

Antosiyaninlerin Bağırsak Mikrobiyotası Üzerine Etkisi *Effects of Anthocyanins on the Gut Microbiota*

Gülşen Bozdoğan, Yeliz Güçer Öz, Özlem Muşlu

Yüksek İhtisas Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Ankara, Türkiye
Yüksek İhtisas University, Faculty of Health Sciences, Department of Nutrition and Dietetics, Ankara, Türkiye

ÖZ

Giriş: Antosiyaninler, flavonoidlerin alt grubunda bulunan ve bitkilere başlıca mavi, kırmızı ve mor renklerini veren pigmentlerdir. İlk kez Centaurea Cyanus'ta tanımlanmış olmakla birlikte; en çok yaban mersini, siyah üzüm gibi meyvelerde bulunurlar. pH indikatörü olarak da kullanılabilen antosiyaninlerin, doğada 600'den fazla türü bulunmaktadır. Antikanser, anti-inflamatuar, antimikrobiyal etkilerinin olduğu bilinmektedir; bununla birlikte antosiyanin alımının, kardiyovasküler hastalıklar, diyabet, obezite gibi hastalıklarda etkili olabileceği bildirilmektedir. Öte yandan son yıllarda diyetle alınan antosiyaninlerin bağırsak geçirgenliğini önleyebileceği ve mikrobiyota üzerine de olan olumlu etkilerinin bulunduğu keşfedilmiş ve bu açıdan birçok araştırmaya konu olmuştur.

Sonuç: Antosiyanin alımının bağırsak mikrobiyotası çeşitliliğinde ve bakteri sayılarında artış sağladığı çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Antosiyaninler, gastrointestinal mikrobiyota, disbiyozis

ABSTRACT

Introduction: Anthocyanins are pigments belonging to a subgroup of flavonoids that give plants their main blue, red, and purple colors. Although first identified in Centaurea cyanus, they are most commonly found in fruits such as blueberries and black grapes. Anthocyanins, which can also be used as pH indicators, have over 600 species in nature. They are known to have anticancer, anti-inflammatory, and antimicrobial effects; furthermore, it is reported that anthocyanin intake may be effective in diseases such as cardiovascular diseases, diabetes, and obesity. On the other hand, in recent years, it has been discovered that dietary anthocyanins can prevent intestinal permeability and have positive effects on the microbiota, and this has been the subject of many studies.

Conclusion: Various studies have shown that anthocyanin intake increases the diversity and number of bacteria in the gut microbiota.

Keywords: Anthocyanins, gastrointestinal microbiome, dysbiosis

Giriş

Antosiyanin Tanımı ve Kaynakları

Polifenollerin alt grubunda bulunan flavonoidler, bitkilere renk vermesinin yanı sıra insan vücudu üzerine olan etkileriyle de birçok araştırmaya konu olmuştur. Flavonoid pigmentlerinin en önemli grubu olarak kabul edilen antosiyaninler, ilk kez 1913 yılında Centaurea Cyanus'ta (mavi kantaron) yapısal olarak tanımlanmıştır. Yaban mersini, ahududu, mor karnabahar ve marul gibi bazı meyve ve sebzeler; mor menekşe, kırmızı gül, lavanta gibi mor, mavi, kırmızı renkli çiçek ve bitkilerde pigment olarak bulunmaktadır (1). Günümüzde 600'den fazla türü olduğu bilinmekte (2,3) ve bazik ortamlarda yeşil-mavi rengini alacağından ötürü pH indikatörü olarak da kullanılmaktadır (2).

Antosiyaninler, antosiyanidin adı verilen hidrokarbonlara molekül bağlanması sonucunda oluşmakta ve başlıca iki gruba

ayrılmaktadır. Antosiyanidinlere şeker grubu bağlanmış olanlara antosiyanin glikoziti; şeker grubu içermeyenlere ise antosiyanidin aglikonları adı verilmektedir (4). Antosiyanidinlerin bitkilerde en sık bulunan türleri: Siyanidin, delfinidin, pelargonidin, peonidin, petunidin ve malvidin'dir (5).

Tablo 1. Bitkilerde en sık bulunan antosiyanidin türleri.

Antosiyanidin	R ₁ grubu	R ₂ grubu	λ _{max}
Pelargonidin	H	H	520
Cyanidin	OH	H	535
Delphinidin	OH	OH	546
Peonidin	OCH ₃	H	532
Petunidin	OCH ₃	OH	543
Malvidin	OCH ₃	OCH ₃	542

λ_{max} değeri (lambda max), bir maddenin absorbe edebildiği en yüksek dalga boyu olarak tanımlanır (5,6).

Cite this article as: Bozdoğan G, Güçer Öz Y, Muşlu Ö. Antosiyaninlerin Bağırsak Mikrobiyotası Üzerine Etkisi. YIU Sağlık Bil Derg 2025;6(3):128-133. <https://doi.org/10.51261/yiu.2025.1662093>

Birçok çalışma, antosiyaninlerin bakteriler tarafından parçalandıktan sonra bağırsak geçirgenliği ve mikrobiyota üzerinde değişiklikler oluşturabildiğini, farklı bakteri türleri üzerine çeşitli etkiler sağlayabildiğini göstermiştir. Bu yazıda, geçmiş yıllardan bu yana yapılmış olan çalışmalar “antosiyanin yapısı ve metabolizması, bağırsak ve mikrobiyota aracılı olarak hastalıklarda etkileri, bağırsak mikrobiyotasındaki çeşitli bakteri türleri üzerine etkileri” şeklinde üç gruba ayrılmıştır. Son grup, kendi içerisinde yeniden sınıflandırılmış ve çeşitli bakteri türleri gruplandırılarak başlıklar halinde sunulmuştur. Bu derlemenin amacı, antosiyaninlerin bağırsak ve mikrobiyota üzerindeki etkilerinin daha iyi anlaşılmasını sağlamak olup; antosiyaninlerin metabolizması, hastalıklarla ilişkili mekanizmaları, bazı bakteri türleri üzerine etkileri alt başlıklarda ele alınmıştır.

Antosiyanin Metabolizması ve Etki Mekanizması

Diyet yoluyla vücuda alınan antosiyaninlerin yaklaşık %65'i emilmeden doğrudan kolona geçerek buradaki mikroorganizmalar tarafından parçalanırken; emilenleri ise fenolik asit üretiminden sorumlu enzimler tarafından iki fazda metabolize edilmektedir (5,7,8). Metabolizma sürecine ilişkin ilk *in vitro* çalışmalarında glikozidik bağların kırılması sonucu heterosiklik yapıdaki değişikliklerin meydana geldiği ve ana metabolit olarak protokatekik asidin oluştuğu öne sürülmektedir. İlerleyen dönemlerde bu fenolik asidin, aslında kan portakalında yoğun olarak bulunan siyanidin-3-glukozit metaboliti olduğu keşfedilmiş ve bunun üzerine, araştırmalar diğer antosiyanin türlerine yoğunlaşmıştır (5).

Siyanidin-3-glukozit ile yapılan bir araştırmaya göre antosiyaninin farmakokinetik etkilerinin 500 mg ve üzerinde takviye olarak alımı sonrası görüldüğü; ayrıca en yüksek metabolit konsantrasyonuna, alımdan 24 saat sonra ulaşıldığı raporlanmıştır (5,9). Bu yükselişte mikrobiyal kolonizasyonun da etkisinin büyük olduğu belirtilmektedir (5). Antosiyaninlerin hızlı katabolize edilmesinin β -glukozidaz aktivasyonundan kaynaklandığı düşünülmektedir (5,10). Ayrıca antosiyaninlerin açılınmış formlarında da katabolizasyon sürecinin benzer şekilde gerçekleştiği görülmektedir (5,11).

Antosiyaninlerin Bağırsak Mikrobiyotası Aracılığıyla Bazı Hastalıklara Etkisi

Diyet ile alınan antosiyaninlerin birçok kronik hastalık üzerine olumlu etkilerinin bulunduğu ve bu hastalıklardan korunmada önemli bir yere sahip olduğu bilinmektedir (12). Bu etki, bazı hastalıklarda doğrudan gerçekleşirken; bazı hastalıklarda ise bağırsak mikrobiyotasında meydana gelen değişiklikler ile sağlanmaktadır. Antosiyanin türlerinin antikanser, antiinflamatuvar, antimikrobiyal ve antioksidan etkilerinin bulunduğu bilinmektedir. Bu sayede obezite, bazı kanser çeşitleri, kardiyovasküler hastalıklar, karaciğer ve böbrek ile ilişkili hastalıklar, insülin direnci ve diyabet gibi hastalıklara karşı olumlu etki gösterebileceği veya koruyucu etki sağlayabileceği

bildirilmektedir (12-14). Aşağıda bağırsak mikrobiyotası ile ilişkilendirilmiş birkaç hastalık ve bu hastalıklarda antosiyanin tüketiminin etkilerinden bahsedilecektir:

Diabetes Mellitus

Antosiyaninlerin özellikle siyanidin ve pelargonidin türleri, ince bağırsakta karbonhidrat sindiriminde etkili olan α -glukosidaz ve α -amilaz enzimleri üzerinde inhibe edici özellikler göstermektedir. Antosiyaninlerin bu özelliği Tip II Diabetes Mellitus gibi insülin direncine bağlı olarak gelişebilecek hastalıklar üzerine olumlu etkilerinin olabileceğini düşündürmektedir (8,15). Öte yandan yapılan meta analizler, antosiyaninlerin düzenli tüketiminde açlık kan glukozunu, 2 saatlik postprandiyal glukoz, LDL (düşük yoğunluklu lipoprotein) ve total kolesterol seviyelerini de önemli ölçüde azalttığını göstermektedir (16,17).

Ülseratif Kolit

Li ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada 24 erkek rat, normal kontrol grubu, model kontrol grubu ve müdahale grubu olmak üzere 3 gruba ayrılmıştır. Normal kontrol grubu dışında kalan ratlara bir hafta boyunca %1,5 Dekstrat Sülfat Sodyum (DSS) uygulanarak ülseratif kolit modeli oluşması sağlanmıştır. Yedi günün sonunda müdahale grubuna siyah mısır koçanından ekstre edilen peonidin-3-O-(3,6-O-dimalonil- β -D-glukozit) verilerek sonuçlar incelenmiştir. Çalışma sonucunda peonidinin, DSS – kaynaklı kolitli ratlarda immün yanıtı modüle ederek klinik semptomları önemli ölçüde azalttığı, ayrıca disbiyozisi engellemede ve bağırsak mikrobiyal çeşitliliğini artırmada da etkili olduğu gözlemlenmiştir (18). Siyah kurt üzümünün DSS – kaynaklı kolit modeli üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada da benzer sonuçlara ulaşılmıştır (19). Yine ratlar üzerinde yapılmış bir başka çalışmada, antosiyaninlerin metabolitleri olan fenolik bileşiklerin antiinflamatuvar özellikleri sayesinde, ülseratif kolit nedeniyle gelişebilecek bağırsak bütünlüğünün bozulması, mukozal fonksiyonların sağlanamaması gibi durumların önlenmesi veya giderilmesinde etkili olabileceği bildirilmiştir (20).

Kanser

Yaşam tarzı ve diyetin çok büyük rol oynadığı kanserden korunma sürecinde antosiyaninlerin etkilerinin antiinflamatuvar, antioksidan ve apoptoz indükleyici özelliklerinden kaynaklandığı bilinmektedir. Ancak antosiyaninlerin kemopreventif etkilerini araştırmak üzere birçok araştırma yapılmasına rağmen gastrointestinal yolak üzerinde tümör gelişimini önleme mekanizmaları tam olarak anlaşılamamıştır (21). Yapılan bir araştırmada frenk üzümü antosiyaninlerinin, Nükleer Faktör Eritroid 2 ile ilişkili Faktör 2 (NRF-2) yolağı ile ilgili protein ve mRNA ekspresyonunu artırarak sıçanlarda dietilnitrozamin (DENA) ile başlatılan hepatokarsinogeneze karşı koruma sağladığı görülmüştür (22). Öte yandan hayvanlar üzerinde olumlu sonuçlar veren araştırmaların büyük bir çoğunluğunun

insanlar üzerine henüz uygulanmamış olması ve antosiyaninin etki yolağının tam olarak tespit edilememesi nedeniyle tedavi sürecinde kullanılabilmesi için çalışmaların artırılması gerektiği bildirilmektedir (23).

Alzheimer Hastalığı

Beyinde β -sekretaz enzimleri tarafından yıkıma uğratılan amiloid beta proteinleri bu alanda birikerek plak oluşturmaktadır. Zaman içerisinde artan amiloid beta plakları, nöron hücre ölümlerini hızlandırarak Alzheimer hastalığı semptomlarının görülmesine neden olmaktadır (24). Yapılan çalışmalar sonucunda bakteri mikrobiyomunda da amiloid üretiminin olduğu keşfedilmiştir. Vücutta fırsatçı patojenlerin artması, serum lipopolisakkarit (LPS) seviyelerinin yükselmesine neden olmaktadır. Yüksek serum LPS düzeyi, zaman içerisinde bağırsak disbiyozisine ve bunun sonucunda geçirgen bağırsak sendromunun “leaky gut” gelişmesine sebebiyet vermektedir (25,26).

Lipopolisakkarit düzeyindeki artışın neden olduğu disbiyozis nedeniyle bağırsakta oluşan ve biriken amiloid ve diğer immünojenik mediatörler, kötü beslenme ve enfeksiyon sonucunda bağırsaktan sızarak, kan yoluyla beyne ulaşabileceği ve müdahale edilmediği durumlarda ise Alzheimer hastalığının gelişmesine neden olabileceği düşünülmektedir. Böyle bir risk ile karşılaşma ihtimali bulunduğu durumlarda, antosiyaninden zengin beslenmenin, bağırsak disbiyozunun neden olduğu enflamasyonun ortadan kaldırılabilmesi ve ilerleyen dönemlerde gelişebilecek nöroenflamasyonun da engellenebileceği bildirilmektedir (6,24).

Kronik Böbrek Hastalığı

Kronik böbrek hastalığının (KBH) nedenleri arasında bağırsak disbiyozisinin de bulunduğu araştırmalar sonucu ileri sürülmektedir (23,27). Değişen bağırsak mikrobiyotası sonucu vücutta indoksil sülfat, p-kresil glukuronid, p-kresil sülfat ve indol-3-asetik asit böbrek toksinleri üretilerek zaman içerisinde böbrekte enflamasyona neden olmaktadır. Antosiyaninin diyetle yeterli miktarda bulunması özellikle laktobasil ve enterokokların oranını artırarak bağırsak bariyerini güçlendirdiği ve böbrekte gelişebilecek hasarı engellediği belirtilmektedir (23). Öte yandan ratlar üzerinde yapılan bir çalışmada, antosiyanin alımının yaşlanmaya bağlı olarak gelişebilecek böbrek hasarı riskini azalttığı belirtilmekte; bu etkinin antioksidan kapasitesindeki artış, NRF-2 ve Nükleer Faktör kB (NF-kB) yollarındaki düzenlenme ve bağırsak mikrobiyotasındaki iyileşme sayesinde gerçekleşmiş olabileceği bildirilmektedir (28).

Antosiyaninlerin Bağırsak ve Mikrobiyota Üzerine Etkileri

Güçlü antioksidan ve antienflamatuvar özellik gösterdikleri bilinen antosiyaninler, aynı zamanda metabolizma ve bağırsak fonksiyonları üzerine olan etkileriyle de birçok araştırmaya konu olmuştur. Epitel hücrelerindeki sıkı bağlantıları koruyarak

doğrudan disbiyozisi önlediği bilinmektedir (29). Yapılan bir çalışma, antosiyaninden zengin beslenmenin mukozal tabaka hasarı iyileşmesinde oldukça büyük rol oynayan MUC1, MUC2, MUC3, Cdc42, Rac1, GAL2, GAL3, GAL4 ve RELM gibi membranla ilişkili müsinlerin ve proteinlerin salgılanmasını önemli ölçüde artırdığı (29,30) ve mikrobiyomun epitel hücre bağlarına olan desteği sayesinde de disbiyozisin engellendiği bildirilmiştir (14).

Yaklaşık 10^{13} – 10^{14} bakteri hücresi içeren bağırsak mikrobiyotası, vücutta çeşitli fizyolojik fonksiyonları destekleyerek konakçının beslenmesi ve sağlığı üzerinde olumlu yönde etki sağlamaktadır. Yapılan birçok araştırma sonucunda antosiyaninlerin bağırsaktaki bakteri kolonizasyonunu değiştirebildiği, diyetle alınan antosiyaninlerin bağırsak mikrobiyotası üzerine olumlu etki sağladığı ve buna bağlı olarak kısa zincirli yağ asitlerinin (KZYA) üretimini de artırdığı saptanmıştır (5,14,31).

Yapılan bir in vitro çalışmada, mor tatlı patates antosiyaninlerinin, *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium adolescentis*, *Bifidobacterium infantis* ve *Lactobacillus acidophilus*'un çoğalmasını indüklediği; *Staphylococcus aureus* ve *Salmonella typhimurium*'un ise kolonizasyonunu engellediği görülmüştür. Siyah ahududu antosiyanin takviyesi sonucunda, *Eubacterium rectale*, *Faecalibacterium prausnitzii* ve *Lactobacillus* türlerinin gelişimini indüklediği ve *Desulfovibrio* ile *Enterococcus* türlerinin gelişimlerini inhibe ettiği raporlanmıştır (31–33).

Antosiyanin türlerinden zengin bir meyve olan siyah kurt üzümünün (*Lycium ruthenicum*) yüksek yağlı diyetle beslenen obez dişi ratlar üzerine olan etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, yüksek yağlı diyetle birlikte antosiyanin tüketiminin yalnızca yüksek yağlı diyet tüketimine göre *Firmicutes/Bacteroides* oranında bir artış sağladığı raporlanmıştır. Ayrıca çalışma sonucunda *Romboutsia*, *Faecalibaculum* türlerinin azaldığı ve buna karşın özellikle *Laktobasil* türlerinde önemli bir artış gözlemlendiği bildirilmiştir (34). Aynı meyve ile yapılan in-vitro bir çalışmada ise antosiyanin uygulanan grupta *Laktobasil* ve *Bifidobakteri* türlerinde büyük bir artış görüldüğü belirtilmiştir. Bununla birlikte *Dialister*, *Megamonas* ve *Parabacteroides* türlerinde de göreceli bir azalma gözlemlendiği vurgulanmıştır (35). Her iki çalışmada da antosiyaninin bağırsak mikrobiyotasında düzelme sağlayabileceği bildirilmiştir (34,35).

Antosiyaninlerin serbest halde veya bağlı formlarda alınabileceğine dair yapılan araştırmalar bulunmaktadır. Li ve ark. tarafından yapılan in-vitro çalışmada antosiyaninin prebiyotik özellik gösteren fruktooligosakkaritler (FOS) ve Whey proteini ile birlikte kullanılmasının, serbest antosiyanine göre daha iyi bir antioksidan özellik gösterdiği ve *Faecalibacterium* gibi bakteri türlerinde de daha etkili bir artış sağladığı raporlanmıştır (36). Yapılan başka bir in-vitro çalışmada ise yüksek basınçlı işlemlerle üretilmiş antosiyanin-pektin kompleksinin diğer gruplara nazaran başta *Faecalibacterium*, *Parabacteroides* ve *Bifidobacterium* türleri olmak üzere mikrobiyotadaki bakteri düzeyinde daha fazla

artış gösterdiği ve açığa çıkan kısa zincirli yağ asitlerinin daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir; besin sanayinde bu yolla üretimin antosiyaninin biyoyararlanımı açısından daha etkili olabileceği belirtilmiştir (37).

Bifidobacterium, Lactobacillus ve Antosiyaninler

Karbonhidrat metabolizması üzerinde büyük etkileri bulunan *Bifidobakteri* ve *Laktobasil* türleri bağırsak mikrobiyotasında en çok çalışılan iki bakteridir. Bağırsak mikrobiyotasında *Bifidobakteri* türlerindeki artış, Lökotrien B4 (LTB4), prostaglandin E2 (PGE2) ve tümör nekroz faktörü- α (TNF- α) düzeylerinin azalmasını sağlamaktadır (38).

Yapılan bir *in-vitro* çalışmada siyanidin-3-glukozit ve siyah pirinç antosiyanininin *Bifidobakteri* ve *Laktobasillerin* sayısında ciddi artış sağladığı bildirilmiştir (32). Benzer sonuçlar başka çalışmalarda da görülmektedir (34,35). Morais ve ark. tarafından 12 haftalık dişi ratlar üzerinde yapılan bir başka çalışmada, anne diyetinin antosiyaninden zenginleştirilmesi sonucunda yavru ratların mikrobiyotasındaki *Laktobasil* ve *Bifidobakteri* türlerini artırdığı, ayrıca gen ekspresyonunu da düzenleyebildiği görülmüştür. Buna ilişkin olarak çocuklarda bağırsak mikrobiyotasını modüle etmek ve enflamasyonu engellemek amacıyla laktasyon ve gebelik dönemlerinde annenin diyetinde antosiyaninden zengin meyvelerin bulundurulması önerilmiştir (39).

Bacteroides, Firmicutes ve Antosiyaninler

Diyetteki polisakkaritlerin yıkımı ve kullanımında önemli bir yeri olan *Bacteroides*, bağırsak mikrobiyotasında en çok bulunan gram negatif bakteridir (40). Bununla birlikte obez bireylerde Firmicutes / *Bacteroides* oranı, normal vücut ağırlığına sahip bireylere göre daha yüksektir. Mikrobiyota üzerine yapılan çalışmalar, bu orandaki düşüşün (veya *Bacteroides* / Firmicutes düzeyindeki artışın) obezite karşıtı potansiyel bileşiklerin oluşumunda etkili olabileceğini göstermektedir (41,42).

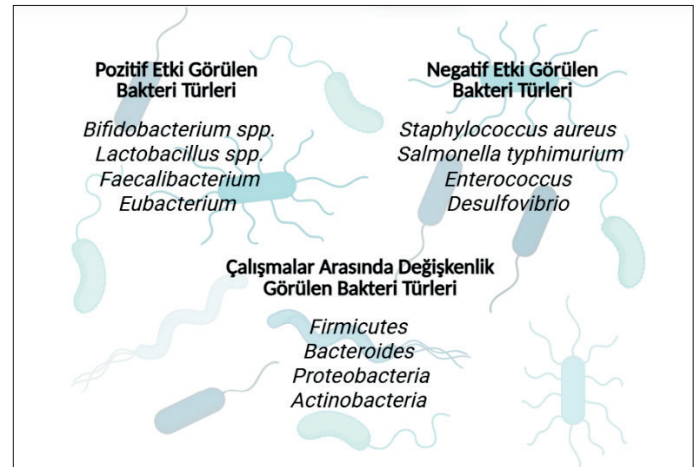
Yapılan çalışmalara göre bu bakteri türlerindeki diyet antosiyaninlerinden etkilenme durumu, yapılan araştırma ve kullanılan antosiyanin türüne göre oldukça farklılık göstermektedir. Groh ve ark. tarafından uzun süreli antosiyanin tüketiminin vücuttaki etkilerinin anlaşılması üzerine bir çalışma yapılmış ve 57 erkek katılımcının bir kısmına antosiyaninden zengin meyve suyu içirilmiş, sonucunda *Bacteroides* türlerinin sayısında anlamlı bir artış gözlemlenmemiştir (43). Öte yandan yapılan bir başka çalışmada, insüline dirençli ratlara 11 hafta boyunca, 7,2 mg/kg siyanidin-3-glukozit suplementasyonu uygulanmış, çalışma sonucunda Firmicutes/ *Bacteroides* oranında artmaya neden olduğu raporlanmıştır (44). Benzer bir şekilde Tip-II DM'li ve yüksek yağlı diyet ile beslenen erkek ratlarda antosiyanin müdahalesinin, Firmicutes/ *Bacteroides* oranını düşürdüğü gözlemlenmiştir (45). Obez bireylerde antosiyaninin mikrobiyotaya etkisini inceleyen bir

in vitro çalışmada, Firmicutes ve *Bacteroides* miktarlarının sırasıyla 1,22 ve 1,90 kat arttığı; Firmicutes artışına bağlı olarak en önemli KZYA'lardan biri olan bütirat sentezinde de artış gözlemlendiği rapor edilmiştir. (41). Fakat yapılan bir başka çalışmada birçok antosiyanin çeşidini barındıran siyah kurt üzümünün (*Lycium ruthenicum*) yüksek yağlı diyetle beslenen dişi ratların öğünlerine eklenmesi ile *Bacteroides* miktarında azalma, firmicutes türlerinde ise artış gözlemlendiği bildirilmiştir (34).

Sekiz farklı çalışmanın incelendiği bir meta analiz raporunda, Rastgele Etki Modeli uygulanmış olmasına rağmen, çalışma sonuçları arasında ciddi bir heterojenite saptandığı, buna bağlı olarak antosiyanin tüketiminin Firmicutes türlerinin miktarı üzerinde yarattığı etkinin anlamlı olmadığı bildirilmiştir (46).

Proteobacteria, Actinobacteria ve Antosiyaninler

Antosiyanin müdahalesinin bağırsak mikrobiyotasında, *Actinobacter*'in göreceli bolluğu üzerine ciddi bir etkiye sahip olmadığı Shu ve ark. tarafından hazırlanan meta analizde raporlanmıştır. Öte yandan aynı raporda antosiyaninler ile *Proteobacter* miktarı ilişkisinin incelendiği araştırma sonuçları arasında da heterojenite saptandığı; bu nedenle antosiyanin alımının *Proteobacter* miktarı üzerine etkisinin doğrulanmasının zor olduğu bildirilmiştir (46). Buna karşın, yapılan *in vitro* bir çalışmada antosiyanin tüketiminin *Actinobacteria* miktarında ciddi bir artış sağladığı ve istatistiksel açıdan anlamlı olduğu raporlanmıştır (35). Obez bireylerden alınan dışkı örnekleriyle yapılan bir başka *in-vitro* çalışmada da obez bireylerin bağırsak mikrobiyotasındaki *Proteobacter* oranının normal bireylerden daha yüksek olduğu; ayrıca antosiyanin enjeksiyonu sonucunda *Proteobacter* miktarında ciddi bir düşüş gözlemlendiği bildirilmiştir (41).



Şekil 1. Antosiyaninlerin çeşitli bakteri türleri üzerine etkileri.

Çeşitli çalışmalardan elde edilen bulgulara göre, antosiyaninlerin bağırsak mikrobiyotasındaki bakteri türleri üzerinde etkileri Şekil 1'de özetlenmiştir. Özellikle Firmicutes ve *Bacteroides* türlerine ilişkin sonuçlarda heterojenite rapor edilmiştir (46-50).

Sonuç

Bağırsak mikrobiyotasının çeşitliliğinin sağlanması ile vücutta immün sistemin desteklendiği ve epitel hücreler arası bağların kuvvetlenerek bağırsak geçirgenliğinin azaldığı bilinmektedir. Bu nedenle çeşitli yollarla bağırsak mikrobiyotasının desteklenmesi büyük bir önem arz etmektedir. Yapılan birçok araştırmaya göre antosiyaninler, epitel hücrelerindeki sıkı bağlantıları kuvvetlendirmekte ve bağırsak mikrobiyotasında bakteri çeşitliliğini artırmaktadır. Bununla birlikte antikanser, antienflamatuvar, antioksidan ve antimikrobiyal etkileri sayesinde birçok hastalığın önlenmesinde yardımcı olabilmektedir.

Sonuç olarak mevcut bulgular, antosiyaninlerin bağırsak mikrobiyotası çeşitliliğini artırarak disbiyozis riskini azalttığını, bağırsak bariyer fonksiyonlarını desteklediğini ve sistemik enflamasyonu baskılayabildiğini göstermektedir. Ancak hayvan deneylerinden elde edilen sonuçların insanlar için doğrudan genellenememesi ve yapılan çalışmalar arasında gözlemlenen metodolojik heterojenite, antosiyaninlerin bu etkilerinin tam anlamıyla doğrulanmasına engel olmaktadır. Bu nedenle, daha kapsamlı ileriye dönük randomize kontrollü çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Öte yandan, bağırsak mikrobiyotası, yaş ve çevre etkisi ile oldukça değişkenlik göstermektedir. Dolayısıyla yapılacak olan çalışmalarda bu faktörlerin de göz önünde bulundurulması önerilmektedir. Antosiyaninlerin genel sağlık ve bağırsak mikrobiyal çeşitliliği üzerindeki potansiyel etkilerini tam olarak ortaya konması, beslenme bilimi ve halk sağlığı açısından değerli katkılar sağlayacaktır.

Hakem Değerlendirmesi: Dış Bağımsız.

Yazar Katkıları: Fikir - G.B., Y.G.Ö., Ö.M.; Tasarım - Ö.M., G.B.; Literatür Taraması - Y.G.Ö., Ö.M., G.B.; Yazıyı Yazan - G.B., Y.G.Ö., Ö.M.; Eleştirel İnceleme - Y.G.Ö., Ö.M.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmişlerdir.

Finansal Destek: Yoktur.

Kaynaklar

- Koo HE, Azlan A, Tang ST, Lim SM. Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical. *Food Nutr Res*. 2017;61(1):1361779. <https://doi.org/10.1080/16546628.2017.1361779>
- Keleş Y. Antosiyanin pigmentlerinin biyokimyası ve analizi. *Türk Bilimsel Derlemeler Derg*. 2015;1(8):19–25.
- Schwinn KE, Davies KM. Flavonoids, in plant pigments and their manipulation, annual plant reviews, Vol 14 (Ed. K Davies). Blackwell Publishing; 2004. pp. 92–149. <https://doi.org/10.1002/9781119312994.apr0134>
- Castañeda-Ovando A, Pacheco-Hernández de L, Pérez-Hernández E, Rodríguez JA, Galán-Vidal CA. Chemical studies of anthocyanins: a review. *Food Chem*. 2009;113:859–871. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.001>
- Faria A, Fernandes I, Norberto S, Mateus N, Calhau C. Interplay between anthocyanins and gut microbiota. *J Agric Food Chem*. 2014;62(29):6898–6902. <https://doi.org/10.1021/jf501808a>
- Zhong H, Xu J, Yang M, Hussain M, Liu X, Feng F, et al. Protective effect of anthocyanins against neurodegenerative diseases through the microbial-intestinal-brain axis: a critical review. *Nutrients*. 2023;15(3):496. <https://doi.org/10.3390/nu15030496>
- Fairlie-Jones L, Davidson K, Fromentin E, Hill AM. The effect of anthocyanin-rich foods or extracts on vascular function in adults: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Nutrients*. 2017;9(8):908. <https://doi.org/10.3390/nu9080908>
- Chen K, Kortessniemi MK, Linderborg KM, Yang B. Anthocyanins as Promising Molecules Affecting Energy Homeostasis, Inflammation, and Gut Microbiota in Type 2 Diabetes with Special Reference to Impact of Acylation. *J Agric Food Chem*. 2023;71(2):1002–1017. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.2c05879>
- Czank C, Cassidy A, Zhang Q, Morrison DJ, Preston T, Kroon PA, et al. Human metabolism and elimination of the anthocyanin, cyanidin-3-glucoside: a C-tracer study. *Am J Clin Nutr*. 2013;97(5):995–1003. <https://doi.org/10.3945/ajcn.112.049247>
- Sanchez-Patan F, Cueva C, Monagas M, Walton GE, Gibson GRM, Quintanilla-Lopez JE, et al. In vitro fermentation of a red wine extract by human gut microbiota: changes in microbial groups and formation of phenolic metabolites. *J Agric Food Chem*. 2012;60(9):2136–2147. <https://doi.org/10.1021/jf2040115>
- Aura A-M, Martin-Lope P, O'Leary KA, Williamson G, Oksman-Caldentey K-M, Poutanen K, et al. In vitro metabolism of anthocyanins by human gut microbiota. *Eur J Nutr*. 2005;44(3):133–142. <https://doi.org/10.1007/s00394-004-0502-2>
- Enaru B, Dretcanu G, Pop T, Stanil A, Diaconescu Z. Anthocyanins: factors affecting their stability and degradation. *Antioxidants (Basel)*. 2021;10(12):1967. <https://doi.org/10.3390/antiox10121967>
- Yang P, Yuan C, Wang H, Han F, Liu Y, Wang L, et al. Stability of anthocyanins and their degradation products from cabernet sauvignon red wine under gastrointestinal pH and temperature conditions. *Molecules*. 2018;23(2):354. <https://doi.org/10.3390/molecules23020354>
- Stull AJ, Cassidy A, Djousse L, Johnson SA, Krikorian R, Lampe JW, et al. The state of the science on the health benefits of blueberries: a perspective. *Front Nutr*. 2024;11:1415737. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1415737>
- Belwal T, Nabavi S, Nabavi S, Habtemariam S. Dietary anthocyanins and insulin resistance: when food becomes a medicine. *Nutrients*. 2017;9(10):1111. <https://doi.org/10.3390/nu9101111>
- Garcia-Conesa M, Chambers K, Combet E, Pinto P, Garcia-Aloy M, Andres-Lacueva C, et al. Meta-Analysis of the effects of foods and derived products containing ellagitannins and anthocyanins on cardiometabolic biomarkers: analysis of factors influencing variability of the individual responses. *Int J Mol Sci*. 2018;19(3):694. <https://doi.org/10.3390/ijms19030694>
- Albuquerque BR, Pinela J, Barros L, Oliveira MBPP, Ferreira ICFR. Anthocyanin-rich extract of jaboticaba epicarp as a natural colorant: Optimization of heat- and ultrasound-assisted extractions and application in a bakery product. *Food Chem*. 2020;316:126364. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126364>
- Li J, Ji W, Chen G, Yu K, Zeng J, Zhang Q, et al. Peonidin-3-O-(3,6-O-dimethyl-β-D-glucoside), a polyacylated anthocyanin isolated from the black corn cobs, alleviates colitis by modulating gut microbiota in DSS-induced mice. *Food Res Int*. 2025;202:115688. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.115688>
- Qiu M-T, Zhou L, Wang X-Y, Li Z-P, Wei M-X, Zeng Z-H, et al. Anti-colitis comparison of polysaccharides and anthocyanins extracted from black wolfberry based on microbiomics, immunofluorescence and multi-cytokines profile analysis. *Int J Biol Macromol*. 2025;310(Pt 3):143700. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.143700>
- Li J, Wu T, Li N, Wang X, Chen G, Lyu X. Bilberry anthocyanin extract promotes intestinal barrier function and inhibits digestive enzyme activity by regulating the gut microbiota in aging rats. *Food Funct*. 2019;10(1):333–343. <https://doi.org/10.1039/c8fo01962b>
- Surangi-Dharmawansa KV, Hoskin DW, Vasanta-Rupasing HP. Chemopreventive effect of dietary anthocyanins against gastrointestinal cancers: a review of recent advances and perspectives. *Int J Mol Sci*. 2020;21(18):6555. <https://doi.org/10.3390/ijms21186555>
- Thoppil RJ, Bhatia D, Barnes KF, Haznagay-Radnai E, Hohmann J, Darvesh AS, et al. Black currant anthocyanins abrogate oxidative stress through Nrf2-mediated antioxidant mechanisms in a rat model of hepatocellular carcinoma. *Curr Cancer Drug Targets*. 2012;12(9):1244–1257. <https://doi.org/10.2174/156800912803987968>
- Panchal SK, John OD, Mathai ML, Brown L. Anthocyanins in chronic diseases: the power of purple. *Nutrients*. 2022;14(10):2161. <https://doi.org/10.3390/nu14102161>
- Khan MS, Ikram M, Park JS, Park TJ, Kim MO. Gut microbiota, its role in induction of Alzheimer's disease pathology, and possible therapeutic interventions: Special focus on anthocyanins. *Cells*. 2020;9(4):853. <https://doi.org/10.3390/cells9040853>
- Zhao Y, Lukiw WJ. Microbiome-generated amyloid and potential impact on amyloidogenesis in Alzheimer's disease (AD). *J Nat Sci*. 2015;1(7):e138.
- Pistollato F, Cano SS, Elio I, Vergara MM, Giampieri F, Battino M. Role of gut microbiota and nutrients in amyloid formation and pathogenesis of Alzheimer disease. *Nutr Rev*. 2016;74(10):624–634. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuw023>

27. Hobby GP, Karaduta O, Dusio GF, Singh M, Zybaïlov BL, Arthur JM. Chronic kidney disease and the gut microbiome. *Am J Physiol Renal Physiol*. 2019;316(6):F1211–F1217. <https://doi.org/10.1152/ajprenal.00298.2018>
28. Sun D, Wang W, Fan Q, Wang X, Xu X, Jiang W, et al. Protective effects of black rice anthocyanins on d-galactose-induced renal injury in mice: the role of nrf2 and nf-kb signaling and gut microbiota modulation. *Nutrients*. 2025;17(3):502. <https://doi.org/10.3390/nu17030502>
29. Li S, Wu B, Fu W, Reddivary L. The anti-inflammatory effects of dietary anthocyanins against ulcerative colitis. *Int J Mol Sci*. 2019;20(10):2588. <https://doi.org/10.3390/ijms20102588>
30. Monk JM, Wu W, Hutchinson AL, Pauls P, Robinson LE, Power KA. Navy and black bean supplementation attenuates colitis-associated inflammation and colonic epithelial damage. *J Nutr Biochem*. 2018;56:215–223. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2018.02.013>
31. Tian L, Tan Y, Chen G, Wang G, Sun J, Ou S, et al. Metabolism of anthocyanins and consequent effects on the gut microbiota. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2019;59(6):982–991. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1533517>
32. Flores G, Ruiz del Castillo A, Costabile A, Klee A, Guergoletto K, Gibson GR. In vitro fermentation of anthocyanins encapsulated with cyclodextrins: Release, metabolism and influence on gut microbiota. *J Funct Foods*. 2015;16:50–57. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.04.022>
33. Chen L, Jiang B, Zhong C, Guo J, Zhang L, Mu T, et al. Chemoprevention of colorectal cancer by black raspberry anthocyanins involved the modulation of gut microbiota and SFRP2 demethylation. *Carcinogenesis*. 2018;39(3):471–481. <https://doi.org/10.1093/carcin/bgy009>
34. Li H, Zang M, Tan T, Li S, Mi J, Lu L, et al. Anthocyanins from lycium ruthenicum murray prevent high-fat diet-induced obesity in female mice via gut microbiota-related bile acids metabolism. *Natural Product Communications*. 2024;19(4):1–15. <https://doi.org/10.1177/1934578X241246678>
35. Qiu J, Ye B, Feng L. Improvement of intestinal microbial structure in patients with cerebral infarction through in vitro fermentation of anthocyanins from Lycium ruthenicum Murray. *Food Sci Nutr*. 2024;12(10):7481–7491. <https://doi.org/10.1002/fsn3.4263>
36. Li X, Wang Y, Jiang Y, Liu C, Zhang W, Chen W, et al. Microencapsulation with fructooligosaccharides and whey protein enhances the antioxidant activity of anthocyanins and their ability to modulate gut microbiota in vitro. *Food Res Int*. 2024;181:114082. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114082>
37. Hou Z, Luan L, Hu X, Chen S, Ye X. Innovative processing technology for enhance potential prebiotic effects of RG-I pectin and cyanidin-3-glucoside. *Food Hydrocolloids*. 2023;134. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108045>
38. Morais CA, Vera de Rosso V, Estadella D, Pisani LP. Anthocyanins as inflammatory modulators and the role of the gut microbiota. 2016;33:1–7. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2015.11.008>
39. Morais CA, Oyama LM, de Morua Conrado R, De Rosso VV, do Nascimento CO, Pisani LP. Polyphenols-rich fruit in maternal diet modulates inflammatory markers and the gut microbiota and improves colonic expression of ZO-1 in offspring. *Food Res Int*. 2015;77:186–193. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.06.043>
40. Cheng J, Hu J, Jeng F, Nie S. Bacteroides utilization for dietary polysaccharides and their beneficial effects on gut health. *Food Sci Human Wellness*. 2022;11(5):1101–1110. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2022.04.002>
41. Xu L, Tang Z, Herrera-Balandrano DD, Qiu Z, Li B, Yang Y, et al. In vitro fermentation characteristics of blueberry anthocyanins and their impacts on gut microbiota from obese human. *Food Res Int*. 2024;176:113761. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113761>
42. Dou Z, Chen C, Huang Q, Fu X. In vitro digestion of the whole blackberry fruit: bioaccessibility, bioactive variation of active ingredients and impacts on human gut microbiota. *Food Chem*. 2022;370:131001. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131001>
43. Groh IAM, Riva A, Braun D, Sutherland HG, Williams O, Bakuradze T, et al. Long-Term consumption of anthocyanin-rich fruit juice: impact on gut microbiota and antioxidant markers in lymphocytes of healthy males. *Antioxidants (Basel)*. 2020;10(1):27. <https://doi.org/10.3390/antiox10010027>
44. Huang F, Zhao R, Xia M, Shen GX. Impact of cyanidin-3-glucoside on gut microbiota and relationship with metabolism and inflammation in high fat-high sucrose diet-induced insulin resistant mice. *Microorganisms*. 2020;8(8):1238. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8081238>
45. Mi W, Hu Z, Zhao S, Wang W, Lian W, Lu P, et al. Purple sweet potato anthocyanins normalize the blood glucose concentration and restore the gut microbiota in mice with type 2 diabetes mellitus. *Heliyon*. 2024;10(11):31784. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31784>
46. Shu C, Wu S, Li H, Tian J. Health benefits of anthocyanin-containing foods, beverages, and supplements have unpredictable relation to gastrointestinal microbiota: A systematic review and meta-analysis of random clinical trials. *Nutr Res*. 2023;116:48–59. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2023.04.002>
47. Hillman AR, Christmas BCR. Thirty days of Montmorency tart cherry supplementation has no effect on gut microbiome composition, inflammation, or glycemic control in healthy adults. *Front Nutr*. 2021;8:733057. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.733057>
48. Sun D, Wang W, Fan Q, Wang X, Xu X, Jiang W, et al. Protective Effects of Black Rice Anthocyanins on D-Galactose-Induced Renal Injury in Mice: The Role of Nrf2 and NF-κB Signaling and Gut Microbiota Modulation. *Nutrients*. 2025;17(3):502. <https://doi.org/10.3390/nu17030502>
49. Santos EF, Sabino YNV, Montenegro EN, Faria Ca, Almedia TC, Gameiro J, et al. Antitumor, anti-inflammatory, and antioxidant activities of anthocyanins from food and isolated sources: Methodological insights and interactions with the intestinal microbiota. *Journal of Functional Foods* 2025;134:107026. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2025.107026>
50. Alnajjar M, Barik SK, Bestwick C, Campbell F, Cruickshank M, Farquharson F, et al. Anthocyanin-enriched bilberry extract attenuates glycaemic response in overweight volunteers without changes in insulin. *J Funct Foods* 2020;64:103597. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103597>