gİ	Hİ
Ticari Kontrol	$0,19 \pm 0,01^f$	$92,10 \pm 0,80^a$	$88,60 \pm 1,44^a$
%100 Tosunbey Kontrol	$0,49 \pm 0,01^e$	$83,19 \pm 0,30^b$	$79,20 \pm 0,55^b$
Bazlama (%15 Arpa)	$0,79 \pm 0,01^d$	$78,83 \pm 0,43^c$	$71,25 \pm 0,78^c$
Bazlama (%30 Arpa)	$1,45 \pm 0,06^c$	$74,81 \pm 0,61^d$	$63,93 \pm 1,11^d$
Bazlama (%45 Arpa)	$1,86 \pm 0,01^b$	$68,65 \pm 0,40^e$	$52,72 \pm 0,73^e$
Bazlama (%60 Arpa)	$2,83 \pm 0,01^a$	$64,73 \pm 0,33^f$	$45,57 \pm 0,60^f$

^{a-f} Her sütunda farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$). Gİ: glisemik indeks. Hİ: hidroliz indeksi.

Ticari un ve %100 Tosunbey ekmeklik buğday unu kullanılarak üretilen kontrol örneklerinin β -glukan içerikleri sırasıyla 0,19 ve 0,49 g/100 g olarak tespit edilmiştir. Arpa unu ile zenginleştirilmiş bazlama örneklerinin β -glukan içerikleri önemli ölçüde artmış olup %15 – %60 oranında arpa unu ilave seviyeleri için kuru ağırlık bazında 0,79 – 2,83 g/100 g aralığında bulunmuştur.

4.5. Bazlama Örneklerinin Mineral İçerikleri

Mevcut çalışmanın sonuçlarına göre, arpa unu ile zenginleştirilmiş bazlama örneklerinin magnezyum (Mg), potasyum (K), manganez (Mn), demir (Fe) ve çinko (Zn) içerikleri kontrol örneğinden istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksektir ($p<0,05$) (Tablo 4.5).

Bazlama örneklerinin Mg içeriğindeki artışın arpa unu ilavesi ile orantılı olduğu görülmektedir. Arpa unu oranı %30, %45 ve %60 olan bazlama örneklerinin K ve Fe içeriklerinin kontrol örneğinden önemli derecede daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Arpa unu ile zenginleştirilmiş bütün bazlama örneklerinin bakır (Cu) içerikleri ise kontrol örneğinden istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0,05$).

Günde 200 g bazlama tüketiminin 19 – 30 yaş arasındaki sağlıklı, kadın ve erkek yetişkinler için Mahan ve Raymond (2017) tarafından önerilen mineral alım değerlerine katkısı hesaplanarak Tablo 4.6’da verilmiştir. Bazlamanın %60 oranında arpa unu ile zenginleştirilmesiyle sağlıklı bir yetişkinin günlük K ihtiyacının yaklaşık %12’sini karşılayabileceği tespit edilmiştir. Arpa unu oranı %60 olan 200 g bazlama tüketiminin sağlıklı yetişkin kadın bireylerde günlük Mn ihtiyacını karşılama oranının yaklaşık %103, Fe %82, Mg %23, Zn ise %17 olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.5. Bazlama örneklerinin mineral içerikleri.

Örnekler	K	Mg	Fe	Zn	Mn	Cu	Ca
%100 Tosunbey	2120 ± 130 ^c	236,2 ± 14,4 ^c	28,70 ± 0,95 ^d	6,23 ± 0,18 ^c	8,55 ± 0,28 ^c	1,68 ± 0,05 ^c	66,04 ± 1,84 ^b
Bazlama (%15 Arpa)	2400 ± 150 ^c	297,3 ± 18,2 ^c	33,01 ± 1,10 ^d	9,20 ± 0,25 ^b	9,56 ± 0,32 ^c	1,88 ± 0,05 ^b	71,40 ± 1,99 ^{ab}
Bazlama (%30 Arpa)	3120 ± 190 ^b	435,4 ± 26,6 ^b	58,30 ± 1,94 ^c	9,38 ± 0,27 ^b	12,18 ± 0,41 ^b	1,97 ± 0,06 ^b	75,33 ± 2,09 ^a
Bazlama (%45 Arpa)	3770 ± 230 ^a	480,2 ± 29,3 ^{ab}	67,20 ± 2,24 ^b	9,50 ± 0,27 ^b	13,07 ± 0,42 ^b	2,37 ± 0,07 ^a	74,08 ± 2,00 ^a
Bazlama (%60 Arpa)	4300 ± 260 ^a	542,5 ± 33,1 ^a	113,00 ± 3,90 ^a	10,38 ± 0,29 ^a	14,31 ± 0,46 ^a	2,23 ± 0,06 ^a	78,21 ± 2,12 ^a

^{a-d} Her sütunda farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde anlamlı bulunmuştur (p<0,05). Kontrol: %100 Tosunbey unu. Numunelerin mineral değeri µg/g olarak ifade edilmiştir.

K: Potasyum; Mg: Magnezyum; Fe: Demir; Zn: Çinko; Mn: Mangan; Cu: Bakır; Ca: Kalsiyum

Tablo 4.6. 200 g bazlamanın önerilen mineral alımına katkısı.

	K (mg)		Mg (mg)		Fe (mg)		Zn (mg)		Mn (mg)	
Önerilen Alım Miktarı/Gün	*K: 4,7		K: 310		K: 18		K: 8		K: 1,8	
	*E: 4,7		E: 400		E: 8		E: 11		E: 2,3	
Örnekler	200 g bazlama ekmeğinin günlük mineral ihtiyacını karşılama yüzdesi (%)									
%100 Tosunbey Kontrol	K: 6	E: 6	K: 9,8	E: 7,6	K: 21	E: 47	K: 10	E: 7	K: 62	E: 48
Bazlama (%15 Arpa)	K: 7	E: 7	K: 12	E: 10	K: 24	E: 54	K: 15	E: 11	K: 69	E: 54
Bazlama (%30 Arpa)	K: 9	E: 9	K: 18	E:14	K: 42	E: 95	K: 15	E: 11	K: 88	E: 68
Bazlama (%45 Arpa)	K: 10	E: 10	K: 20	E: 16	K:49	E: 109	K: 15	E: 11	K: 94	E: 74
Bazlama (%60 Arpa)	K: 12	E: 12	K: 23	E: 18	K: 82	E: 180	K: 17	E: 12	K: 103	E: 81

* K ve *E: 19 – 30 yaş arasındaki sağlıklı, kadın ve erkek yetişkinler.

4.6. Bazlama Örneklerinin Fenolik İçerikleri ve Antioksidan Kapasiteleri

Fenolik içerikler ve antioksidan kapasite değerleri serbest ve bağlı formlar olarak belirlenmiş ve Tablo 4.7’de gösterilmiştir. Kontrol (ticari un ve %100 Tosunbey) ve arpa unu ile zenginleştirilmiş bazlama örneklerinin serbest fenolik içerikleri kuru ağırlık bazında, 173,89 – 219,29 mg GAE/100 g arasındadır.

Bazlama örneklerinin toplam fenolik içerikleri ise 357,43 – 448,94 mg GAE/100 g arasında değişmektedir. Kontrol bazlama örnekleri (ticari un ve %100 Tosunbey) ile karşılaştırıldığında, %60 oranında arpa unu ile zenginleştirilmiş bazlama örneği en yüksek miktarda bağlı formda fenolik madde içeriğine (229,57 mg/100 g) sahipken, bunu %45 (224,45 mg/100 g) ve %30 (206,19 mg/100 g) oranında arpa unu ile zenginleştirilmiş bazlama örnekleri izlemektedir (Tablo 4.7). Bazlama örneklerine arpa unu ilavesi arttıkça, serbest ve bağlı fenolikler Tosunbey buğday çeşitinin unundan üretilen bazlama örneğine göre artış göstermiştir. Toplam ABTS ve toplam fenolik bileşik içeriği açısından en zengin olan örneğin %60 oranında arpa unu ile zenginleştirilmiş bazlama olduğu görülmektedir.

Bazlama örneklerinde antioksidan kapasite değerleri iki farklı yöntemle ölçülmüş olup (Tablo 4.7), ABTS yöntemi baz alındığında serbest formda bulunan antioksidan düzeyleri, kontrol örneklerinde oldukça düşük seviyede (ticari un 26,59; Tosunbey 34,95), %60 oranında arpa unu ile zenginleştirilen bazlama örneğinin antioksidan kapasitesi 390,33 mM TEAC seviyesine ulaşmıştır.

Tablo 4.7. Bazlama örneklerinin fenolik içeriği ve antioksidan kapasiteleri.

Bağlı Form			
Örnekler	Fenolik İçerik	ABTS	DPPH
Ticari Kontrol	183,55 ± 0,46 ^d	76,61 ± 1,05 ^f	32,13 ± 1,56 ^e
%100 Tosunbey Kontrol	185,32 ± 0,33 ^d	89,56 ± 2,60 ^e	35,39 ± 0,39 ^e
Bazlama (%15 Arpa)	191,65 ± 0,23 ^c	102,37 ± 1,22 ^d	40,52 ± 1,72 ^d
Bazlama (%30 Arpa)	206,19 ± 2,71 ^c	123,43 ± 0,72 ^c	48,89 ± 1,39 ^c
Bazlama (%45 Arpa)	224,45 ± 4,59 ^b	294,93 ± 1,74 ^b	58,43 ± 1,48 ^b
Bazlama (%60 Arpa)	229,57 ± 1,30 ^a	400,10 ± 1,73 ^a	64,31 ± 1,97 ^a
Serbest Form			
Ticari Kontrol	173,89 ± 0,33 ^e	26,59 ± 0,35 ^e	21,95 ± 0,39 ^e
%100 Tosunbey Kontrol	176,07 ± 0,98 ^e	34,95 ± 0,35 ^e	27,76 ± 0,39 ^d
Bazlama (%15 Arpa)	184,19 ± 1,32 ^d	105,71 ± 3,15 ^d	37,31 ± 1,17 ^c
Bazlama (%30 Arpa)	201,17 ± 0,34 ^c	122,16 ± 0,72 ^c	44,20 ± 1,59 ^b
Bazlama (%45 Arpa)	213,32 ± 1,31 ^b	250,65 ± 5,22 ^b	48,86 ± 2,32 ^b
Bazlama (%60 Arpa)	219,29 ± 0,98 ^a	390,33 ± 5,18 ^a	55,54 ± 0,77 ^a
*Toplam			
Ticari Kontrol	357,43 ± 0,13 ^f	103,20 ± 0,70 ^f	54,08 ± 1,17 ^e
%100 Tosunbey Kontrol	361,39 ± 1,31 ^e	124,51 ± 2,26 ^e	63,15 ± 0,03 ^e
Bazlama (%15 Arpa)	375,83 ± 1,32 ^d	208,08 ± 1,92 ^d	77,83 ± 2,89 ^d
Bazlama (%30 Arpa)	407,35 ± 3,04 ^c	245,58 ± 1,44 ^c	93,09 ± 2,99 ^c
Bazlama (%45 Arpa)	437,77 ± 3,28 ^b	545,59 ± 3,48 ^b	107,29 ± 3,80 ^b
Bazlama (%60 Arpa)	448,94 ± 0,33 ^a	790,43 ± 3,45 ^a	119,85 ± 2,74 ^a

^{a-f} Aynı sütunda farklı harflere sahip ortalamalar önemli ölçüde farklıdır (p<0,05). Fenolik içerikler mg GAE/100 g kuru ağırlık olarak ifade edilmiştir. ABTS: 2,2'-azino-bis (3-etil-benzotiyazolin 6-sülfonik asit); DPPH: 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil radikal süpürme kapasitesi.

*Serbest ve bağlı antioksidan kapasitelerin toplamı mg TE/100 g kuru ağırlık olarak ifade edilmiştir.

5. TARTIŞMA

Çalışmanın esas amacı, yetişkin bir birey için TÜBER tarafından tüketilmesi önerilen (200 g) tahıl ve ekmek grubu içeriğini beta-glukan ile zenginleştirilip günde 3 g β -glukan alımının sağlanmasıdır. Bu çalışma sonucunda en az %45 oranında arpa unu içeren 200 g bazlama örneklerinde 3 g β -glukan içeriğine ulaşılmıştır.

Akdeniz beslenme modeli, sağlık üzerine çeşitli faydalarla değerlendirilmiştir. Prospektif çalışmalardan elde edilen veriler, Akdeniz beslenme modeline olan bağlılığın diyabet riskiyle ters korelasyon gösterdiği sonucuna ulaşmıştır (Guasch-Ferré ve Willet, 2021). Akdeniz beslenme modeline olan bağlılık, birçok *Bacteroidetes* bakteri popülasyonunu artırırken, *Firmicutes* bakteri popülasyonunu azalttığı ve mikrobiyotada daha düşük düzeyde *Firmicutes/Bacteroidetes* oranına sebep olduğu yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (Abrignani ve ark., 2024).

Akdeniz beslenme modeline olan bağlılık sosyokültürel, ekonomik ve çevresel faydalarla ilişkilendirilmektedir ve bu da bu beslenme modelini sağlıklı ve sürdürülebilir duruma getirmektedir (Caso ve ark., 2024). Mevcut çalışma da bu amaçla yola çıkarak Akdeniz ülkelerinde tüketilen ve geleneksel bir gıda ürünü olan bazlamanın içeriğini farklı oranlarda arpa unu ile zenginleştirip fonksiyonel bir gıda ürünü haline getirmiştir.

Beyaz ekmek ve tam buğday ekmeğın karşılaştırıldığı bir çalışmada, tam buğday ekmeğinde beyaz ekmeğe kıyasla daha az elastikiyet, daha küçük ekmek hacmi ve daha kötü ekmek içi gözenek yapısı gibi olumsuz özellikler gözlemlenmiştir. Tekstürel profil analizinde (TPA) ise tam buğday ekmeğın beyaz ekmeğe göre sertlik, yapışkanlık ve çiğneme değerlerinin daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Li ve ark., 2023). Mevcut çalışmada da bazlama örneklerinin sertliği %45 (48,52 N) ve %60 (56,58 N) oranında arpa unu ilavesi ile 48 saat depolama sonrasında kontrol örneklerine göre önemli ölçüde artmıştır ($p<0,05$). Örneklerin sertlik değeri, depolama süresi arttıkça orantılı olarak artış göstermektedir; ancak yapışkanlık özelliğinin kontrol örneklerinde daha yüksek değerlere (Ticari un: 0,89; Tosunbey: 0,88) sahip olduğu sonucuna ulaşılmış olup, arpa unu ilavesinin artmasıyla yapışkanlık özelliğinde anlamlı derecede bir düşüş ($p<0,05$) gözlemlenmiştir. Örneklerdeki arpa unu oranı arttıkça bazlama kalınlığı azalmaktadır (Tablo 4.1).

Mevcut çalışmaya benzer şekilde, Sullivan ve arkadaşları (2010) depolama süresine bağlı olarak, ekmek formülasyonlarında arpa unu oranının artmasıyla, ekmek içi yapışkanlığında önemli bir düşüşe yol açtığını bildirmiştir; üretilen örneklerin sertlik değeri ise %50 oranında arpa unu ilavesinin üzerinde artış göstermiştir. Arpa unu konsantrasyonunun artması ekmek hacmini önemli derecede azaltmıştır.

El-Taib ve arkadaşları (2018) tarafından yürütülen bir çalışmada ise ekmek örneklerinde arpa unu ikamesi arttıkça yapışkanlık değerleri mevcut çalışmadan farklı olarak artmıştır. El-Taib ve arkadaşları (2018), ekmeğin oda sıcaklığında 72 saate kadar depolanması sırasında tüm ekmek örneklerinin çiğnenebilirliğinin kademeli olarak arttığını bildirmiştir. Mevcut çalışmada da benzer şekilde, %45 oranında ve üzerinde arpa unu ilavesi ile bazlama örneklerinin çiğnenebilirliği, oda sıcaklığında 48 saate kadar depolanması sırasında kademeli olarak istatistiksel anlamda artış göstermiştir ($p<0,05$).

Basman ve Koksel (1999) tarafından arpa unu ve buğday kepeği ile zenginleştirilmiş bazlama örneklerinin incelendiği bir çalışmada arpa unu ilavesi, iki farklı ekmeklik buğday çeşidinden (Gün ve Gerek) üretilen bazlama örneklerinin L^* değerlerini düşürerek grimsi renkte önemli bir artışa sebep olmuştur.

Mevcut çalışmada da bazlama örneklerinin hem ekmek içinde hem de kabuk kısmında, arpa unu ilavesinin artmasıyla L^* değerleri azalmıştır. L değerlerinin azalması Chifaa arpa ununun bazlama rengi üzerinde koyulaştırıcı bir etkisi olduğunun göstergesidir; ancak a^* ve b^* değerlerinde gözlemlenen küçük değişikliklere rağmen arpa unu ilave seviyeleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Arpa unu ile zenginleştirilmiş bazlama örneklerinin tamamı, Tosunbey'den üretilmiş kontrol bazlama örneğine göre (hem kabuk hem de ekmek içi için) daha yüksek sarılık değerlerine (b^*) sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu, tüketiciler tarafından genellikle tercih edilen bir özelliktir.

Mansoor ve arkadaşları (2022) tarafından yürütülen bir çalışmada, ekmek örneğine %20 oranında arpa unu ilave edilmesiyle hem ham lif (%7,75) hem de mineral madde içeriği (%1,96) kontrol örneğine kıyasla (ham lif %3,5; mineral %0,78) önemli düzeyde artış sergilemiştir. Aly ve arkadaşlarının (2024) yürüttüğü bir çalışmada ise arpa unu ilaveli ekmekler kontrol örneği ile kıyaslandığında, ekmeğe ilave edilen yüksek orandaki arpa unu seviyesi en yüksek kül ve ham lif içeriğine sahipken (%2,9 – %3,8), kontrol ekmeğinde kül ve lif içeriği düşük bulunmuştur (%1,2 – %0,9).

Bu bağlamda ekmekteki arpa unu oranı artıkça inorganik madde miktarının ve diyet lifi içeriğinin arttığını söylemek mümkündür. Mevcut çalışmada çeşitli oranlarda arpa unu ile zenginleştirilmiş bazlama örneklerinin β -glukan içerikleri önemli ölçüde artmıştır: %15 – %60 oranında arpa unu içeren 100 g bazlama örneklerinin β -glukan değeri 0,79 – 2,83 g arasında değişmektedir. Buna göre arpa unu ilavesinin β -glukan kaynaklı lif içeriğini artırdığı söylenebilir.

Arpa ununda Mn, Fe, Zn, Cu ve Se konsantrasyonlarının ekmeklik buğday ununa göre daha yüksek konsantrasyonda bulunduğu bildirilmiştir (Ali-Abdul ve ark., 2023). Mansoor ve arkadaşları (2022) tarafından yürütülen bir çalışmada, %10 oranında arpa unu ilavesi, ekmeğin mineral içeriğinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermemiştir. Ancak arpa unu seviyesindeki artışla beraber ekmeğin kül içeriği önemli ölçüde artmıştır. Bu artışın, arpa ununun buğday ununa kıyasla daha yüksek oranda mineral içermesi sebebiyle olduğu bildirilmiştir. Mevcut çalışma da bu sonuçları destekler niteliktedir. Örneklerdeki arpa unu ilave seviyesi arttıkça mineral içeriği de artmaktadır. Mg içeriği kontrol örneğine kıyasla %30 oranında arpa unu içeren bazlamada %84, %60 oranında arpa unu içeren bazlamada ise %130 oranında artmıştır. Arpa oranı %30, %45 ve %60 olan bazlama örneklerinin K içerikleri kontrol örneğinden istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). K içeriği, %30 oranında arpa unu içeren bazlamada %47 oranında artmışken, %60 oranında arpa unu içeren bazlamada %102 oranında artmıştır. Mn içeriği, %30 oranında arpa unu içeren bazlamada %43, %60 oranında arpa unu içeren bazlamada ise %67 oranında artış göstermiştir. Fe içeriği, %30 oranında arpa unu içeren bazlamada %103, %60 oranında arpa unu içeren bazlamada ise %293 oranında artış sergilemiştir. Arpa unu ile zenginleştirilmiş bütün bazlama örneklerinin Cu içeriği kontrol örneğinden önemli ölçüde yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Zn içeriği ise kontrol örneğine kıyasla %60 oranında arpa unu içeren bazlamada %67 oranında artmıştır.

Mevcut çalışmanın sonuçlarına göre, günde 200 g bazlama tüketiminin 19 – 30 yaş arasındaki sağlıklı, kadın ve erkek yetişkinler için Mahan ve Raymond (2017) tarafından önerilen mineral alımına katkısı daha önce hesaplanarak ilgili bölümde (Tablo 4.6) verilmiştir. Arpa unu ilave edilen bazlamaların önerilen mineral alımına katkısının kontrol bazlama örneğine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bazlamanın %60 oranında arpa unu ile zenginleştirilmesiyle sağlıklı bir yetişkinin günlük K ihtiyacının yaklaşık %12'sini karşılayabileceği, ekmeklik buğday unundan

yapılan bazlamanın ise %6'sını karşılayabileceği öngörülmektedir. Arpa unu ilave oranı %60 olan bazlamanın sağlıklı yetişkin bir kadının günlük Mg ihtiyacının yaklaşık %23'ünü, Fe ihtiyacının %82'sini, Mn ihtiyacının %103'ünü, Zn ihtiyacının ise %17'sini karşıladığı tespit edilmiştir. Ekmeklik buğday unundan yapılan bazlamanın ise mineral ihtiyacını karşılama oranlarının sırasıyla %9,8, %21, %62 ve %10 olduğu saptanmıştır.

Mansoor ve arkadaşlarının (2020) yürütmüş olduğu çalışmada, kontrol ekmeğinin en elastik olduğu, arpa unu seviyesi kademeli olarak artırıldığında ise elastikiyetin önemli ölçüde azaldığı gözlemlenmiştir. Arpa unu içeriği $\geq$ %10 olduğunda ekmeğin Hİ değeri kontrol ekmeğine kıyasla önemli bir düşüş gösterirken, %5 oranında arpa unu ilavesiyle Hİ değerlerinde anlamlı bir değişiklik görülmemiştir. Kontrol ekmeğinin tahmini Gİ'nin 82,41 olduğunu ve %5, %10, %15 ve %20 oranlarında arpa unu eklenmesinin ekmeğin tahmini Gİ değerlerini sırasıyla 79,04, 73,42, 72,53 ve 70,10'a düşürdüğü bildirilmiştir. Mevcut çalışmada da bazlama örneklerine arpa unu ilavesi ile Gİ değerlerinde düşüş gözlemlenmiştir.

%15, %30, %45 ve %60 oranlarında arpa unu içeren örneklerin Gİ değerleri sırasıyla 78,83, 74,81, 68,65 ve 64,73 olarak belirlenmiş olup istatistiksel olarak önemli derecede azalış sergilemiştir ($p < 0,05$). Aynı şekilde bazlama örneklerine arpa unu ilavesiyle beraber Hİ değerleri de önemli derecede azalmıştır (Tablo 4.4) ($p < 0,05$). Arpa ununun Gİ düşürücü etkisi, %45 ve %60 oranında arpa unu kullanılarak üretilen bazlama örnekleri referans alındığında, bazlamayı yüksek Gİ'li bir gıda ürününden orta Gİ'li bir gıda ürününe dönüştürebildiği tespit edilmiştir.

del Carmen Robles-Ramirez ve arkadaşlarının (2020) yürüttüğü bir çalışmada, ekmek formülasyonunda, buğday unu arpa unu ile değiştirildiğinde hem toplam fenolik bileşikler hem de antioksidan aktivite artış sergilemiştir. Arpa unu ile ikame oranı %60 olduğunda, örneklerin toplam fenolik içeriğini ve antioksidan aktivitesini sırasıyla %41,5 ve %45 oranında arttırmıştır. Kuru ağırlık bazında, %60 oranında arpa unu içeren ekmeğin toplam fenolik içeriği 88,30 mg GAE/100g, ABTS yöntemine göre hesaplanan antioksidan kapasitesi ise 2,63 μ mol Trolox/g olarak hesaplanmıştır. Mevcut çalışma da bu çalışmanın sonucu ile paralellik göstermektedir. Kontrol örneklerinin ve arpa unu ile zenginleştirilmiş örneklerinin serbest fenolik içerikleri, 100 g bazlamada kuru ağırlık bazında, 173,89 – 219,29 mg arasında değişmektedir. Kontrol bazlama örnekleri ile karşılaştırıldığında, %60 oranında arpa unu ile zenginleştirilmiş bazlama örneği en

yüksek miktarda bağı fenoliğe (229,57 mg/100 g) sahipken, bunu %45 (224,45 mg/100 g) ve %30 oranında (206,19 mg/100 g) arpa unu ile zenginleştirilmiş bazlama örnekleri takip etmektedir. Bazlama örneklerinde arpa unu ilavesi arttıkça, serbest ve bağı fenolikler Tosunbey buğday unundan üretilen bazlama örneğine göre istatistiksel olarak anlamlı derecede artış sergilemiştir ($p<0,05$). Mevcut çalışmada ABTS yöntemine göre hesaplanan ve bazlama örneklerinin serbest formda bulunan antioksidan kapasiteleri, kontrol örneklerinde arpa unu katkılı örneklere göre oldukça düşük seviyede (ticari un 26,59 mM TEAC; Tosunbey 34,95 mM TEAC), %15 (105,71 mM TEAC), %30 (122,16 mM TEAC), %45 (250,65 mM TEAC) ve %60 (390,33 mM TEAC) oranlarında arpa unu ile zenginleştirilmesiyle beraber örneklerin antioksidan kapasiteleri istatistiksel olarak önemli derecede artmıştır ($p<0,05$).

Bu çalışmanın güçlü yönleri, geleneksel bir ekmek çeşidi olan bazlama içeriğinin arpa unu ile zenginleştirilerek, rafine buğday unundan üretilen ekmek çeşitlerine göre daha düşük glisemik indeks değerine, daha yüksek düzeyde diyet lifi, beta-glukan, antioksidan aktivite ve fenolik bileşen içeriğine sahip bir ürün geliştirmesidir.

Çalışmanın sınırlılıkları ise, gelişmiş ülkelerde ekmek tüketimi giderek azalmaktadır ve birçok insan günde 200 g bazlama ekmeği tüketemeyebilir. Bu sebeple günde 3 g beta-glukan alımının sağlanabilmesi için Akdeniz beslenme modeline uygun olacak şekilde daha farklı formülasyonlar geliştirilebilir.

6. SONUÇ VE TOPLUMA KATKI

Bu tez çalışmasının da dâhil olduğu MEDWHEALTH projesinin amacı, yüksek düzeyde β -glukan içeren arpa gibi yerli hammaddelerini kullanarak sağlık üzerine olan yararlarını artırmak için bazlama, kuskus, bulgur, erişte gibi önemli Akdeniz gıdalarının yeniden tasarlanmasıdır. Bazlama gibi geleneksel ekmekler çeşitli Akdeniz ülkelerinde yaygın olarak tüketilmektedir. Dolayısıyla bazlamanın besinsel içeriğinin geliştirilmesi bu tür ürünleri tüketen insanlar için bir avantaj sağlayacaktır.

Bu çalışma, bazlama örneklerine arpa unu ilave edilmesinin besinsel değerini artırdığını göstermiştir. Bazlama örneklerinin β -glukan, fenolik bileşikler ve mineral içeriklerinin yanı sıra antioksidan kapasiteleri de önemli ölçüde artış sergilemiştir. Bu sayede %45 ve %60 oranlarında arpa unu ile zenginleştirilmiş bazlama örnekleri, daha iyi antioksidan kapasiteye sahip olup fonksiyonel bir gıda olarak kabul edilme potansiyeline sahiptir.

Bu çalışmanın sonuçları, yüksek oranda β -glukan içeren arpanın yüksek besleyicilik özelliklerine sahip bazlama üretmek için kullanılabileceğini göstermiştir. Ayrıca, bu çalışmanın sonuçları, fonksiyonel gıdalar alanında gelecekte yapılacak çalışmalara katkıda bulunabilecek bilgiler sağlayabilir.

Akdeniz beslenme modelinde tahıl tüketimin önemli olduğu bilinmektedir ve buna ilaveten β -glukan alımının yüksek olduğu diyet çeşitlerinde diyabet, kardiyovasküler hastalıklar ve kanser gibi bulaşıcı olmayan hastalıkların önlenebileceğine veya geciktirilebileceğine dair yapılan çalışmalar toplum için umut vericidir.

Mevcut çalışma kapsamında kullanılan arpa ununun ve içerdiği β -glukan diyet lifinin sağlık üzerine olan faydaları yapılan literatür çalışmalarınca bildirilmiştir. Arpa ununun oldukça sık tüketilen buğday kaynaklı gıdalara dahil edilmesi, tüketici sağlığını desteklemeye katkıda bulunabilir.

Mevcut çalışmada olduğu gibi sağlık beyanında günlük olarak tüketilmesi önerilen miktarı (3 g) karşılayan, β -glukandan zengin fonksiyonel ürün geliştirilmesi, literatüre katkı sağlayarak yeni ürün geliştirme çalışmalarının halk sağlığı için faydalı olacağını ve β -glukan içeriği yüksek gıdaların tüketimini teşvik edeceğini düşündürmektedir.

KAYNAKÇA

AACCI. (2010). Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists; The Association: St. Paul, MN, USA.

Abrignani, V., Salvo, A., Pacinella, G., & Tuttolomondo, A. (2024). The Mediterranean Diet, Its Microbiome Connections, and Cardiovascular Health: A Narrative Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(9), 4942. doi: 10.3390/ijms25094942

Adams, E. L., Rice, P. J., Graves, B., Ensley, H. E., Yu, H., Brown, G. D., ve ark. (2008). Differential high-affinity interaction of dectin-1 with natural or synthetic glucans is dependent upon primary structure and is influenced by polymer chain length and side-chain branching. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, 325(1), 115-123. doi: 10.1124/jpet.107.133124

Aghalari, Z., Dahms, H. U., & Sillanpaa, M. (2022). Evaluation of nutrients in bread: a systematic review. *Journal of Health, Population and Nutrition*, 41(1), 50. doi: 10.1186/s41043-022-00329-3

Agostoni, C., Bresson, J. L., Fairweather-Tait, S., Flynn, A., Golly, I., Korhonen, H., ve ark. (2011). Scientific Opinion on the substantiation of a health claim related to barley beta-glucans and lowering of blood cholesterol and reduced risk of (coronary) heart disease pursuant to Article 14 of Regulation (EC) No 1924/2006. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). *EFSA Journal*, 9(12), 2470. doi: 10.2903/j.efsa.2011.2470

Ali-Abdul, N., Mahmood-Abdulrahman, A., Talb, S. S., & Mhamad, H. J. (2023). Mineral processing impact on wheat and barley (Tiry bread and samoon as an example). *Mesopotamia Journal of Agriculture*, 51(2), 36-50. doi: 10.33899/MAGRJ.2023.138377.1219

Aly, A. A., Abusharha, A., El-Deeb, F. E., & Abdelazeem, A. A. (2024). Effects of adding whole barley flour to bread and its impact on anti-obesity action of female rats fed a high-fat diet. *Arabian Journal of Chemistry*, 17(1), 105438. doi: 10.1016/j.arabjc.2023.105438

Ames, N. P., & Rhymer, C. R. (2008). Issues surrounding health claims for barley. *The Journal of Nutrition*, 138(6), 1237-1243. doi: 10.1093/jn/138.6.1237S

Andrade, E. F., Lobato, R. V., de Araújo, T. V., Zangerônimo, M. G., de Sousa, R. V., & Pereira, L. J. (2015). Effect of beta-glucans in the control of blood glucose levels of diabetic patients: a systematic review. *Nutricion hospitalaria*, 31(1), 170-177. doi: 10.3305/nh.2015.31.1.7597

Aoe, S., Ichinose, Y., Kohyama, N., Komae, K., Takahashi, A., Abe, D., ve ark. (2017). Effects of high β -glucan barley on visceral fat obesity in Japanese individuals: A randomized, double-blind study. *Nutrition* (Burbank, Los Angeles County, Calif.), 42, 1-6. doi: 10.1016/j.nut.2017.05.002

Aribas, M., Kahraman, K., & Koksel, H. (2020). In vitro glycemic index, bile acid binding capacity and mineral bioavailability of spaghetti supplemented with resistant starch type 4 and wheat bran. *Journal of Functional Foods*, 65, 103778. doi: 10.1016/j.jff.2020.103778

Bach-Knudsen K. E. (2015). Microbial degradation of whole-grain complex carbohydrates and impact on short-chain fatty acids and health. *Advances in Nutrition*, 6(2), 206–213. doi: 10.3945/an.114.007450

Barber, T. M., Kabisch, S., Pfeiffer, A. F. H., & Weickert, M. O. (2023). The Effects of the Mediterranean Diet on Health and Gut Microbiota. *Nutrients*, 15(9), 2150. doi: 10.3390/nu15092150

Basman, A., & Koksel, H. (1999). Properties and composition of Turkish flat bread (Bazlama) supplemented with barley flour and wheat bran. *Cereal chemistry*, 76(4), 506-511. doi: 10.1094/CCHEM.1999.76.4.506

Bays, H., Frestedt, J. L., Bell, M., Williams, C., Kolberg, L., Schmelzer, W., ve ark. (2011). Reduced viscosity Barley β -Glucan versus placebo: a randomized controlled trial of the effects on insulin sensitivity for individuals at risk for diabetes mellitus. *Nutrition & Metabolism*, 8, 58. doi: 10.1186/1743-7075-8-58

Bohl, M., Gregersen, S., Zhong, Y., Hebelstrup, K. H., & Hermansen, K. (2024). Beneficial glycaemic effects of high-amylose barley bread compared to wheat bread in type 2 diabetes. *European Journal of Clinical Nutrition*, 78(3), 243–250. doi: 10.1038/s41430-023-01364-x

Boukid, F. (2024). Comprehensive review of barley dietary fibers with Emphasis on arabinoxylans. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 31, 100410. doi: 10.1016/j.bcdf.2024.100410

Byun, E. B., Sung, N. Y., Park, S. H., Park, C., & Byun, E. H. (2015). β -(1, 3)-glucan isolated from *Agrobacterium* species induces maturation of bone marrow-derived dendritic cells and drives Th1 immune responses. *Food Science and Biotechnology*, 24, 1533-1540. doi: 10.1007/s10068-015-0197-6

Capurso, C. (2021). Whole-Grain Intake in the Mediterranean Diet and a Low Protein to Carbohydrates Ratio Can Help to Reduce Mortality from Cardiovascular Disease, Slow Down the Progression of Aging, and to Improve Lifespan: A Review. *Nutrients*, 13(8), 2540. doi: 10.3390/nu13082540

Caseiro, C., Dias, J. N. R., de Andrade Fontes, C. M. G., & Bule, P. (2022). From cancer therapy to winemaking: The molecular structure and applications of β -glucans and β -1, 3-glucanases. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(6), 3156. doi: 10.3390/ijms23063156

Caso, D., Canova, L., Capasso, M., & Bianchi, M. (2024). Integrating the theory of planned behavior and the self-determination theory to promote Mediterranean diet adherence: A randomized controlled trial. *Applied Psychology: Health and Well-Being*, 16(1), 80-101. doi: 10.1111/aphw.12470

Chen, G., Leary, S., Niu, J., Perry, R., & Papadaki, A. (2023). The Role of the Mediterranean Diet in Breast Cancer Survivorship: A Systematic Review and Meta-Analysis of Observational Studies and Randomised Controlled Trials. *Nutrients*, 15(9), 2099. doi: 10.3390/nu15092099

Chen, V., Zurbau, A., Ahmed, A., Khan, T. A., Au-Yeung, F., Chiavaroli, L., ve ark. (2022). Effect of oats and oat β -glucan on glycemic control in diabetes: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *BMJ Open Diabetes Research and Care*, 10(5), e002784. doi: 10.1136/bmjdr-2022-002784

Chen, X., Shao, S., Chen, M., Hou, C., Yu, X., & Xiong, F. (2020). Morphology and physicochemical properties of starch from waxy and non-waxy barley. *Starch-Stärke*, 72(5-6), 1900206. doi: 10.1002/star.201900206

Choromanska, A., Kulbacka, J., Rembalkowska, N., Pilat, J., Oledzki, R., Harasym, J., ve ark. (2015). Anticancer properties of low molecular weight oat beta-glucan – An in vitro study. *International Journal of Biological Macromolecules*, 80, 23–28. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2015.05.035

Ciecierska, A., Drywien, M., Hamulka, J., & Sadkowski, T. (2019). Nutraceutical functions of beta-glucans in human nutrition. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, 70(4). doi: 10.32394/rpzh.2019.0082

Connolly, M. L., Tzounis, X., Tuohy, K. M., & Lovegrove, J. A. (2016). Hypocholesterolemic and Prebiotic Effects of a Whole-Grain Oat-Based Granola Breakfast Cereal in a Cardio-Metabolic “At Risk” Population. *Frontiers in Microbiology*, 7, 1675. doi: 10.3389/fmicb.2016.01675

de Oliveira, L. D. L., de Oliveira, G. T., de Alencar, E. R., Queiroz, V. A. V., & de Alencar Figueiredo, L. F. (2022). Physical, chemical, and antioxidant analysis of sorghum grain and flour from five hybrids to determine the drivers of liking of gluten-free sorghum breads. *LWT*, 153, 112407. doi: 10.1016/j.lwt.2021.112407

del Carmen Robles-Ramirez, M., Ortega-Robles, E., Monterrubio-Lopez, R., Mora-Escobedo, R., & del Carmen Beltran-Orozco, M. (2020). Barley bread with improved sensory and antioxidant properties. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 22, 100279. doi: 10.1016/j.ijgfs.2020.100279

Demir, G., Klein, H. O., Mandel-Molinas, N., & Tuzuner, N. (2007). Beta glucan induces proliferation and activation of monocytes in peripheral blood of patients with advanced breast cancer. *International immunopharmacology*, 7(1), 113–116. doi: 10.1016/j.intimp.2006.08.011

Djurle, S., Andersson, A. A. M., & Andersson, R. (2018). Effects of baking on dietary fibre, with emphasis on β -glucan and resistant starch, in barley breads. *Journal of Cereal Science*, 79, 449-455. doi: 10.1016/j.jcs.2017.10.017

Driscoll, M., Hansen, R., Ding, C., Cramer, D. E., & Yan, J. (2009). Therapeutic potential of various β -glucan sources in conjunction with anti-tumor monoclonal antibody in cancer therapy. *Cancer biology & therapy*, 8(3), 218-225. doi: 10.4161/cbt.8.3.7337

Eglite, A., & Kunkulberga, D. (2017). BREAD CHOICE AND CONSUMPTION TRENDS. *FOODBALT*, 178-182. doi:10.22616/foodbalt.2017.005

Elouadi, F., Amri, A., El-baouchi, A., Kehel, Z., Salih, G., Jilal, A., ve ark. (2021). Evaluation of a Set of *Hordeum vulgare* subsp. *spontaneum* Accessions for β -Glucans and Microelement Contents. *Agriculture*, 11(10), 950. doi: 10.3390/agriculture11100950

El-Taib, H. I., Rizk, I. R. S. A., Yousif, E. I., & Hassan, A. A. (2018). Effect of barley flour on wheat bread quality. *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*, 26(3), 1109-1119. doi: 10.21608/ajs.2018.28364

Farag, M. A., Xiao, J., & Abdallah, H. M. (2022). Nutritional value of barley cereal and better opportunities for its processing as a value-added food: a comprehensive review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(4), 1092-1104. doi: 10.1080/10408398.2020.1835817

Fazilaty, Z., Chenari, H., & Shariatpanahi, Z. V. (2018). Effect of β -glucan on serum levels of IL-12, hs-CRP, and clinical outcomes in multiple-trauma patients: a prospective randomized study. *Turkish Journal of Trauma and Emergency Surgery*, 24(4), 287-293. doi: 10.5505/tjtes.2017.34514

Filiz, A. K., Joha, Z., & Yulak, F. (2021). Mechanism of anti-cancer effect of β -glucan on SH-SY5Y cell line. *Bangladesh Journal of Pharmacology*, 16(4), 122-128. doi: 10.3329/bjp.v16i4.54872

Gaidai, O., Cao, Y., & Loginov, S. (2023). Global Cardiovascular Diseases Death Rate Prediction. *Current Problems in Cardiology Journal*, 48(5), 101622. doi: 10.1016/j.cpcardiol.2023.101622

Gan, L., Han, J., Li, C., Tang, J., Wang, X., Ma, Y., ve ark. (2023). Tibetan highland barley fiber improves obesity and regulates gut microbiota in high-fat diet-fed mice. *Food Bioscience*, 53, 102620. doi: 10.1016/j.fbio.2023.102620

Garcia-Cordero, J., Mateos, R., Gonzalez-Ramila, S., Seguido, M. A., Sierra-Cinos, J. L., Sarria, B., ve ark. (2023). Dietary Supplements Containing Oat Beta-Glucan and/or Green Coffee (Poly) phenols Showed Limited Effect in Modulating Cardiometabolic Risk Biomarkers in Overweight/Obese Patients without a Lifestyle Intervention. *Nutrients*, 15(9), 2223. doi: 10.3390/nu15092223

Garcia-Mantrana, I., Monedero, V., & Haros, M. (2015). Myo-inositol hexakisphosphate degradation by *Bifidobacterium pseudocatenulatum* ATCC 27919 improves mineral availability of high fibre rye-wheat sour bread. *Food Chemistry*, 178, 267-275. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.01.099

Garcia-Montero, C., Fraile-Martínez, O., Gómez-Lahoz, A. M., Pekarek, L., Castellanos, A. J., Nogueras-Fraguas, F., ve ark. (2021). Nutritional Components in Western Diet Versus Mediterranean Diet at the Gut Microbiota-Immune System Interplay. Implications for Health and Disease. *Nutrients*, 13(2), 699. doi: 10.3390/nu13020699

Geng, L., Li, M., Xie, S., Wu, D., Ye, L., & Zhang, G. (2021). Identification of genetic loci and candidate genes related to β -glucan content in barley grain by genome-wide association study in International Barley Core Selected Collection. *Molecular breeding: new strategies in plant improvement*, 41(1), 6. doi: 10.1007/s11032-020-01199-5

Geng, L., Li, M., Zhang, G., & Ye, L. (2022). Barley: a potential cereal for producing healthy and functional foods. *Food Quality and Safety*, 6, 1-13. doi: 10.1093/fqsafe/fyac012

Gous, P. W., & Fox, G. P. (2017). Review: Amylopectin synthesis and hydrolysis – Understanding isoamylase and limit dextrinase and their impact on starch structure on barley (*Hordeum vulgare*) quality. *Trends in Food Science & Technology*, 62, 23-32. doi: 10.1016/j.tifs.2016.11.013

Guasch-Ferré, M., & Willett, W. C. (2021). The Mediterranean diet and health: A comprehensive overview. *Journal of internal medicine*, 290(3), 549-566. doi: 10.1111/joim.13333

Guine, R. P., Almeida, I. C., Correia, A. C., & Gonçalves, F. J. (2015). Evaluation of the physical, chemical and sensory properties of raisins produced from grapes of the cultivar Crimson. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 9(3), 337-346. doi: 10.1007/s11694-015-9241-8

Guo, R., Xu, Z., Wu, S., Li, X., Li, J., Hu, H., ve ark. (2019). Molecular properties and structural characterization of an alkaline extractable arabinoxylan from hull-less barley bran. *Carbohydrate Polymers*, 218, 250-260. doi: 10.1016/j.carbpol.2019.04.093

Higa, M., Fuse, Y., Miyashita, N., Fujitani, A., Yamashita, K., Ichijo, T., ve ark. (2019). Effect of High β -glucan Barley on Postprandial Blood Glucose Levels in Subjects with Normal Glucose Tolerance: Assessment by Meal Tolerance Test and Continuous Glucose Monitoring System. *Clinical Nutrition Research*, 8(1), 55–63. doi: 10.7762/cnr.2019.8.1.55

Huang, H., Gao, X., Li, Y., Tian, P., Nima, Y., Laba, Z., ve ark. (2020). Content analysis of vitamins, dietary fibers and amino acids in a wide collection of barley (*Hordeum vulgare* L.) from Tibet, China. *Bioinformation*, 16(4), 314. doi: 10.6026/97320630016314

Hughes, J., & Grafenauer, S. (2021). Oat and barley in the food supply and use of beta glucan health claims. *Nutrients*, 13(8), 2556. doi: 10.3390/nu13082556

Izydorczyk, M. S., & Dexter, J. E. (2008). Barley β -glucans and arabinoxylans: Molecular structure, physicochemical properties, and uses in food products—a Review. *Food Research International*, 41(9), 850-868. doi: 10.1016/j.foodres.2008.04.001

Jaeger, A., Zannini, E., Sahin, A. W., & Arendt, E. K. (2021). Barley Protein Properties, Extraction and Applications, with a Focus on Brewers' Spent Grain Protein. *Foods*, 10(6), 1389. doi: 10.3390/foods10061389

Jang, H. Y., Jung, S. J., Park, E. O., Kim, S. D., Kim, J. K., Chae, S. W., ve ark. (2023). TBG-136, a Schizophyllum commune-derived β -glucan benefits gut microbiota and intestinal health: A randomized, double-blind, and placebo-controlled clinical trial. *Journal of Functional Foods*, 107, 105668. doi: 10.1016/j.jff.2023.105668

Jayachandran, M., Chen, J., Chung, S. S. M., & Xu, B. (2018). A critical review on the impacts of β -glucans on gut microbiota and human health. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 61, 101–110. doi: 10.1016/j.jnutbio.2018.06.010

Kaur, R., Sharma, M., Ji, D., Xu, M., & Agyei, D. (2019). Structural features, modification, and functionalities of beta-glucan. *Fibers*, 8(1), 1. doi: 10.3390/fib8010001

Kılıç-Altun, S., Dinç, H., Paksoy, N., Temamoğulları, F. K., & Savrunlu, M. (2017). Analyses of Mineral Content and Heavy Metal of Honey Samples from South and East Region of Turkey by Using ICP-MS. *International journal of analytical chemistry*, 2017, 6391454. doi: 10.1155/2017/6391454

Koblinsky, N. D., Power, K. A., Middleton, L., Ferland, G., & Anderson, N. D. (2023). The Role of the Gut Microbiome in Diet and Exercise Effects on Cognition: A Review of the Intervention Literature. *The Journals of Gerontology: Series A*, 78(2), 195-205. doi: 10.1093/gerona/glac166

Kourkouta, L., Koukourikos, K., Iliadis, C., Ouzounakis, P., Monios, A., & Tsaloglidou, A. (2017). Bread and Health. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 5(11), 821-826. doi: 10.17265/2328-2150/2017.11.005

Kumar, D., Narwal, S., Virani, S., Verma, R. P. S., Gyawali, S., & Singh, G. P. (2020). Barley grain beta glucan enrichment: status and opportunities. In *Book: Wheat and Barley Grain Biofortification*. Woodhead Publishing, ss.295-308. doi: 10.1016/B978-0-12-818444-8.00012-2

Levent, H., & Bilgiçli, N. (2012). Evaluation of Physical, Chemical and Sensory Properties of Turkish Flat Breads (Bazlama and Yufka) Supplemented with Lupin, Buckwheat and Oat Flours. *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering*, 2(5), 89-95. doi: 10.5923/j.food.20120205.04

Li, C., Chen, G., Tilley, M., Chen, Y., & Li, Y. (2023). Comparing bread-making properties of white and whole wheat flours from 64 different genotypes: A correlation analysis. *Journal of Cereal Science*, 114, 103793. doi: 10.1016/j.jcs.2023.103793

Li, Y., Li, T., & Liu, R. H. (2022). Bioactive compounds of highland barley and their health benefits. *Journal of Cereal Science*, 103, 103366. doi: 10.1016/j.jcs.2021.103366

Liu, L., Liu, Z., Duan, B., Zhang, Q., Zhou, Z., & Liu, W. (2023). Effects of a low glycemic index or low glycemic load diet on pregnant women at high risk of gestational diabetes: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutrition, Metabolism, and Cardiovascular Diseases: NMCD*, 33(10), 2006-2018. doi: 10.1016/j.numecd.2023.06.020

Liu, Y., Wu, Q., Wu, X., Algharib, S. A., Gong, F., Hu, J., ve ark. (2021). Structure, preparation, modification, and bioactivities of β -glucan and mannan from yeast cell wall: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 173, 445–456. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2021.01.125

Lukinac, J., & Jukic, M. (2022). Barley in the Production of Cereal-Based Products. *Plants*, 11(24), 3519. doi: 10.3390/plants11243519

Mahan, L. K., & Raymond J. L. (2017). *Krause Besin & Beslenme Bakım Süreci*. (14. Baskı) (Çev. Ed. G. Akbulut). Ankara: Ankara Nobel Tıp Kitabevleri.

Mansoor, R., Ali, T. M., Arif, S., Saeed, M., & Hasnain, A. (2022). Impact of barley flour addition on dough rheology, glycemic index, textural and sensory characteristics of taftaan flat bread. *Food Chemistry Advances*, 1, 100148. doi: 10.1016/j.focha.2022.100148

Mantovani, M. S., Bellini, M. F., Angeli, J. P. F., Oliveira, R. J., Silva, A. F., & Ribeiro, L. R. (2008). β -Glucans in promoting health: Prevention against mutation and cancer. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, 658(3), 154-161. doi: 10.1016/j.mrrev.2007.07.002

Martinez-Subira, M., Romero, M. P., Puig, E., Macia, A., Romagosa, I., & Moralejo, M. (2020). Purple, high β -glucan, hulless barley as valuable ingredient for functional food. *LWT*, 131(21), 109582. doi: 10.1016/j.lwt.2020.109582

Mathews, R., Kamil, A., & Chu, Y. F. (2020). Global review of heart health claims for oat beta-glucan products. *Nutrition Reviews*, 78(1), 78–97. doi: 10.1093/nutrit/nuz069

Matos-Segura, M. E., & Rosell, C. M. (2011). Chemical composition and starch digestibility of different gluten-free breads. *Plant Foods for Human Nutrition*, 66(3), 224–230. doi: 10.1007/s11130-011-0244-2

Mattiola, I., & Diefenbach, A. (2023). Regulation of innate immune system function by the microbiome: Consequences for tumor immunity and cancer immunotherapy. In *Seminars in Immunology*, 66, 101724. doi: 10.1016/j.smim.2023.101724

Mitsou, E. K., Saxami, G., Stamoulou, E., Kerezoudi, E., Terzi, E., Koutrotsios, G., ve ark. (2020). Effects of Rich in B-Glucans Edible Mushrooms on Aging Gut Microbiota Characteristics: An In Vitro Study. *Molecules*, 25(12), 2806. doi: 10.3390/molecules25122806

Mollakhalili-Meybodi, N., Ehrampoush, M. H., Hajimohammadi, B., & Mosaddegh, M. H. (2023). Formulation optimization of functional wheat bread with low glycemic index from technological and nutritional perspective. *Food Science & Nutrition*, 11(1), 284-294. doi: 10.1002/fsn3.3060

Murphy, E. J., Rezoagli, E., Major, I., Rowan, N., & Laffey, J. G. (2021). β -Glucans. *Encyclopedia*, 1(3), 831-847. doi: 10.3390/encyclopedia1030064

Nakashima, A., Yamada, K., Iwata, O., Sugimoto, R., Atsuji, K., Ogawa, T., ve ark. (2018). β -Glucan in foods and its physiological functions. *Journal of nutritional science and vitaminology*, 64(1), 8-17. doi: 10.3177/jnsv.64.8

Nie, C., Yan, X., Xie, X., Zhang, Z., Zhu, J., Wang, Y., ve ark. (2021). Structure of β -glucan from Tibetan hull-less barley and its in vitro fermentation by human gut microbiota. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 8, 1-14. doi: 10.1186/s40538-021-00212-z

Pham, V. T., Seifert, N., Richard, N., Raederstorff, D., Steinert, R. E., Prudence, K., ve ark. (2018). The effects of fermentation products of prebiotic fibres on gut barrier and immune functions in vitro. *PeerJ*, 6, e5288. doi: 10.7717/peerj.5288

Poles, J., Karhu, E., McGill, M., McDaniel, H. R., & Lewis, J. E. (2021). The effects of twenty-four nutrients and phytonutrients on immune system function and inflammation: A narrative review. *Journal of Clinical and Translational Research*, 7(3), 333-376. doi: 10.18053/jctres.07.202103.004

PRIMA Foundation (2020), PRIMA Section 1 2020 Agro – Food Value Chain IA Topic: 1.3.1-2020 (IA), MEDWHEALTH. Erişim: <https://www.era-learn.eu/network-information/networks/prima/section-1-call-2020-agro-food-value-chain/development-of-new-wheat-derived-foods-of-the-mediterranean-diet-with-improved-nutritional-and-health-value>

Qajarbeygi, P., Kazeminia, M., & Mahmoudi, R. (2018). Determine the quality of bread samples used in Qazvin, Iran. *Journal of Chemical Health Risks*, 8(1), 1-8. doi: 10.22034/jchr.2018.544195

Raj, R., Shams, R., Pandey, V. K., Dash, K. K., Singh, P., & Bashir, O. (2023). Barley phytochemicals and health promoting benefits: A comprehensive review. *Journal of Agriculture and Food Research*, 100677. doi: 10.1016/j.jafr.2023.100677

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology & Medicine*, 26(9-10), 1231–1237. doi:10.1016/s0891-5849(98)00315-3

Romano, G., Del Coco, L., Milano, F., Durante, M., Palombieri, S., Sestili, F., ve ark. (2022). Phytochemical Profiling and Untargeted Metabolite Fingerprinting of the MEDWHEALTH Wheat, Barley and Lentil Wholemeal Flours. *Foods*, 11(24), 4070. doi: 10.3390/foods11244070

Sarica, D., Demircan, V., Erturk, A. & Arslantas, N. (2020). An econometric analysis of the factors affecting consumers' bread waste and consumption behaviour: a case study of Isparta province, Turkey. *British Food Journal*, 123(4), 1449-1464. doi: 10.1108/BFJ-08-2020-0687

Shah, A., Gani, A., Masoodi, F. A., Wani, S. M., & Ashwar, B. A. (2017). Structural, rheological and nutraceutical potential of β -glucan from barley and oat. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 10, 10-16. doi: 10.1016/j.bcdf.2017.03.001

Shamanin, V. P., Tekin-Cakmak, Z. H., Gordeeva, E. I., Karasu, S., Pototskaya, I., Chursin, A. S., ve ark. (2022). Antioxidant capacity and profiles of phenolic acids in various genotypes of purple wheat. *Foods*, 11(16), 2515. doi: 10.3390/foods11162515

Shen, Q., Zhao, L., & Tuohy, K. M. (2012). High-level dietary fibre up-regulates colonic fermentation and relative abundance of saccharolytic bacteria within the human faecal microbiota in vitro. *European Journal of Nutrition*, 51(6), 693–705. doi: 10.1007/s00394-011-0248-6

Shimizu, C., Kihara, M., Aoe, S., Araki, S., Ito, K., Hayashi, K., ve ark. (2008). Effect of high β -glucan barley on serum cholesterol concentrations and visceral fat area in Japanese men—a randomized, double-blinded, placebo-controlled trial. *Plant Foods for Human Nutrition*, 63, 21-25. doi: 10.1007/s11130-007-0064-6

Shoukat, M., & Sorrentino, A. (2021). Cereal β -glucan: a promising prebiotic polysaccharide and its impact on the gut health. *International Journal of Food Science & Technology*, 56(5), 2088-2097. doi: 10.1111/ijfs.14971

Singh, R. P., Chidambara-Murthy, K. N., & Jayaprakasha, G. K. (2002). Studies on the antioxidant activity of pomegranate (*Punica granatum*) peel and seed extracts using in vitro models. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(1), 81–86. doi: 10.1021/jf010865b

Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158. doi: 10.5344/ajev.1965.16.3.144

Su, Y., Yang, F., Wang, M., & Cheung, P. C. K. (2023). Cancer immunotherapeutic effect of carboxymethylated β -d-glucan coupled with iron oxide nanoparticles via reprogramming tumor-associated macrophages. *International Journal of Biological Macromolecules*, 228, 692-705. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2022.12.154

Sullivan, P., O'Flaherty, J., Brunton, N., Arendt, E., & Gallagher, E. (2010). Fundamental rheological and textural properties of doughs and breads produced from milled pearled barley flour. *European Food Research and Technology*, 231(3), 441-453. doi: 10.1007/s00217-010-1297-4

Turunen, K., Tsouvelakidou, E., Nomikos, T., Mountzouris, K. C., Karamanolis, D., Triantafyllidis, J., ve ark. (2011). Impact of beta-glucan on the faecal microbiota of polypectomized patients: a pilot study. *Anaerobe*, 17(6), 403–406. doi: 10.1016/j.anaerobe.2011.03.025

Türkiye Beslenme Rehberi (TÜBER) 2015. T.C. Sağlık Bakanlığı Yayın No: 1031, Ankara 2016.

Türkiye Beslenme Rehberi (TÜBER) 2022. Sağlık Bakanlığı, Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü, Sağlık Bakanlığı Yayın No:1031, Ankara 2022.

Vaclav, V., Josef, R., Vladimir, S., Lucie, R. D. & Vlastimil, K. (2013). Placebo-driven clinical trials of transfer point Glucan# 300 in children with chronic respiratory problems: antibody production. *American Journal of Immunology*, 9(2), 43. doi: 10.3844/ajisp.2013.43.47

Vetvicka, V., & Vetvickova, J. (2018). Glucans and cancer: Comparison of commercially available β -glucans–Part IV. *Anticancer research*, 38(3), 1327-1333. doi: 10.21873/anticancer.12355

Vetvicka, V., Vannucci, L., Sima, P., & Richter, J. (2019). Beta glucan: supplement or drug? From laboratory to clinical trials. *Molecules*, 24(7), 1251. doi: 10.3390/molecules24071251

Wan, Y., Xu, X., Gilbert, R. G., & Sullivan, M. A. (2022). A review on the structure and anti-diabetic (type 2) functions of β -glucans. *Foods*, 11(1), 57. doi: 10.3390/foods11010057

Wang, M., Wichienchot, S., He, X., Fu, X., Huang, Q., & Zhang, B. (2019). In vitro colonic fermentation of dietary fibers: Fermentation rate, short-chain fatty acid production and changes in microbiota. *Trends in Food Science & Technology*, 88(7), 1-9. doi: 10.1016/j.tifs.2019.03.005

World Health Organization (WHO). 2020. Healthy Diet. Erişim: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>

World Health Organization (WHO). 2021. Cardiovascular Diseases (CVDs). Erişim: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))

World Health Organization (WHO). 2023. Diabetes. Erişim: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/diabetes>

Yun, P., Devahastin, S., & Chiewchan, N. (2021). In vitro glycemic index, physicochemical properties and sensory characteristics of white bread incorporated with resistant starch powder prepared by a novel spray-drying based method. *Journal of Food Engineering*, 294, 110438. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2020.110438

Zhang, M., Chiu, L. C. M., Cheung, P. C., & Ooi, V. E. (2006). Growth-inhibitory effects of a β -glucan from the mycelium of *Poria cocos* on human breast carcinoma MCF-7 cells: Cell-cycle arrest and apoptosis induction. *Oncology reports*, 15(3), 637-643. doi: 10.3892/or.15.3.637

EKLER

EK: İNTİHAL RAPORU

ARPA UNU KULLANILARAK BETA-GLUKANCA ZENGİNLEŞTİRİLMİŞ
GELENEKSEL EKMEK (BAZLAMA) GELİŞTİRİLMESİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

ORJİNALLİK RAPORU

% 6	% 6	% 4	%
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	acikbilim.yok.gov.tr İnternet Kaynağı	% 1
2	www.ncbi.nlm.nih.gov İnternet Kaynağı	% 1
3	dergipark.org.tr İnternet Kaynağı	<% 1
4	www.ichastaliklarihemsireligi.com İnternet Kaynağı	<% 1
5	d0140d5e-48f8-42f2-be61-99767cc1d735.filesusr.com İnternet Kaynağı	<% 1
6	Yaver, Elif. "Raf omru Uzun Lupen Unu uretimi Ve Besinsel-Fonksiyonel ozellikleri Gelistirilmis Makarna ve Ekmek uretiminde Kullanimi", Necmettin Erbakan University (Turkey), 2021 Yayın	<% 1
7	targid.org İnternet Kaynağı	<% 1