

Effects of Pseudocereals and Germination on Gut Microbiota

Tuğçe YÜLECİ KURTCU^{1,2}, Mukaddes KILIÇ BAYRAKTAR³

¹Gıda Toksikolojisi Ana Bilim Dalı, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

²Gıda ve Yem Şubesi, Karabük İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Karabük, Türkiye

³Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

Abstract

This study examines the effects of consuming pseudocereals (amaranth, buckwheat, quinoa, and chia), which are gluten-free and exhibit grain-like properties, on gut health and the gut microbiota. Due to their high dietary fiber and bioactive compound content, pseudocereals can contribute to balancing the gut microbiota, promoting the growth of probiotic bacteria, and suppressing pathogenic microorganisms. The study also discusses the effects of germination, which enhances the nutritional value of grains, reduces antinutritional factors, improves mineral absorption, and increases antioxidant capacity.

The prebiotic effects of pseudocereals are important for maintaining a healthy gut microbiota, regulating the digestive system, and strengthening the intestinal barrier. In particular, the increased production of short-chain fatty acids (SCFAs) provides an energy source for the gut epithelium and supports mucosal integrity. With these properties, pseudocereals emerge as alternative food sources for individuals with celiac disease and gluten intolerance.

In the literature, the health benefits of pseudocereals have been associated with hepatoprotective, anti-inflammatory, antihypertensive, and anticancer effects. However, long-term dietary experiments and clinical studies are needed to evaluate these effects in more detail. The studies suggest that consuming pseudocereals, particularly in germinated form, may benefit gluten-free diets and improve gut health.

Keywords: *Pseudocereals, germination, gut microbiota, dietary fiber, prebiotic, gluten intolerance, SCFA, antioxidant.*

Psödotahıllar ve Çimlendirmenin Bağırsak Mikrobiyotasına Etkileri

Özet

Bu derleme çalışması, gluten içermeyen ve tahıllara benzer özellikler gösteren psödotahılların (amarant, karabuğday, kinoa ve chia) tüketiminin bağırsak sağlığı ve bağırsak mikrobiyotası üzerindeki etkilerini incelemektedir. Psödotahıllar, yüksek diyet lifi ve biyoaktif bileşen içeriği sayesinde, bağırsak mikrobiyotasının dengelenmesine, probiyotik bakterilerin çoğalmasına ve patojen mikroorganizmaların baskılanmasına katkıda bulunabilmektedir. Çalışmada, çimlendirme işleminin, tanelerin besin değerini artırdığı, antibesinsel maddeleri azalttığı ve mineral emilimini iyileştirdiği; bunun yanı sıra antioksidan kapasitenin yükseltilmesine olan etkileri de ele alınmıştır.

Bağırsak mikrobiyotasının sağlıklı yapısının korunması, sindirim sisteminin düzenlenmesi ve bağırsak bariyerinin güçlendirilmesi açısından, psödotahılların prebiyotik etkileri önem arz etmektedir. Özellikle kısa zincirli yağ asitlerinin (SCFA) üretiminin artması, bağırsak epiteli için enerji kaynağı sağlamakta ve mukozal bütünlüğü desteklemektedir. Bu özellikleriyle psödotahıllar, çölyak hastaları ve gluten intoleransı bulunan bireyler için alternatif besin kaynakları olarak öne çıkmaktadır.

Literatürde, psödotahılların sağlığa katkıları; hepatoprotektif, antiinflamatuvar, antihipertansif ve antikanserik etkilerle ilişkilendirilmekte olup, uzun süreli beslenme deneyleri ve klinik çalışmalarla bu etkilerin daha detaylı değerlendirilmesi gerekmektedir. Yapılan çalışmalar psödotahılların ve çimlendirilerek tüketiminin, glütensiz diyetlerin zenginleştirilmesinde ve bağırsak sağlığının iyileştirilmesinde potansiyel olarak faydalı olabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: *Psödotahıllar, çimlendirme, bağırsak mikrobiyotası, diyet lifi, prebiyotik, gluten intoleransı, SCFA, antioksidan.*

Giriş

Günümüzde daha çok gluten intoleransının yaygınlaşması ve bağırsak tahribatına neden olduğu düşünülen gluten içeren tahıllara alternatif olarak psödotahılların tüketimi ön plana çıkmaktadır. Kinoa, karabuğday, chia tohumu ve amarant bunlara örnek verilebilir. Türkiye'de psödotahıl üretimi kısıtlıdır. Ancak, son yıllarda psödotahılların



yetiştiriciliğinde belirgin bir artış gözlemlenmektedir. Özellikle ufak ve orta büyüklükteki çiftçilere verilen destekler ve teşviklerle psödotalı yetiştiriciliğinin yaygınlaştırılması amaçlanmaktadır (TÜBER, 2022). Psödotalılar; amino asitler, antioksidanlar, flavonoidler, polifenoller, mineraller, vitaminler, lignanlar, lif ve doymamış yağ asitleri gibi çeşitli biyoaktif bileşenler bakımından zengindir (İmre ve Işık, 2024). Son yıllarda çimlendirilmiş psödotalı tüketiminin kullanımı da ön plana çıkmaktadır. Literatürde, çimlendirme ile tanede besin içeriğinin, toplam polifenolik madde içeriğinin ve antioksidan aktivitenin iyileştiği, antibesinsel faktörlerin ise azaldığı bildirilmiştir. Çimlendirmenin başlıca avantajlarından biri, yenilebilir tohumların besin değerini artırmak için kolay uygulanabilen ve ileri düzeyde ekipman gerektirmeyen bir yöntem olmasıdır. (Olçay ve Demir, 2022). Bu derleme çalışmasında psödotalıların ve çimlendirilerek tüketiminin bağırsak mikrobiyotasına etkilerinin incelenmesi amaçlanmaktadır.

Psödotalılar ve Özellikleri

Psödotalılar, yapısal olarak gerçek tahıllarla benzerlik gösteren ve yüksek oranda nişasta içeren, çift çenekli bitki türlerine ait tüketilebilir tohumlardır. Bu tohumlar sıcak iklimlerden serin iklim koşullarına kadar çok sayıda ortama uyum sağlayabilen ve yüksek genetik çeşitlilikleri ile gelecekte önemli gıda kaynakları olabilecek ürünlerdir (Joshi vd., 2019). En bilinen çeşitleri kinoa, amarant, chia ve karabuğdaydır (Martinez-Villaluenga vd., 2020). Psödotalılar genellikle mısır, buğday ve pirinçle karşılaştırıldığında daha yüksek protein ve lipit içeriğine ve daha düşük karbonhidrat içeriğine sahiptir. Tahıl tanelerinin aksine, psödotalılar diyet lifi, mineraller, vitaminler, lignanlar, flavonoidler, polifenoller, fitosteroller, antioksidanlar ve doymamış yağ asitleri ve dengeli amino asit bileşimi, yüksek sindirilebilirlik ve biyoyararlanım içeren yüksek kaliteli proteinler dahil olmak üzere biyoaktif bileşikler açısından zengindir (Giménez-Bastida vd., 2017). Bu zengin bileşim nedeniyle, psödotalılar hepatoprotektif, antiinflamatuvar, antihipertansif, antikanser ve hipolipidemik özellikler ve obezite ve diyabet için faydalar dahil olmak üzere çeşitli sağlık yararları ile bağlantılıdır (Shahbaz vd., 2022). Ek olarak, psödotalılar glutensizdir ve bu da onları glutensiz formülasyonlarda kullanım için popüler hale getirir (Niro vd., 2019). Amarant ve kinoa tohumlarında, nişasta açısından zengin perisperm çevreleyen dairesel bir embriyo (ruşeym) bulunur. Tohum kabuğu ve nispeten daha fazla yağ ve protein içeren kepek kısmı bu yapıyı oluşturur. Amarant ve kinoa kepek oranı (tohum kabuğu ve embriyo), mısır ve buğday gibi tahıllara kıyasla daha yüksek olduğundan, bu bitkilerin protein ve yağ içerikleri de daha fazladır. Karabuğday tohumlarında ise nişasta, endospermde birikir ve çift çenekli embriyo, nişasta içeren endosperm boyunca uzanır. Yalancı tahılların besin bileşimi ile buğdayın bazı besin öğeleri Çizelge 1'de karşılaştırılmıştır (Olçay & Demir, 2022).

Çizelge 1. Psödotalılar ve Buğdayın Bileşimi (Alvarez-Jubete vd., 2009).

	Amarant	Kinoa	Karabuğday	Buğday
Protein (%)	16.5	14.5	12.5	12.0
Yağ (%)	5.7	5.2	2.1	2.5
Toplam Nişasta (%)	61.4	64.2	58.9	63.0
Diyet Lifi (%)	20.6	14.2	29.5	17.4
Kül (%)	2.8	2.7	2.1	1.5
Kalsiyum (mg 100g ⁻¹)	180.1	32.9	60.9	34.8
Magnezyum (mg 100g ⁻¹)	279.2	206.8	203.4	96.4
Çinko (mg 100g ⁻¹)	1.6	1.8	1.0	1.2
Demir (mg 100g ⁻¹)	9.2	5.5	4.7	3.3

Psödotalılarda bulunan biyoaktif bileşenler fenolik asitler, flavonoidler (flavonoller, flavonlar, izoflavonlar, flavanonlar ve antosiyanidinler), lignanlar ve stilbenler olmak üzere dört ana gruba ayrılmaktadır. Bu bitkilerde tespit edilen temel biyoaktif bileşenler Çizelge 2'de gösterilmektedir (Pang vd., 2018).

Çizelge 2. Psödotalıların Biyoaktif Bileşenleri (Thakur vd., 2021; Sofi vd., 2022; Skrovankova ve Mlcek, 2020)

Amarant	Kinoa	Karabuğday	Chia
Karetonoidler	Flavonoidler	Flavonoidler:	Flavonoidler:
Zeaksantin	Kuersetin	Rutin (Kuersetin-3-Rutinosid)	Kuersetin
B-Karoten	Kaempferol	Fenolik Bileşenler	Kaempferol 3-O-glikozid
Lutein	Mirisetin	P-Hidroksil Benzoik	Epikateşin
Betaline	İzorhamnetin	Siringik Asit	Rutin
Amarantin	Fenolik Bileşikler	Vanilik Asit	Fenolik Bileşenler
Betasiyaninler	Ferulik Asit-4-Glikozit	Gallik Asit	P-Kumarik Asit
	Betalainler	Protokatekuik Asit	Kafeik Asit
	Betanin	Ferulik Asit P-Kumarik Asit	Klorojenik Asit



Çölyak Hastalığı

Çölyak hastalığı, dünya genelinde en yaygın görülen gıda duyarlılıklarından birisidir. Genetik eğilimi olan bireylerde, gluten içeren tahılların tüketimiyle tetiklenen otoimmün bir sindirim sistemi hastalığıdır. Çölyak hastalarında gluten tüketimi, bağırsak mukozasında sürekli olarak yapısal tahribata yol açar ve ancak glutenin tamamen beslenmeden çıkarılmasıyla mukoza dokusu kendini onarabilir (Fasano ve Catassi, 2001; Alvarez-Jubete vd., 2009). Bağırsak mukozasında oluşan bu zarar sonucunda, besin öğelerinin yeterli düzeyde emilememesi, sindirim sistemi işlev bozuklukları ve mide-bağırsak belirtileriyle ilişkili beslenme yetersizlikleri sıkça ortaya çıkmaktadır (See ve Murray, 2006; Alvarez-Jubete vd., 2009). Buna ek olarak, çölyak hastalığına bağlı olarak bireylerde kansızlık, bağırsak rahatsızlıkları ya da kemik erimesi gibi farklı semptomlar görülebilir (McGough ve Cummings, 2005; Alvarez-Jubete vd., 2009). Gluten içermeyen bir beslenme programı uygulandığında, çölyak hastalarında belirtilerin hafiflediği ve bağırsak dokusunun iyileştiği gözlemlenmiştir (Olca ve Demir, 2022).

Çimlendirme ve İslatma

Glutensiz beslenme düzeni, gıdalara yüksek besin, mikro besin, fitokimyasal ve lif içeriği olan ürünler eklenerek daha zengin hale getirilebilir. Bir diğer yöntem ise glutensiz diyetlerde filizlendirilmiş yalancı tahılların kullanılmasıdır. Bilimsel kaynaklar, filizlendirmenin tanelerin besin değerini, toplam polifenol miktarını ve antioksidan etkisini artırdığını, istenmeyen besin faktörlerini ise azalttığını göstermektedir. Filizlendirmenin önemli bir avantajı, yenilebilir tohumların besin kalitesini artırmak için basit ve herhangi bir ekipman gerektirmeyen bir işlem olmasıdır (Omary vd., 2012).

Çimlenme süresinin kinoa tohumlarındaki antioksidan konsantrasyonlarını nasıl etkilediğini araştırmak için yapılan bir çalışmada (Carciochi vd., 2016) çimlenmeden 72 saat sonra tokoferol ve askorbik asit içeriğinde çimlenmeyen tohumlara kıyasla önemli bir artış ($p \leq 0,05$) gözlemlenmiştir. Ayrıca çimlenme ile kinoa tohumlarının antioksidan aktivitesinde ve genel fenolik bileşenlerinde önemli bir iyileşme olduğu görülmüştür. Benzer şekilde, çimlenmenin, hidrotermal işlem ve işlemenin karabuğdaydaki demir içeriğine etkisini inceleyen bir çalışmada (Pongrac vd., 2016), sitrat ve fitatın karabuğdaydaki başlıca demir şelatlayıcı maddeler olarak tanımlandığı, özellikle filizlenme sırasında fitat seviyelerinin düştüğü ve bunun sonucunda demir biyoyararlanabilirliğinde bir artış gözlemlendiği bulunmuştur. Kinoa ve karabuğday tohumlarının çimlenmesi, antioksidan konsantrasyonlarını, demir bulunabilirliğini ve biyoaktif bileşik sentezini artırarak glutensiz ürünlerin besin kalitesini iyileştirdiği bildirilmiştir.

Amarant tanelerinin çimlenmesi ile ilgili yapılan araştırmada ise (Rahman vd., 2023) çimlendirmenin besin değerlerini önemli ölçüde artırdığı, daha yüksek protein, antioksidan ve diyet lifi sağlarken, fitik asit ve tanenleri azalttığı görülmüştür. Ek olarak, çimlenme, palmitik asit içeriğini azaltırken, oleik ve linoleik asit gibi çoğu temel amino asit ve faydalı yağ asitlerinin seviyelerini iyileştirmiştir. Amaranat ve karabuğdayda çimlendirmenin fenolik içeriklere olan etkisinin araştırıldığı bir araştırmada (Cornejo vd., 2019) ise 24 saatlik çimlenmeden sonra amaranat tanelerindeki fenolik içerikte %212,98'lik bir artış gözlemlenmiştir. Karabuğdaydaki fenolik içerik, çiğ tanelerdeki 210,31 mg GAE/100 g'dan, çimlenmeden 72 saat sonra 473,98 mg GAE/100 g'a önemli ölçüde artarak %125,32'lik bir artış temsil etmiştir. Genel olarak, çimlenme, yalancı tahılların besinsel ve işlevsel özelliklerini artırarak onları sağlık için daha faydalı hale getirmiştir (Reddy et al., 2024).

Diyet Lifleri

Diyet lifi, ağırlıklı olarak tahıllar, meyveler ve sebzelerde bulunan önemli bir besin bileşenidir. Diyet lifleri farklı şekillerde sınıflandırılrsa da en yaygın kullanılan yöntem, çözünürlüklerine göre yapılan sınıflamadır. Diyet lifleri, bir tür sınıflandırmadır. Meyve ve sebzelerde bulunan diyet lifleri, özellikle tahıllarda (buğday, arpa, yulaf, pirinç, çavdar) ve psödotahtıllarda (chia, kinoa, karabuğday, amaranat) yoğun olarak bulunur (Cingöz vd., 2022).

Diyet liflerinin sağlığa yararları, suda çözünme özelliklerine bağlıdır. Suda çözünen diyet lifleri, ince bağırsağa ulaştığında suyla birleşerek jelimsi bir yapı oluşturur ve besinlerin ince bağırsaktaki ilerleyişini yavaşlatır. Bu sayede besin maddelerinin emilimi daha uzun sürer ve yiyeceklerdeki şeker ve yağ asitlerinin kana karışması gecikir. Ek olarak, jel kıvamına gelen çözünen diyet lifleri, kolesterol ve yağları bünyesine katarak vücuttan atılmasına yardımcı olur. Suda çözünmeyen diyet lifleri, midede ve ince bağırsakta sindirilmeden ya da jel kıvamına dönüşmeden doğrudan kalın bağırsağa ulaşır. Bu liflerin, kalın bağırsakta sindirimle ortaya çıkan atıkların fermente edilmesi ve bağırsak kas hareketlerinin düzenlenmesi üzerinde olumlu etkileri bulunmaktadır. Ayrıca, dışkıının kalın bağırsaktan daha hızlı atılmasını sağlayarak, toksik maddelerin, genetik yapıya zarar verebilecek bileşenlerin ve zararlı kimyasalların bağırsak hücreleriyle temas süresini azaltır ve vücuttan daha kolay atılmasını destekler (Hajishafiee vd., 2016).

Psödotahtıllar iyi bir lif kaynağıdır. Karabuğday, yüksek lif içeriği ve düşük çözünür-çözünmez lif oranı ile dikkat çekmektedir. Çeşitli amaranat türleri, çözünür lif içeriklerinde farklılıklar göstermektedir. Kinoa, %80'den fazlası çözünmeyen önemli bir lif içeriğine sahiptir (Mallehi vd., 2021). Hem amaranat hem de kinoa'daki diyet lifinin yaklaşık %22'sine katkıda bulunan arabinoz açısından zengin pektik polisakkaritlerin (%34-55) ve ksiloglukanların (%40) varlığı Gullon ve arkadaşları tarafından 2016'da yürütülen çalışmalarda vurgulanmıştır.

Karabuğday kepeği, fagopiritoller ile tip II diyabetin tedavisinde potansiyel faydalar sunabilir. Amaranatta, pektik polisakkaritler ve ksiloglukanlar, değişen oranlarda birincil lif bileşenlerini oluşturur. Amaranatın çözünmeyen



kısmı, çoğunlukla arabinoz ve galakturonik asitten oluşan yüksek konsantrasyonda pektik polisakarit ve arabınan içerir. Bu fraksiyonda daha düşük seviyelerde ksiloz (%10.4) ve glikoz (%20.1) bulunmuştur (Wefers vd., 2015). Amarantın öncelikle galakturonik asit, arabinoz ve galaktoz, ksiloz ve glikoz gibi çözünmeyen lif bileşenleri içerdiğini göstermiştir (Reddy vd., 2024).

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) ve Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) verilerine göre, yetişkin bir bireyin günlük ortalama 25-35 gram lif veya 1000 kcal başına 14 gram lif tüketmesi, 2 yaşından büyük çocukların ise vücut ağırlığının kilogramı başına 0.5 gram lif alması önerilmektedir. Yaş faktöründen bağımsız olarak, erkeklerin kadınlara kıyasla daha fazla lif tüketmesi önerilmektedir (Buil-Cosiales vd., 2016). Hangi tür veya kaynaktan lif alınması gerektiğine dair özel bir öneri bulunmamakla birlikte, günlük lif alımının en az yarısının tam tahıllı gıdalardan sağlanması tavsiye edilmektedir (Evert vd., 2013). Ancak, kültürel değişimler, dışarıda yemek yeme alışkanlığının yaygınlaşması, kentleşme, rafine ve işlenmiş gıdalara yönelim, ekonomik zorluklar ve bilgi eksikliği gibi etkenler nedeniyle dünya genelinde günlük lif tüketimi oldukça düşük seviyededir (Hajishafiee vd., 2016).

Antioksidan Aktivite

Antioksidanlar genellikle "serbest radikal temizleyicileri" olarak adlandırılır. Bu bileşikler oksidasyonu önlemede, enfeksiyon riskini azaltmada, kalp sağlığını desteklemede ve çeşitli kanser ve dejeneratif hastalıkları önlemede rol oynar (Giménez-Bastida vd., 2017). Amarantta, flavonoidler ve fenoliklerin içeriği antioksidan aktivite potansiyeli ile ilişkilidir. Karabuğday hem kabuklarda hem de tohumlarda ve karabuğday ununda bulunan oligomerik proantosiyanidinler gibi flavonoidler de dahil olmak üzere antioksidanlar açısından zengindir. Ek olarak, kanser veya kalp hastalıklarıyla mücadelede katkıda bulunan koruyucu fenolik bileşikler içerir (Jan vd., 2023). Ayrıca antioksidanlar, DNA'yı hasardan koruyarak ve iltihabı veya kanserli hücrelerin oluşumunu önleyerek vücudun hücresel işlevlerini desteklemede hayati bir role sahiptir (Giménez-Bastida vd., 2017).

Kinoa, anti-obezite, hipokolesterolemik etkiler ve kardiyovasküler hastalıkların önlenmesi gibi çeşitli sağlık yararlarına katkıda bulunan yüksek antioksidan aktivitesi de dahil olmak üzere besinsel özellikleriyle iyi bilinmektedir. Kaempferol, rutin ve kuersetin gibi glikozitler de dahil olmak üzere fenolik bileşikler ve flavonoidler açısından zengindir ve güçlü antioksidan özellikler sağlayarak işlevsel gıda durumunu artırır (Agarwal vd., 2023). Kinoa tohumlarıyla desteklenen bir diyetle ilgili yapılan çalışmada (Pasko vd., 2010), kinoanın plazma malondialdehit düzeylerini düşürerek ve antioksidan enzimlerin aktivitelerini artırarak sıçanlarda oksidatif stresi azalttığı ayrıca kinoa'nın oksidatif hasara karşı koruma ve antioksidan kapasitesini artırdığı bildirilmiştir. Amarant, karabuğday ve kinoa gibi yalancı tahılların antioksidan aktivitesi, oksidatif stresi azaltma, kronik hastalıkları önleme ve genel hücre sağlığını destekleme gibi çeşitli sağlık yararları sağlayan yüksek fenolik bileşik ve flavonoid içeriği nedeniyle önemlidir.

Bağırsak Mikrobiyotası

Yetişkin gastrointestinal sisteminde bulunan bakteriler tipik olarak *Bacteroidetes*, *Firmicutes*, *Actinobacteria* ve *Proteobacteria* gibi dört gruba ayrılabilir. *Bacteroides*'in anacinsleri *Bacteroides* ve *Prevotella*'dır ve *Clostridium*, *Faecalibacterium*, *Roseburium*, *Ruminococcus*, *Streptococcus* ve *Lactobacillus* gibi bakteriler *Firmicutes*'in ana cinsleridir. Ayrıca, *Bifidobacteria*, *Actinobacteria*'ya ait ana cins iken, *Proteobacteria*, *Escherichia* gibi *Enterobacteriaceae*'de bulunur (Davenport vd., 2017). Yukarıda belirtilen bağırsak mikroflorası arasında, *Bacteroidetes* ve *Firmicutes* yetişkinlerde en bol bulunan baskın bakterilerdir (Harmsen ve Goffau, 2016; Ismail vd., 2011).

Bağırsak mikrobiyal ekosistemi oldukça karmaşıktır ancak esnek bir dinamik dengededir ve insan vücudunda bağışıklık sistemi ve iç ortamın homeostazını korumada birçok farklı temel işlevi yerine getirir. Mikrobiyota, insan vücudundaki besinlerin sindiriminde, emiliminde, vitamin ve hormon üretiminde rol oynar. Patojenlerin hayatta kalması için gerekli besinleri tüketebilir veya patojenlerin büyümesini engelleyen moleküller üretebilir (Li vd., 2024).

Diyet, konak ve çevre gibi faktörler mikrobiyotanın bileşiminde ve işlevinde değişikliklere katkıda bulunur. Bu faktörler tarafından mikrobiyota olumsuz etkilendiğinde, bağırsak mikrobiyotası ile insan vücudunun diğer organları arasındaki denge patojen mikroorganizmalar tarafından bozulabilir (Li vd., 2024).

Psödotaların Bağırsak ve Mikrobiyota Üzerine Etkileri

Prebiyotikler, kolondaki sağlığı geliştirici bakteri popülasyonlarının çoğalmasını destekleyen diyet substratlarıdır (Conlon ve Bird, 2015; Markowiak vd., 2017). Çözünbilir özütlar, gıda matrisinin prebiyotiklerinin izolasyon süreciyle elde edilir ve çoğunlukla çözünür liften oluşur. İnülin, rafinoz ve stakiyoz gibi en yaygın kullanılan prebiyotikler, bağırsak bakteri popülasyonlarını desteklemeye yarar sağlayan diyet lifleridir (Sarao ve Arora, 2017). Bağırsak işlevselliğini, bağırsak morfolojisini ve mineral emilimini iyileştirmekten sorumlu olduğu bilinmektedir. Son çalışmalar, bitki tohumu kökenli çözünür özütların tüketiminin, sükras-izomaltaz, aminopeptidaz ve sodyum glikoz kotransporter-1 gibi besinlerin sindirimi ve emilimine katkıda bulunan fırça kenar zarı (BBM) proteinlerini olumlu etkileyebileceğini göstermiştir. Ayrıca, çözünür özütlar, mukus üretimi, kadeh hücresi sayısı, kadeh hücresi çapı, villus yüzey alanı, villus yüksekliği, villus genişliği ve kript derinliğini



artırarak bağırsak sağlığını olumlu yönde etkilemektedir. Bu işlevsel ve morfolojik etkiler, çözünür özütler tarafından sindirim sisteminin artan hareketliliğinden dolayı meydana geliyor ve kas hücrelerinin hiperplazisine ve hipertrofinesine yol açmaktadır. Ek olarak, bitki kökenli çözünür özüt (yüksek lif içeriği ve dolayısıyla potansiyel prebiyotik özellikler) uygulaması, doğrudan veya dolaylı olarak demir ve çinko biyoyararlanımını artıran bir faktör olarak etki edebilir. Bu olay, alt bağırsak (kolon) lif fermantasyon süreci ve bağırsak pH'ını azaltan, potansiyel olarak patojenik bakteri popülasyonlarının büyümesini engelleyen ve çözünürlüğü ve dolayısıyla minerallerin emilimini artıran kısa zincirli yağ asitlerinin (SCFA'lar) bakteriyel üretimi sonucunda meydana gelir. SCFA'lar diyet minerallerinin emilimine katkıda bulunan emici yüzey alanını artıran epitel hücrelerini çoğaltabilir. Ayrıca, daha önce, çözünür özütlerin tüketiminin, organik asitlerin üretimi yoluyla gastrointestinal mikrobiyal topluluk içindeki metabolik etkileşimleri teşvik ederek sinerjik bir etkiye sahip olduğu ve böylece kolonda asidik bir ortam sağlayarak patojenlerin büyümesini baskıladığı gösterilmiştir (Silva vd., 2019).

Demir ve çinko açısından zengin gıdaların kullanımı, demir ve çinko eksikliklerini azaltabilir. Silva P. ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada psödotahtılardan Chia (*Salvia hispanica L.*) özütünün in vivo olarak etkileri incelenmiş *Lactobacillus* ($p < 0.05$), *Bifidobacterium* ($p < 0.05$), *E. Coli* ($p < 0.05$) ve *Clostridium* ($p < 0.05$) miktarının arttığı gözlemlenmiştir. Diyet lifi tüketimine bağlı olarak *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium*daki artışın, doğrudan veya dolaylı olarak demir ve çinkonun biyoyararlanımının artmasına daha fazla katkıda bulunmaktadır. Bu bakteri cinsleri kısa zincirli yağ asitleri üretir (SCFA'lar), bağırsak pH'ını düşüren ve bu nedenle, mineral (Fe ve Zn olarak) çözünürlüğünü ve dolayısıyla emilimini artırmaktadır. *Bifidobacterium* ve *Lactobacillus*, 1,2-glikosidaz aktiviteleri nedeniyle sindirilemeyen lifleri (prebiyotikler) parçalayabilir ve bu da daha fazla SCFA üretimine yol açar, bu da demir ve çinko emiliminde artış sağlamaktadır (Silva vd., 2019). Psödotahtılardan Chia üzerine yapılan bu araştırma gösteriyor ki bağırsak mikrobiyotası için önemli etkilere sahiptir. Ancak diğer psödotahtılar ile ilgili de kapsamlı araştırmaların yapılması gerekmektedir.

Sonuç

Psödotahtıllarla ilgili yapılan in vivo çalışmalar göstermiştir ki bağırsak sağlığı, mikrobiyotası ve mineral emilimi açısından olumlu etkileri olmuştur. Çölyak hastası bireyler için glutensiz diyetlere dahil edilerek gıda endüstrisi tarafından ticarileştirilmesi besin ögesi eksikliğini azaltıp psödotahtılların yaygınlaştırılmasına katkı sağlayabilir. Çimlendirilen psödotahtılların ise antibesin maddelerinin çimlenme ile azaldığı, özellikle fitattaki azalma ile demir emiliminin arttığı, antioksidan aktivitenin, fenolik bileşenlerin arttığı, bazı yararlı yağ asitleri seviyelerinin de iyileştirildiği görülmüştür. Psödotahtıllar uygun bir diyet bileşeni olabileceğinden, uzun süreli beslenme denemelerinde ayrıca çimlendirilerek diyetle alımında değerlendirmeyi amaçlayan çalışmalar bütün psödotahtıl grubu için yapılmalıdır. Psödotahtılların ve çimlendirilerek tüketimlerinin sağlık üzerindeki etkilerinin daha iyi anlaşılabilmesi için daha fazla klinik araştırmaya gereksinim duyulmaktadır.

Kaynakça

- Agarwal, A., Rizwana, Tripathi, A.D., Kumar, T., Sharma, K.P., Patel, S.K.S. 2023. Nutritional and functional new perspectives and potential health benefits of quinoa and chia seeds. *Antioxidants* 12 (7), 1413. <https://doi.org/10.3390/antiox12071413>.
- Alvarez-Jubete, L., Arendt, EK, & Gallagher, E. 2009. Glutensiz bileşenler olarak yalancı tahılların besin değeri ve kimyasal bileşimi. *Uluslararası Gıda Bilimleri ve Beslenme Dergisi*, 60 (sup4), 240–257. <https://doi.org/10.1080/09637480902950597>
- Buil-Cosiales, P., Toledo, E., Salas-Salvado, J., Zazpe, İ., Farras, M., Basterra-Gortari, F.J., Diez-Espino, J., Estruch, R., Corella, D., Ros, E., Marti, A., Gomez-Gracia, E., Ortega-Calvo, M., Aros, F., Monino, M., Serra-Majem, L., Pinto, X., Lamuela-Raventos, R. M., Babio, N., Gonzalez, J. İ., Fito, M., Martinez-Gonzalez, M. A., & Investigators, P. 2016. Association between dietary fibre intake and fruit, vegetable or whole-grain consumption and the risk of CVD: results from the prevencion con dieta mediterranea (PREDİMED) trial. *British Journal of Nutrition*, 116, 534-546. <https://doi.org/10.1017/S0007114516002099>
- Carciochi, R.A., Galvan-D, Alessandro, L., Vandendriessche, P., Chollet, S. 2016. Effect of germination and fermentation process on the antioxidant compounds of quinoa seeds. *Plant Foods Hum. Nutr.* 71 (4), 361–367. <https://doi.org/10.1007/s11130-016-0567-0>.
- Cingöz, A., Akpınar, Ö., & Sayaslan, A. 2022. Tahıl ve pseudotahtıllar'da diyet lifi ve sağlık üzerine etkileri. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. <https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.1067566>
- Conlon, M.A.; Bird, A.R. 2015. The Impact of Diet and Lifestyle on Gut Microbiota and Human Health. *Nutrients*, 7, 17–44.



- Cornejo, F., Novillo, G., Villacrés, E., Rosell, C.M., 2019. Evaluation of the physicochemical and nutritional changes in two amaranth species (*Amaranthus quitensis* and *Amaranthus caudatus*) after germination. *Food Res. Int.* 121, 933–939. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.01.022>.
- Davenport, E.R., Sanders, J.G., Song, S.J., Amato, K.R., Clark, A.G. and Knight, R., 2017. The human microbiome in evolution. *BMC biology*, 15, pp.1-12.
- Evert, A. B., Boucher, J. L., Cypress, M., Dunbar, S. A., Franz, M. J., Mayer-Davis, E. J., Neumiller, J. J., Nwankwo, R., Verdi, C. L., Urbansk, P., & Yancy, W. S. 2013. Nutrition therapy recommendations for the management of adults with diabetes. *Diabetes Care*, 36, 3821-3842. <https://doi.org/10.2337/dc14-S120>
- FAO, (2018, Temmuz 10). Faostat. <http://www.fao.org/faostat>
- Fasano A, Catassi C, 2001. Current Approaches to Diagnosis and Treatment of Celiac Disease: An Evolving Spectrum. *Gastroenterology*, 120: 636-651.
- Giménez-Bastida, J.A., Hamdi, S., Llopis, J.M.L., 2017. Nutritional and Health Implications of Pseudocereal Intake. *Pseudocereals (Chem. Technol.)* 1, 217–232. <https://doi.org/10.1002/9781118938256.ch10>.
- Gullon, B., Gullon, P., Tavaría, F.K., Yanez, R., 2016. Assessment of the prebiotic effect of quinoa and amaranth in the human intestinal ecosystem. *Food Funct.* 7 (9), 3782–3788.
- Hajishafiee, M., Saneei, P., Benisi-Kohansal, S., & Esmailzadeh, A. 2016. Cereal fibre intake and risk of mortality from all causes, CVD, cancer and inflammatory diseases: a systematic review and meta-analysis of prospective cohort studies. *British Journal of Nutrition*, 116, 343-352. <https://doi.org/10.1017/S0007114516001938>
- Harmsen, H.J. and de Goffau, M.C. 2016. The human gut microbiota. *Microbiota of the human body: Implications in health and disease*, pp.95-108.
- İmre, K. E., & Işık, F. 2024. Modern Çağın Antik Tahılları: Psödotahıllar ve Sağlık Üzerine Etkileri. *Selçuk Sağlık Dergisi*, 5(1), 98-116.
- Jan, N., Hussain, S. Z., Naseer, B., Bhat, T.A. 2023. Amaranth and quinoa as potential nutraceuticals: A review of anti-nutritional factors, health benefits and their applications in food, medicinal and cosmetic sectors. *Food Chem.: X* 18, 100687. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100687>.
- Joshi, D. C., Chaudhari, G. V., Sood, S., Kant, L., Pattanayak, A., Zhang, K., & Zhou, M. 2019. Revisiting the versatile buckwheat: reinvigorating genetic gains through integrated breeding and genomics approach. *Planta*, 250(3), 783-801. <https://doi.org/10.1007/s00425-018-03080-4>
- Li, Z., Wan, M., Wang, M., Duan, J., & Jiang, S. 2024. Modulation of gut microbiota on intestinal permeability: A novel strategy for treating gastrointestinal related diseases. *International Immunopharmacology*, 137, 112416. <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2024.112416>
- Malleshi, N.G., Agarwal, A., Tiwari, A., Sood, S. 2021. Nutritional quality and health benefits. *Millet Pseudocereals* 159–168. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820089-6.00009-4>.
- Markowiak, P.; Slizewska, K. 2017 Effects of Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics on Human Health. *Nutrients*, 9, 1021.
- Martinez-Villaluenga, C., Penas, E., & Hernandez-Ledesma, E. 2020. Pseudocereal grains: nutritional value, health benefits and current applications for the development of gluten-free foods. *Food and Chemical Toxicology*, 137, 111178. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111178>
- McGough N, Cummings JH. 2005. Coeliac Disease: A Diverse Clinical Syndrome Caused by Intolerance of Wheat, Barley and Rye. *Proceedings of the Nutrition Society*, 64: 434- 450.
- Ismail, N.A., Ragab, S.H., Abd ElBaky, A., Shoeib, A.R., Alhosary, Y. and Fekry, D. 2011. Frequency of Firmicutes and Bacteroidetes in gut microbiota in obese and normal weight Egyptian children and adults. *Archives of Medical Science*, 7(3), pp.501-507.
- Niro, S., D'Agostino, A., Fratianni, A., Cinquanta, L., Panfili, G. 2019. Gluten-free alternative grains: nutritional evaluation and bioactive compounds. *Foods* 8 (6), 208. <https://doi.org/10.3390/foods8060208>.
- Olçay N, Demir M.K, 2022. Yalancı Tahıllarda Çimlendirme Prosesinin Etkileri. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12(1): 252-265.
- Omary MB, Fong C, Rothschild J, Finney P. 2012. Effects of Germination on the Nutritional Profile of Gluten-Free Cereals and Pseudocereals: A Review. *Cereal Chemistry*, 89 (1): 1-14.
- Pang, Y. H., Ahmed, S., Xu, Y. J., Beta, T., Zhu, Z. W., Shao, Y. F., & Bao, J. S. 2018. Bound phenolic compounds and antioxidant properties of whole grain and bran of white, red and black rice. *Food Chemistry*, 240,212-221.
- Pasko, P., Barton, H., Zagrodzki, P., Izewska, A., Krosniak, M., Gawlik, M., Gawlik, M., Gorinstein, S. 2010. Effect of diet supplemented with quinoa seeds on oxidativestatus in plasma and selected tissues of high fructose-fed rats. *Plant Foods Hum. Nutr.* 65 (2), 146–151. <https://doi.org/10.1007/s11130-010-0164-6>.
- Pereira Da Silva, B., Kolba, N., Stampini Duarte Martino, H., Hart, J., & Tako, E. 2019. Soluble Extracts from Chia Seed (*Salvia hispanica* L.) Affect Brush Border Membrane Functionality, Morphology and





- Intestinal Bacterial Populations In Vivo (*Gallus gallus*). *Nutrients*, 11(10), 2457. <https://doi.org/10.3390/nu11102457>.
- Pongrac, P., Scheers, N., Sandberg, A.S., Potisek, M., Arcon, I., Kreft, I., VogelMikuš, K., 2016. The effects of hydrothermal processing and germination on Fe speciation and Fe bioaccessibility to human intestinal Caco-2 cells in Tartary buckwheat. *Food Chem.* 199, 782–790. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.12.071>.
- Rahman, S., Mohammed, S., Dubey, P.K., Kumar, S. 2023. A comprehensive review on the effect of germination on the physicochemical properties of wheat, millet, and legumes. *J. Food Chem. Nanotechnol.* 9, 323–334.
- Reddy, M. V. K., Dubey, P. K., Mishra, A. A., & Ahada Sabeel, V. 2024. Potential processing techniques for safe utilisation of pseudo cereals in the food system. *Journal of Food Composition and Analysis*, 135, 106609. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.106609>
- Sarao, L.K.; Arora, M. Probiotics, prebiotics, and microencapsulation: A review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2017, 57, 344–371.
- See J, Murray JA. 2006. Gluten-Free Diet: The Medical and Nutrition Management of Celiac Disease. *Nutrition in Clinical Practice*, 21: 1-15.
- Shahbaz, M., Raza, N., Islam, M., Imran, M., Ahmad, I., Meyyazhagan, A., Wan, C. 2022. The nutraceutical properties and health benefits of pseudocereals: a comprehensive treatise. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 63 (29), 10217–10229. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2071205>.
- Skrovankova V. D., Mlcek J. 2020. Polyphenols and antioxidant activity in pseudocereals and their products. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 14, 365-370.
- Sofi, S. A., Ahmed, N., Farooq, A., Rafiq, S., Zargar, S. M., Kamran, F., Dar, T. A., Mir, S. A., Dar, B. N., & Khaneghah, A. M. 2022. Nutritional and bioactive characteristics of buckwheat, and its potential for developing gluten-free products: An updated overview. *Food Science & Nutrition*, 1-21. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3166>
- Thakur, P., Kumar, K., & Dhaliwal, H. S. (2021). Nutritional facts, bioactive components, and processing aspects pseudocereals: A comprehensive Bioscience, 42. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101170>
- Türkiye Beslenme Rehberi (TÜBER). (2022). Sağlık Bakanlığı, Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü, Sağlık Bakanlığı Yayın No:1031, Ankara 2022.
- Wefers, D., Tyl, C.E., Bunzel, M., 2015. Neutral pectin side chains of amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) contain long, partially branched arabinans and short galactans, both with terminal arabinopyranoses. *J. Agric. Food Chem.* 63 (2), 707–715. <https://doi.org/10.1021/jf505283x>.
- WHO (2016). Obesity and overweight. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/>

