

Fenolik Bileşikler ile Mineraller Arasındaki Etkileşim Mekanizmaları Ve Besinsel EtkileriDuried Alwazeer¹, Şafak Yılmaz²İğdır Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İğdır, Türkiye, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2291-1628>, alwazeerd@gmail.comİğdır Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İğdır, Türkiye, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-2696-1162>, dyt.safakyilmazz4@gmail.com**Özet**

Fenolik bileşikler, bitkisel kaynaklarda yaygın olarak bulunan ve insan sağlığı üzerinde çeşitli olumlu etkiler gösteren biyoaktif bileşiklerdir. Antioksidan, antiinflamatuvar ve antimikrobiyal özellikleri sayesinde fenolik bileşikler, kronik hastalıkların önlenmesi ve genel sağlık durumunun iyileştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Ancak bu bileşiklerin vücutta nasıl kullanıldığı, yani biyoyararlanımı, çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. Bu faktörlerden biri de fenolik bileşiklerin minerallerle olan etkileşimidir. Fenolik bileşikler, başta demir, çinko ve kalsiyum olmak üzere çeşitli minerallerle kompleksler oluşturarak mineral emilimini artırabilir veya engelleyebilir. Örneğin, fenolik bileşiklerin demir ile şelat oluşturma yeteneği nedeniyle, bitkisel gıdalardaki non-hem demirin biyoyararlanımı önemli ölçüde azalabilir. Bu durum özellikle demir eksikliği riski taşıyan bireyler açısından önemlidir. Benzer şekilde, çinko ile fenolik bileşiklerin etkileşimi sonucunda çözünmeyen kompleksler oluşabilir ve çinko emilimi engellenebilir. Kalsiyum ise fenolik bileşiklerle çözünmeyen tuzlar oluşturabilir, bu da kalsiyumun biyoyararlanımını düşürebilir. Ancak bu etkileşimlerin her zaman olumsuz olmadığı da bilinmektedir. Örneğin, bazı fenolik bileşiklerin minerallerle etkileşimi sonucu, mineral emilimini artıran çözünbilir kompleksler oluşabilir. Ayrıca, fenolik bileşiklerin antioksidan özellikleri sayesinde oksidatif stresin azaltılması, mineral metabolizmasını dolaylı olarak destekleyebilir. Örneğin, polifenollerin demirin serbest radikali üretimini engelleyerek vücutta demir dengesini korumaya yardımcı olabileceği gösterilmiştir. Beslenme açısından değerlendirildiğinde, fenolik bileşikler ve mineraller arasındaki bu etkileşimler, özellikle bitkisel bazı diyetler açısından önem arz etmektedir. Fenolik bileşiklerin aşırı alımı, bazı minerallerin emilimini azaltarak eksiklik riskini artırabilirken, dengeli bir beslenme planı ile bu etkileşimlerin olumsuz etkileri en aza indirilebilir. Bu nedenle, minerallerin optimal emilimini sağlamak için fenolik bileşiklerden zengin gıdalarla mineral kaynaklarının birlikte tüketim zamanlaması dikkatle planlanmalıdır. Örneğin, çay ve kahve gibi polifenol içeriği yüksek içeceklerin demir açısından zengin öğünlerle birlikte tüketimi sınırlandırılmalı, C vitamini gibi emilimi artırıcı faktörlerle desteklenmelidir. Bu çalışma, fenolik bileşikler ve mineraller arasındaki etkileşim mekanizmalarını inceleyerek, bu etkileşimlerin beslenme üzerindeki etkilerini değerlendirmektedir. Elde edilen bulgular, beslenme stratejilerinin daha bilinçli bir şekilde planlanması gerektiğini ortaya koymakta ve bu etkileşimlerin sağlık üzerindeki uzun vadeli etkilerine yönelik daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğunu vurgulamaktadır.

Anahtar kelimeler: Fenolik bileşikler; Mineraller; Biyoyararlanım; Beslenme**Interaction Mechanisms And Nutritional Effects Between Phenolic Compounds And Minerals****Abstract**

Phenolic compounds are bioactive compounds that are widely found in plant sources and have various positive effects on human health. Thanks to their antioxidant, anti-inflammatory, and antimicrobial properties, phenolic compounds are important in preventing chronic diseases and improving general health. However, how these compounds are used in the body, i.e., their bioavailability, is affected by various factors. One of these factors is the interaction of phenolic compounds with minerals. Phenolic compounds can increase or inhibit mineral absorption by forming complexes with various minerals, especially iron, zinc, and calcium. For example, due to the ability of phenolic compounds to chelate with iron, the bioavailability of non-heme iron in plant foods can be significantly reduced. This is especially important for individuals at risk of iron deficiency. Similarly, insoluble complexes can form due to the interaction of zinc with phenolic compounds, and zinc absorption can be inhibited. Calcium can form insoluble salts with phenolic compounds, which can reduce the bioavailability of calcium. However, it is also known that these interactions are not always negative. For example, due to the interaction of some phenolic compounds with minerals, soluble complexes that increase mineral absorption can be formed. In addition, the reduction of oxidative stress, thanks to the antioxidant properties of phenolic compounds, can indirectly support mineral metabolism. For example, it has been shown that polyphenols can help maintain iron balance in the body by preventing the free radical production of iron. When evaluated in terms of nutrition, these interactions between phenolic compounds and minerals are especially important for plant-based diets. While



excessive intake of phenolic compounds can reduce the absorption of some minerals and increase the risk of deficiency, the negative effects of these interactions can be minimized with a balanced nutrition plan. Therefore, the timing of consuming mineral sources and foods rich in phenolic compounds should be carefully planned to ensure optimal absorption of minerals. For example, the consumption of polyphenol-rich beverages such as tea and coffee should be limited to iron-rich meals and should be supported by absorption-enhancing factors such as vitamin C. This study examines the interaction mechanisms between phenolic compounds and minerals and evaluates the effects of these interactions on nutrition. The findings reveal that nutritional strategies should be planned more consciously and emphasize the need for more research on the long-term effects of these interactions on health.

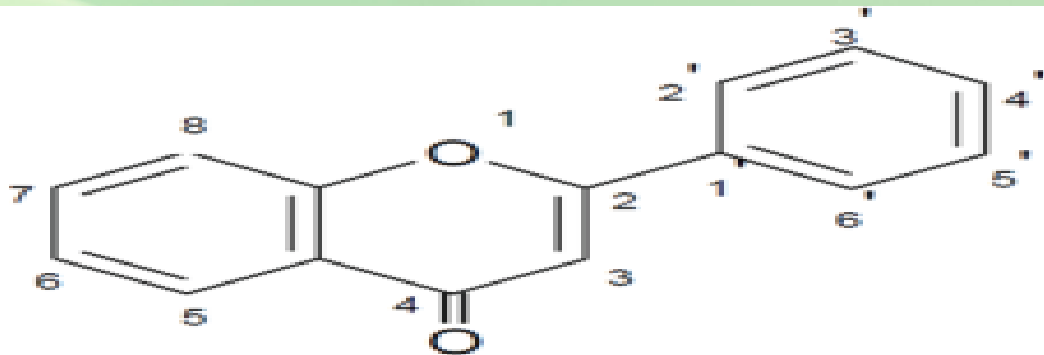
Keywords: Phenolic compounds; Minerals; Bioavailability; Nutrition

1. Giriş

Fenolik bileşikler, bitkisel kaynaklı gıdalarda yaygın olarak bulunan, biyolojik olarak aktif olan ve çeşitli sağlık yararları ile ilişkilendirilen bileşiklerdir. Fenolik bileşikler, özellikle antioksidan, anti-inflamatuvar, antimikrobiyal, antikanserojen ve kardiyovasküler sağlık üzerinde koruyucu etkiler göstermesiyle tanınmaktadır (Scalbert vd., 2005). Bu bileşikler, bitkilerde genellikle sekonder metabolitler olarak bulunurlar ve besinlerde genellikle flavonoidler, fenolik asitler, lignanlar, stilbenler gibi sınıflarda yer alırlar. Fenolik bileşiklerin sağlık üzerine olan etkileri, biyoyararlanımları ve vücutta nasıl metabolize oldukları ile doğrudan ilişkilidir. Bununla birlikte, fenolik bileşiklerin biyoyararlanımı ve vücutta gösterdikleri biyolojik aktiviteler, vücutta bulunan diğer besin bileşenleri ve minerallerle olan etkileşimleriyle şekillenir. Bu etkileşimler, beslenme ve sağlık üzerine etkilerini belirleyebilir. Fenolik bileşikler, mineraller ile etkileşime girerek, bu minerallerin emilimini, biyoyararlanımını ve vücutta ne şekilde kullanıldığını değiştirebilir. Mineraller, vücudun düzgün çalışabilmesi için kritik öneme sahip olup, kemik sağlığı, bağışıklık sistemi, enzim aktivasyonları ve elektrolit dengesinin sağlanması gibi birçok biyolojik fonksiyonu yerine getirirler. Demir, çinko, kalsiyum, magnezyum gibi minerallerin vücutta yeterli seviyede bulunması, optimal sağlık için gereklidir. Bununla birlikte, fenolik bileşiklerin bu minerallerle olan etkileşimleri, mineral emiliminde ve biyoyararlanımında olumlu ya da olumsuz değişikliklere yol açabilir (Shahidi & Peng, 2018). Özellikle, fenolik bileşikler genellikle minerallerle çözünmeyen kompleksler oluşturarak, bu minerallerin emilimini engelleyebilirler. Örneğin, çayda bulunan tanenler veya baklagillerdeki fitatlar, demir ve çinko gibi minerallerle bağlanarak, bu minerallerin biyoyararlanımını önemli ölçüde azaltabilirler. Bununla birlikte, bazı fenolik bileşiklerin antioksidan özellikleri ve minerallerle etkileşimleri, serbest radikallerin ve oksidatif stresin azaltılmasında faydalı olabilir. Fenolik bileşiklerin bu etkileşimleri, yalnızca minerallerin biyoyararlanımını etkilemekle kalmaz, aynı zamanda genel vücut fonksiyonlarını da modüle edebilir (Emirhüseyinoğlu vd., 2025). Bu derleme, fenolik bileşiklerin minerallerle olan etkileşimlerini incelemeyi amaçlamaktadır. Demir, çinko, kalsiyum, magnezyum ve diğer mineraller ile fenolik bileşiklerin etkileşim mekanizmaları ve bu etkileşimlerin besinsel etkileri üzerinde durulacaktır. Ayrıca, fenolik bileşiklerin bu minerallerle olan etkileşimlerinin sağlık üzerine olan etkileri tartışılacak ve uygun beslenme stratejileri ile bu etkileşimlerin nasıl yönetilebileceği üzerine önerilerde bulunulacaktır.

2. Fenolik Bileşiklerin Genel Özellikleri

Fenolik bileşikler, bitkilerde bulunan ve biyolojik olarak aktif olan organik bileşiklerdir. Bu bileşiklerin yapısal özellikleri genellikle bir veya daha fazla fenol grubu içeren bir karbon halkasından oluşur (Şekil 1). Fenolik bileşikler, bitkilerin metabolik süreçlerinde önemli bir rol oynar ve bitkiler için savunma mekanizmaları, renk, tat ve aroma gibi özellikler sağlar. İnsan sağlığı açısından fenolik bileşikler, antioksidan, antimikrobiyal, anti-inflamatuvar ve anti-kanserojenik etkiler gibi çok çeşitli biyolojik etkilere sahiptir (Karabulut & Yemiş, 2019).



Şekil 1. Flavonoidlerin kimyasal yapısı



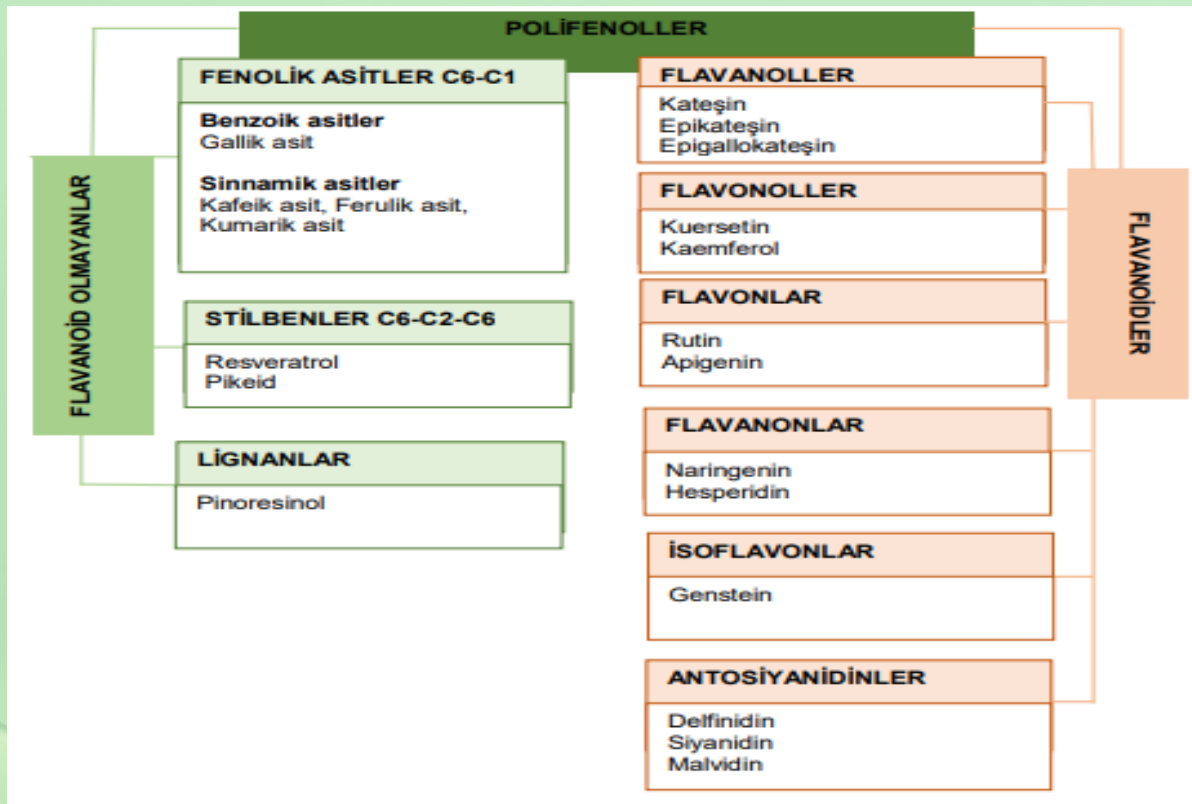
Fenolik bileşikler, bitkisel kaynaklardan elde edilen gıdalarda yaygın olarak bulunur ve bu gıdaların besinsel değerini artırabilir. Çoğu fenolik bileşik, bitkilerde sekonder metabolitler olarak sentezlenir, bu da onların doğrudan bitkilerin büyümesi için gerekli olmayan, ancak organizmanın çevresel streslere karşı savunmasına yardımcı olan bileşikler oldukları anlamına gelir. Fenolik bileşiklerin kimyasal yapıları oldukça çeşitlidir ve başlıca sınıfları şunlardır (Şekil 2):

2.1. Fenolik Asitler: Bunlar, fenol halkasına bağlı bir karboksil grubuna sahip bileşiklerdir ve en yaygın olarak bulunan fenolik bileşik sınıfıdır. Örnekler arasında gallik asit, ferulik asit, kafeik asit ve klorojenik asit yer alır.

2.2. Flavonoidler: Flavonoidler, genellikle 15 karbon atomu içeren ve iki fenol halkası ile bağlanan bir yapıya sahip bileşiklerdir. Bu sınıf, antosiyaninler, kateşinler, kuersetin, epikateşin, ve luteolin gibi birçok bileşiği içerir. Flavonoidler, genellikle meyve ve sebzelerde bulunur ve sağlık üzerinde olumlu etkiler gösterir.

2.3. Lignanlar: Lignanlar, bitkilerde bulunan, bir fenolik yapıyı içerip ayrıca karbon-karbon bağlarıyla birbirine bağlı aromatik halkalar oluşturan bileşiklerdir. Lignanlar, özellikle tohumlar, tam tahıllar ve sebzelerde bulunur ve antioksidan özellikler gösterirler.

2.4. Stilbenler: Stilbenler, resveratrol gibi bileşikler içeren, genellikle üzüm kabuğu, kırmızı şarap ve bazı meyvelerde bulunan bir fenolik bileşik sınıfıdır. Stilbenler, kanserle savaşma ve kalp sağlığını destekleme özellikleriyle tanınır.



Şekil 2. Fenolik bileşiklerin sınıflandırılması (Karabulut & Yemiş, 2019)

Fenolik bileşiklerin vücuda alınması sonrasında, birçok biyolojik etkiye sahip olmaları nedeniyle sağlık üzerinde çeşitli yararlar sağlar. Bu yararlar, büyük ölçüde onların antioksidan kapasitesi ile ilişkilidir. Antioksidan etkiler, serbest radikallerin nötralize edilmesine yardımcı olur, böylece oksidatif stresin önüne geçilerek hücre hasar engellenir. Bunun yanı sıra, fenolik bileşiklerin anti-inflamatuvar ve antimikrobiyal etkileri de bulunmaktadır, bu da onların bağışıklık sistemini destekleyerek çeşitli hastalıklara karşı koruyucu bir rol oynamasını sağlar.

3. Fenolik Bileşikler ve Mineraller Arasındaki Etkileşim Mekanizmaları

Fenolik bileşikler, bitkisel kaynaklı gıdalarda bulunan, kimyasal olarak fenol halkaları içeren ve biyolojik açıdan oldukça aktif olan organik bileşiklerdir. Bu bileşiklerin başlıca sınıfları flavonoidler, fenolik asitler, stilbenler ve lignanlar gibi gruplarda toplanmaktadır. Fenolik bileşiklerin sağlık üzerindeki olumlu etkileri uzun yıllardır araştırılmaktadır ve bu etkiler büyük oranda onların antioksidan, antimikrobiyal, anti-inflamatuvar ve kardiyovasküler hastalıklarla mücadele etme potansiyellerine dayanmaktadır. Ancak, bu bileşiklerin beslenme ve metabolizma üzerindeki etkileri, yalnızca biyolojik aktiviteleri ile sınırlı değildir; fenolik bileşikler aynı zamanda vücutta bulunan minerallerle etkileşime girerek bu minerallerin biyoyararlanımını ve metabolik etkinliğini



etkileyebilirler. Mineraller, vücudun temel fonksiyonlarını düzenleyen mikronutrientlerdir (Eylem Atak & Mehmet Emin Uslu, 2018). Özellikle demir, çinko, kalsiyum ve magnezyum gibi mineraller, vücutta enzim fonksiyonları, kemik sağlığı, bağışıklık yanıtları ve oksijen taşınımı gibi kritik süreçlerin düzenlenmesinde rol oynar. Bununla birlikte, fenolik bileşiklerin bu minerallerle olan etkileşimleri, özellikle mineral emiliminde ve biyoyararlanımında önemli değişikliklere yol açabilir. Fenolik bileşiklerin, minerallerle etkileşimlerinin genellikle çözünmeyen kompleksler oluşturarak minerallerin biyoyararlanımını sınırladığı bilinmektedir.

3.1. Demir ile Etkileşim

Demir, vücutta oksijen taşıma fonksiyonu gibi birçok önemli biyolojik süreçte yer alan bir mineraldir. Demir, hem ve non-hem olmak üzere iki ana formda bulunur. Hem demir, hayvansal kaynaklardan elde edilirken, non-hem demir bitkisel kaynaklardan alınır ve emilimi hem demire göre daha zordur. Fenolik bileşikler, özellikle bitkisel kaynaklardan alınan non-hem demir ile etkileşime girerek bu mineralin biyoyararlanımını engelleyebilir. Fenolik asitler ve flavonoidler, demir ile şelat yaparak çözünmeyen kompleksler oluştururlar ve bu da demirin bağırsakta emilim kapasitesini önemli ölçüde azaltabilir özellikle çay, kahve, kakao ve kırmızı şarap gibi içeceklerde bulunan polifenoller, demirin emiliminde önemli bir engel oluşturur (Çizelge 1). Bu içecekler, bağırsakta tanen ve diğer fenolik bileşiklerle reaksiyona girerek, demir iyonlarını bağlar ve bu komplekslerin çözünürlüğünü azaltır. Böylece, demirin bağırsaktan geçişi ve kan dolaşımına geçişi engellenmiş olur. Ayrıca, bazı gıdalar ve içecekler, demirin emilimini azaltırken, C vitamini gibi bileşikler bu etkileşimi tersine çevirerek emilimi artırabilir. C vitamini, demir ile reaksiyona girerek demir iyonlarının indirgenmesine ve biyoyararlanımının artmasına yardımcı olur (Eylem Atak & Mehmet Emin Uslu, 2018).

Çizelge 1. Demir biyoyararlılığında etkili başlıca ana artırıcı ve azaltıcı etki sağlayan gıda ve bileşenler (Çağındı, 2020a).

Etki	Gıda	Bileşen	Mekanizma	Açıklama
Artırıcı etki	Narenciye meyveleri, meyve suları, sebzeler	Askorbik asit	Bağırsakta çözünür kalan ve Fe^{3+} 'in Fe^{2+} 'ya indirgenen çözünür demir-askorbat komplekslerinin oluşumunda her ikisi de emilimi destekler	Askorbik asidin demir emiliminde güçlü bir artırıcı etkisi bulunmaktadır. Ancak ortamda ısı varlığında kolayca bozunabilmektedir.
	Et, balık, kümes hayvanları	Hayvansal bileşenler	Demirin sindirim ürünlerine bağlanması sonucu proteinlerin çözünür bileşikler oluşturması	Termal proseslerden etkilenmemektedir.
Azaltıcı etki	Tam taneli tahıl, kuruyemiş, baklagiller	Fitik asit	Bağırsakta çözünmeyen demir fitat komplekslerinin oluşumu	Yüksek diyet lifi içeren gıdalar en önemli inhibitördür.
	Çay, kahve, kakao	Polifenoller	Bağırsakta demir ile çözünmeyen komplekslerin oluşumu	Çay polifenoller en güçlü inhibitör olarak bilinmektedir
	İnek sütü, süt ürünleri	Süt Proteinini Kalsiyum	Tüm kazein ve α -kazein fosfo peptitleri, demire bağlanarak emilimini güçlü bir şekilde engellemektedir. Hem ve hem olmayan demirlerin emilimi azalır.	Peynir altı suyu proteinleri inhibitör değildir. <i>In vitro</i> testlerden ve insanlarda epidemiyolojik çalışmalardan elde edilen sonuçlar dahilinde gözlemlenmiştir.

3.2. Çinko ile Etkileşim

Çinko, hücresel işlevler, bağışıklık fonksiyonu, DNA sentezi ve protein sentezi gibi kritik biyolojik süreçlerde önemli bir mineraldir. Fenolik bileşiklerin çinko emilimi üzerinde etkisi genellikle olumsuzdur. Özellikle fitat içeren gıdalar (örneğin, tam tahıllar, baklagiller), çinko ile çözünmeyen kompleksler oluşturarak bu mineralin biyoyararlanımını sınırlayabilir. Ayrıca, flavonoidler ve bazı fenolik asitler de çinko ile bağlanarak onun emilimini



engelleyebilir. Örneğin, kuersetin ve galik asit, çinko ile bağlanabilme kapasitesine sahip olup, bu bağlanma çinkonun emilimini azaltır. Çinko emiliminde olumsuz etkileri azaltmak için, diyetinize dikkat edilmesi gerekmektedir. Çinko emilimini artırıcı faktörler arasında, çinko içeren gıdaların daha iyi emilmesini sağlayacak stratejiler yer alır. Örneğin, çinko emilimini artıran bir diğer bileşik olan vitamin A ve D'nin de vücutta çinko metabolizmasında önemli rol oynadığı bilinmektedir. (Akdeniz V.D. 2016)

3.3. Kalsiyum ile Etkileşim

Kalsiyum, kemik sağlığı ve kas fonksiyonları açısından son derece önemli bir mineraldir. Kalsiyum emilimi, bazı fenolik bileşiklerin etkisi altında olumsuz şekilde değişebilir. Örneğin, oksalik asit içeren gıdalar, kalsiyum ile birleşerek çözünmeyen kalsiyum oksalat kompleksleri oluştururlar ve bu da kalsiyumun bağırsaktan emilimini engeller (Weaver & Plawecki, 1994). Ispanak, pazı ve diğer yeşil yapraklı sebzelerde yüksek oksalat içeriği bulunur ve bu da kalsiyumun biyoyararlanımını düşürür. Ayrıca, çay ve kahve gibi içeceklerde bulunan polifenoller, kalsiyumun bağırsaklardan emilimini engelleyebilir. Kalsiyumun emilimini artırıcı stratejiler de mevcuttur (Yılmaz, S.E. & Yılmaz, D.A 2024). Özellikle, kalsiyum içeren gıdaların C vitamini ve magnezyum gibi besin öğeleriyle birlikte tüketilmesi kalsiyumun emilimini artırabilir. Bununla birlikte, kalsiyum emilimini etkileyen faktörlerin dengeli bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Örneğin, oksalat içeriği yüksek gıdaların aşırı tüketiminden kaçınılması ve kalsiyum içeren besinlerin uygun kombinasyonlarla tüketilmesi önerilmektedir (Guéguen & Pointillart, 2000).

3.4. Magnezyum ile Etkileşim

Magnezyum, hücresel enerji üretimi, sinir iletimi ve kas fonksiyonları gibi birçok biyolojik süreçte yer alır. Fenolik bileşiklerin magnezyum emilimi üzerindeki etkisi henüz tam olarak anlaşılmamış olsa da, bazı çalışmalarda fenolik bileşiklerin magnezyumun biyoyararlanımını artırabileceği belirtilmiştir. Özellikle flavonoidler ve bazı fenolik asitlerin magnezyum ile etkileşimde bulunarak bu mineralin emilimini kolaylaştırdığı gözlemlenmiştir. Ancak, bazı gıdalarda bulunan yüksek miktarda fitat ve oksalatlar, magnezyumun biyoyararlanımını sınırlayabilir (Ergün, 2019).

4. Besinsel ve Sağlık Üzerindeki Etkileri

Fenolik bileşiklerin sağlık üzerindeki etkileri oldukça çeşitlidir ve bu etkiler genellikle fenolik bileşiklerin yapısal özellikleriyle ilişkilidir. Yapıları, farklı biyolojik yolları etkileyecek şekilde tasarlanmış olan fenolik bileşikler, bağışıklık sistemi, kardiyovasküler sağlık, kanserle mücadele ve metabolik hastalıklar gibi bir dizi sağlık sorunu üzerinde doğrudan etki gösterebilir.

4.1. Antioksidan Etkiler ve Oksidatif Stres

Fenolik bileşiklerin en belirgin özelliklerinden biri, güçlü antioksidan etkinlikleridir. Antioksidanlar, serbest radikalleri ve reaktif oksijen türlerini (ROS) nötralize ederek oksidatif stresin zararlı etkilerini azaltır. Oksidatif stres, hücresel bileşenlerin (özellikle DNA, lipitler ve proteinler) oksijen radikalleriyle hasar görmesine yol açabilir ve bu da yaşlanma, kanser, kardiyovasküler hastalıklar, nörolojik hastalıklar gibi bir dizi hastalığın gelişmesine neden olabilir. Fenolik bileşikler, bu serbest radikalleri etkili bir şekilde temizleyerek hücresel düzeyde korunmayı sağlar. Örneğin, flavonoidler ve fenolik asitler, biyolojik sistemlerde güçlü antioksidan özellikler göstererek lipid peroksidasyonunu inhibe eder ve DNA hasarını azaltır. Bu bileşiklerin antioksidan etkileri, kanser hücrelerinin büyümesini engellemeye, kardiyovasküler hastalıkların riskini azaltmaya ve sinir hücrelerini oksidatif hasardan korumaya yardımcı olabilir (Yılmaz, 2010).

4.2. Anti-inflamatuvar Etkiler

Fenolik bileşiklerin anti-inflamatuvar özellikleri, inflamasyonla ilişkili hastalıkların önlenmesinde kritik bir rol oynar. Kronik inflamasyon, Alzheimer hastalığı, artrit, kalp hastalıkları ve bazı kanser türleri gibi bir dizi hastalığın gelişiminde önemli bir faktördür. (Baradaran vd., 2014). Fenolik bileşikler, inflamasyonu modüle eden biyokimyasal yolları etkileyerek bu hastalıkların riskini azaltabilir. Flavonoidler ve stilbenler gibi fenolik bileşiklerin, bazı inflamasyonla ilişkili proteinlerin aktivitesini inhibe ederek inflamasyonu azaltabildiği gösterilmiştir. Ayrıca, fenolik bileşiklerin, iltihaplanmayı kontrol eden sitokinlerin üretimini düzenleyerek bağışıklık sistemini dengeleyebileceği de araştırmalarla desteklenmektedir (Rafieian-Kopaei et al., 2014).

3. Kanserle Mücadele

Fenolik bileşiklerin kanserle mücadeledeki potansiyel etkileri, onların hücre döngüsünü düzenleyebilme, apoptoz (programlanmış hücre ölümü) indükleyebilme ve kanser hücrelerinin metastazını engelleyebilme yeteneklerinden kaynaklanmaktadır. Özellikle antosiyaninler, flavonoidler ve stilbenler, kanser hücrelerinin çoğalmasını engelleyerek tümör büyümesini yavaşlatabilir. Resveratrol gibi stilbenler, kanser hücrelerinin çoğalmasını engelleyebilen ve kanserin yayılmasını önleyebilen bileşikler arasında yer alır. Yapılan çalışmalar, resveratrolün çeşitli kanser türlerine karşı etkili olduğunu, özellikle meme, kolon ve prostat kanserinde potansiyel bir tedavi aracı olabileceğini göstermektedir (Neuhouser, 2004).

4. Kardiyovasküler Sağlık

Fenolik bileşikler, kardiyovasküler hastalıkların risk faktörlerini azaltabilir. Özellikle, flavonoidlerin, kan basıncını düşürme, damar sağlığını iyileştirme, kolesterol seviyelerini dengeleme ve kan pıhtılaşmasını engelleme gibi etkileri bulunur. Bu etkiler, kalp hastalıkları ve inme riskini önemli ölçüde azaltabilir. Örneğin, yeşil çayda



bulunan kateşinler, arter duvarlarında oksidatif stresi azaltarak damar tıkanıklığını engeller. Ayrıca, flavonoidler ve antosiyaninler, kolesterol düzeylerini düşürerek aterosklerozun önlenmesinde yardımcı olabilir. Yapılan epidemiyolojik çalışmalar, flavonoid açısından zengin gıda tüketiminin kalp hastalıkları üzerindeki etkilerini olumlu yönde göstermektedir (Muhsiroğlu, 2017).

5. Metabolik Hastalıklar ve Obezite

Fenolik bileşiklerin metabolik hastalıklar üzerindeki etkileri, şeker metabolizması, insülin duyarlılığı ve yağ depolanması gibi süreçlere müdahale edebilme yeteneklerinden kaynaklanmaktadır. Özellikle fenolik bileşikler, insülin direncini azaltabilir, kan şekeri seviyelerini düzenleyebilir ve obeziteyi önleyebilir. Örneğin, yeşil çayda bulunan kateşinler, yağ oksidasyonunu artırarak ve karaciğerdeki yağ birikimini azaltarak obeziteyi kontrol altına alabilir. Bunun yanı sıra, fenolik bileşiklerin bağırsak mikrobiyotasını olumlu yönde etkileyerek, metabolik hastalıkların gelişim riskini azaltabileceği de gösterilmiştir (Yurt, t.y.).

5. Sonuç ve Öneriler

Fenolik bileşikler ve mineraller arasındaki etkileşimler, hem beslenme bilimlerinde hem de klinik beslenme alanında önemli bir araştırma konusudur. Bu etkileşimlerin, vücudun mineral Emilimi ve biyoyararlanımını etkileyebilmesi, özellikle mineral eksiklikleri veya dengesiz beslenme ile ilişkili sağlık sorunları açısından kritik sonuçlar doğurabilir. Fenolik bileşiklerin aşırı alımı, demir, çinko, kalsiyum ve diğer minerallerin biyoyararlanımını sınırlayarak, beslenme dengesizliğine yol açabilir. Bu nedenle, fenolik bileşiklerin içeriği yüksek olan gıdaların tüketimi, belirli minerallerin Emiliminden olumsuz etkilenmemek için dikkatlice izlenmelidir (Yılmaz, S.E. & Yılmaz, D.A 2024). Özellikle demir eksikliği ve anemi gibi durumlar, fenolik bileşiklerin aşırı tüketimiyle ilişkili olabilir. Özellikle bitkisel kaynaklardan beslenen bireylerde, çay, kahve ve kakao gibi fenolik bileşiklerce zengin gıdaların fazla tüketimi, demir Emilimini önemli ölçüde azaltabilir. Bu durum, demir eksikliği riski taşıyan bireylerde beslenme stratejilerinin gözden geçirilmesini gerektirir. Demir, kalsiyum ve çinko gibi minerallerin Emilimi, C vitamini, organik asitler gibi Emilimi artırıcı faktörlerle desteklenebilir. Örneğin, demir Emiliminin artırılması amacıyla C vitamini içeren gıdaların, demir içeren gıdalarla birlikte tüketilmesi önerilmektedir. Ayrıca, minerallerin Emilimi üzerinde olumsuz etkileri azaltmak için bazı stratejiler kullanılabilir. Fenolik bileşiklerin Emilimi sınırlayan etkilerini dengelemek adına, bu bileşenlerin Emilim zamanlarının ve besinlerin tüketilme sırasının optimize edilmesi önemlidir. Örneğin, demir ve çinko Emilimini artırıcı C vitamini içeren gıdaların fenolik bileşiklerle zenginleşmiş gıdalarla aynı öğünde tüketilmesi önerilebilir (Çağındı, 2020b). Fenolik bileşiklerin minerallerle etkileşimleri, sadece minerallerin Emilimini değil, aynı zamanda vücutta bu minerallerin biyolojik aktivitelerinin düzenlenmesini de etkileyebilir. Örneğin, fenolik bileşiklerin antioksidan özellikleri, serbest radikallerin nötralize edilmesinde önemli bir rol oynar. Bu da, özellikle oksidatif stresle ilişkili hastalıkların önlenmesinde faydalı olabilir. Ancak, fenolik bileşiklerin aşırı tüketimi ve minerallerin Emilimi üzerindeki olumsuz etkiler göz önünde bulundurularak, dengeli ve çeşitli bir diyetin önemi vurgulanmalıdır. Sonuç olarak, fenolik bileşikler ve mineraller arasındaki etkileşimlerin beslenme üzerinde önemli etkileri vardır. Bu etkileşimlerin daha iyi anlaşılması, beslenme ve sağlık alanında daha etkili stratejiler geliştirilmesine yardımcı olabilir. Beslenme planlaması yapılırken, bu etkileşimlerin dikkate alınması ve dengeli bir diyetin oluşturulması, mineral eksikliklerinin önlenmesi ve optimal sağlık durumunun korunması için gereklidir. Ayrıca, bu alandaki gelecekteki araştırmalar, fenolik bileşiklerin minerallerle olan etkileşimlerini daha da netleştirerek, daha etkili beslenme rehberleri ve müdahaleleri geliştirilmesine olanak sağlayacaktır.

Öneriler:

1. **Fenolik Bileşiklerin Tüketimi ve Mineral Emilimi:** Fenolik bileşiklerin yanlış tüketimi mineral Emilimini engelleyebilir. Bu nedenle, fenolik bileşiklerce zengin gıdalarla birlikte mineral Emilimini artırıcı gıdaların (örneğin, C vitamini) tüketilmesi önerilir.
2. **Bilinçli Diyet Planlaması:** Minerallerin Emiliminde olumsuz etkileri azaltmak için diyetlerin dengeli ve çeşitlendirilmiş olması gerekmektedir. Özellikle bitkisel kaynaklardan beslenen bireyler, demir ve çinko Emilimini artırıcı gıdalara yönlendirilmelidir.
3. **Bireysel İhtiyaçlar:** Her bireyin beslenme ihtiyaçları farklıdır, bu nedenle fenolik bileşiklerin ve minerallerin etkileşimleri, kişiye özel beslenme planlamalarıyla yönetilmelidir. Özellikle demir, çinko ve kalsiyum eksikliği riski taşıyan bireyler için uygun stratejiler belirlenmelidir.

Kaynakça

- Baradaran, A., Nasri, H., & Rafieian-Kopaei, M. (2014). Oxidative stress and hypertension: Possibility of hypertension therapy with antioxidants. *Journal of research in medical sciences : the official journal of Isfahan University of Medical Sciences*, 19(4), 358-367.
- ÇAĞINDI, Ö. (2020a). Demir Minerali: Fonksiyonları, Gıda İşlemenin Biyoyararlılığı Üzerine Etkileri ve Biyoaktif Bileşenler ile İnteraksiyonları. *Cukurova University, Agriculture Faculty*, 2(35). <https://doi.org/10.36846/CJAFS.2021.29>



- ÇAĞINDI, Ö. (2020b). Demir Minerali: Fonksiyonları, Gıda İşlemenin Biyoyararlılığı Üzerine Etkileri ve Biyoaktif Bileşenler ile İnteraksiyonları. *Cukurova University, Agriculture Faculty*, 2(35). <https://doi.org/10.36846/CJA.FS.2021.29>
- EMİRHÜSEYİNOĞLU, A., KOÇ ÖZERSON, Z., & ALPHAN, M. E. (2025). FONKSİYONEL BESİNLERİN OKSİDATİF STRES ÜZERİNE ETKİLERİ. *Atlas Üniversitesi Tıp ve Sağlık Bilimleri Dergisi*. <https://doi.org/10.54270/atljm.2025.75>
- Ergün, F. (2019). İNSAN SAĞLIĞI VE BESLENME FİZYOLOJİSİ AÇISINDAN MAGNEZYUM. . *Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 26-33.
- Eylem Atak, & Mehmet Emin Uslu. (2018). FENOLİK BİLEŞİKLER, EKSTRAKSİYON METOTLARI VE ANALİZ YÖNTEMLERİ. *Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi*, 39-48.
- Guéguen, L., & Pointillart, A. (2000). The Bioavailability of Dietary Calcium. *Journal of the American College of Nutrition*, 19(sup2), 119S-136S. <https://doi.org/10.1080/07315724.2000.10718083>
- KARABULUT, G., & YEMİŞ, O. (2019a). Fenolik Bileşiklerin Bağlı Formları ve Biyoyararlılığı. *Akademik Gıda*, 17(4), 526-537. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.667270>
- KARABULUT, G., & YEMİŞ, O. (2019b). Fenolik Bileşiklerin Bağlı Formları ve Biyoyararlılığı. *Akademik Gıda*, 17(4), 526-537. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.667270>
- Muhsiroğlu, Ö. (2017). Flavonoller, Kardiyovasküler/Serebrovasküler Hastalıklar ve Kansere. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 178-184.
- Neuhouser, M. L. (2004). Review: Dietary Flavonoids and Cancer Risk: Evidence From Human Population Studies. *Nutrition and Cancer*, 50(1), 1-7. https://doi.org/10.1207/s15327914nc5001_1
- Scalbert, A., Johnson, I. T., & Saltmarsh, M. (2005). Polyphenols: antioxidants and beyond. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 81(1), 215S-217S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/81.1.215S>
- Shahidi, F., & Peng, H. (2018). Bioaccessibility and bioavailability of phenolic compounds. *Journal of Food Bioactives*, 11-68. <https://doi.org/10.31665/JFB.2018.4162>
- Sibel erdem yılmaz, & Dursun Alper Yılmaz. (2024). *MİKROBİYOTA VE MİNERALLERİN ETKİLEŞİMİ. BESLENME VE DIYETETİK ALANINDA ULUSLARARASI ARAŞTIRMALAR*.
- Akdeniz, V., özer Kınık, Oktay Yerlikaya, & ecem akan. (2016). İnsan Sağlığı ve Beslenme Fizyolojisi Açısından Çinkonun Önemi. *Akademik Gıda*, 307-314.
- Yılmaz, İ. (2010). Antioksidan İçeren Bazı Gıdalar ve Oksidatif Stres. *Turgut Özal Tıp Merkezi Dergisi*, 143-154.
- Yurt, Ö. G. M. (t.y.). *DIYET POLİFENOLLERİ: İNSÜLİN DİRENCİ VE OBEZİTE. İÇİNDEKİLER*.

