



Diyetin ve Karbonhidrat İçeriğinin Mikrobiyotaya Etkisi

Kübra Derya İPEK¹, Hande Öngün YILMAZ²

¹Haliç Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Yüksek Okulu, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İstanbul

²Okan Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İstanbul

Geliş Tarihi / Received
24.10.2018

Kabul Tarihi / Accepted
28.10.2018

Yayın Tarihi / Published
31.12.2018

Özet: İntestinal mikrobiyota; vücudumuzda fizyolojik, metabolik ve immün sistem üzerinde oldukça önemli görevler üstlenmektedir. Toplam bağırsak mikrobiyotasının %90'dan fazlası Bacteroidetes ve Firmicutes türünden meydana gelmektedir. Floradaki bakteriler belirli bir oranda faydalı ve zararlı bakterileri içerir. Faydalı/zararlı bakteri oranı azaldığında "mikrobiyal disbiyozis" adı verilen patolojik bir süreç başlar. Faydalı bakteriler vitamin, kısa zincirli serbest yağ asitleri (KZYA), konjuge linoleik asit (KLA) üretimleri, aminoasid sentezi, safra asitlerinin biyotransformasyonu, sindirilemeyen besinlerin fermantasyonu ve hidrolizi, immün sistemin modülasyonu, amonyak sentezi ve detoksifikasyon gibi biyolojik ve kimyasal süreçlerde rol alırlar. mikrobiyal disbiyozis süreci; alerji, inflamatuvar bağırsak hastalığı, kanser, lupus, astım, multipl skleroz, Parkinson hastalığı, gluten enteropatisi, obezite, diyabet ve kardiyovasküler hastalıklar gibi birçok hastalık ile ilişkili bulunmuştur. Mikrobiyota gelişimini etkileyen faktörler arasında doğum şekli (sezeryan/vajinal), annenin mikrobiyotası, anne sütü alımı, bakterilere çevresel maruziyet, antibiyotik/probiyotik kullanımı ve beslenme bulunmaktadır ve beslenme, düzenlenebilir bir etmen olması nedeniyle de ilgi çekmektedir. Karbonhidratlar bağırsak mikrobiyomunu modifiye etme yetenekleri nedeniyle üzerinde en fazla çalışılan diyet bileşenidir. Diyet karbonhidratlarının bağırsak mikrobiyotası üzerine etkileri kimyasal yapılarına, dolayısıyla sindirilmeden kolona ulaşıp ulaşamamaları ve konağın karbonhidratı enerji kaynağı olarak kullanabilme yeteneğine bağlıdır. Vücudun en önemli enerji kaynağı olan karbonhidratlar mikrobiyotanın da esas enerji kaynağıdır. Yapılan çalışmalarda diyet karbonhidrat miktarının ve türünün değiştirilmesi ile bağırsak mikrobiyota kompozisyonunda ve metabolik ürünlerde hızla önemli değişiklikler sağlandığı kaydedilmiştir. Bağırsak mikrobiyotasının düzenlenmesinde karbonhidratların etkileri değerlendirildiğinde, diyetin prebiyotik özellik gösterebilen karbonhidratlardan zengin olması gerekmektedir. Belirli bakteriyel cinsler üzerindeki etkilerine ilişkin olarak, birçok çalışma sindirilemeyen karbonhidratlardan zengin bir diyetin en çok bağırsak bifidobakterileri ve laktik asit bakterilerini arttırdığını ileri sürmektedir. Tam tahıl ve buğday kepeği açısından zengin olan sindirilemeyen karbonhidratlı diyetler, bağırsak Bifidobacteria ve Lactobacilli'deki artışla bağlantılıdır. Dirençli nişasta ve tam tahıllı arpa gibi diğer sindirilemeyen karbonhidratlar da Ruminococcus, E. rectale ve Roseburia'nın bolluğunu arttırmaktadır. Yüksek lif ve bitkisel polisakkaritlerden zengin beslenmenin kısa zincirli yağ asitlerini ve mikrobiyal çeşitliliği anlamlı olarak arttırdığı gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: mikrobiyota, bakteri, diyet, karbonhidrat

The Effect of Dietary and Carbohydrate Content on Microbiota

Abstract: Intestinal microbiota; it carries out very important tasks on the physiological, metabolic and immunological systems in our body. More than 90% of the total intestinal microbiota is of the genus Bacteroidetes and Firmicutes. Bacteria in the flora contain beneficial and harmful bacteria. When the ratio of beneficial / harmful bacteria decreases, a pathological process called "microbial dysbioosis" starts. Useful bacteria are involved in biological and chemical processes such as vitamin, short chain free fatty acids (KZYA), conjugated linoleic acid (KLA) production, amino acid synthesis, biotransformation of bile acids, fermentation and hydrolysis of undigested foods, modulation of the immune system, ammonia synthesis and detoxification. the microbial disbiosis process; It has been associated with many diseases such as allergy, inflammatory bowel disease, cancer, lupus, asthma, multiple sclerosis, Parkinson's disease, gluten enteropathy, obesity, diabetes and cardiovascular diseases. Factors affecting the development of microbiota include birth (cesarean / vaginal),

maternal microbiology, breast milk intake, bacterial environmental exposure, antibiotic / probiotic use and nutrition, and nutrition is also of interest due to its being a regulatable factor. Carbohydrates are the most studied diet component due to their ability to modify the intestinal microbiology. The effects of dietary carbohydrates on intestinal microbiota depend on their chemical structure and therefore their ability to reach the colon without digestion and use it as a source of carbohydrate energy. Carbohydrates, the most important energy source of the body, is also the main energy source of microbiota. It has been noted that changes in dietary carbohydrate and renal metabolism have led to rapid changes in intestinal microbiota composition and metabolic products. When the effects of carbohydrates are assessed in the regulation of intestinal microbiota, the diet should be rich in carbohydrates that can show prebiotic properties. Regarding the effects on certain bacterial strains, many studies suggest that a diet rich in undigested carbohydrates enhances the most intestinal bifidobacteria and lactic acid bacteria. Indigestible carbohydrate diets rich in whole grains and wheat bolls are linked to an increase in intestinal Bifidobacteria and Lactobacilli. Other non-digestible carbohydrates such as resistant starch and whole grain barley also increase the abundance of Ruminococcus, E. rectale and Roseburia. It has been shown that high fiber and vegetable polysaccharide-rich foods significantly improve short-chain fatty acids and microbial diversity.

Key words: Microbiota, bacteria, diet, carbohydrate

Sorumlu yazar: Kübra Derya İPEK,

Adres, Haliç Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Yüksek Okulu, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İstanbul, TÜRKİYE

e-mail: kubraderya@halic.edu.tr

MİKROBİYOTA

Bağırsak mikrobiyomu, gastrointestinal (GI) yolda 3,3 milyon benzersiz mikrobiyal gene katkıda bulunan 1000'den fazla farklı türden oluşan mikroorganizmaların toplanmasıdır. Bu karmaşık mikrobik sistem, konakçıları ve potansiyel olarak patojenik özelliklere sahip olan bazı mikroplarla simbiyotik bir ilişki içinde yaşayan bakterileri içerir (1).

Sağlıklı bireylerde bağırsak florasında 6 bakteriyel küme vardır:

1. Firmicutes (Clostridium, Eubacterium, Ruminococcus, Butyrivibrio, Anaerostipes, Roseburia, Faecalibacterium vb. gram pozitif cinsleri kapsamakta).
2. Bacteroidetes (Bacteroides, Porphyromonas, Prevotella vb. gram negatif cinsleri kapsamakta).
3. Proteobacteria (Enterobacteriaceae gibi gram negatif cinsleri kapsamakta).
4. Actinobacteria (gram pozitif Bifidobacterium cinsini kapsamakta).
5. Fusobacteria.
6. Verrucomicrobia (Akkermansia vb. cinsleri kapsamakta).

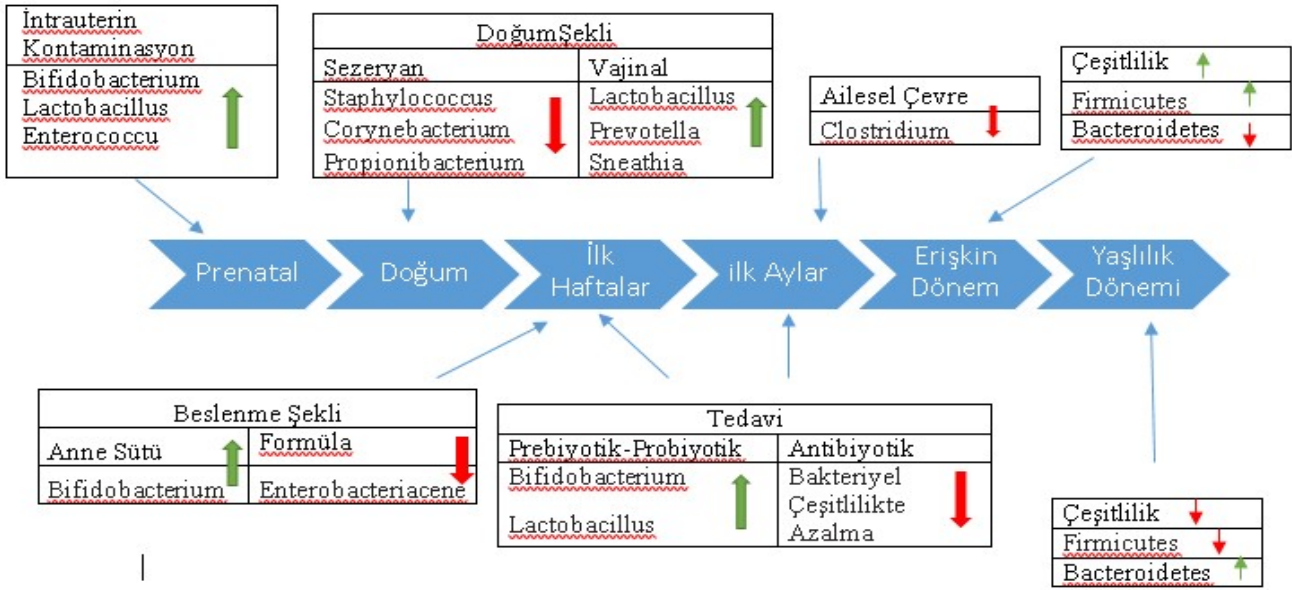
Toplam bağırsak mikrobiyotasının %90'dan fazlası Bacteroidetes ve Firmicutes türünden meydana gelmektedir (2).

İntestinal mikrobiyota; vücudumuzda fizyolojik, metabolik ve immun sistem üzerinde oldukça önemli görevler üstlenmektedir. Enerji taşıyıcı rolü üstlenerek veya immun modüle edici maddeleri serbest bırakarak gerekli metabolik süreçleri kontrol eden bağırsak bakterileri günümüzde yeni bir "metabolik organ" olarak tanımlanmaktadır. İntestinal mikrobiyota dengesinde bozukluk "disbiyozis" olarak tanımlanmaktadır (3).

Son yıllarda bağırsakta bakteri kolonizasyonunun başlama zamanı ve gelişim evreleri ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmalar yakın zamana kadar doğum anında steril olduğu düşünülen infant gastrointestinal sistemindeki bakteri kolonizasyonunun doğumdan önce başladığını göstermiştir. Doğumun ardından, yaşamın ilk birkaç günü içinde infantın bakterilere maruz kalma hızı artmaya başlar ve daha sonraki dönemlerde ek besinlere başlama süreci ile birlikte intestinal mikrobiyota hızlı bir şekilde gelişmeye

devam eder. Yaklaşık 2-3 yaşlarında mikrobiyotanın kompozisyonunun, çeşitliliği ve fonksiyonel yeterliliklerinin yetişkin mikrobiyotasına benzer halde geldiği kaydedilmiştir (4). Mikrobiyota gelişimini Şekil 1'de gösterilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi mikrobiyota gelişimini etkileyen faktörler arasında doğum şekli, annenin mikrobiyotası, anne sütü alımı, bakterilere çevresel maruziyet,

antibiyotik/probiyotik kullanımı ve beslenme bulunmaktadır. Mikrobiyota gelişimi tamamlandıktan sonra da mikrobiyotanın kompozisyonu ve fonksiyonu yine benzer etmenler tarafından etkilenmektedir. Beslenme, mikrobiyotada oluşan birçok değişikliğin sorumlusu olarak görülmekte ve düzenlenebilir bir etmen olması nedeniyle de ilgi çekmektedir (5).



Şekil 1: İntestinal Mikrobiyota Gelişimi

Figure 1: Development of Intestinal Microbiota

MİKROBİYOMUN İNSAN SAĞLIĞINA ETKİLERİ

Son zamanlarda yapılan çalışmalarda bağırsak mikrobiyomunun konak için çok önemli biyokimyasal olaylar gerçekleştirdiği ve çeşitli insan hastalıkları ile bağlantılı olduğu ileri sürülmüştür (6). Floradaki bakteriler belirli bir oranda faydalı ve zararlı bakterileri içerir. Faydalı/zararlı bakteri oranı azaldığında "mikrobiyal disbiyozis" adı verilen patolojik bir süreç başlar. Faydalı bakteriler vitamin, kısa

zincirli serbest yağ asitleri (KZYA), konjuge linoleik asit (KLA) üretimleri, aminoasit sentezi, safra asitlerinin biyotransformasyonu, sindirilemeyen besinlerin fermantasyonu ve hidrolizi, immün sistemin modülasyonu, amonyak sentezi ve detoksifikasyon gibi biyolojik ve kimyasal süreçlerde rol alırlar. Faydalı/zararlı bakteri oranının bozulduğu mikrobiyal disbiyozis süreci; alerji, inflamatuvar bağırsak hastalığı, kanser, lupus, astım, multipl skleroz, Parkinson hastalığı, gluten enteropatisi, obezite, diyabet ve

kardiyovasküler hastalıklar gibi birçok hastalık ile ilişkili bulunmuştur (7).

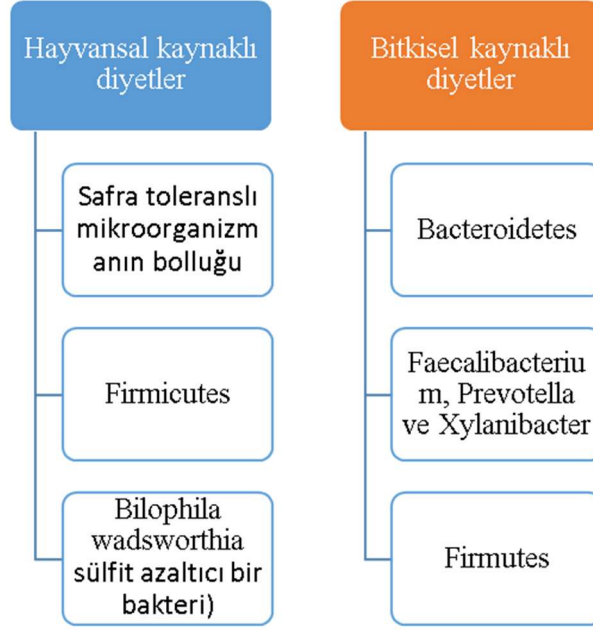
DIYETİN MİKROBİYOTAYA ETKİSİ

Beslenmenin mikrobiyota üzerine etkisini araştıran çalışmalar incelendiğinde, konunun dört alt başlıkta ele alındığı görülmektedir:

1. Beslenme modellerinin mikrobiyotaya etkileri (Batı tarzı beslenme, Akdeniz diyeti, vejetaryen beslenme vb.);
2. Çeşitli diyet bileşenlerinin mikrobiyotaya etkileri (diyetin karbonhidrat, protein, yağ, posa ve fitokimyasal içerikleri);
3. Bazı spesifik besinlerin mikrobiyotaya etkileri (tam tahıllar, yağlı tohumlar, sebze-meyveler, kurubaklagiller, balık vb.);
4. Besinle ilişkili mikroorganizmaların mikrobiyotaya etkileri (fermente besinler, diyet probiyotik kaynakları).

Beslenmenin bağırsak mikrobiyotasına etkilerini gösteren kanıtlar genellikle iki farklı çalışma yöntemi ile elde edilmiştir. Bunlardan ilki, farklı coğrafyalarda yaşayan toplulukların mikrobiyotalarının karşılaştırıldığı ve uzun dönem beslenme alışkanlıklarının değerlendirildiği gözlemsel çalışmalardır. İkincisi ise, kısa dönem beslenme alışkanlıklarının değerlendirildiği, hayvansal kaynaklı – bitkisel kaynaklı beslenme modellerinin veya farklı makrobesin ögesi oranlarının (yağdan, proteinden veya

karbonhidrattan zengin diyetler) karşılaştırıldığı diyet müdahale çalışmalarıdır (8). Son zamanlarda yapılan bir çalışma ile bağırsak mikrobiyotasının beslenmedeki kısa sürede (beş ardışık gün) yapılan değişikliklerle bile bileşimini hızla değiştirip yeniden şekillendirebilme yeteneğini ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada, 21 ve 33 yaş arasındaki 10 Amerikan gönüllüsünün bağırsak mikrobiyotalarındaki varyasyonları ve tekrarlanabilirliği incelemek için hayvansal ve bitkisel temelli diyetler seçilmiştir. Sonuçlarda, hayvan bazlı diyet tüketimi sırasında Alistipes, Bilophila ve Bacteroides gibi safra toleranslı mikroorganizmaların bolluğunun arttığını gösterirken, Firmicutes bolluğunda bir azalma görülmüştür (Şekil 2). Bununla birlikte, kısa süreli diyet kalıplarının Bacteroides, Prevotella ve Ruminococcus tarafından domine edilen üç küme türü olarak tanımlanan enterotiplerde önemli değişikliklerin tetiklenmesinde etkisiz kaldığı bulunmuştur. Bu çalışma aynı zamanda, yüksek yağlı/düşük lifli veya düşük yağlı/yüksek lifli diyet uygulanmasının bağırsak mikrobiyotasında 24 saat içinde değişiklikleri başlattığını, ancak katılımcıların enterotipinin 10 güne kadar stabil kaldığını ortaya koymuştur. Ayrıca, uzun süreli diyet müdahalelerinin incelenmesi, enterotiplerde değişiklik ile güçlü bir ilişki olduğunu göstermiştir (9).



Şekil 2: Hayvansal ve bitkisel kaynaklı diyetlerin mikrobiyotada neden olduğu değişiklikler

Figure 2: Changes caused by microbiota of animal and plant origin diets

Genel olarak, Akdeniz diyeti sağlıklı dengeli bir diyet olarak kabul edilmektedir. Geleneksel Akdeniz diyetinin sahip olduğu başlıca özellikler; Doymuş yağ yerine tekli doymamış yağ (zeytinyağı) tüketimi, yüksek düzeyde kurubaklagil tüketimi, ekmek dahil yüksek oranda rafine edilmemiş tahıl tüketimi, yüksek düzeyde meyve ve sebze tüketimi, et ve et ürünlerinin az tüketimi, orta düzeyde süt ve ürünlerinin tüketimi ve orta düzeyde alkol (özellikle kırmızı şarap) tüketimidir. Balık tüketimi ise, Akdeniz diyetinin önemli özelliklerindedir. Fakat bu özellik denize yakınlık durumuna bağlıdır (10). Bazı çalışmalar, tipik Akdeniz diyetini içeren besinlerin de obeziteyi, lipid profilini ve inflamasyonu iyileştirdiğini göstermiştir. Bu değişiklikler, *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* ve *Prevotella*'da diyet kaynaklı artışlara ve *Clostridium*'da azalmaya neden olabilir (11).

Batı diyetinin mikrobiyotaya etkisinin incelenmesi için yapılan bir çalışmada ise, Afrika Burkino Faso'da yaşıyan, düşük yağ ve hayvansal

protein içeren, nişasta, lif ve bitkisel polisakkaritlerden zengin beslenmesi olan 14 çocuk ile İtalya Floransa'da yaşıyan yüksek hayvansal proteinli, şekerli, nişastalı, yağlı ve düşük lifli tipik Batı diyeti ile beslenen aynı yaşıardaki 15 çocuğun bağırsak mikrobiyotaları karşılaştırılmıştır. Burkino Faso'da yaşıyan çocuklarda *Bacteroidetes* (*Prevotella* ve *Xylanibacter*) anlamlı olarak baskın iken İtalyan çocuklarda *Firmicutes* ve *Proteobacteria*'nın daha fazla olduğu gösterilmiştir. Ayrıca Afrika Burkino Faso'da yaşıyan çocuklarda İtalyan çocuklara göre dışkıda kısa zincirli yağ asitleri daha fazla olup, *Enterobacteriaceae* (*Shigella* ve *Escherichia*) olması gerekenden düşük seviyede bulunmuştur (12).

Glutensiz diyetin etkisini incelemek için 10 sağlıklı gönüllü, 30 gün boyunca glutensiz bir diyet tüketmiştir. Bağırsak mikrobiyotası incelendiğinde faydalı barsak bakterilerinin; *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, *B. Longum* sayısının azaldığı ve glutensiz diyetten sonra polisakkarit alımındaki azalmaya paralel olarak zararlı bakterilerin

sayılarının arttığı görülmüştür. Özellikle fırsatçı patojenleri de içerebilen E. Coli ve toplam Enterobacteriaceae sayılarında artış tespit edilmiş olup bunun konakçı ile bağırsak mikrobiyotası arasındaki dengenin bozulmasına ve mukozal

bağırsıklıkta olası değişiklikler ile enfeksiyon ve kronik inflamasyona karşı konak savunmasını zayıflatabileceği gösterilmiştir. Bu farklı diyet modellerinin etkisi Tablo 1'de gösterilmiştir (11,13).

Tablo 1: Özel diyetlerin bağırsak mikrobiyolojisi üzerindeki etkileri (11).

Table 1: Effects of special diets on intestinal microbiology (11).

Diyet	Toplam bakterileri	<i>Bifidobacteria</i>	<i>Lactobacillaria</i>	<i>Prevotella</i>	<i>Öbakteriler</i>	<i>Roseburia</i>	<i>Bacteroides</i>	<i>Enterobactena</i>
Batı	↓	↓	↓		↓		↑	↑
Akdeniz	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	
Gluten siz	↓	↓	↓	↓	↓	↓		↑

Günümüzde pek çok kişi zayıflamak veya vücut ağırlığını korumak için farklı beslenme modellerine başvurmaktadır. Bu diyetler arasında en popüler olanı da karbonhidrat alımının azaltılması ile protein alımının artırılmasının önerildiği diyet modelleridir (14). Yüksek protein / düşük karbonhidratlı diyetin mikrobiyotaya etkisini incelemek için yapılan bir çalışmada, 17 obez bireye ilk 7 gün 85 g protein, 116 g yağ ve 360 g karbonhidrat içeren normal bir diyet verilmiş, takibindeki 4 haftada ise yüksek protein/orta karbonhidrat (139 g protein, 82 g yağ, 181 g karbonhidrat) ile yüksek protein/düşük karbonhidrat (137 g protein, 143 g yağ, 22 g karbonhidrat) diyetleri verilmiş olup yüksek protein/düşük karbonhidrat diyeti alan kişilerin bağırsak mikrobiyotalarında Eubacteriumrectale, Roseburia ve dışkılarında bütiratın azaldığı saptanmıştır. Aynı zamanda çalışmanın başlamasından 4 hafta sonra protein açısından yüksek ama toplam karbonhidrat ve posa açısından

fakir diyetlerin fekal kanser koruyucu metabolitlerin anlamlı olarak azalmasına ve tehlikeli metabolit konsantrasyonlarının artmasına sebep olduğu saptanmış, bu tür diyetlere uzun süre devam etmenin kolon hastalıklarının riskini arttırabileceği önemle belirtilmiştir (15).

KARBONHİDRATLARIN MİKROBİYOTAYA ETKİSİ

Bağırsak mikrobiyotalarıyla ilgili uzun yıllara dayanan araştırmalar sonucunda, diyet substratlarının bağırsak mikrobiyota bileşimini ve onun fonksiyonel yeteneklerini değiştirmede hayati rol oynadığı ileri sürülmüştür (9). Karbonhidratlar bağırsak mikrobiyomunu modifiye etme yetenekleri nedeniyle üzerinde en fazla çalışılan diyet bileşenidir. Diyet karbonhidratlarının bağırsak mikrobiyotası üzerine etkileri kimyasal yapılarına, dolayısıyla sindirilmeden kolona ulaşip ulaşamamaları ve konağın karbonhidratı enerji kaynağı olarak

kullanabilme yeteneğine bağlıdır. İnsanlarda yapılan çalışmalarda, diyet karbonhidrat miktarının ve türünün değiştirilmesi ile bağırsak mikrobiyota kompozisyonunda ve metabolik ürünlerde hızla önemli değişikler sağlandığı kaydedilmiştir (8,16). Sindirilebilen

karbonhidratlar, ince bağırsakta enzimatik olarak parçalanır ve parçalanma sonucu, bu bileşikler glikozu kan dolaşımına bırakır ve insülin yanıtını uyarır. Tablo 2'de doğal ve yapay şekerin bağırsak mikrobiyotası üzerine etkileri gösterilmiştir (11).

Tablo 2: Doğal ve yapay şekerin bağırsak mikrobiyota üzerine etkileri (11).

Table 2: Effects of natural and artificial sugar on intestinal microbiota (11).

	Bifidobacteria	Bacteroides	Clostridia	Lactobacilli
Glukoz	↑	↓		
Fruktoz	↑	↓		
Sukroz	↑	↓		
Laktoz	↑	↓	↓	↑
Yapay tatlandırıcılar	↓	↑	↓	↓

Kolona sindirilmeden ulaşan karbonhidrat bileşenleri temel olarak nişasta olmayan polisakkaritler, dirençli nişasta ve oligosakkaritlerdir. İnce bağırsakta sindirimden kaçan bazı mono ve disakkaritler ile polyoller gibi kısa zincirli karbonhidratlar da kolona ulaşabilmektedir. Sindirilmeden kolona ulaşan karbonhidratlar kolondaki mikroorganizmalar tarafından fermente edilir. Fermantasyon sonucunda bütirat, asetat, propiyonat gibi kısa zincirli yağ asitleri açığa çıkar. Oluşan KZYA kolonda emilmektedir. Bütirat kolon epitel hücreleri için enerji kaynağı olarak kullanılırken, asetat ve propiyonat karaciğer ve perifer organlarda glukoneogenez ve lipogenez için substrat olarak kullanılmaktadırlar. Enerji kaynağı olmalarının yanında, kısa zincirli yağ asitleri, histondeasetilaz enzimini inhibe ederek kolon gen ekspresyonunu ve G-protein bağlı reseptörlerin sinyalizasyonu ile de metabolik düzenlemeyi kontrol etmektedirler. Oluşan KZYA ile aktifleşen G proteinine bağımlı reseptörleri (GPR41 ve GPR43)

bağırsak boşalmasını geciktiren peptit YY'nin salgılanmasını sağlamakta ve leptin ile GLP-1 seviyesinde artışa, nöropeptit Y seviyesinde azalmaya neden olmaktadır. Özet olarak karbonhidratlar bağırsak mikrobiyotasını etkilemekte, etkilenen bağırsak mikrobiyotası ise besinlerin emilimini ve depolanmasını arttırmaktadır (8,16). Genel olarak mikrobiyotayı kalın bağırsağa ulaşan sindirilmeyen karbonhidratların miktarı toplam karbonhidrat miktarından daha fazla etkilemektedir (13).

Diyet posasında bulunan mikrobiyotanın erişebildiği karbonhidratlar mikrobiyal ekosistemin düzenlenmesinde kritik rol oynamaktadırlar. Diyet posası geniş bir terimdir ve bu nedenle lif tüketiminin gastrointestinal mikrobiyota üzerindeki etkisi tüketilen posa türüne göre değişecektir. Polimerizasyon derecesine (örneğin zincir uzunluğu) dayanan ek alt kategorileştirme ile kökeni, kimyasal bileşimi ve fizikokimyasal özellikleri de dâhil olmak üzere bunları tarif etmek için farklı sınıflandırmalar

kullanılır. Önemli olarak, bu özelliklerin her biri mikrobiyal fermentasyonu da etkileyebilir. Kök ile ilgili olarak, bitki bazlı posa, tahıllar, meyveler, sebzeler, kabuklu yemişler ve baklagillerden elde edilen posalara ayrılabilir. Bununla birlikte, farklı bitki türlerinde bulunan posanın aynı zamanda fizikokimyasal özelliklerin yanı sıra değişken kimyasal bileşimlere de sahip olacağına belirtilmesi önemlidir. Örneğin, muz dirençli nişasta ve inülin tipi fruktanlar içerirken, elma bir pektin kaynağıdır. Dolayısıyla, bitki bazlı besinler açısından zengin diyetler, birçok farklı türde diyet posasını temin etmekte ve böylece daha çeşitli bir mikrobiyota bileşimini desteklemektedir (17). β -glukan ve pektinler, yüksek çözünürlüğe ve viskoziteye sahip olup yüksek oranda fermente olabilen posalar arasında yer alırlar (18). Bu posalar doğal olarak yulaf ve arpa (β -glukan) gibi tam tahıllarda ve elma (pektin) gibi meyvelerde bulunur. Gastrointestinal mikrobiyota ile kolayca mayalanan viskoz olmayan, çözünebilir posa, inülin, dirençli maltodekstrinler, dirençli nişasta, polidekstroz ve çözünür mısır posası içerir. İnulin tipi fruktanlar doğal olarak agav, enginar, kuşkonmaz, muz, hindiba kökü, sarımsak, soğan, pırasa ve buğdayda bulunur. Değişen botanik kökenleri ve inulin tipi fruktanların polimerizasyon derecesinin insanlarda fermentasyon profillerini etkilediği gösterilmiş olmakla birlikte, klinik çalışmalarda inulin tipi fruktanların fizyolojik yararları için kanıt sınırlıdır. Bununla birlikte, hayvan deneyleri inülin tipi posaların tüketiminin vücut ağırlığını, kan kolesterolünü ve kan glukozu konsantrasyonlarını farklı şekilde azalttığını göstermiştir. Polimerizasyon derecesine ek olarak, kompleks karbonhidratların çözünürlüğü, insan gastrointestinal kanalında fermentasyonun yerini etkiler (17).

Düşük karbonhidrat içeren diyetlerin (yaklaşık 20 g/gün), Roseburia,

Eubacteriumrectale ve Bifidobacterium gibi bütirat üreten bakterilerin kolonizasyonunu önemli oranda azalttığı ve sonuçta bütirat üretiminin de azaldığı gösterilmiştir. Diyetle posa alımının artmasının ise bağırsak mikrobiyal zenginliğini ve/veya çeşitliliğini artırdığı; ayrıca, bütirat üretimi için bakteriyal genleri artırdığı ancak sekonder safra asidi sentezi için gerekli genleri azalttığı gösterilmiştir. Diyetle uzun dönem yüksek posa alımının mikrobiyotanın enterotipini şekillendirebildiği, özellikle Prevotella kolonizasyonunu sağladığı, daha önce bahsedilen farklı coğrafyalarda yapılan gözlemsel çalışmalar ile de gösterilmiştir (8). Bağırsak mikrobiyotasının düzenlenmesinde karbonhidratların etkileri değerlendirildiğinde, diyetin prebiyotik özellik gösterebilen karbonhidratlardan zengin olması gerekmektedir. Fruktoligosakkaritler, inülin, galakto-oligosakkaritler, laktuloz, polidekstroz, ksilo-oligosakkaritler, izomalto-oligosakkaritler, soya oligosakkaritleri, laktosukroz, gentio-oligosakkaritler, alfa-gluko-oligosakkaritler, galaktomannan oligosakkaritleri, rafinoz, staçiyoz, ve dirençli nişasta bu karbonhidratlardandır. Tahıllar grubunda tam buğday, arpa, çavdar, yulaf, karabuğday ve kepekli pirinç; meyveler grubunda muz, elma, çilekler ve üzüm; sebzeler grubunda hindiba, enginar, yerelması, kuşkonmaz, kereviz, soğan, sarımsak, pırasa, domates ve hardal bitkisi; yağlı tohumlardan keten tohumu, badem, fıstık, ceviz ve zeytin bunların kaynakları arasında yer almaktadır (19,20). Bu maddelerden düşük olan bir diyetin toplam bakteri bolluğunu azalttığı gösterilmiştir (21). Öte yandan, 49 obez bireyde bu karbonhidratların yüksek alımı mikrobiyota geninin zenginliğinde bir artışa neden olmuştur (22).

Belirli bakteriyel cinsler üzerindeki etkilerine ilişkin olarak, birçok çalışma sindirilemeyen karbonhidratlardan zengin bir

diyetin en çok bağırsak bifidobakterileri ve laktik asit bakterilerini arttırdığını ileri sürmektedir. Örneğin, tam tahıl ve buğday kepeği açısından zengin olan sindirilemeyen karbonhidratlı diyetler, bağırsak Bifidobacteria ve Lactobacilli'deki artışla bağlantılıdır. Dirençli nişasta ve tam tahıllı arpa gibi diğer sindirilemeyen karbonhidratlar da Ruminococcus, E. rectale ve Roseburia'nın bolluğunu arttırmaktadır. Ek olarak, fruktooligosakkarit, polidekstroz ve arabinoooligosakkarit (AOS) bazlı prebiyotiklerin Clostridium ve Enterococcus türlerini azalttığı gözlenmiştir (11).

Finlandiya'da 40-65 yaş aralığında, metabolik sendromlu 51 katılımcı (25 erkek, 26 kadın) ile yapılan 12 haftalık bir müdahale çalışmasında, 27 katılımcı yüksek posa içerikli (%7-15) çavdar ekmeği; 24 katılımcı düşük posa içerikli (%4) rafine buğday ekmekleri tüketmişlerdir. Her iki diyet grubu arasında anlamlı bir farklılık gösterilmemiş olup metabolik sendromlu katılımcılarda tahılların kalitesinin bağırsak mikrobiyotası üzerindeki etkisinin az olduğu belirtilmiştir (23). 2014 yılında 40-65 yaş aralığında BKİ:20-35kg/m² ve tam tahıl tüketimi düşük (<24 g/gün) olan 22 erkek, 21 kadın katılımcı ile sağlıklı kişilerde artan tam tahıl tüketiminin (en az 80 g/gün) vücut kompozisyonu, kan basıncı, kan lipidleri ve bağırsak mikrobiyotasına etkisini değerlendirmek amacıyla yapılan bir çalışmada ise katılımcılara 6 hafta boyunca yüksek tam tahıllı (>80 g/gün) diyet verilmiştir. Çalışmanın sonucunda plazmada alkil resorsinol bileşikleri artarken tam tahıl alımının artmasının bağırsak mikrobiyotasında anlamlı bir etkisinin olmadığı ancak önceki müdahalelerinde tam tahıl olarak mısır, arpa ve kahverengi pirinç kullanıldığında dışkıda Bifidobacteria sayılarının arttığı saptanmıştır (24).

Tam tahıllı arpa ve kahverengi pirincin bağırsak mikrobiyotasında etkisini araştırmak için yapılan bir çalışmada ise 28 sağlıklı katılımcıya günlük 60 gram tam tahıllı arpa, 60 gram kahverengi pirinç veya ikisinin eşit karışımı (11.5 g diyet lifi) 4 haftalık müdahaleler ile verilmiştir. Tüm müdahalelerin mikrobiyal çeşitliliği, Firmicutes/Bacteroidetes oranını ve Blautia türünün miktarını arttırdığı bulunmuştur. Tam tahıllı arpa müdahalesi ile Roseburia, Bifidobacterium, Dialister, Eubacteriumrectale, Roseburiafaecis ve Roseburiaintestinalis türleri zenginleşmiş iken kahverengi pirinç müdahalesinde herhangi bir türde anlamlı bir artış gözlenmemiştir. Tam tahıllar ve özellikle arpa ile kahverengi pirinçten eşit miktarda oluşturulan karışımın plazma interlökin-6 ve tokluk kan şekeri düşürdüğü bulunmuş, Eubacteriumrectale miktarındaki değişiklikler ile glukoz ve insülinin yemek sonrası değişiklikleri ilişkilendirilmiştir. Sonuç olarak bu çalışmada tam tahılların kısa süreli alımının bağırsak mikrobiyotasında değişikliklere neden olduğu belirtilmiştir (25). Hafif konstipasyonu olan sağlıklı yetişkinlere 4 hafta boyunca günlük 12 gram inülin verilerek yapılan bir başka çalışmada inülin tüketimi ile Bifidobacterium ve Anaerostipes miktarında artış gözlenirken, Bilophila miktarında azalma meydana gelmiş ve buna bağlı olarak konstipasyonu olan bireylerde yumuşak dışkı ve yaşam kalitesinde olumlu değişiklikler olduğu bildirilmiştir. Aynı zamanda Akkermansia, Eubacterium, Faecalibacterium veya Lactobacillus popülasyonlarında inülinle ilişkili olarak anlamlı bir değişiklik gözlenmezken, bu çalışmanın sonucunda inülin tüketimi ile dışkı sıklığının anlamlı olarak arttığı belirtilmiştir (26).

Sonuç olarak; karbonhidrat ile ilgili yapılan çalışmalar, genel olarak sindirilmeyen karbonhidratların ve tam tahılların bağırsak

mikrobiyotasını daha çok etkilediğini göstermektedir. Yüksek lif ve bitkisel polisakkaritlerden zengin beslenmenin kısa zincirli yağ asitlerini ve mikrobiyal çeşitliliği anlamlı olarak arttırdığı gösterilmiştir. Ancak bazı çalışmalar tam tahılların bağırsak mikrobiyotası üzerindeki etkisinin az olduğunu belirtirken, bazı çalışmalar ise tam tahılların kısa süreli alımının bağırsak mikrobiyotasında anlamlı değişikliklere neden olduğunu gösterdiği için bu konuda daha detaylı araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

1. **Brown K, DeCoffe D, Molcan E, Gibson D. (2012):** Diet-Induced Dysbiosis of the Intestinal Microbiota and the Effects on Immunity and Disease, *Nutrients*, 4(8),1095-1119;
2. **Eckburg PB, Bik EM, Bernstein CN, Purdom E, Dethlefsen L, Sargent M, Gill SR, Nelson KE, Relman DA. (2005):** Diversity of the human intestinal microbial flora. *Science*, 308:1635-1638
3. **Varım P, Vatan MB, Varım C. (2017):** Kardiyovasküler Hastalıklar ve Mikrobiyota., *J Biotechnol and Strategic Health Res.* 1:141-147.
4. **Özdemir A, Büyüktuncer Demirel Z. (2017):** Beslenme ve Mikrobiyota İlişkisi. *J Biotechnol and Strategic Health Res.*1: 25-33.
5. **Palmer C, Bik EM, DiGiulio DB, Relman DA, Brown PO. (2007):** Development of the human infant intestinal microbiota. *PLoS biology.* 5(7):e177.
6. **Çetinbaş S, KemerizF, Göker G, Biçer İ. Velioğlu YS. (2017):** İnsan Mikrobiyomu: Beslenme ve Sağlık Üzerindeki Etkileri. *Akademik Gıda* 15(4) 409-415.
7. **Altuntaş Y, Batman A. (2017):** Mikrobiyota ve Metabolik Sendrom. *Türk Kardiyol Dern Ars*, 45(3):286-296

8. **Büyüktuncer Demirel Z. (2017):** Beslenme ve Mikrobiyota. *Tüba-Mikrobiyota ve İnsan Sağlığı Sempozyumu Raporu*, Syf:37-45
9. **Kumar M, Babaei P, Ji B, Nielsen J. (2016):** Human Gut Microbiota and Healthy Aging: Recent Developments And Future Prospective. *Nutr Healthy Aging.* 4(1): 3-16.
10. **Trichopoulou A, Costacou T, Bamia C, Trichopoulos D. (2003):** Adherence to a Mediterranean diet and survival in a Greek population. *N Engl J Med* 348:2599-608.
11. **Singh R, Chang H, Yan D, Uçmak D, Wong K, Abrouk M, Farahnik B, Nakamura M, Zhu TH, Bhutani T, Wilson Liao W. (2017):** Influence of diet on the gut microbiome and implications for human health. *J TranslMed* 15:73.
12. **De Filippo C, Cavalieri D, DiPaola M, Ramazzotti M, Poullet JB, Massart S, Collini S, Pieraccini G, Lionetti P. (2010):** Impact of Diet in Shaping Gut Microbiota Revealed by a Comparative Study in Children From Europe and Rural Africa. *Proceedings of The National Academy of Sciences* 107(33), 14691-14696.
13. **Kurt N.D, Okan Bakır B. (2018):** Diyetin Makro Besin İçeriğinin Bağırsak Mikrobiyotasına Etkisi. *Uluslararası Hakemli Beslenme Araştırmaları Dergisi Nisan Sayı: 12*
14. **Alphan E, Gürbüz B, Tatar G, Es Y, Alifakioğlu B. (2016).** Diyetler Ve Gerçekler. *Yüksek Proteinli Ve Yüksek Yağlı Diyetler*, Ankara, Türkiye: Hatiboğlu Yayınevi, Ss.273-299.
15. **Russell WR, Gratz SW, Duncan SH, Holtrop G, Ince J, Scobbie L, Duncan G, Johnstone AM, Lobley GL, Wallace RJ, Duthie GG, Flint HJ. (2011):** High-protein, Reduced Carbohydrate Weight Loss Diets Promote Metabolite Profiles Promote Metabolite Profiles Likely to be Detrimental to Colonic Health. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 93(5), 1062-1072.

- 16. Tekin T, Çiçek B, Konyalıgil N. (2018):** İntestinal Mikrobiyota ve Obezite İlişkisi. Sağlık Bilimleri Dergisi (Journal Of Health Sciences) 27 (1).
- 17. HolscherHD. (2017):** Dietary fiber and prebiotics and the gastrointestinal microbiota, [Gut Microbes](#). 8(2): 172-184
- 18. Mcorrie JW, Fahey GC. (2013):** A review of gastrointestinal physiology and the mechanisms underlying the health benefits of dietary fiber: Matching an effective fiber with specific patient needs. Clin Nurs Stud, 1:82-92
- 19. de Sousa V.M.C.,dosSantos E.F., Sgarbieri, V.C. (2011).** The Importance of Prebiotics in Functional Foods and Clinical Practice. Food and NutritionSciences2:133- 144.
- 20.** World Gastroenterology Organisation. Global Guidelines Probiotics and Prebiotics. February 2017. Erişim Tarihi: 20.05.2018 Erişim adresi: <http://www.worldgastroenterology.org/UserFiles/file/guidelines/Probiotics-and-prebiotics-English2017.pdf>
- 21. Halmos EP, Christophersen CT, Bird AR, Shepherd SJ, Gibson PR, Muir JG. (2015):** Diets that difer in their FODMAP contentalter the colonic luminal microenvironment. Gut. 64:93-100.
- 22. Cotillard A, Kennedy SP, Kong LC, Prifti E, Pons N, Le Chatelier E, Almeida M, Quinquis B, Levenez F, Galleron N, Gougis S, Rizkalla S, Batto JM, Renault P. (2013):** Dietary intervention impact on gut microbial gene richness. Nature. 500:585-8
- 23. Lappi J, Salojarvi J, Kolehmainen M, Mykkanen H, Poutanen K, De Vos WM, Salonen A. (2013):** Intake Of Whole-Grain And Fiberrich Rye Bread Versus Refined Wheat Bread Does Not Differentiate İntestinal Microbiota Composition İn Finnish Adults With Metabolic Syndrome. The Journal Of Nutrition, 143(5), 648-655.
- 24. Ampatzoglou A, Atwal KK, Maidens CM, Williams CL, Ross AB, Thielecke F, Jonnalagadda SS, Kennedy OB, Yaqoob P. (2015).** Increased Whole Grain Consumption Does Not Affect Blood Biochemistry, Body Composition, Or Gut Microbiology İn Healthy, Low-habitual whole grain consumers. The Journal of nutrition, 145(2), 215-221.
- 25. Martinez I, Lattimer JM, Hubach KL, Case JA, Yang J, Weber CG, Louk JA, Rose DJ, Kyureghian G, Peterson DA, Haub MD, Walter J. (2013):** Gut Microbiome Composition İs Linked To Whole Grain-İnduced İmmunological İmprovements. The Isme Journal, 7(2), 269-280.
- 26. Vandeputte D, Falony G, Vieira- Silva S, Wang J, Sailer M, Theis S, Verbeke K, Raes J. (2017).** Prebiotic İnulin-Type Fructans İnduce Specific Changes İn The Human Gut Microbiota. Gut2017 Nov; 66(11): 1968-1974.