

Fonksiyonel Beslenme Yaklaşımları ve Mikrobiyota İlişkisi

Esmâ Nur Bulut¹

Nurullah Demir²

Özet

Bu bölümde, insan mikrobiyotası ile fonksiyonel beslenme arasındaki çift yönlü ilişki çok boyutlu bir yaklaşımla ele alınmaktadır. İnsan vücudu, yalnızca insan hücrelerinden değil, aynı zamanda mikrobiyal hücrelerden oluşan bir süper organizma olarak tanımlanmakta; özellikle bağırsak mikrobiyotası bireyin sağlığı üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Fonksiyonel besinler, temel beslenme işlevlerinin ötesinde, içerdiği biyoaktif bileşenlerle fizyolojik süreçleri düzenleyen ve kronik hastalıkların önlenmesinde etkili olan gıdalar olarak tanımlanır. Bu bağlamda, prebiyotikler, probiyotikler ve postbiyotikler gibi mikrobiyotayı modüle eden bileşenlerin sistemik sağlık üzerindeki etkileri geniş kapsamlı olarak incelenmiştir. Bölümde ayrıca nutrigenetik ve epigenetik faktörlerin, bireyin genetik yapısına özgü beslenme yaklaşımlarının planlanmasındaki önemi vurgulanmış; fonksiyonel besinlerin gen ekspresyonu ve epigenetik mekanizmalar üzerindeki etkileri ele alınmıştır. Klinik uygulamalara yönelik vaka örnekleriyle obezite, diyabet, irritabl bağırsak sendromu ve nöropsikiyatrik bozukluklarda fonksiyonel besinlerin tamamlayıcı rolü gösterilmiştir. Sonuç olarak, mikrobiyota odaklı fonksiyonel beslenme, modern sağlık stratejilerinde önleyici ve tedavi edici bir yaklaşım olarak öne çıkmakta; bireyselleştirilmiş diyet modelleriyle entegre edildiğinde halk sağlığına yönelik sürdürülebilir çözümler sunmaktadır.

- 1 Öğr. Gör., Gıda, Tarım ve Hayvancılık MYO, Gıda İşleme Bölümü, Bingöl Üniversitesi, ORCID: 0000-0002-1740-7152, e-mail: enbulut@bingol.edu.tr
- 2 Dr. Öğr. Üyesi, Gıda, Tarım ve Hayvancılık MYO, Gıda İşleme Bölümü, Bingöl Üniversitesi, ORCID: 0000-0002-9221-7826, e-mail: ndemir@bingol.edu.tr

Giriş

İnsan vücudu, yalnızca insan hücrelerinden oluşan bir yapı olmayıp, aynı zamanda çok çeşitli mikroorganizmalarla birlikte varlığını sürdüren karmaşık bir ekosistemi temsil etmektedir. Bu bağlamda, insan vücudunda yaşayan tüm mikroorganizmaların oluşturduğu topluluğa “mikrobiyota”, bu mikroorganizmaların taşıdığı toplam genetik materyale ise “mikrobiyom” adı verilmektedir. Günümüzde insan organizması, yaklaşık olarak %10’u insan hücrelerinden, %90’ı ise mikrobiyal hücrelerden oluşan bir süperorganizma olarak tanımlanmaktadır (Belkaid & Hand, 2014; Karatay, 2019).

İnsan mikrobiyotası; başta bakteriler olmak üzere, virüsler, mantarlar ve çeşitli ökaryotik mikroorganizmaları içeren oldukça zengin ve çeşitlilik arz eden bir yapıdır. Bu mikroorganizmalar, insan sağlığı üzerinde yapısal ve işlevsel birçok etkiye sahiptir. Bu kapsamda, 2008 yılında başlatılan İnsan Mikrobiyom Projesi (Human Microbiome Project, HMP), insan mikrobiyotasını oluşturan mikroorganizmaların dağılımını, evrimsel özelliklerini ve bu dağılımı etkileyen çevresel ve genetik faktörleri incelemeyi amaçlamaktadır. Projenin temel hedeflerinden biri, insan beslenme gereksinimlerini daha iyi anlamak ve mikrobiyom temelli yaklaşımlarla gıda üretimi, tüketimi ve dağıtım süreçlerine yönelik stratejik hedefler geliştirmektir (Tuğ et al., 2002). Bugüne kadar yapılan çalışmalar sonucunda, insan mikrobiyotasında 10.000’den fazla bakteri ve mantar türü ile 3.000’i aşkın virüs türü tespit edilmiştir (Tuğ et al., 2002; Karatay, 2019).

Mikrobiyota, insan sağlığı ve hastalık durumlarında önemli roller üstlenmektedir. Sindirim sistemi, geniş yüzey alanı ve zengin besin içeriği sayesinde mikrobiyal kolonizasyon için elverişli bir ortam sunmakta olup, özellikle kolon, vücutta bulunan mikroorganizmaların %70’inden fazlasını barındırmaktadır (Whitman et al., 1998; Karatay, 2019). Bunun yanı sıra; deri, genitoüriner sistem ve solunum sistemi gibi diğer bölgeler de mikrobiyota için uygun yaşam alanlarıdır. İnsan sindirim sistemi mikrobiyotası, yaşamın çok erken dönemlerinde, hatta intrauterin dönemde şekillenmeye başlamaktadır. Bu mikrobiyal yerleşim süreci, doğum şekli, beslenme türü, çevresel maruziyetler ve genetik faktörler gibi birçok etkene bağlı olarak şekillenmekte ve bireyin yaşam boyu sağlık durumunu etkileyen önemli bir biyolojik temeli oluşturmaktadır (Karatay, 2019).

Fonksiyonel besinlerin tanımı ve sağlık üzerindeki etkileri

Günümüzde bireylerin sağlık bilincinin artması, yaşam süresinin uzaması ve kronik hastalıkların yaygınlaşması, yalnızca temel besin ihtiyaçlarını karşılayan değil, aynı zamanda sağlık üzerinde olumlu etkileri olan besinlerin

önemini artırmıştır. Bu bağlamda, fonksiyonel besinler; hem besleyici özellikleri hem de içerdiği biyoaktif bileşenler ile fizyolojik fonksiyonları destekleyen, hastalıkların önlenmesi ve sağlığın korunmasında etkili olan gıdalar olarak tanımlanmaktadır (Özkaya, 2021; Akçay & Yılmaz, 2019).

Fonksiyonel besinlerin tanımı ve sınıflandırılması

Fonksiyonel besinler, doğal formunda biyoaktif bileşen içeren ya da teknolojik işlemlerle zenginleştirilmiş gıdalar olabilir. Amerikan Diyetetik Akademisi'ne göre bu besinler üç ana grupta sınıflandırılabilir:

1. Doğal olarak biyoaktif bileşen içeren geleneksel gıdalar (ör. sebze, meyve, süt ürünleri)
2. Biyoaktif bileşenlerle zenginleştirilmiş modifiye ürünler (ör. Omega-3 ilaveli yumurta)
3. Sentezlenen besin bileşenleri (ör. prebiyotik lifler) (Crowe & Francis, 2013).

Fonksiyonel besin kavramı ilk kez 1980'lerde Japonya'da "FOSHU" yasasıyla yasal temele oturtulmuş, Avrupa'da ise FUFOSSE girişimiyle bilimsel çerçevesi çizilmiştir (Iwatani & Yamamoto, 2019; Castillo et al., 2018).

Fonksiyonel besinlerin sağlık üzerine etkileri

Fonksiyonel besinlerin düzenli tüketimi; antioksidan, antiinflamatuvar, antihipertansif, antitoksik, antialerjik, antikarsinogenik ve immünomodülatör etkiler sağlayabilmektedir (Özkaya, 2021). Bu etkiler hem bitkisel hem hayvansal kaynaklı fonksiyonel besinler aracılığıyla sağlanabilir.

Bitkisel kaynaklı fonksiyonel besinler:

Bitkisel fonksiyonel bileşenlerin başında flavonoidler, polifenoller, izoflavonlar, karotenoidler ve lignanlar yer almaktadır. Bu bileşikler; oksidatif stresi azaltarak kanser, kardiyovasküler hastalıklar, diyabet ve osteoporoz gibi kronik hastalıklara karşı koruma sağlamaktadır (Çiçek, 2016; Yalçın, 2016).

Örneğin:

- Domates, likopen içeriği sayesinde kardiyovasküler hastalık ve prostat kanserine karşı koruyucu etki sağlar (Dalbeni et al., 2018).
- Soya, izoflavonlar ve fitosteroller aracılığıyla menopoz semptomlarını azaltır, LDL kolesterolü düşürür.

- Çay, flavonoid içeriği ile antioksidan etki göstererek hipertansiyon ve osteoporoz riskini azaltır (Greyling et al., 2014).
- Zeytinyağı, oleik asit ve fenolik bileşenleri ile kalp-damar sağlığına katkı sağlar (Guasch-Ferré et al., 2014).
- Keten tohumu, lignanlar ve omega-3 içeriğiyle hormonal kanserlerde koruyucu rol oynar (Goyal et al., 2014).

Hayvansal kaynaklı fonksiyonel besinler:

Hayvansal kökenli fonksiyonel besinler arasında balık, fermente süt ürünleri ve kırmızı et öne çıkmaktadır.

- Balık ve balık yağı, omega-3 yağ asitleri sayesinde kardiyovasküler riskleri azaltır, antienflamatuvar etki gösterir (Schunck et al., 2018).
- Fermente süt ürünleri (yoğurt, kefir, peynir); probiyotik içeriği sayesinde bağırsak sağlığını destekler, kolesterolü düşürür (Bermudez-Brito et al., 2012; García-Burgos et al., 2020).
- Kırmızı et, CLA (konjuge linoleik asit) içeriğiyle yağ metabolizmasını etkileyerek obeziteye karşı koruyucu rol oynayabilir (Kaur & Das, 2011).

Fonksiyonel besinlerin, hem hastalıkların önlenmesinde hem de sağlık düzeyinin artırılmasında önemli rol oynadığı bilimsel olarak kanıtlanmıştır. Bu nedenle bireylerin bu besinleri bilinçli ve yeterli miktarda tüketmesi önerilmektedir. Ayrıca, sağlık profesyonellerinin bu konuda eğitilmesi, kamuoyunun doğru bilgilendirilmesi ve bilimsel çalışmalarla desteklenen beslenme politikalarının geliştirilmesi önem arz etmektedir (Akçay & Yılmaz, 2019; Özkaya, 2021).

Bağırsak mikrobiyotası ve sistemik sağlık ilişkisi

Fonksiyonel besinler; yalnızca temel besin öğelerini karşılamakla kalmayıp, içerdiği biyoaktif bileşenler sayesinde sağlığı koruyucu ve hastalık riskini azaltıcı etki gösteren gıdalardır (Özkaya, 2021). Bu besinler, doğal formunda aktif bileşen içerebildiği gibi, teknolojik yöntemlerle zenginleştirilmiş veya probiyotik, prebiyotik gibi bileşenlerle işlevsellik kazanmış olabilir (Crowe & Francis, 2013).

Bitkisel ve hayvansal fonksiyonel besinler

Fitokimyasallar (flavonoidler, karotenoidler, fenolik bileşikler) meyve ve sebzelerde bulunur ve özellikle oksidatif stresin baskılanmasında etkilidir (Çiçek, 2016).

Prebiyotikler (soğan, sarımsak, muz, yulaf) kolona ulaşarak faydalı bakterilerin büyümesini destekler (Al-Sheraji et al., 2013).

Fermente süt ürünleri probiyotik içeriği sayesinde bağırsak mikrobiyotasını dengeleyerek sindirim ve bağışıklık sistemlerini olumlu etkiler (García-Burgos et al., 2020).

Omega-3 içeriği yüksek deniz ürünleri kalp damar sağlığını koruyucu etkiler gösterir (Schunck et al., 2018).

Mikrobiyota ve fonksiyonel besin ilişkisi

Fonksiyonel besinlerin sağlık üzerindeki etkilerinin önemli bir kısmı bağırsak mikrobiyotası aracılığıyla gerçekleşmektedir. Mikrobiyota; bireyin doğum şekli, beslenme biçimi, çevresel etmenler ve ilaç kullanımı gibi pek çok faktörden etkilenmekte ve özellikle prebiyotik, probiyotik, sinbiyotik ve lif içeriği yüksek fonksiyonel besinlerle şekillenmektedir (Özdemir & Demirel, 2017).

Yüksek lifli diyetlerin, mikrobiyotadaki Firmicutes/Bacteroidetes oranını dengelediği, probiyotiklerin ise Lactobacillus ve Bifidobacterium türlerinin sayısını artırarak bağırsak sağlığını iyileştirdiği gösterilmiştir (Dao & Clément, 2018). Özellikle obez bireylerde mikrobiyota dengesizliği (disbiyozis), inflamasyonun artmasına ve metabolik bozukluklara neden olabilir (Isolauri, 2017).

Fonksiyonel besinlerin obezite üzerindeki rolü

Fonksiyonel besinler obezite ile mücadelede önemli bir destekleyici unsur olarak görülmektedir. Lif içeriği yüksek, prebiyotik ve probiyotik besinler mikrobiyotayı düzenleyerek yağ metabolizmasını etkileyebilir. Ayrıca, bazı çalışmalarda, sinbiyotiklerin (prebiyotik + probiyotik kombinasyonu) obezite tedavisinde daha etkili olabileceği gösterilmiştir (Davis, 2016). Bariatrik cerrahi ve fekal transplantasyon gibi müdahaleler de mikrobiyotayı yeniden şekillendirerek kilo kontrolüne yardımcı olabilmektedir (Uzdil & Saka, 2018).

Prebiyotik, probiyotik ve postbiyotik beslenme stratejileri

Günümüzde fonksiyonel beslenme yaklaşımları içerisinde prebiyotik, probiyotik ve postbiyotik bileşenlerin sağlık üzerindeki etkileri giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bu stratejiler, sadece sindirim sağlığını değil, aynı zamanda metabolik hastalıklar, bağışıklık sistemi ve hatta cilt sağlığı gibi birçok alanda da olumlu sonuçlar doğurmaktadır (Tomasik & Tomasik, 2020).

Probiyotikler

Probiyotikler, yeterli miktarda alındığında konakçıya sağlık yararı sağlayan canlı mikroorganizmalardır. En sık kullanılan probiyotik mikroorganizmalar arasında *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* ve bazı maya türleri yer almaktadır. Probiyotiklerin faydaları yalnızca gastrointestinal sistemle sınırlı kalmayıp, cilt, ürogenital sistem ve hava yollarında da etkili olabilecekleri gösterilmiştir. Güncel araştırmalar, probiyotiklerin obezite, tip 2 diyabet, irritabl bağırsak sendromu, atopik dermatit ve bazı karaciğer hastalıkları gibi sistemik rahatsızlıkların önlenmesi veya yönetilmesinde etkili olabileceğini ortaya koymuştur (Hill et al., 2014).

Prebiyotikler

Geleneksel tanımında prebiyotikler; gastrointestinal mikrobiyotayı olumlu yönde etkileyen, konakçı tarafından sindirilemeyen bileşiklerdir. Ancak ISAPP tarafından 2016'da yapılan güncellemeyle bu tanım, vücutta herhangi bir bölgede mikrobiyotayı seçici olarak uyararak sağlık yararı sağlayan substratlar olarak genişletilmiştir (Gibson et al., 2017).

Prebiyotik bileşenler arasında inülin, fruktooligosakkaritler (FOS), galaktooligosakkaritler (GOS), dirençli nişasta, beta-glukanlar ve bazı polifenoller bulunmaktadır. Özellikle tahıl kaynaklı prebiyotikler (arpa, yulaf, mısır) çözünür ve çözünmez lifler, FOS ve GOS içeriği sayesinde hem bağırsak florasını desteklemekte hem de glisemik kontrol ve kolesterol regülasyonunda etkili olmaktadır. Ayrıca bu tür liflerin Firmicutes/Bacteroidetes dengesini düzelttiği ve obezite riskini azalttığı da gösterilmiştir (Gibson et al., 2017).

Postbiyotikler

Postbiyotikler, probiyotiklerin fermentasyonu sonucunda oluşan ve doğrudan biyolojik aktivite gösteren bileşiklerdir. Bunlar arasında organik asitler (laktik asit), enzimler, bakteriyel hücre duvarı bileşenleri, peptitler, kısa zincirli yağ asitleri (SCFA) ve vitaminler yer almaktadır. Postbiyotiklerin antiinflamatuvar, immunmodülatör, antihipertansif ve antioksidan etkileri olduğu bildirilmiştir (Aguilar-Toala et al., 2018).

Tahıl kaynaklarının laktik asit bakterileriyle (LAB) fermentasyonu sonucunda elde edilen postbiyotik ürünler, B grubu vitaminlerin (B1, B2, B3, B9, B12) biyoyararlılığını artırmakta ve bazı mineral (Fe, Zn, Ca) emilimlerini de desteklemektedir (Capozzi et al., 2012). Ayrıca, çölyak hastalarında zararlı gliadin peptitlerinin LAB fermentasyonu ile etkisizleştirilmesi yönünde olumlu sonuçlar alınmıştır (Sarno et al., 2014).

Beslenme stratejilerinde uygulama örnekleri

Gastrointestinal sistem: Bifidobacterium lactis Bb-12 ile fermente edilmiş yulaf bazlı ürünlerin bağırsağa kolonize olduğu ve akut gastroenterit süresini kısalttığı bildirilmiştir.

Cilt sağlığı: FOS, beta-glukan gibi prebiyotikler cilt pH'ını dengeleyerek dermatolojik hastalıklara karşı koruyuculuk sağlar.

Ürogenital sistem: Prebiyotiklerin ağız yoluyla alınması, vajinal ve üriner sistem mikrobiyotasını dolaylı yoldan olumlu etkileyebilir.

Metabolik hastalıklar: Prebiyotik lif ve polifenol açısından zengin tahıl ve sebze bazlı diyetler HbA1c, LDL-kolesterol ve vücut yağ oranında düşüş sağlamaktadır.

Metabolik hastalıklar, günümüzde halk sağlığı açısından ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Bu hastalıklar arasında obezite, tip 2 diyabet, hipertansiyon ve karaciğer yağlanması gibi bozukluklar yer almaktadır. Son dönem araştırmalar, bu hastalıkların ortaya çıkışında bağırsak mikrobiyotasındaki dengesizliklerin (disbiyozis) önemli rol oynadığını göstermektedir (Li et al., 2021). Bu bağlamda prebiyotik, probiyotik, sinbiyotik ve postbiyotikler (PPSP); bağırsak mikrobiyotasını modüle ederek metabolik hastalıkların önlenmesinde ve tedavisinde umut vadeden stratejiler arasında yer almaktadır.

Probiyotikler, yeterli miktarda alındığında konakçı sağlığına fayda sağlayan canlı mikroorganizmalardır. Lactobacillus ve Bifidobacterium türleri en yaygın kullanılan probiyotiklerdendir. Bu mikroorganizmalar, obezite ve insülin direnci üzerinde olumlu etkilere sahiptir. Örneğin, çoklu canlı suş içeren probiyotik kombinasyonları, tekli liyofilize (dondurularak kurutulmuş) suşlara kıyasla daha güçlü anti-obezite etkileri göstermektedir (Li et al., 2021).

Ayrıca, probiyotiklerin bağırsak bariyer fonksiyonunu iyileştirdiği, inflamatuvar sitokinleri azalttığı ve GLP-1, IL-10 gibi metabolik regülasyonu sağlayan proteinlerin ifadesini artırdığı gösterilmiştir. Laktik asit bakterileri, barsakta Akkermansia, Lactobacillus, Bifidobacterium gibi yararlı mikroorganizmaların çoğalmasını teşvik ederken, Yersinia gibi zararlı bakterilerin büyümesini engelleyebilir.

Probiyotikler, sindirilmeyen karbonhidratlar olup faydalı bakterilerin çoğalmasını teşvik eder. İnülin, oligofruktoz, dirençli nişasta ve polisakkaritler gibi prebiyotikler, kısa zincirli yağ asitleri (SCFA) üretimini artırarak glukoz ve lipid metabolizmasını iyileştirir (Li et al., 2021).

Örneğin, mısır nişastasından elde edilen dirençli dekstrin, Akkermansia ve Prevotella türlerinin artmasına neden olarak insülin duyarlılığını ve karaciğer yağlanması azaltabilir. Benzer şekilde, sarımsak ve arpa gibi besinlerde bulunan prebiyotikler Firmicutes/Bacteroidetes oranını dengeleyerek obezite riskini azaltabilir.

Postbiyotikler, canlı mikroorganizmaların metabolik ürünleri veya inaktif formlarıdır. En bilinen postbiyotiklerden biri olan butirat, barsak epitel bariyerini güçlendirir, inflamasyonu azaltır ve bağışıklık sistemini düzenler. Ayrıca muramil dipeptit gibi bileşenlerin, *NOD2-IRF4* yollarını aktive ederek insülin direncini hafiflettiği gösterilmiştir (Li et al., 2021). Postbiyotikler, doğrudan metabolik yanıtları düzenlemenin yanı sıra, *AMPK*, *TLR2*, *GPR43* gibi hücrel sinyal yollarını aktive ederek enerji homeostazında rol oynarlar.

Bireyselleştirilmiş diyet modelleri: Genetik ve epigenetik etkileşim

Günümüzde kronik hastalıkların önlenmesi ve yönetiminde bireye özgü beslenme yaklaşımları öne çıkmaktadır. Bu doğrultuda gelişen bireyselleştirilmiş diyet modelleri, bireyin genetik yapısı, epigenetik profili, yaşam tarzı ve mikrobiyota kompozisyonu gibi birçok biyolojik ve çevresel faktörü dikkate alarak sağlık odaklı, etkili bir beslenme planı oluşturmayı amaçlamaktadır (Ordovas et al., 2018).

Nutrigenetik: Genetik varyasyonlara dayalı beslenme

Nutrigenetik, bireyin genetik varyasyonlarına göre besin öğelerine verdiği biyolojik yanıtı inceleyen bir bilim dalıdır. Örneğin:

-FTO geni taşıyan bireylerde yüksek yağlı beslenme, obezite gelişme riskini artırabilir.

-MTHFR genindeki polimorfizmler folat metabolizmasını etkileyerek homosistein düzeylerini artırabilir, bu da kardiyovasküler hastalık riskini yükseltir (Corella & Ordovas, 2009).

Bu gibi varyasyonlara dayalı olarak geliştirilen diyet planları, bireyin genetik eğilimlerine uygun makro ve mikro besin dengesini hedefler.

Nutrigenomik ve epigenetik: Besinlerin gen ifadesi üzerindeki etkileri

Nutrigenomik, besin bileşenlerinin gen ekspresyonu üzerindeki etkilerini araştırırken; epigenetik, DNA dizisini değiştirmeksizin genlerin açılıp kapanmasını etkileyen mekanizmaları inceler (ör. DNA metilasyonu, histon modifikasyonları, miRNA'lar) (Mathers, 2017).

Bazı önemli bulgular:

-Polifenoller, DNA metiltransferazlarını inhibe ederek tümör baskılayıcı genlerin ifadesini artırabilir.

-Folat, B12, kolin gibi besinler metil donörü olarak görev yaparak metilasyon dengesini etkileyebilir (Zeisel, 2009).

-Anne beslenmesi, fetal dönemde epigenetik düzenlemeleri etkileyerek yaşam boyu hastalık riskini programlayabilir (Burdge & Lillycrop, 2010).

Epigenetik diyet yaklaşımları ve hastalıklarla ilişki

Epigenetik mekanizmalar; obezite, tip 2 diyabet, kanser ve kardiyovasküler hastalıklar gibi kronik hastalıkların gelişiminde önemli rol oynar. Bu nedenle bireylerin epigenetik profilleri dikkate alınarak hazırlanan diyetler, hastalık risklerinin azaltılmasında daha etkili sonuçlar verebilir.

Örneğin:

-Akdeniz diyeti, epigenetik düzeyde antiinflamatuvar gen ekspresyonunu destekler (Barbaresko et al., 2013).

-Ketojenik diyet, histon asetilasyonunu etkileyerek nöroprotektif genlerin ekspresyonunu artırabilir (Newman & Verdin, 2014).

Geleceğin diyet modelleri: Kişiselleştirilmiş, çok katmanlı ve veri tabanlı

Bireyselleştirilmiş beslenme, sadece genetik veriye değil; epigenetik işaretlere, mikrobiyota yapısına, kan parametrelerine, fiziksel aktiviteye ve çevresel maruziyetlere göre de şekillenmelidir. Bu kapsamda kullanılan teknolojiler:

- Genom ve epigenom analizi
- Mikrobiyom profillemesi
- Dijital sağlık takibi (giyilebilir teknolojiler)
- Yapay zekâ destekli beslenme algoritmaları

Bu verilerin bir araya getirilmesiyle geliştirilen modeller, kişiye özel diyet reçeteleri oluşturmayı ve bireysel hastalık risklerinin önlenmesini mümkün kılmaktadır (Zeevi et al., 2015).

Fonksiyonel beslenmede klinik uygulamalar ve vaka örnekleri

Günümüzde beslenme bilimi, yalnızca temel enerji ve besin ögesi gereksinimlerini karşılamanın ötesine geçerek, hastalıkların önlenmesi ve tedavisinde aktif rol alan fonksiyonel besinlerin kullanımına yönelmiştir.

Fonksiyonel besinler, fizyolojik etkileri kanıtlanmış bileşenleri sayesinde sağlık durumunu iyileştirme, bağışıklık sistemini güçlendirme ve hastalık riskini azaltma amacıyla kullanılmaktadır (Diplock et al., 1999; Gülşen & Bulut, 2021). Klinik uygulamalarda, bu besinlerin bireysel hastalık tablolarına uygun şekilde değerlendirilmesi önemlidir.

Fonksiyonel beslenmenin klinik uygulama alanları

a) Gastrointestinal sistem hastalıkları

Fonksiyonel besinler, özellikle prebiyotik ve probiyotik içerikleri sayesinde bağırsak mikrobiyotasının dengelenmesinde önemli rol oynar. İrritabl Bağırsak Sendromu (IBS) olan bireylerde probiyotik içeren yoğurt, kefir ve sinbiyotik takviyeler gastrointestinal semptomları azaltabilir (Ford et al., 2014). Çölyak hastalığında, glütensiz fonksiyonel tahıllar (ör. kinoa, amarant) ve fermente gıdalar inflamasyonu azaltmaya yardımcı olabilir (Sarno et al., 2014).

b) Kardiyometabolik hastalıklar

Fonksiyonel gıdaların hipokolesterolemik, antihipertansif ve glisemik kontrol sağlayıcı etkileri klinik uygulamalarda sıklıkla kullanılmaktadır: Omega-3 yağ asitleri, trigliserid düzeylerini düşürür ve kalp ritmini düzenler (Schwingshackl & Hoffmann, 2014). Beta-glukan içeren yulaf ve arpa, LDL kolesterolü düşürürken insülin duyarlılığını artırır. Zeytinyağı ve polifenol bakımından zengin Akdeniz diyeti, hipertansiyon ve tip 2 diyabet yönetiminde kullanılmaktadır (Estruch et al., 2018).

c) Onkoloji

Fonksiyonel bileşenlerin antikarsinogenik özellikleri nedeniyle onkolojik hastalarda destekleyici olarak kullanılmaktadır: Likopen (domates) ve izotiyosiyanat (brokoli, lahan) gibi fitokimyasallar, hücre döngüsünü regüle eder ve tümör baskılayıcı genlerin ekspresyonunu destekler (Vauzour et al., 2010). Fermente gıdalar, kemoterapi sonrası oluşabilecek bağırsak toksisitesine karşı koruyucu olabilir.

d) Nörolojik ve psikiyatrik hastalıklar

Fonksiyonel besinler beyin-gut eksenini üzerinden nörolojik sağlığı da etkiler: Triptofan ve B12 vitamini içeren gıdalar, serotonin üretimi ve nörotransmitter dengesi için önemlidir. Probiyotik takviyeler, depresyon, anksiyete ve bilişsel fonksiyon bozukluklarında potansiyel terapötik ajanlar olarak araştırılmaktadır (Wallace & Milev, 2017).

Klinik uygulamalarda vaka örnekleri

Vaka 1: Obezite ve mikrobiyota odaklı müdahale

30 yaşında, BMI 33 olan bir kadın hastada mikrobiyota analizi yapılmış ve Firmicutes/Bacteroidetes oranında bozulma saptanmıştır. Hastaya yüksek lifli diyet, prebiyotik içeren arpa ve soğan gibi gıdalar, probiyotik destek (L. rhamnosus GG) ve düzenli fiziksel aktivite önerilmiştir. 12 haftalık takipte BMI 30'a düşmüş, glikoz toleransı iyileşmiş ve CRP düzeyinde azalma gözlenmiştir (Dao & Clément, 2018).

Vaka 2: Tip 2 Diyabet ve fonksiyonel karbonhidratlar

Tip 2 diyabet tanılı 55 yaşındaki bir erkek hastaya, glisemik indeks kontrolü amacıyla yulaf bazlı beta-glukan içeren fonksiyonel gıdalar, keten tohumu ve sirke ilaveli salatalar önerilmiştir. 3 aylık takipte HbA1c %7,2'den %6,5'e düşmüş, ilaç dozlarında azaltma yapılmıştır (Johnston et al., 2010).

Vaka 3: İBS tanılı bireyde probiyotik uygulama

35 yaşındaki kadın hasta, şişkinlik, ishal ve karın ağrısı şikayetleriyle başvurmuştur. Düşük FODMAP diyetine ek olarak günlük probiyotik (B. infantis 35624) desteği verilmiş; 6 hafta içinde semptomlarda %60 azalma bildirilmiştir (Whorwell et al., 2006).

Sonuç

Fonksiyonel beslenme yaklaşımları, modern beslenme biliminin temel paradigmasını değiştirerek bireyin sağlık durumuna, genetik ve epigenetik yapısına, mikrobiyota profiline ve metabolik ihtiyaçlarına göre özelleştirilmiş bir beslenme modelini gündeme getirmiştir. Özellikle prebiyotik, probiyotik ve postbiyotik bileşenlerin yer aldığı fonksiyonel gıdalar, gastrointestinal sistemin ötesinde bağışıklık, kardiyometabolik sağlık, nöropsikiyatrik denge ve hatta gen ekspresyonu üzerinde etkili olabilecek potansiyele sahiptir.

Bağırsak mikrobiyotası ile fonksiyonel beslenme arasındaki karşılıklı etkileşim, bu alanın en dikkat çekici boyutlarından birini oluşturmaktadır. Mikrobiyota, bireyin tükettiği besinleri metabolize ederek biyoaktif bileşikler (örneğin kısa zincirli yağ asitleri, nörotransmitter öncüleri, vitaminler) üretmekte; aynı zamanda bu besin bileşenleri mikrobiyotanın çeşitliliğini ve kompozisyonunu doğrudan etkilemektedir. Prebiyotik lifler, polifenoller, fermente ürünler ve sinbiyotik takviyeler, bu etkileşimi olumlu yönde düzenleyen temel bileşenler arasında yer almaktadır.

Klinik uygulamalarda ise fonksiyonel besinlerin, obezite, tip 2 diyabet, irritabl bağırsak sendromu, dislipidemi ve bazı nörolojik bozuklukların

yönetiminde destekleyici bir araç olarak kullanıldığı çok sayıda vaka ve araştırma ile gösterilmiştir. Ayrıca nutrigenetik ve epigenetik veriler ışığında bireyselleştirilmiş diyetlerin planlanması, fonksiyonel beslenmenin hastalıkların önlenmesi ve sağlığın sürdürülmesindeki etkinliğini artırmaktadır.

Sonuç olarak, fonksiyonel beslenme ve mikrobiyota ilişkisini merkeze alan bütüncül yaklaşımlar, önleyici ve tedavi edici sağlık stratejilerinin önemli bir parçası haline gelmiştir. Gelecekte, mikrobiyota profillemesi, genetik analizler ve dijital takip sistemleri ile desteklenen kişiselleştirilmiş fonksiyonel diyet uygulamalarının, klinik beslenme pratiğinde daha yaygın ve etkili biçimde yer alması beklenmektedir.

Kaynaklar

- Aguilar-Toala, J. E., Garcia-Varela, R., Garcia, H. S., Mata-Haro, V., González-Córdova, A. F., Vallejo-Cordoba, B., & Hernández-Mendoza, A. (2018). Postbiotics: An evolving term within the functional foods field. *Trends in Food Science ve Technology*, 75, 105–114. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.03.009>
- Akçay, B., & Yılmaz, H. Ö. (2019). Bazı fonksiyonel besinlerin sağlık üzerindeki koruyucu etkileri. *Ankara Sağlık Bilimleri Dergisi*, 8(2), 9–17.
- Al-Sheraji, S. H., Ismail, A., Manap, M. Y., Mustafa, S., Yusof, R. M., & Hassan, F. A. (2013). Prebiotics as functional foods: A review. *Journal of Functional Foods*, 5(4), 1542–1553. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.08.009>
- Barbaresko, J., Koch, M., Schulze, M. B., & Nöthlings, U. (2013). Dietary pattern analysis and biomarkers of low-grade inflammation: a systematic literature review. *Nutrition Reviews*, 71(8), 511–527. <https://doi.org/10.1111/nure.12035>
- Belkaid, Y., & Hand, T. W. (2014). Role of the microbiota in immunity and inflammation. *Cell*, 157(1), 121–141. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2014.03.011>
- Bermudez-Brito, M., Plaza-Díaz, J., Muñoz-Quezada, S., Gómez-Llorente, C., & Gil, A. (2012). Probiotic mechanisms of action. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 61(2), 160–174. <https://doi.org/10.1159/000342079>
- Burdge, G. C., & Lillycrop, K. A. (2010). Nutrition, epigenetics, and developmental plasticity: Implications for understanding human disease. *Annual Review of Nutrition*, 30, 315–339. <https://doi.org/10.1146/annurev.nutr.012809.104751>
- Capozzi, V., Russo, P., Duenas, M. T., López, P., & Spano, G. (2012). Lactic acid bacteria producing B-group vitamins: A great potential for functional cereals products. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 96, 1383–1394. <https://doi.org/10.1007/s00253-012-4440-2>
- Castillo, M., Iriondo-DeHond, A., & Martirosyan, D. M. (2018). Are functional foods essential for sustainable health? *Annals of Nutrition and Food Science*, 2(1), 1015.
- Corella, D., & Ordovas, J. M. (2009). Nutrigenomics in Cardiovascular Medicine. *Circ Cardiovasc Genet*, 2, 637–651. DOI: 10.1161/CIRCGENETICS.109.891366
- Crowe, K. M., & Francis, C. (2013). Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: Functional foods. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 113(8), 1096–1103. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2013.06.002>
- Çiçek, B. (2016). Fitokimyasallar ve immün sistem. *Türkiye Klinikleri Beslenme ve Diyetetik*, 2(2), 36–41.
- Dalbeni, A., Treggiari, D., Tagetti, A., Bevilaqua, M., Bonafini, S., Montagnana, M., ... & Fava, C. (2018). Positive effects of tomato paste on vascular

- function after a fat meal in male healthy subjects. *Nutrients*, 10(9), 1310. DOI: 10.3390/nu10091310
- Dao, M. C., & Clément, K. (2018). Gut microbiota and obesity: Concepts relevant to clinical care. *European journal of internal medicine*, 48, 18-24. Doi: 10.1016/j.cjim.2017.10.005
- Davis, C. D. (2016). The gut microbiome and its role in obesity. *Nutrition Today*, 51(4), 167–174. DOI: 10.1097/NT.0000000000000167
- Diplock, A. T., Aggett, P. J., Ashwell, M., Bornet, F., Fern, E. B., & Roberfro-
id, M. B. (1999). Scientific concepts of functional foods in Europe: Con-
sensus document. *British Journal of Nutrition*, 81(S1), 1–27. <https://doi.org/10.1017/S0007114599000471>
- Estruch, R., Ros, E., Salas-Salvadó, J., Covas, M. I., Corella, D., Arós, F., ... & Martínez-González, M. A. (2018). Primary prevention of cardiovascular disease with a Mediterranean diet supplemented with extra-virgin olive oil or nuts. *New England journal of medicine*, 378(25), e34. <https://doi.org/10.1056/NEJMoal800389>
- Ford, A. C., Harris, L. A., Lacy, B. E., Quigley, E. M. M. & Moayyedi, P. (2018). Systematic review with meta-analysis: the efficacy of prebiotics, probiotics, synbiotics and antibiotics in irritable bowel syndrome. *Alimentary Pharmacology and Therapeutics*, 348, g1697. <https://doi.org/10.1111/apt.15001>
- García-Burgos, M., Moreno-Fernández, S., Alférez, M. J. M., Díaz-Castro, J., & López-Aliaga, I. (2020). New perspectives in fermented dairy products and their health relevance. *Journal of Functional Foods*, 72, 104059. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.104059>
- Gibson, G. R., Hutkins, R., Sanders, M. E., Prescott, S. L., Reimer, R. A., Salminen, S. J., ... & Reid, G. (2017). Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. *Nature reviews Gastroenterology & hepatology*, 14(8), 491-502. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2017.75>
- Goyal, A., Sharma, V., Upadhyay, N., Gill, S., & Sihag, M. (2014). Flax and flaxseed oil: An ancient medicine and modern functional food. *Journal of Food Science and Technology*, 51(9), 1633–1653. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1247-9>
- Greyling, A., Ras, R. T., Zock, P. L., Lorenz, M., & Hopman, M. T. (2014). The effect of black tea on blood pressure: A systematic review with meta-analysis of randomized controlled trials. *PLOS ONE*, 9(7), e103247. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0103247>
- Guasch-Ferré, M., Hu, F. B., Martínez-González, M. A., Fitó, M., Bulló, M., & Salas-Salvadó, J. (2014). Olive oil intake and risk of cardiovascular di-

- sease and mortality in the PREDIMED Study. *BMC Medicine*, 13, 123. <http://www.biomedcentral.com/1741-7015/12/78>
- Gülşen, M., & Bulut, S. (2021). Fonksiyonel gıdaların sağlık üzerine etkileri. *Beslenme ve Diyetetik Dergisi*, 49(2), 123–130.
- Hill, C., Guarner, F., Reid, G., Gibson, G. R., Merenstein, D. J., Pot, B., ... & Sanders, M. E. (2014). The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. *Nature reviews Gastroenterology & hepatology*, 11(8), 506-514. <https://doi.org/10.1038/nrgastro.2014.66>
- Isolauri, E. (2017). Microbiota and obesity. In J. Versalovic (Ed.), *Functional aspects in health and disease* (pp. 95–106). Elsevier.
- Iwatani, S., & Yamamoto, N. (2019). Functional food products in Japan: A review. *Food Science and Human Wellness*, 8(2), 96–101. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2019.03.011>
- Johnston, C. S., Kim, C. M., & Buller, A. J. (2010). Vinegar ingestion at mealtime reduced fasting blood glucose concentrations in healthy adults at risk for type 2 diabetes. *Journal of Functional Foods*, 2(1), 23–27. DOI: 10.1016/j.jff.2013.08.003
- Karatay, E. (2019). Mikrobiyata, probiyotik ve prebiyotikler. *Anadolu Güncel Tıp Dergisi*, 1(3), 68-71. <https://doi.org/10.38053/agtd.529392>
- Kaur, S., & Das, M. (2011). Functional foods: An overview. *Food Science and Biotechnology*, 20(4), 861–875. <https://doi.org/10.1007/s10068-011-0121-7>
- Li, H. Y., Zhou, D. D., Gan, R. Y., Huang, S. Y., Zhao, C. N., Shang, A. O., ... & Li, H. B. (2021). Effects and mechanisms of probiotics, prebiotics, synbiotics, and postbiotics on metabolic diseases targeting gut microbiota: A narrative review. *Nutrients*, 13(9), 3211. <https://doi.org/10.3390/nut13093211>
- Mathers, J. C. (2017). Nutrigenomics in the modern era. *Proceedings of the Nutrition Society*, 76(3), 265–275. DOI: 10.1017/S002966511600080X
- Newman, J. C., & Verdin, E. (2014). Ketone bodies as signaling metabolites. *Trends in Endocrinology and Metabolism*, 25(1), 42–52. <https://doi.org/10.1016/j.tem.2013.09.002>
- Ordovas, J. M., Ferguson, L. R., Tai, E. S., & Mathers, J. C. (2018). Personalised nutrition and health. *BMJ*, 361, k2173. <https://doi.org/10.1136/bmj.k2173>
- Özdemir, A., & Demirel, B. (2017). Beslenme ve mikrobiyota ilişkisi. *Journal of Biotechnology and Strategic Health Research*, 1, 25–33.
- Özkaya, Ş. Ö. (2021). Yaşam kalitesi ve fonksiyonel besinler. *Fenerbahçe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 1(1), 62–68.
- Sarno, M., Lania, G., Cuomo, M., Nigro, F., Passannanti, F., Budelli, A., ... & Nanayakkara, M. (2014). *Lactobacillus paracasei* CBA L74 in-

- terferes with gliadin peptides entrance in Caco-2 cells. *International Journal of food sciences and nutrition*, 65(8), 953-959. DOI: 10.3109/09637486.2014.940283
- Schunck, W. H., Konkel, A., Fischer, R., & Weylandt, K. H. (2018). Therapeutic potential of omega-3 fatty acid-derived epoxyeicosanoids in cardiovascular and inflammatory diseases. *Pharmacology ve Therapeutics*, 183, 177–204. 10.1016/j.pharmthera.2017.10.016
- Schwingshackl, L., & Hoffmann, G. (2014). Monounsaturated fatty acids, olive oil and health status: A systematic review and meta-analysis of cohort studies. *British Journal of Nutrition*, 112(5), 761–770. DOI: 10.1186/1476-511X-13-154
- Tomasik, P., & Tomasik, P. (2020). Probiotics, non-dairy prebiotics and postbiotics in nutrition. *Applied Sciences*, 10(4), 1470. <https://doi.org/10.3390/app10041470>
- Tuğ, A., Hancı, İ. H., & Balseven, A. (2002). İnsan genom projesi: Umut mu, kabus mu? *Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi*, 11, 56–57.
- Uzdil, Z., & Saka, M. (2018). Bariatrik cerrahi uygulamalarının mikrobiyota üzerine etkileri. *Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 1(1), 38–44.
- Vauzour, D., Rodriguez-Mateos, A., Corona, G., Oruna-Concha, M. J., & Spencer, J. P. (2010). Polyphenols and human health: Prevention of disease and mechanisms of action. *Nutrients*, 2(11), 1106–1131. <https://doi.org/10.3390/nu2111106>
- Wallace, C. J., & Milev, R. (2017). The effects of probiotics on depressive symptoms in humans: a systematic review. *Annals of general psychiatry*, 16, 1-10. doi: 10.1186/s12991-017-0138-2
- Whitman, W. B., Coleman, D. C., & Wiebe, W. J. (1998). Prokaryotes: The unseen majority. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95(12), 6578–6583. <https://doi.org/10.1073/pnas.95.12.6578>
- Whorwell, P. J., Altringer, L., Morel, J., Bond, Y., Charbonneau, D., O'Mahony, L., & Kiely, B. (2006). Efficacy of an encapsulated probiotic *Bifidobacterium infantis* 35624 in women with irritable bowel syndrome. *Gut*, 55(3), 367–373. <https://doi.org/10.1136/gut.2005.074112>
- Yalçın, H. (2016). Beslenme ve diyetetik açısından fonksiyonel bileşenler. *Türkiye Klinikleri*, 4(2), 20–25.
- Zeevi, D., Korem, T., Zmora, N., Israeli, D., Rothschild, D., Weinberger, A., ... & Segal, E. (2015). Personalized nutrition by prediction of glycemic responses. *Cell*, 163(5), 1079-1094. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2015.11.001>
- Zeisel, S. H. (2009). Importance of methyl donors during reproduction. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 89(2), 673S–677S. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2008.26811D>