

Beslenme Biyokimyası: Fonksiyonel Gıdalar ve Biyolojik Etkinlikleri

Sema Kaptanoğlu¹

Fatma Calayır²

Ali Rıza Kul³

Özet

Bu bölümde, fonksiyonel gıdaların biyokimyasal temelleri, sağlık üzerindeki etkileri ve geliştirilmesine yönelik yenilikçi yaklaşımlar disiplinler arası bir bakış açısıyla ele alınmıştır. Fonksiyonel gıdalar; sadece temel beslenmeyi sağlamakla kalmayıp, içerdiği biyoaktif bileşenler aracılığıyla fizyolojik işlevleri destekleyen ve kronik hastalıkların önlenmesine katkı sağlayan ürünler olarak öne çıkmaktadır. Probiyotikler, prebiyotikler, sinbiyotikler, diyet lifleri, antioksidanlar, esansiyel yağ asitleri, fitokimyasallar ve fenolik bileşikler gibi çok sayıda bileşenin sağlık üzerindeki biyolojik etkinlikleri açıklanmıştır. Ayrıca 3B yazıcı teknolojisi, vakumlu emdirme, gıda atıklarının değerlendirilmesi, nutrigenomik ve tersine mühendislik gibi çağdaş üretim yöntemlerinin fonksiyonel gıdaların geliştirilmesinde sunduğu olanaklara değinilmiştir. Klinik ve epidemiyolojik çalışmaların ışığında, fonksiyonel gıdaların bağışıklık, kardiyovasküler sağlık, sindirim sistemi ve obezite gibi alanlarda koruyucu etkileri vurgulanmış; bu alandaki yasal düzenlemeler ve tüketici davranışları da değerlendirilmiştir. Fonksiyonel gıdaların beslenme stratejilerindeki rolü giderek önem kazanmakta olup, sağlık politikalarının ayrılmaz bir parçası haline gelmektedir.

- 1 Dr. Öğr. Üyesi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, semakaptanoglu@yyu.edu.tr, 0000-0002-5614-7496
- 2 Afyonkarahisar Gazi Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, fatma.calayir27@gmail.com, 0000-0001-7995-6045
- 3 Dr. Öğretim Üyesi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, alirizakul@yyu.edu.tr, 0000-0001-9331-775X

1. Giriş

Bireyin yaşamını sürdürebilmesi için beslenme temel bir gereksinimdir. Beslenme sadece karın doyurma eylemi değildir; yaşamın devamı, büyüme ve gelişme, fiziksel aktivitelerin gerçekleştirilmesi, üreme fonksiyonlarının sürdürülmesi ve sağlığın korunması için dışarıdan uygun besinlerin alınmasıdır (Ersoy, 2011).

Vücudun sağlıklı işleyişi, yenilenmesi ve büyümesi için gereken besin öğelerinin yeterli miktarda alınması ve doğru şekilde değerlendirilmesine “yeterli ve dengeli beslenme” denir. Bu öğeler ihtiyaç duyulan seviyede alınmadığında, enerji eksikliği ve dokuların yenilenememesi nedeniyle “yetersiz beslenme” ortaya çıkar. Öte yandan, gereğinden fazla besin alımı, fazla besin öğelerinin vücutta yağ olarak depolanmasına yol açarak sağlık sorunlarına neden olur; bu durum ise “dengesiz beslenme” olarak tanımlanır. Ayrıca, yeterince beslenilse bile yanlış besin seçimi veya uygunsuz pişirme yöntemleri nedeniyle bazı besin öğelerinin alınamaması da benzer şekilde sağlık problemlerine sebep olur. Bu durum da yine dengesiz beslenmeye işaret eder (Çakırcalı, 1998; Baysal, 2010). Günümüzde artan paketli ve hazır gıda tüketimi, fiziksel aktivitenin azalması ve sağlıksız beslenme alışkanlıkları, sindirim sistemi hastalıkları, obezite, diyabet, kardiyovasküler hastalıklar ve bağırsak rahatsızlıkları gibi sağlık sorunlarının artmasına neden olmaktadır. Bu hastalıkların çoğunun temelinde yetersiz veya dengesiz beslenme yatmaktadır (Burdurlu ve Karadeniz, 2003).

Yaşam standartlarının artmasıyla beraber, tüketiciler gıdaların kalitesi ve sağlık üzerindeki etkileri konusunda daha bilinçli hale gelmiştir. Özellikle kalp hastalıkları ve kanser gibi kronik hastalıklardan dolayı artan ölüm oranları, araştırmacıların sigara, alkol ve stres gibi bilinen risk faktörlerinin yanı sıra beslenme alışkanlıklarını da incelemesine neden olmuştur. Sağlığı koruma ve hastalıkları önleme stratejileri, tıp alanında önemli çalışma konuları arasında yer almaktadır. Bu süreçte, doğal olarak yetişen sebze, meyve ve bitkilerin insan vücuduna faydaları giderek daha fazla dikkat çekmektedir. Bitkisel antioksidan bileşenlerin, hücrelerde hasara yol açan oksijen türevleri ve zararlı maddelerin etkisini azaltarak koruyucu bir rol üstlenmesi, bu tür doğal kaynaklara olan ilgiyi artırmaktadır (Kris-Etherton ve ark., 2002).

Fonksiyonel gıdalar, yalnızca temel besin öğelerinin sağlanmasının ötesinde, insan fizyolojisi ve metabolizması üzerinde ek yararlar sunan; böylece hastalıklardan korunmayı destekleyen ve sağlıklı yaşamı teşvik eden gıda veya gıda bileşenleridir (Messina ve ark., 2008; Hacıoğlu ve Kurt, 2012; Bigliardi ve Galati, 2013; Dayısoylu ve ark., 2014). Bu tür gıdalar, tamamen doğal hallerinde bulunabileceği gibi, fonksiyonel özellikleri

artırmak amacıyla belirli besin öğeleri ile zenginleştirilmiş ya da genetik mühendisliği uygulanmamış şekilde değiştirilmiş ürünler olarak da günlük beslenmede yer alabilir (Krystallis ve ark., 2008).

Uluslararası Gıda Enformasyon Konseyi (IFIC), fonksiyonel gıdaları, temel beslenmenin ötesinde sağlık yararları sağlayabilen ürünler olarak tanımlamaktadır (Ayoob ve ark., 2002). Benzer şekilde, Uluslararası Yaşam Bilimleri Enstitüsü (ILSI) fonksiyonel gıdaları, biyolojik olarak aktif bileşenler içeren ve sağlığı olumlu etkileyen gıdalar olarak ifade etmektedir (Farr, 1997). Başka bir ifadeyle, günlük beslenme kapsamında tüketilen, sentetik bileşen içermeyen ve besleyici özelliklerinin yanı sıra hastalık riskini azaltan ve genel sağlık durumunu iyileştiren ürünler fonksiyonel gıda olarak kabul edilmektedir. Bir gıdanın fonksiyonel sayılabilmesi için, biyoaktif bileşikler, probiyotik mikroorganizmalar veya prebiyotik maddeler gibi aktif unsurlara sahip olması ve bu unsurların vücutta hedef bölgeye etkin şekilde ulaşması gerekmektedir. Ayrıca, biyoaktif bileşenlerin etkisi, temel besin eksikliğinden kaynaklanan hastalıkların giderilmesiyle karıştırılmamalı; bu bileşenlerin sağladığı yararlar, besinin temel fonksiyonlarının ötesinde olmalıdır (Erbaş, 2006). Fonksiyonel gıdalar alanındaki ilk çalışmalar, 1984 yılında Japon hükümeti tarafından başlatılmıştır. 1991 yılında kabul edilen Sağlıklı Gıda Tüzüğü (Foods for Specified Health Use - FOSHU) kapsamında, Japonya’da günümüzde 300’den fazla fonksiyonel gıda lisansı alan ürün bulunmaktadır (Ayoob ve ark., 2002).

Son yıllarda, günlük beslenme alışkanlıklarında önemli bir yer edinmeye başlayan fonksiyonel gıdaların yaygınlaşmasında bir dizi toplumsal, ekonomik ve teknolojik faktör etkili olmuştur. Bu faktörler arasında bilimsel ve teknolojik alanlardaki hızlı ilerlemeler, sağlık hizmetlerinin maliyetindeki artış, genç nüfus oranının giderek azalması, bireylerin beslenme ile sağlık arasındaki ilişkiye yönelik farkındalığının artması ve gıda pazarlama stratejilerinde yaşanan dönüşümler öne çıkmaktadır (Farr, 1997; Korhonen, 2002; Roberfroid, 2002; Bayram ve ark., 2013).

Bu bölümün amacı, beslenme biyokimyası alanında fonksiyonel gıdaların tanımı, bileşenleri ve insan sağlığı üzerindeki biyolojik etkilerini kapsamlı bir şekilde ele almaktır. Fonksiyonel gıdaların metabolik süreçler üzerindeki rolü ve bu gıdaların hastalıkların önlenmesi ve yönetimindeki potansiyel katkıları bilimsel temeller ışığında incelenmektedir. Bölüm, fonksiyonel gıdaların içerdiği biyoaktif maddelerin moleküler mekanizmalarını açıklayarak, bu gıdaların fizyolojik işlevlere nasıl olumlu etkiler sağladığını ortaya koymayı hedeflemektedir. Ayrıca, fonksiyonel gıdaların güncel araştırmalar ışığında biyolojik etkinliklerinin değerlendirilmesi ve sağlık üzerindeki faydalarının

anlaşılması için disiplinler arası bir perspektif sunmaktadır. Bu kapsamda, fonksiyonel gıdaların geliştirilmesi, kullanımı ve beslenme bilimi içerisindeki yeri detaylandırılarak, sağlık açısından sürdürülebilir beslenme stratejilerine katkıları vurgulanmaktadır.

2. Fonksiyonel Gıdaların Biyokimyasal Temelleri

Gıdaların terapötik etkileri, tarih boyunca bilinen ve kabul gören bir olgudur. Bu anlayış, yaklaşık 2500 yıl önce yaşamış olan ve modern tıbbın kurucusu olarak kabul edilen Hipokrat'ın "Besinler ilacınız, ilacınız besininiz olsun" sözüyle ifadesini bulmuştur. 19. yüzyılda modern farmasötik tedavi yöntemlerinin gelişmesiyle birlikte, gıdaların tedavi edici amaçlarla kullanımı bir süre arka planda kalmış; ancak 20. yüzyılın başlarından itibaren, özellikle hastalıkların önlenmesi ve sağlığın korunmasında diyetin önemi yeniden gündeme gelmiştir (Hasler, 2002).

Fonksiyonel gıda kavramı ilk kez 1980'li yılların başında Japonya'da ortaya atılmıştır. Bu kavram, 1991 yılında "Belirli Sağlık Kullanımları İçin Gıdalar" anlamına gelen FOSHU (Foods for Specific Health Use) sistemiyle mevzuata dâhil edilmiştir (Castillo ve ark., 2018). FOSHU, sağlığa katkı sağladığı ve fizyolojik etkileri bilimsel olarak kanıtlandığı belirli bileşenleri içeren gıdaları ifade eder. Japonya Sağlık, Çalışma ve Refah Bakanlığı'na göre bu tür ürünler, sağlığın korunması ve geliştirilmesi ile kan basıncı ve kolesterol gibi belirli sağlık parametrelerinin kontrolü amacıyla tüketilmelidir (Ministry of Health, Labour and Welfare, t.y.). Japonya'daki bu gelişmeler, zamanla Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa'da da fonksiyonel gıdalara yönelik farkındalığın artmasına ve çeşitli bilimsel çalışmaların yapılmasına zemin hazırlamıştır (Hasler, 1996; Farr, 1997; Ovesen, 1997; Bellisle ve ark., 1998; Saris ve ark., 1998). Fonksiyonel gıdaların küresel pazarda giderek daha fazla yer edinmesiyle birlikte kavramsal çerçevesine yönelik tanımlama çalışmaları hız kazanmış; ancak yaklaşık otuz yıl geçmesine rağmen bu ürünlerin literatürde genel kabul görmüş net bir tanımı hâlâ bulunmamaktadır (Özdemir ve ark., 2009; Crowe ve Francis, 2013).

Küresel ölçekte yapılan çalışmalar, yaşam tarzında özellikle beslenme alışkanlıklarında yapılacak değişikliklerin koroner kalp hastalıklarının yaklaşık %80'inin, tip 2 diyabet vakalarının %90'ının ve kanser vakalarının üçte birinin önlenebileceğini ortaya koymaktadır. Yetersiz meyve ve sebze tüketimi, diyetle bağlı yüksek kolesterol, hipertansiyon ve obezite gibi faktörler, bu hastalık yükünün önemli bir bölümünden sorumlu olan başlıca risk etmenleri arasında yer almaktadır (Kotilainen ve ark., 2006). Diyetle ilgili yapılan müdahaleler sayesinde kronik hastalıkların görülme

sıklığı azaltılabilmektedir. Öte yandan, ülkeler arasındaki sosyoekonomik eşitsizlikler nedeniyle obezite ve diğer kronik hastalıklar, düşük gelirli topluluklarda daha yaygın olarak görülmektedir. Aşırı doymuş yağ tüketimi ile meyve ve sebze alımının yetersiz olması, bu hastalıkların temel beslenme kaynaklı belirleyicilerindendir. Özellikle çocuklarda obezite ve buna bağlı olarak tip 2 diyabetin artış göstermesinde; yoksulluk, yetersiz beslenme, fiziksel aktivite eksikliği ve psikolojik sorunlar gibi etmenlerin oluşturduğu döngünün kırılması gereklidir (Binns ve Howlett, 2009).

Fonksiyonel gıdalar, yalnızca temel besin öğelerinin karşılanmasıyla sınırlı kalmayıp, insan fizyolojisi ve metabolik işlevler üzerinde ek yararlar sağlayarak hastalıklardan korunmaya ve sağlıklı bir yaşamın desteklenmesine katkıda bulunan gıda ürünleri ve bileşenleri olarak tanımlanmaktadır (Erbaş, 2006; Laudadio ve ark., 2015). Bu gıdalar, genellikle günlük diyet kapsamında, sentetik bileşik içermeyen ve sağlık üzerinde olumlu etkileri bilimsel olarak gösterilmiş ürünler şeklinde tüketilmektedir. Fonksiyonel gıdalar; doğal formunda hiçbir işleme tabi tutulmamış olabileceği gibi, belirli fonksiyonel bileşenlerle zenginleştirilmiş ya da genetik olarak modifiye edilmiş ürünler de olabilir. Bu ürünlerin etkili olabilmesi için biyoaktif bileşikler, probiyotik mikroorganizmalar ve prebiyotik maddeler gibi işlevsel unsurlar içermesi ve bu bileşenlerin organizmanın ilgili bölgelerine etkin şekilde taşınması gereklidir. Fonksiyonel gıdaların; kalp-damar hastalıkları, kanser, hipertansiyon, hiperkolesterolemi, diyabet, ülser ve ishal gibi çeşitli rahatsızlıkların görülme riskini azalttığı bilinmektedir (Ziemer ve Gibson 1998; Erbaş, 2006; Dayısoylu ve ark., 2014). Bu kavram ilk kez, kalsiyum ve bazı vitamin benzeri bileşenlerin sağlık üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle gıdalara eklenmesiyle gündeme gelmiş; daha sonraki yıllarda ise bağırsak mikrobiyotası üzerindeki olumlu etkileriyle bilinen ve genellikle probiyotik içeren katkıların kullanımıyla daha da gelişmiştir (Gürsoy ve Kınık, 2004).

ADA, fonksiyonel gıdaları üç ana grupta sınıflandırmaktadır (Crowe ve Francis, 2013):

1. **Doğal biyoaktif bileşikler içeren geleneksel gıdalar:** Sebze, meyve, tahıl, süt ve et gibi temel besinler, vücuda ek faydalar sağlayan biyoaktif bileşikler içerir. Örneğin, portakal suyu antioksidan vitaminler, soya bazı gıdalar izoflavonlar ve yoğurt ise prebiyotik ve probiyotikler barındırır.
2. **Biyoaktif bileşiklerle zenginleştirilmiş modifiye gıdalar:** Omega-3 ile güçlendirilmiş yumurta ve margarinler ile kalsiyum ve D vitamini eklenmiş süt ürünleri bu gruba örnektir.

3. **Sentezlenmiş gıda bileşenleri:** Prebiyotik özellik taşıyan oligosakkaritler ve dirençli nişasta gibi sindirilemeyen karbonhidratlar bu kategoriye girer.

Diaz ve arkadaşları ise fonksiyonel gıdaları uygulanan işlemlere göre dört gruba ayırmıştır (Domínguez Díaz ve ark., 2020):

1. **Fortifiye ürünler:** Mevcut besin öğelerinin miktarının artırıldığı gıdalar (örneğin, C vitamini artırılmış portakal suyu).
2. **Zenginleştirilmiş ürünler:** Daha önce bulunmayan besin öğelerinin eklendiği gıdalar (örneğin, kalsiyum eklenmiş meyve suları).
3. **İçeriği değiştirilmiş ürünler:** Zararlı bileşenlerin azaltıldığı veya sağlığa faydalı bileşenlerle değiştirildiği gıdalar (örneğin, sodyumu azaltılmış tuz, yağ oranı düşürülmüş süt ürünleri).
4. **Geliştirilmiş ürünler:** Hammaddede yapılan değişikliklerle besin değerleri artırılmış gıdalar (örneğin, vitamin içeriği yükseltilmiş meyveler).

2.1. Fonksiyonel Gıda Bileşenleri ve Sağlık Üzerine Etkileri

2.1.1. Probiyotikler

Probiyotik terimi, Latince kökenli “pro” (için) ve “bios” (yaşam) kelimelerinden türetilmiş olup “yaşam için” anlamını taşımaktadır. Bu kavram ilk olarak 1950’li yıllarda W. Kollath tarafından ortaya atılmıştır. 1965 yılında Lilly ve Stillwell, probiyotikleri, hayvancılıkta antibiyotik kullanımını azaltmak amacıyla hayvan yemlerine eklenen takviye edici mikroorganizmalar olarak tanımlamıştır (Lilly ve Stillwell, 1965). Daha sonra 1989 yılında Fuller, probiyotikleri “bağırsak mikrobiyotasındaki dengeyi koruyarak konakçının sağlığını olumlu yönde etkileyen canlı mikroorganizmalar” şeklinde tanımlamıştır (Fuller, 1989). Günümüzde ise Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), probiyotikleri yeterli miktarda alındığında sağlığa fayda sağlayan canlı mikroorganizmalar olarak tanımlamaktadır (Biçer ve Eminoğlu, 2022).

Probiyotik mikroorganizmaların büyük bir kısmı, Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından “genel olarak güvenli kabul edilen” (GRAS: *Generally Recognized As Safe*) sınıfında değerlendirilen *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* türlerine aittir (Çakır ve Çakmakçı, 2004). Bu mikroorganizmalar, bağırsak mikrobiyotasının pH seviyesini düşürerek zararlı patojenlerin çoğalmasını engeller ve bağırsak sağlığının korunmasına katkı sağlar. Ayrıca probiyotiklerin; alerjik reaksiyonların önlenmesi, laktoz

intoleransına bağlı semptomların hafifletilmesi, rota virüs kaynaklı ve antibiyotik kullanımına bağlı ishallerin önlenmesi, karsinojenik ve mutajenik etkilere karşı koruma sağlanması ve inflamatuvar bağırsak hastalıklarının riskinin azaltılması gibi pek çok olumlu etkisi bulunmaktadır (Demirbağ ve ark., 2023). Günlük beslenmede en yaygın probiyotik kaynakları ise başta kefir olmak üzere fermente süt ürünleridir (Biçer ve Eminoglu, 2022).

2.1.2. Prebiyotikler

Uluslararası Probiyotikler ve Prebiyotikler Bilimsel Birliği (ISAPP), prebiyotikleri, konakçının bağırsak mikrobiyotası tarafından seçici olarak kullanılan ve sağlık üzerinde olumlu etkiler sağlayan substratlar olarak tanımlamaktadır. Prebiyotikler, sindirim sistemindeki probiyotik mikroorganizmaların yaşamını sürdürmesi, çoğalması ve metabolik aktivitelerinin desteklenmesi açısından önemli bileşenlerdir. Laktuloz, galaktooligosakkaritler, fruktooligosakkaritler, ksilooligosakkaritler, inülin ve bu bileşiklerin hidrolizatları gibi bazı sindirilemeyen gıda bileşenleri kolona ulaşarak burada fermente edilir. Bu süreç sonucunda prebiyotikler; kolesterol düzeylerinin düşürülmesi, kardiyovasküler hastalıkların riskinin azaltılması, obezite ve kabızlık gibi sağlık sorunlarının önlenmesine katkı sağlar. Prebiyotik açısından zengin doğal kaynaklar arasında baklagiller, meyveler ve sebzeler yer almaktadır (Mohanty vd., 2018).

2.1.3 Sinbiyotikler

Probiyotik ve prebiyotiklerin birlikte kullanılmasıyla oluşturulan sinbiyotikler, her iki bileşeni bir arada içeren gıda veya katkı maddeleri olarak tanımlanmaktadır. Sinbiyotiklerin temel amacı, gastrointestinal sistemde probiyotik mikroorganizmalar için uygun besin ve üreme ortamı sağlayarak bu mikroorganizmaların yaşam süresini ve etkinliğini artırmaktır. Bu sayede bağırsaktaki yararlı bakterilerin çoğalması desteklenerek mikrobiyota dengesi korunur. En yaygın kullanılan sinbiyotik kombinasyonları arasında *Lactobacillus* türleri ile inülin; *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* ve *Enterococcus* türleri ile fruktooligosakkaritler; ayrıca *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* türleri ile oligofruktoz bulunmaktadır (Nabizade, 2018).

2.1.4. Diyet Lifleri

Diyet lifleri, suda çözünen ve suda çözünmeyen olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Selüloz ve lignin, suda çözünmeyen lifler arasında yer alırken, pektin suda çözünen lifler grubuna dâhildir. Bazı diyet lifleri, sindirilmeden büyük oranda kalın bağırsağa (kolon) ulaşır ve burada bulunan çeşitli

mikroorganizmalar tarafından enerji kaynağı olarak kullanılır (Dülger ve Gahan, 2011).

2.1.5. Esansiyel Yağ Asitleri

Vücudun sağlıklı metabolik işleyişi için bazı temel bileşenlere ihtiyaç vardır. Bunlardan biri, vücutta üretilmeyen ve mutlaka dışarıdan alınması gereken esansiyel yağ asitleridir. Diyet yoluyla alınan bu yağ asitleri, ince bağırsakta emildikten sonra kan dolaşımına katılarak hedef dokulara taşınır (Turan ve ark., 2013). Linoleik asit (omega-6) ve linolenik asit (omega-3) esansiyel yağ asitleri arasında yer almaktadır (Baysal, 2022). Omega-3 yağ asitleri somon, ton balığı, uskumru ve sardalya gibi yağlı balıklarda, ayrıca soya ve kanola yağında yüksek miktarda bulunurken; omega-6 yağ asitleri soya, ayçiçek, mısır ve aspir yağlarında yoğunlaşmıştır (Turan ve ark., 2013). Bu yağ asitlerinin koroner arter hastalığı riskini ve serum trigliserit düzeylerini azalttığı gösterilmiştir. Ayrıca gebelik sürecinde sinir dokusu gelişimi ve yeni doku oluşumu için de önem taşımaktadırlar (Baysal, 2022).

2.1.6. Antioksidanlar

Antioksidanlar, gıdaların tarladan sofraya kadar geçen süreçte oksidatif bozulmaya karşı korunmasını sağlayan maddelerdir. Hem doğal hem sentetik olan bu bileşikler, besinlerin dokusunu, aromasını, rengini, tazeliğini ve tadını korumada önemli rol oynar. Antioksidanlar, serbest radikaller olarak bilinen ve hücrelere zarar verebilen reaktif molekülleri etkisiz hale getirirler (Wilson ve ark., 2017).

Serbest radikaller, vücutta oksijen atomlarının çift elektron bağından yoksun, yüksek reaktiviteye sahip moleküllerdir. Bu moleküller, protein, hücre ve DNA yapısına zarar vererek kansere, damar sertliğine, yaşlanmaya ve diğer birçok hastalığa yol açabilir. Vücutta serbest radikal miktarının antioksidan kapasitesini aşması durumunda oksidatif stres oluşur ve bu da hücre hasarına neden olur (Grajek ve ark., 2005).

Antioksidanlar dört farklı mekanizma ile oksidanları nötralize eder (Memişoğulları, 2005):

- Temizleyici Etki: Serbest radikalleri daha az zararlı hale getirir.
- Baskılayıcı Etki: Oksidanlara hidrojen aktararak onları etkisizleştirir (çoğunlukla flavonoidlerle).
- Onarıcı Etki: Oksidanların oluşturduğu hasarları onarır.
- Zincir Koparıcı Etki: Oksidanları bağlayarak işlevlerini durdurur (E vitamini ve hemoglobin örneklerindendir).

Antioksidanların, LDL kolesterolün oksidasyonunu engelleyerek kalp hastalıklarına karşı koruma sağladığı düşünülmektedir. En etkili antioksidanlar arasında fenolik bileşikler, karotenoidler, E ve C vitaminleri bulunmaktadır (Gökbulut ve Şarer, 2008).

Bazı sentetik antioksidanların yan etkileri nedeniyle doğal antioksidanlara ilgi artmıştır. Doğal antioksidanlar, gıda formülasyonlarında stabilizatör olarak kullanılabilir veya gıdalara doğrudan eklenebilir. Örneğin, yulaf ve amarant yağı yüksek antioksidan içerirken, yeşil çay, biberiye ve adaçayı özleri gıdalarda oksidasyonu önlemek için kullanılır (Shahidi, 2000).

Doğal antioksidanlar vücutta üretilen endojen ve dışarıdan alınması gereken ekzojen olmak üzere iki gruba ayrılır. İnsan vücudundaki antioksidan üretimi yaşla birlikte azalırken, bitkisel kaynaklar bu açığı kapatmada önemli rol oynar. Meyve ve sebzeler en zengin doğal antioksidan kaynaklarıdır ve hücre hasarını önleyip anormal hücre büyümesini engellerler (Kasnak ve Palamutoğlu, 2015).

Antioksidan içeriği yüksek olan başlıca meyve ve sebzeler arasında elma, kırmızı üzüm, muz, kestane, kayısı, yaban mersini, kırmızı lahana, soğan, sarımsak, fasulye, ıspanak, brokoli ve domates sayılabilir. Ayrıca bal, çay ve kepekli ekmek gibi besinler de önemli antioksidan kaynaklarıdır (Yılmaz, 2010; Floegel ve ark., 2011).

2.1.7. Proteinler

Proteinler, 20 farklı amino asidin peptit bağlarıyla bir araya gelmesiyle oluşan, insan vücudunun temel yapı taşlarından makromoleküllerdir. Tüm hücre ve dokularda bulunur ve birçok metabolik süreçte aktif rol oynarlar. Büyüme, çoğalma ve hücrelerin kendini onarma gibi canlılığın temel fonksiyonları, proteinler ve bunların bağlı olduğu nükleik asitler sayesinde gerçekleşir. Proteinler ayrıca enzim olarak katalizör görev yapar, oksijen taşır ve depolar, sinir sinyallerinin iletiminde, bağışıklık tepkilerinde, kas hareketlerinde ve gelişim süreçlerinde rol alır (Gürdöl, 2018).

Proteinler, amino asitlerin amid bağlarıyla uzun zincirler halinde birleşmesi sonucu oluşur. Vücudumuz bazı amino asitleri kendisi sentezleyebilirken, bazılarını besin yoluyla almak zorundayız. Diyetle alınması gereken esansiyel amino asitler arasında lösin, izolösin, valin, fenilalanin, triptofan, histidin, treonin, metionin ve lizin bulunur. Vücut tarafından üretilebilen amino asitler ise prolin, arginin ve tirozindir. Bir besinin protein kalitesi, içindeki esansiyel amino asit miktarıyla doğru orantılıdır. Et, balık, süt ve yumurta gibi besinler esansiyel amino asit açısından zengindir (Demir ve Karakaya, 2019).

Peptitler ise amino asitlerin peptit bağlarıyla birleşerek oluşturduğu kısa protein parçacıklarıdır ve birçok biyolojik fonksiyona sahiptir. Hem laboratuvar hem de canlı çalışmalarında, peptitlerin antimikrobiyal, antitrombotik, antihipertansif, immün düzenleyici, kolesterol düşürücü, mineral bağlayıcı ve antioksidan etkiler gösterdiği kanıtlanmıştır (Esmailpaur ve ark., 2016; Ayyash ve ark., 2018; Prados ve ark., 2018).

Özellikle peynir altı suyu proteinleri, dengeli amino asit yapısı ve yüksek biyoyararlanımı sayesinde fonksiyonel gıdalarda yaygın olarak kullanılır. Bu proteinler, sporcu takviyeleri, düşük yağlı süt ürünleri, bebek mamaları ve yaşlılar için besin desteklerinde önemli bir bileşendir (Shandilya ve Sharma, 2017).

2.1.8. Fitosteroller

Bitki sterolleri ve stanolleri, bitki hücrelerinde genellikle serbest halde değil, ester ya da glikozid bağlarıyla kovalent bağlı olarak bulunan yağda çözünebilen bileşiklerdir. Fitosterol açısından zenginleştirilmiş fonksiyonel gıdalar, yaklaşık yirmi yıl önce Finlandiya'da sürülebilir ürünler olarak piyasaya çıkmıştır (Moreau ve ark., 2018). Kolesterolle yapısal benzerlikleri nedeniyle, fitosteroller ve stanoller hem laboratuvar ortamında hem de canlılarda kolesterol emilimini azaltma etkisi göstermiş ve bu etkinin klinik olarak da kanıtlandığı bildirilmiştir (Danesi ve ark., 2015).

2.1.9. Vitaminler ve Mineraller

Vitaminler, sağlığın korunması ve yaşamın sürdürülmesinde önemli olan birçok biyokimyasal reaksiyonda görev alır (Baysal, 2022). Yağda eriyen vitaminlerden A vitamini, karaciğerde retinole dönüştürülür ve retinol bağlayıcı proteinler aracılığıyla dokulara taşınır. Bu vitamin, özellikle monosit, makrofaj ve dendritik hücrelerin sitokin üretimini engelleyerek hücre farklılaşmasını düzenlemeye yardımcı olur (Arts ve ark., 2015). Benzer şekilde, D vitamini de yağda eriyen bir vitamindir ve bağırsaktan kalsiyum ile fosfat emilimini sağlar. D vitamininin iki ana formu vardır: bitkilerde bulunan D2 (ergokalsiferol), ergosterolün ultraviyole B ışınına maruz kalmasıyla üretilirken; D3 vitamini (kolkalsiferol) ise insan vücudunda sentezlenir. D vitamininin multipl skleroz, otoimmün hastalıklar, enfeksiyonlar ve kanser riskini azaltıcı etkileri olduğu bildirilmiştir (Chowdhury ve ark., 2014).

2.1.10. Karotenoidler

Karotenoidler, sebze ve meyvelerde bol bulunan hidrokarbon karoten ve lutein gibi pigmentlerin genel adıdır. Sarı, turuncu ve yeşil renklerin

oluşmasında rol oynarlar. Önemli karotenoidler arasında α -karoten, β -karoten, retinol, ksantofiller, lutein ve likopen bulunur (Baysoy, 2020). Antioksidan özellikleri sayesinde serbest radikallerle mücadelede vücudu korurlar (Sönmez ve Ellialtıoğlu, 2014).

2.1.11. Fitoöstrojenler

Bitkisel kaynaklı fitoöstrojenler, östrojen benzeri etkilere sahip bileşiklerdir (Konar ve ark., 2005). İzoflavonlar, kumestanlar, lignanlar ve stilbenler olmak üzere dört grupta sınıflandırılırlar. Bu bileşikler östrojenik, antiöstrojenik, antienflamatuar, antianjiogenetik ve antiproliferatif özellikler gösterirler (İnanç ve ark., 2005).

2.1.12. Fenolik Bileşikler

Fenolik bileşikler; meyve, sebze, tahıl ve baklagiller gibi sıkça tüketilen birçok gıdada, ayrıca şarap, çay ve kahve gibi bitkisel içeceklerde bulunan doğal bileşiklerdir. Bitkilerde genellikle ultraviyole ışınlarına ve zararlı mikroorganizmalara karşı koruma sağlayan yan ürünler olarak görev yaparlar (Farah ve Donangelo, 2006).

Araştırmalar, fenolik bileşiklerin yaşlanma sürecini yavaşlattığını ve vücutta zararlı serbest radikallerle mücadele ederek sağlığın korunmasına yardımcı olduğunu göstermektedir (Velioglu, 2000; Rupasinghe ve Clegg, 2007). Bunlar ayrıca kanser, cilt sorunları, enfeksiyonlar, kan pıhtılaşması ve mide ülseri gibi çeşitli hastalıkların önlenmesinde faydalı etkiler sergiler. Ayrıca, yapılan epidemiyolojik çalışmalarda, fenolik bileşiklerin düzenli tüketilmesinin kalp hastalıklarına bağlı ölümleri azaltabileceği belirtilmiştir (Bisson, 1995; Rupasinghe ve Clegg, 2007).

3. Fonksiyonel Gıdaların Klinik ve Epidemiyolojik Çalışmalarla Desteklenen Etkileri

Fonksiyonel gıdalar, önleyici sağlık hizmetleri kapsamında değerlendirilmektedir. Günümüzde kronik hastalıkların tedavisi, özellikle yaşlı nüfusun artmasıyla birlikte, sağlık sistemlerinde ciddi bir ekonomik yük oluşturmaktadır (WHO, 2021). Fonksiyonel gıdaların içerdiği flavonoidler, karotenoidler, fenolik asitler gibi biyoaktif bileşikler, bu yükü azaltmada önemli bir rol oynayabilir. Bu bileşikler bitkilerde doğal olarak bulunur ve sağlık üzerinde çeşitli yararlı etkiler gösterir. Meyve, sebze, baklagil, tahıl, deniz ürünleri, fermente gıdalar, otlar, kahve ve çay gibi birçok gıdada bu bileşiklere rastlanmaktadır (King ve Bolling, 2020; Banwo ve ark., 2021).

Fonksiyonel gıdaların bağışıklık sistemini güçlendirme, kalp-damar hastalıklarını önleme, obezite ve bazı kanser türleriyle mücadele gibi sağlık üzerindeki olumlu etkileri bilimsel verilerle desteklenmektedir (Granato ve ark., 2010; Topolska ve ark., 2021). Bu gıdaların tüketimi, sağlık harcamalarının azalmasına da katkı sağlamaktadır. Örneğin, Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA), çözünür lif içeren yulaf kepeği gibi bazı fonksiyonel gıdaların kalp sağlığı üzerindeki etkilerini kabul etmektedir (Tondt ve Bays, 2022).

Fonksiyonel gıdalar aynı zamanda yetersiz beslenmenin önlenmesinde de önemli bir yer tutar. Günümüzde 820 milyondan fazla insan yeterli beslenememekte, çok daha fazlası da düşük kaliteli diyetlerle yaşamaktadır (Willett ve ark., 2019; Ahmed ve ark., 2022). Bu durum, obezite, diyabet ve kalp hastalıkları gibi birçok kronik hastalığın artmasına neden olmaktadır. Fonksiyonel gıdalar, diyetlerin besin yoğunluğunu artırarak bu sorunlara çözüm sunabilir (Yuan ve ark., 2024).

Özellikle gizli açlık (mikrobesin eksikliği) gibi durumlar, sağlıklı bir yaşam için gerekli vitamin ve minerallerin yeterince alınamamasından kaynaklanır. Fonksiyonel gıdalar, bu eksiklikleri gidermek için diyetin zenginleştirilmesinde etkili olabilir. Bu gıdaların tüketimi, özellikle yaşlı bireylerde temel besin öğelerinin yeterli alımını sağlamada destekleyicidir (Ahmed ve ark., 2022).

Öte yandan, obezite dünya genelinde hızla artmaktadır. 2016 yılında 1,9 milyar yetişkin fazla kilolu, 650 milyon kişi ise obezdi (WHO, 2016). Bu nedenle bireyler, iştahı düzenleyen ve kilo kontrolüne yardımcı olan lif ve protein açısından zengin fonksiyonel gıdalara daha fazla yönelmektedir (Esmacili ve ark., 2022).

4. Fonksiyonel Gıdaların Geliştirilmesinde Güncel Yaklaşımlar

Fonksiyonel gıdaların sağlık üzerindeki olumlu etkileri, içeriklerinde doğal olarak bulunan fenolik bileşikler, karotenoidler, vitaminler ve esansiyel mineraller gibi çeşitli biyoaktif bileşenlere bağlıdır. Bu bileşenlerin korunması ve fonksiyonel özelliklerinin artırılması, son yıllarda geliştirilen çeşitli teknolojiler sayesinde mümkün hâle gelmiştir. Özellikle 3 boyutlu yazıcı sistemleri, vakum destekli emdirme teknikleri, nutrigenomik yaklaşımlar, tarımsal atıkların değerlendirilmesi ve tersine mühendislik uygulamaları, fonksiyonel bileşenlerce zengin gıdaların tasarlanmasında yeni olanaklar sunmaktadır. Bu yenilikçi yöntemler, sadece mevcut gıdaların besin değerini artırmakla kalmayıp, aynı zamanda tüketiciye yönelik daha hedefli ve etkili ürünlerin geliştirilmesini de mümkün kılmaktadır (Zrnic ve ark., 2023).

4.1. 3D Yazıcı Teknolojisi

Fonksiyonel gıdaların üretiminde yenilikçi teknolojilerden biri olan üç boyutlu (3B) yazıcılar, kişiye özel ve besin değeri yüksek ürünler yapma imkanı sunar. Bu teknolojiyle, istenen şekil, tat, aroma ve besin içeriğine sahip gıdalar katman katman basılarak üretilir (Lille ve ark., 2017). Ürünler önce bilgisayar programlarıyla tasarlanır, sonra 3B yazıcılara aktarılır. Böylece hem dışı hem içi karmaşık yapıda gıdalar yapılabilir (Yang ve ark., 2017).

3B yazıcılarla meyve-sebze püreleri, süt ürünleri, makarna, kurabiye, çikolata ve özel besin içeriğine sahip ürünler üretilebilir. Gıda malzemeleri şırınga benzeri bir düzenele kontrollü şekilde yazıcıya aktarılır ve katman katman şekillenir. Sonrasında pişirme veya kesme gibi işlemlerle ürün tamamlanır (Yang ve ark., 2017; Singhal ve ark., 2020).

Bu teknolojiye en çok kullanılan yöntem, ekstrüzyon bazlı yazdırma'dır. Ayrıca mürekkep püskürtme ve bağlayıcı püskürtme yöntemleri de vardır (Pitayachaval ve ark., 2018; Sharma ve ark., 2024).

3B yazıcılar, farklı fonksiyonel bileşenleri tek üründe birleştirerek sağlık açısından faydalı ve yeni tatlarda ürünler oluşturmayı sağlar (Eswaran ve ark., 2023). Ayrıca, yaş, cinsiyet ve sağlık durumu gibi bireysel özelliklere göre beslenme çözümleri sunulabilir (Dankar ve ark., 2018).

Ancak 3B yazıcı ile yapılan ürünlerin raf ömrü genellikle kısadır. Bunun nedeni, işlem sırasında gıdanın ısıtılması, soğutulması ve çoğunlukla püre formunda kullanılmasıdır (Lille ve ark., 2017; Dankar ve ark., 2018). Ayrıca bu teknoloji endüstride henüz yaygın değil, daha çok araştırma ve geliştirme aşamasındadır (Singhal ve ark., 2020; Eswaran ve ark., 2023).

4.2. Vakumlu Emdirme (İmpregnasyon)

Son yıllarda, doğal gıdaların fonksiyonel ve biyolojik özelliklerini artırmak amacıyla geliştirilen bilimsel ve endüstriyel uygulamalarda öne çıkan yöntemlerden biri vakumlu emdirme (VE) tekniğidir. Bu yöntem, özellikle gıdaya zarar vermeden fonksiyonel bileşenlerin (örneğin fenolik bileşikler, vitaminler, mineraller, probiyotikler) kazandırılması açısından pratik ve etkili bir işlem olarak değerlendirilmektedir (Duran-Castaneda ve ark., 2024). Özellikle meyve ve sebze gibi gözenekli yapıya sahip ürünlerde yaygın olarak uygulanmaktadır.

Vakumlu emdirme işlemi, ozmotik temelli bir prosestir. Bu işlemde gıda materyali, belirli bir çözelti içerisinde vakum altında tutulur. Uygulanan düşük basınçla ($p_1 < p_a$), gıdanın içindeki gazlar dışarı çıkar; daha sonra

basınç normale döndürüldüğünde, bu boşalan gözeneklere emdirmeye çözeltisinde bulunan fonksiyonel bileşenler geçiş yapar (Zhao ve Xie, 2004; Vinod ve ark., 2024). Böylece istenilen maddeler gıda dokusuna nüfuz eder.

VE işlemi genellikle iki temel aşamadan oluşur:

1. Vakum aşaması: Basınç düşürülerek gıdanın içindeki gazların çözeltiden uzaklaştırılması sağlanır.
2. Restorasyon aşaması: Basınç tekrar atmosfer seviyesine çıkarılarak çözeltideki bileşenlerin gıda dokusuna emilimi gerçekleştirilir (Vinod ve ark., 2024).

Bu yöntemin etkinliğini belirleyen çeşitli faktörler bulunmaktadır. Bunlar arasında:

- Ürünün gözeneklilik yapısı (gözenek boyutu ve sıklığı),
- Biçimi ve boyutu,
- Yüzey/hacim oranı,
- Emdirme çözeltisinin özellikleri (konsantrasyon, viskozite, bileşen içeriği),
- Uygulanan vakum basıncı ve süresi,
- Vakum sonrası restorasyon süresi,
- Ve çözelti/ürün oranı yer almaktadır (Neri ve ark., 2016; Yılmaz ve Ersus Bilek, 2017; Vinod ve ark., 2024).

Bu yöntem gıdanın besinsel kalitesini artırmada ve sağlık açısından fayda sağlayan yeni fonksiyonel ürünlerin geliştirilmesine olanak tanımaktadır.

4.3. Gıda İşleme Yan Ürünlerinin Fonksiyonel Gıda Üretiminde Kullanılması

Son yıllarda, gıda işleme sırasında oluşan atıklardan faydalı bileşenler çıkarılarak fonksiyonel gıdalar üretiliyor. Bu atıklar, fenolik bileşikler, vitaminler, yağ asitleri, mineraller, lif, protein ve prebiyotikler gibi besin değerleri içeriyor. Ancak işlenen gıdanın yaklaşık üçte biri atık olarak kalıyor ve bu atıklar çevre sorunlarına yol açıyor (Comunian ve ark., 2021; Kalusevic ve Veljovic, 2023).

Bu atıklar, fonksiyonel gıda üretiminde değerlendirilebiliyor. Örneğin, hayvansal atıklar peynir altı suyu ve balık atıkları; bitkisel atıklar ise meyve-sebze posaları, yapraklar, çekirdekler, kabuklar gibi maddelerden oluşuyor. Bu atıklar doğrudan kullanılabilir ya da içerdikleri faydalı bileşenler

ayrıştırılarak gıdalarda değerlendirilebilir (de Toledo ve ark., 2017; Routray ve Orsat, 2019).

Bileşenlerin çıkarılması için klasik yöntemlerin yanında mikrodalga, ultrason, yüksek basınç ve enzim destekli gibi yeni teknikler de kullanılıyor (Echegaray ve ark., 2024).

Fonksiyonel gıda üretiminde sürdürülebilir kaynaklar da önem kazanıyor. Deniz yosunları ve mikroalgler yüksek protein içeriyor ve süt, yumurta gibi geleneksel protein kaynaklarına benzer. Ayrıca böcekler de protein kaynağı olarak öne çıkıyor. Böceklerin yemden proteine dönüşümü daha verimli; örneğin, 1 kg sığır eti için 10 kg yem gerekirken, böcekler için bu 1.7 kg'dır (Mariutti ve ark., 2021).

4.4. Nutrigenomiğin Fonksiyonel Gıda Üretimindeki Rolü

Nutrigenomik, beslenmenin genler üzerindeki etkilerini inceleyen bir bilim dalıdır (Brennan ve de Roos, 2021). Örneğin, fenolik bileşikler gibi antioksidanların hücrelerdeki sinyal yollarını etkileyerek genlerin çalışmasını değiştirebildiği bilinmektedir (Nunes ve ark., 2018). Bu alanda, yediğimiz gıdalar ile genetik yapımız arasındaki etkileşimler araştırılır.

Fonksiyonel gıdalar, sadece beslenme amacıyla değil, aynı zamanda sağlığa ekstra faydalar sağlamak için tasarlanır. Ancak bu faydalar, kişinin genetik özelliklerine göre farklılık gösterebilir. Nutrigenomik, bireye özel daha etkili fonksiyonel gıdalar geliştirmeye yardımcı olabilir (Ferguson, 2009; Bigliardi ve Galati, 2013).

Nutrigenomik halen gelişmekte olan bir alandır ve fonksiyonel gıda üretimi için yeterince veri bulunmamaktadır (Bigliardi ve Galati, 2013). Yine de bu bilim sayesinde diyetle ilgili hastalıklardan korunmak, yeni beslenme yöntemleri geliştirmek ve besinlerin olumlu veya olumsuz etkilerini daha iyi anlamak mümkün olabilir. Bu nedenle, genlerle beslenme arasındaki ilişkiler ve çevresel faktörlerin etkileri üzerinde daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir (Pavlidis ve ark., 2015).

4.5. Tersine Mühendisliğin Fonksiyonel Gıda Üretimindeki Kullanımı

Tersine mühendislik, bir ürünün fiziksel ve kimyasal özelliklerini bilgisayar destekli sistemlerle inceleyip, aynı özelliklerde veya geliştirilmiş yeni ürünler yapma yöntemidir. Bu yöntem, yeni fonksiyonel gıdalar tasarlamak ve üretmek için kullanılır. Ayrıca, sürdürülebilir bileşenler kullanarak ürün kalitesini artırma ve standart hale getirme imkanı sunar (Lie-Piang ve ark., 2024).

Bu yöntemde önce CAD gibi yazılımlarla ürünün dijital modeli oluşturulur (Çelik ve ark., 2017). Modelde ürünün şekli, boyutu ve içeriği belirlenir. Daha sonra bu veriler kullanılarak 3D yazıcı gibi cihazlarla ürün üretilir (Çelik ve ark., 2017; Thomopoulos ve ark., 2019). Böylece yeni ürün geliştirme süreci %40'tan fazla hızlanabilir (Tao, 2013).

5. Yasal Düzenlemeler ve Tüketici Bilinci

Fonksiyonel gıdalara ilişkin sağlık beyanları, ülkeden ülkeye değişiklik göstermektedir. Her ülke, sağlık iddialarının doğruluğunu belirlemek amacıyla farklı bilimsel kanıt düzeylerini ve değerlendirme süreçlerini esas almaktadır. Bu nedenle, bir ülkede yeterli görülen bilimsel dayanaklar, başka bir ülkedeki düzenlemeleri karşılamayabilir; dolayısıyla bir ülkede izin verilen bir sağlık iddiası, başka bir ülkede yasaklanmış olabilir (Lalor ve Wall, 2011).

Tüketiciyi yanıltabilecek beyanların kullanımı ise pek çok ülke tarafından yasal çerçevede engellenmektedir. Bu bağlamda, sağlık beyanlarının kullanımı çoğunlukla özel mevzuatlar ve düzenleyici hükümlerle sınırlandırılmıştır (Bigliardi ve Galati, 2013). Ayrıca bu tür iddialar yalnızca hastalık riskinin azaltılmasına yönelik olabilir; hastalığın teşhisi, tedavisi, hafifletilmesi veya doğrudan tedavi edilmesine dair beyanlar kabul edilmemektedir (Martirosyan ve Singharaj, 2016). Tüketicilerin gıda seçimlerinde bu tür sağlık iddialarının etkili olduğu bilinmektedir; bu nedenle, ilgili iddiaların denetlenmesi için özel düzenleyici mekanizmaların geliştirilmesi zorunludur.

Avrupa Birliği, Amerika Birleşik Devletleri ve Japonya sağlık beyanları bakımından benzer içeriklere sahip olsa da bu beyanların onay süreçleri ve yasal altyapıları büyük ölçüde farklılık göstermektedir. Avrupa'da sağlık beyanlarına ilişkin süreç, Amerika'daki sisteme kıyasla daha bürokratik ve sıkı denetimlidir. Örneğin; henüz tam olarak bilimsel olarak kanıtlanmamış ancak potansiyel sağlık etkisi olan "nitelikli sağlık beyanları" ABD ve Japonya'da belirli koşullar altında kullanılabilirken, Avrupa'da bu tür beyanlara izin verilmemektedir. Avrupa Birliği'ne üye ülkelerde ise tüm sağlık beyanlarının güçlü bilimsel kanıtlarla desteklenmesi gereklidir. Bu bağlamda, ürünün iddiası onaylanmadan önce Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) tarafından kapsamlı bir bilimsel değerlendirme sürecinden geçirilmek zorundadır (Díaz ve ark., 2020).

Japonya, fonksiyonel gıdalar konusunda yasal düzenlemeleri hayata geçiren ilk ülkelerden biri olmuştur. 1991 yılında yürürlüğe giren bir yasa ile belirli sağlık iddialarını karşılayan ürünlerin *FOSHU* (Foods for Specified Health Uses) etiketiyle ticarileştirilmesine resmi olarak izin verilmiştir (Farr, 1997). *FOSHU* kapsamında onaylanmış ürünler, Japonya Sağlık

Bakanlığı'nın denetiminden geçmiş olduklarını gösteren özel bir amblem taşımakta ve ambalajlarında ürünün FOSHU kategorisinde olduğu açıkça belirtilmektedir. Ayrıca, ürün etiketlerinde sağlığa olan etkileri, önerilen tüketim şekli ve kullanıcıya yönelik bilgilendirme metinlerine de yer verilmektedir (Farr, 1997).

FOSHU lisansı alabilmek için oldukça ayrıntılı ve sıkı bir değerlendirme sürecinden geçilmesi gerekmektedir. Başvuru yapan üreticilerin aşağıdaki kriterleri belgelerle karşılaması zorunludur:

1. Ürünün, bireyin beslenme alışkanlıklarını geliştirici ve sağlığı destekleyici etkiler sunması beklenmektedir.
2. Ürünün sağlığa olan katkısı tıbbi ya da beslenme temelli bilimsel dayanaklarla açıklanmalıdır.
3. Ürünün veya içerdiği fonksiyonel bileşenlerin, önerilen günlük tüketim miktarları bilimsel temele dayanmalı ve açıkça tanımlanabilir olmalıdır.
4. Gıda ve/veya fonksiyonel bileşenleri, geçerli güvenlik verileri ile desteklenmelidir.
5. Etkin bileşenler, fiziksel ve kimyasal özellikleri açısından tanımlanabilir nitelikte olmalı ve nicel-nitel analiz yöntemleri ile doğrulanmalıdır.
6. Ürünün besin değeri, benzer türdeki geleneksel gıdalarla karşılaştırıldığında bozulmaya uğramamalıdır.
7. Ürün, alışılmış diyetlerde yer alan yaygın gıdalar arasında olmalıdır.
8. Sunumu, normal bir gıda formunda (örneğin kapsül veya tablet yerine) olmalıdır.
9. Gıda veya içerdiği bileşenler, tedavi edici bir ilaç sınıfında yer almamalıdır (Farr, 1997).

Japonya'daki bu kapsamlı düzenleme modeli, diğer ülkelerin de fonksiyonel gıdalar konusundaki yaklaşımlarını etkilemiştir. Örneğin İsveç, 1990 yılında gıda endüstrisi ile iş birliği içinde sağlık beyanları içeren ürünlerin etiketlenmesine yönelik ilk ulusal düzenlemeyi hazırlayan ülke olmuştur (Landström ve ark., 2007). Avrupa Birliği ise 1996 yılında FUFOSA ve PASSCLAIM projeleri ile fonksiyonel gıdalara ilişkin bilimsel temelli yaklaşımlar geliştirmiştir. Ancak hâlen AB içinde sağlık beyanlarının ürün etiketlerinde yer almasına yönelik sınırlamalar bulunmaktadır (Boyacıoğlu, 2012).

Amerika Birleşik Devletleri'nde ise fonksiyonel gıdalarda sağlık beyanlarının etikette yer alması ilk kez 1993 yılında başlamıştır. 1998 yılı itibarıyla, Gıda ve İlaç Dairesi'nin (FDA) bilimsel temellere dayalı sağlık beyanlarına izin vermesi ile bu ürünlerin pazardaki varlığı önemli ölçüde artış göstermiştir (Boyacıoğlu, 2012).

Fonksiyonel gıdalar, içeriğinde yer alan bileşenlerin miktar veya yapılarında yapılan belirli değişikliklerle sağlık üzerine olumlu etkiler sağlayan ürünlerdir. Bu tür gıdalar; doğal olarak mevcut bir bileşenin miktarının artırılması, sağlığa faydalı bir bileşenin (örneğin probiyotik veya prebiyotik) sonradan eklenmesi, kolesterol veya doymuş yağ asitleri gibi zararlı bileşenlerin azaltılması, bir bileşenin yapısal özelliklerinin sağlık faydası sağlayacak biçimde değiştirilmesi (örneğin protein hidrolizi) ya da mevcut bileşenlerin biyoyararlılığının artırılması gibi çeşitli yaklaşımlar kullanılarak geliştirilebilmektedir. Ayrıca, bu yöntemlerin bir arada kullanıldığı kombine uygulamalarla da fonksiyonel özellikler kazandırılabilir (Tekün, 2015).

Bu tür gıdaların, günlük beslenme içinde doğal formda (kapsül, draje vb. değil) tüketilmesi ve etiketinde ilgili fonksiyonel etkiyi bilimsel olarak destekleyen, yasal olarak onaylanmış bir sağlık beyanına yer verilmesi gerekmektedir (Tekün, 2015).

Türk Gıda Kodeksi Etiketleme Yönetmeliği'ne göre, fonksiyonel özellik taşıyan gıdalarda etikette yer alacak ifadeler belirli koşulları karşılamalıdır (Otay, 2016):

- Tüketici, ürünün önerilen miktardan fazla tüketilmesine teşvik edilmemeli ve bu durum yanlış beslenme riskine yol açmamalıdır.
- Fonksiyonellik, ürünün raf ömrü boyunca aynı dozda ve etki düzeyinde korunmalıdır.
- Eğer ürün, alerjen proteinler ya da laktoz gibi istenmeyen bileşenlerden arındırılmışsa, bu işlem besin değerinde kayba neden olmamalıdır.
- Fonksiyonel iddialar, geçerliliği kabul görmüş ve bilimsel olarak doğrulanabilir yöntemlerle test edilebilir nitelikte olmalıdır.
- Etiketle yer alan bilgiler, tüketiciye doğru ve detaylı bilgi sunmalı; bireyin bilinçli bir tercih yapmasına yardımcı olacak şekilde hazırlanmalıdır.

5.1. Fonksiyonel Gıdalara Yönelik Tutumları Etkileyen Faktörler

Fonksiyonel gıdaların etkisi, bireyin genel sağlık durumu, tıbbi hassasiyetleri, sağlığına yönelik farkındalığı ve bilgi düzeyine bağlıdır.

Ancak bazı tüketiciler, bu ürünlerin içeriğini ya da sağladığı faydaları tam olarak bilmeden de fonksiyonel gıdaları tercih edebilmektedir. Tüketiciler için önemli olan, ürünün bilimsel mekanizmasından çok, sağladığı yararları anlayabilmektir (Siro ve ark., 2008).

Fonksiyonel gıdaların tercih edilmesinde üç temel etken rol oynar: gıdanın özellikleri, bireysel faktörler ve çevresel-ekonomik koşullar. Kişisel tutumlar ve çevresel etkiler gıda seçimini doğrudan etkiler. Tutum; bir bireyin bir ürünü olumlu ya da olumsuz değerlendirme eğilimi olarak tanımlanır ve tüketici tercihleri üzerinde güçlü bir etkisi vardır (Urala ve Lahteenmaki, 2004).

5.1.1. Demografik Arka Plan

Toplumdaki sosyodemografik eğilimler, fonksiyonel gıdaların gelişimini doğrudan etkiler (Menrad, 2003). Cinsiyet, yaş ve eğitim düzeyi gibi demografik faktörler, bu tür gıdaların kabulünü belirlemede önemli rol oynar (Urala, 2005).

5.1.2. Kişisel Motivasyon

Belirli bir fonksiyonel gıdanın kabul edilebilirliği, tüketicinin o gıdada bulunan bileşenlerin sağlık üzerindeki etkilerine dair bilgisiyle ilişkilidir. Tüketicilerde uzun süreli farkındalık yaratan bileşenler (örneğin vitaminler, lif, kalsiyum, demir gibi) genellikle daha kısa süreli tanıtımı yapılan bileşenlere (örneğin flavonoidler, karotenoidler, Omega-3 yağ asitleri) göre daha yüksek kabul görmektedir. Bu nedenle, bir fonksiyonel gıdanın sağlık açısından etkili olması önemli bir ön koşul olsa da pazar başarısı için tek başına yeterli değildir. Ayrıca tüketiciler, bu tür ürünleri tüketmek için yaşam tarzlarını veya beslenme alışkanlıklarını değiştirmeye çoğunlukla istekli değildir (Menrad, 2003). İnsanlar genel olarak gıdayı sağlıkla ilişkilendirse de fonksiyonel gıdaları tercih etmeleri için ayrıca bu alana ilgi duymaları da gereklidir (Urala, 2005).

5.1.3. Hedonik Algı

Gıdanın tadı ve kokusu gibi duyuşal özellikleri, insanların gıda seçiminde en önemli etkidir (Urala, 2005). Fonksiyonel gıdalar da temelde gıda olduğundan, geleneksel ürünlere göre tadı veya dokusu azalan ürünler genellikle tüketiciler tarafından kabul görmez. Fonksiyonel gıda üretiminde, ürünün duyuşal özellikleri başarılı olmasında temel faktördür (Fogliano ve Vitaglione, 2005). Verbeke'nin araştırmasına göre, katılımcıların yarısından fazlası, ürün fonksiyonel özelliklere sahip olsa bile tadından ödün

vermek istememektedir (Verbeke, 2005). Ancak, bazı durumlarda gıdanın sağlık açısından önemli olması, tadı feda etme isteğiyle pozitif bir ilişki göstermektedir (Verbeke, 2006).

5.1.4. Fonksiyonel Gıdalara Güven

Yeni geliştirilen fonksiyonel bileşenlerin sağlık etkileri hakkında tüketicilerin bilgisi sınırlıdır. Bu yüzden tüketicilerin bilgilendirilmesi önemlidir. Tıp doktorları ve beslenme uzmanları gibi profesyonellerin yaptığı bilgilendirme, fonksiyonel gıda pazarının başarısında önemli rol oynar. Bu bilgilendirmeler, ürünün sağlık faydalarını tüketicilere basit ve anlaşılır şekilde, uzman terimleri ve tıbbi detaylardan kaçınarak aktarmalıdır (Menrad, 2003).

5.1.5. Doğallığa Duyulan Algi

Doğal tercih, özellikle gıda gibi birçok alanda, insanların doğal ürünleri, yapay olarak üretilenlere tercih etmesi anlamına gelir. Birçok tüketici doğal olarak gördükleri gıdaları tercih eder (Rozin ve ark., 2004).

SONUÇ

Fonksiyonel gıdalar, içerdiği biyoaktif bileşenler sayesinde günümüz beslenme anlayışında yalnızca temel enerji ve besin ögesi kaynağı olmanın ötesine geçmekte, sağlığı destekleyici bir rol üstlenmektedir. Bu bağlamda, fonksiyonel bileşenlerin tanımlanması, etkinliğinin bilimsel olarak kanıtlanması ve tüketiciye doğru şekilde sunulması büyük önem taşımaktadır. Gelişen teknoloji ve artan bilimsel bilgi birikimi sayesinde, bu ürünlerin bireye özgü olarak tasarlanması ve üretimi daha mümkün hale gelmektedir. Özellikle 3 boyutlu yazıcılar, nutrigenomik uygulamalar ve vakumlu emdirme gibi yöntemlerle fonksiyonel gıdaların içeriği zenginleştirilmekte, bireysel ihtiyaçlara yanıt verecek düzeyde özelleştirilebilmektedir.

Diğer yandan, tüketici bilinci, düzenleyici politikalar ve güvenilirlik algısı, bu ürünlerin toplumda kabul görmesi ve etkin biçimde kullanılmasında belirleyici unsurlar arasında yer almaktadır. Sağlık iddialarının etikette belirtilmesi ve bu beyanların bilimsel temellere dayanması, tüketicinin bilinçli tercihler yapmasına katkı sağlayacaktır.

Sonuç olarak, fonksiyonel gıdaların geliştirilmesi ve toplumun bu ürünler hakkında doğru bilgilendirilmesi, sürdürülebilir ve sağlıklı beslenme modellerinin oluşturulmasında kritik rol oynamaktadır. Bu alanda yapılacak disiplinler arası araştırmalar ve yenilikçi üretim yaklaşımları, halk sağlığı açısından büyük katkı sağlayacaktır.

Kaynaklar

- Ahmed, M. H., Vasas, D., Hassan, A. ve Molnár, J. (2022). The impact of functional food in prevention of malnutrition. *PharmaNutrition*, 19, 100288.
- Arts, R. J., Blok, B. A., Van Crevel, R., Joosten, L. A., Aaby, P., Benn, C. S. ve Netea, M. G. (2015). Vitamin A induces inhibitory histone methylation modifications and down-regulates trained immunity in human monocytes. *Journal of Leucocyte Biology*, 98(1), 129-136.
- Ayoob, K. T., Duyff, R. L. ve Quagliani, D. (2002). Position of the American Dietetic Association: food and nutrition misinformation. *Journal of the American Dietetic Association*, 102(2), 260-266.
- Ayyash, M., Johnson, S. K., Liu, S. Q., Al-Mheiri, A. ve Abushelaibi, A. (2018). Cytotoxicity, antihypertensive, antidiabetic and antioxidant activities of solid-state fermented lupin, quinoa and wheat by Bifidobacterium species: In-vitro investigations. *Lwt*, 95, 295-302.
- Banwo, K., Olojede, A. O., Adesulu-Dahunsi, A. T., Verma, D. K., Thakur, M., Tripathy, S. ve Utama, G. L. (2021). Functional importance of bio-active compounds of foods with Potential Health Benefits: A review on recent trends. *Food Bioscience*, 43, 101320.
- Bayram, S. E., Özeker, E. ve Elmacı, Ö. L. (2013). Fonksiyonel gıdalar ve çilek. *Akademik Gıda*, 11(2), 131-137.
- Baysal, A. (2010). *Genel Beslenme*. 13. Baskı, Hatiboğlu Yayınevi, Ankara.
- Baysal A. (2022). *Beslenme*. Twenty First Edition. Ankara: Hatipoğlu Yayınevi, p. 560.
- Baysoy, G. (2020). *Fonksiyonel Besinler*. First Edition. Ankara: Akademi Yayınevi, 2020; p. 368.
- Bellisle, F., Blundell, J. E., Dye, L., Fantino, M., Fern, E., Fletcher, R. J. ve Westerterp-Plantenga, M. S. (1998). Functional food science and behaviour and psychological functions. *British journal of nutrition*, 80(S1), S173-S193.
- Biçer, D., Dal, G. ve Eminoglu, D. Ö. (2022). Probiyotikler ve Periodontal Sağlık. *Selcuk Dental Journal*, 9(2), 706-712.
- Bigliardi, B. ve Galati, F. (2013). Innovation trends in the food industry: The case of functional foods. *Trends in Food Science & Technology*, 31(2), 118-129.
- Binns, N. ve Howlett, J. (2009). Functional Foods in Europe: international developments in science and health claims. *Summary Report of an International Symposium Held 9-11 May 2007*, Portomaso, Malta.
- Bisson, L. F. (1997). Metabolic Syndrome X and the French Paradox. Wine: Nutritional and Therapeutic Benefits. *ACS Symposium Series*, 661, 180-195

- Boyacıoğlu, D. (2012). *Fonksiyonel gıdalar*. <https://www.foodelphi.com/tag/fonksiyonelgidalar-roportaj-prof-dr-dilek-boyacioglu/>
- Brennan, L. ve de Roos, B. (2021). Nutrigenomics: lessons learned and future perspectives. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 113(3), 503-516.
- Burdurlu, H. S. ve Karadeniz, F. (2003). Gıdalarda Diyet Lifinin Önemi. *Gıda Mühendisliği Dergisi*, 7(15), 18-27.
- Castillo, M., Iriando-DeHond, A. ve Martirosyan, D. M. (2018). Are functional foods essential for sustainable health?. *Ann Nutr Food Sci.*, 2(1), 1-4.
- Chowdhury, R., Kunutsor, S., Vitezova, A., Oliver-Williams, C., Chowdhury, S., Kieffe-de-Jong, J. C. ve Franco, O. H. (2014). Vitamin D and risk of cause specific death: systematic review and meta-analysis of observational cohort and randomised intervention studies. *Bmj*, 348.
- Comunian, T. A., Silva, M. P. ve Souza, C. J. (2021). The use of food by-products as a novel for functional foods: Their use as ingredients and for the encapsulation process. *Trends in Food Science & Technology*, 108, 269-280.
- Crowe, K. M. ve 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.
- Çakır, İ. ve Çakmakçı, M. L. (2004). Probiyotikler: tanımı, etki mekanizması, seçim ve güvenilirlik kriterleri. *Gıda*, 29(6), 427-434.
- Çakırcalı, E. (1998). *Hemşirelikte Temel İlke ve Uygulamalar*, II. Baskı, Ege Üniversitesi Matbaası, İzmir, 149-154.
- Çelik, H. K., Rennie, A. E. W. ve Akinci, I. (2017). Reverse engineering approach for precise measurement of the physical attributes related to the geometric features of agricultural products. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11, 75-84.
- Danesi, F., Gómez-Caravaca, A. M., de Biase, D., Verardo, V. ve Bordon, A. (2016). New insight into the cholesterol-lowering effect of phytosterols in rat cardiomyocytes. *Food Research International*, 89, 1056-1063.
- Dankar, I., Haddarah, A., Omar, F. E., Sepulcre, F. ve Pujolà, M. (2018). 3D printing technology: The new era for food customization and elaboration. *Trends in food science & technology*, 75, 231-242.
- Dayısoylu, K. S., Gezginç, Y. ve Cingöz, A. (2014). Fonksiyonel gıda mı, fonksiyonel bileşen mi? Gıdalarda fonksiyonellik. *Gıda*, 39(1), 57-62.
- De Toledo, N. M. V., Nunes, L. P., da Silva, P. P. M., Spoto, M. H. F. ve Canniatti-Brazaca, S. G. (2017). Influence of pineapple, apple and melon by-products on cookies: Physicochemical and sensory aspects. *International Journal of Food Science and Technology*, 52(5), 1185-1192.
- Demir, H. ve Karakaya, B. (2019). Comparison of the Functional Food Knowledge-Awareness Levels and Consumption Frequencies of University

- Students. *International Journal of Medical Science and Clinical Invention*, 6(8), 4530-4538.
- Demirbağ, Z., Alan, S. ve Öksüztepe, G. (2023). Fonksiyonel gıdalar ve beslenmedeki önemi. *Bozok Veterinary Sciences*, 4(2), 54-60.
- Díaz, L. D., Fernández-Ruiz, V. ve Cámara, M. (2020). An international regulatory review of food health-related claims in functional food products labeling. *Journal of Functional Foods*, 68, 103896.
- Domínguez Díaz, L., Fernández-Ruiz, V. ve Cámara, M. (2020). The frontier between nutrition and pharma: The international regulatory framework of functional foods, food supplements and nutraceuticals. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(10), 1738-1746.
- Duran-Castaneda, A. C., González-Moya, S., Sánchez-Burgos, J. A., Sáyago-Ayerdi, S. G. ve Zamora-Gasga, V. M. (2024). Applications of vacuum impregnation as a technology to incorporate functional components in vegetal matrices. *Food Chemistry Advances*, 4, 100579.
- Dülger, D. ve Gahan, Y. (2011). Diyet lifin özellikleri ve sağlık üzerindeki etkileri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25(2), 147-158.
- Echegaray, N., Viuda-Martos, M., Campagnol, P. C. B., Agregán, R., Santos, E. M., Munekata, P. E. S. ve Domínguez, R. (2024). New technologies for obtaining healthy foods. In *Strategies to Improve the Quality of Foods* (pp. 33-63). Academic Press.
- Erbaş, M. (2006). Yeni bir gıda grubu olarak fonksiyonel gıdalar. *Türkiye*, 9, 24-26.
- Ersoy, G. (2011). *Egzersiz ve Spor Yapanlar için Beslenme*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Esmacili, M., Ajami, M., Barati, M., Javanmardi, F., Houshiarrad, A. ve Mousavi Khaneghah, A. (2022). The significance and potential of functional food ingredients for control appetite and food intake. *Food Science & Nutrition*, 10(5), 1602-1612.
- Esmailpour, M., Ehsani, M. R., Aminlari, M., Shekarfroush, S. ve Hoseini, E. (2016). Antimicrobial activity of peptides derived from enzymatic hydrolysis of goat milk caseins. *Comparative Clinical Pathology*, 25, 599-605.
- Eswaran, H., Ponnuswamy, R. D. ve Kannapan, R. P. (2023). Perspective approaches of 3D printed stuffs for personalized nutrition: A comprehensive review. *Annals of 3D Printed Medicine*, 12, 100125.
- Farah, A. ve Donangelo, C. M. (2006). Phenolic compounds in coffee. *Brazilian journal of plant physiology*, 18, 23-36.
- Farr, D. R. (1997). Functional foods. *Cancer Letters*, 114(1-2), 59-63.
- Ferguson, L. R. (2009). Nutrigenomics approaches to functional foods. *Journal of the American Dietetic Association*, 109(3), 452-458.

- Floegel, A., Kim, D. O., Chung, S. J., Koo, S. I. ve Chun, O. K. (2011). Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods. *Journal of food composition and analysis*, 24(7), 1043-1048.
- Fogliano, V. ve Vitaglione, P. (2005). Functional foods: planning and development. *Molecular nutrition & food research*, 49(3), 256-262.
- Fuller, R. (1989). Probiotics in man and animals. *The Journal of Applied Bacteriology*, 66(5), 365-378.
- Gökbulut, A. ve Engin Şarer, E. (2008). Karotenoitler ve Sağlık. *Ankara Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 37(3), 235-256.
- Grajek, W., Olejnik, A. ve Sip, A. (2005). Probiotics, prebiotics and antioxidants as functional foods. *Acta Biochimica Polonica*, 52(3), 665-671.
- Granato, D., Branco, G. F., Nazzaro, F., Cruz, A. G. ve Faria, J. A. (2010). Functional foods and nondairy probiotic food development: trends, concepts, and products. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 9(3), 292-302.
- Gürdöl, F. (2018). *Beslenme Biyokimyası*. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri.
- Gürsoy, O. ve Kınık, Ö. (2004). Fonksiyonel gıda ingrediyeenti olarak probiyotikler ve yasal düzenlemeler için Japonya Modeli. *Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti Dergisi*, 34, 200-209.
- Hacıoglu, G. ve Kurt, G. (2012). Tüketicilerin Fonksiyonel Gıdalara Yönelik Farkındalığı, Kabulü ve Tutumları: İzmir İli Örneği. *Business and Economics Research Journal*, 3(1), 161.
- Hasler, C. M. (1996). Functional foods: the western perspective. *Nutrition Reviews*, 54(11), 6.
- Hasler, C. M. (2002). Functional foods: benefits, concerns, and challenges—a position paper from the American Council on Science and Health. *The Journal of nutrition*, 132(12), 3772-3781.
- İnanç, N., Şahin, H. ve Çiçek, B. (2005). Probiyotik Ve Prebiyotiklerin Sağlık Üzerine Etkileri. *Erciyes Tıp Dergisi*, 27(3), 122-127.
- Kalusevic, A. ve Veljovic, M. (2023, Şubat). Functional products based on food industry by-products. CASB Proceedings Book, Academy of Applied Studies, Belgrade.
- Kasnak, C. ve Palamutoğlu, R. (2015). Doğal antioksidanların sınıflandırılması ve insan sağlığına etkileri. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 3(5), 226-234.
- King, E. S. ve Bolling, B. W. (2020). Composition, polyphenol bioavailability, and health benefits of aronia berry: A review. *Journal of Food Bioactives*, 11.

- Konar, N., Poyrazoğlu, E. S., Demir, K., Haspolat, I. ve Artık, N. (2011). Fitoöstrojenler: Bitkisel kaynaklı östrojenik bileşikler. *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 1(2), 69-75.
- Korhonen, H. (2002). Technology options for new nutritional concepts. *International Journal of Dairy Technology*, 55(2), 79-88.
- Kotilainen, L., Rajalahti, R., Ragasa, C. ve Pehu, E. (2006). Health enhancing foods. *World Bank*.
- Kris-Etherton, P. M., Hecker, K. D., Bonanome, A., Coval, S. M., Binkoski, A. E., Hilpert, K. F ve Etherton, T. D. (2002). Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *The American journal of medicine*, 113(9), 71-88.
- Krystallis, A., Maglaras, G. ve Mamalis, S. (2008). Motivations and cognitive structures of consumers in their purchasing of functional foods. *Food Quality and Preference*, 19(6), 525-538.
- Lalor, F ve Wall, P. G. (2011). Health claims regulations: comparison between USA, Japan and European Union. *British Food Journal*, 113(2), 298-313.
- Landström, E., Hursti, U. K. K., Becker, W. ve Magnusson, M. (2007). Use of functional foods among Swedish consumers is related to health-consciousness and perceived effect. *British Journal of Nutrition*, 98(5), 1058-1069.
- Laudadio, V., Lorusso, V., Lastella, N. M. B., Dhama, K., Karthik, K., Tiwari, R., Alam, G. M. ve Tufarelli, V. (2015). Enhancement of nutraceutical value of table eggs through poultry feeding strategies. *International Journal of Pharmacology*, 11, 201-212.
- Lie-Piang, A., Boom, R. ve van der Padt, A. (2024). Towards low-impact food products through reverse engineering: A functionality-driven approach. *Journal of Food Engineering*, 367, 111857.
- Lille, M., Nurmela, A., Nordlund, E., Metsä-Kortelainen, S. ve Sozer, N. (2018). Applicability of protein and fiber-rich food materials in extrusion-based 3D printing. *Journal of Food Engineering*, 220, 20-27.
- Lilly, D. M. ve Stillwell, R. H. (1965). Probiotics: growth-promoting factors produced by microorganisms. *Science*, 147(3659), 747-748.
- Mariutti, L. R. B., Rebelo, K. S., Bisconsin-Junior, A., de Moraes, J. S., Mag-nani, M., Maldonado, I. R. ve Cazarin, C. B. B. (2021). The use of alternative food sources to improve health and guarantee access and food intake. *Food Research International*, 149, 110709.
- Martirosyan, D. M. ve Singharaj, B. (2016). Health claims and functional food: The future of functional foods under FDA and EFSA regulation. *Functional foods for chronic diseases*, 1, 410-417.
- Memişoğulları, R. (2005). Diyabette serbest radikallerin rolü ve antioksidanların etkisi. *Düzce medical journal*, 7(3), 30-39.

- Menrad, K. (2003). Market and marketing of functional food in Europe. *Journal of food engineering*, 56(2-3), 181-188.
- Messina, F., Saba, A., Turrini, A., Raats, M., Lumbers, M. ve in Later Life Team, F. (2008). Older people's perceptions towards conventional and functional yoghurts through the repertory grid method: A cross-country study. *British Food Journal*, 110(8), 790-804.
- Ministry of Health, Labour and Welfare. (t.y.). *Food with health claims, food for special dietary uses, and nutrition labeling*. Retrieved from <https://www.mhlw.go.jp/english/topics/foodsafety/fhc/02.html>
- Mohanty, D., Misra, S., Mohapatra, S. ve Sahu, P. S. (2018). Prebiotics and synbiotics: Recent concepts in nutrition. *Food bioscience*, 26, 152-160.
- Moreau, R. A., Nyström, L., Whitaker, B. D., Winkler-Moser, J. K., Baer, D. J., Gebauer, S. K. ve Hicks, K. B. (2018). Phytosterols and their derivatives: Structural diversity, distribution, metabolism, analysis, and health-promoting uses. *Progress in lipid research*, 70, 35-61.
- Nabizade L. (2018). *Prebiyotik, probiyotik ve sinbiyotiklerin, kısa ve uzun dönemde tokluk ve besin tüketimi üzerine etkisi* (Yüksek lisans tezi). Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Neri, L., Di Biase, L., Sacchetti, G., Di Mattia, C., Santarelli, V., Mastrocola, D. ve Pittia, P. (2016). Use of vacuum impregnation for the production of high quality fresh-like apple products. *Journal of Food Engineering*, 179, 98-108.
- Nunes, M. A., Rodrigues, F., Vinha, A. E., Alves, R. C. ve Oliveira, M. B. P. (2018). Nutrigenomics and polyphenols. In *Polyphenols: Properties, recovery, and applications* (pp. 103-132). Woodhead Publishing.
- Otay, N. (2016). *Tıp 2 Diyabetli Bireylerin Fonksiyonel Gıdaları Bilme, Kullanma Durumları Ve İlişkili Etmenlerin Belirlenmesi* (Yüksek lisans tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Ovesen, L. (1997). Regulatory aspects of functional foods. *European Journal of Cancer Prevention*, 6(5), 480-482.
- Özdemir, P. Ö., Fettahlioğlu, S. ve Topoyan, M. (2009). Fonksiyonel Gıda Ürünlerine Yönelik Tüketici Tutumlarını Belirleme Üzerine Bir Araştırma. *Ege Akademik Bakış Dergisi*, 9(4).
- Pavlidis, C., Patrinos, G. P. ve Katsila, T. (2015). Nutrigenomics: A controversy. *Applied & translational genomics*, 4, 50-53.
- Pitayachaval, P., Sanklong, N. ve Thongrak, A. (2018). A review of 3D food printing technology. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 213, p. 01012). EDP Sciences.
- Prados, I. M., Marina, M. L. ve García, M. C. (2018). Isolation and identification by high resolution liquid chromatography tandem mass spectrometry

- of novel peptides with multifunctional lipid-lowering capacity. *Food Research International*, 111, 77-86
- Roberfroid, M. B. (2002). Global view on functional foods: European perspectives. *British Journal of Nutrition*, 88(S2), S133-S138.
- Routray, W. ve Orsat, V. (2019). Agricultural and food industry by-products: source of bioactive components for functional beverages. In *Nutrients in Beverages* (pp. 543-589). Academic Press.
- Rozin, P., Spranca, M., Krieger, Z., Neuhaus, R., Surillo, D., Swerdlin, A. ve Wood, K. (2004). Preference for natural: instrumental and ideational/moral motivations, and the contrast between foods and medicines. *Appetite*, 43(2), 147-154.
- Rupasinghe, H. V. ve Clegg, S. (2007). Total antioxidant capacity, total phenolic content, mineral elements, and histamine concentrations in wines of different fruit sources. *Journal of Food Composition and analysis*, 20(2), 133-137.
- Saris, W. H. M., Asp, N. G. L., Björck, I., Blaak, E., Bornet, F., Brouns, F. J. P. H. ve Vogel, M. (1998). Functional food science and substrate metabolism. *British Journal of Nutrition*, 80(S1), S47-S75.
- Shahidi, F. (2000). Antioxidants in food and food antioxidants. *Food/Nahrung*, 44(3), 158-163.
- Shandilya, U. K. ve Sharma, A. (2017). Functional foods and their benefits: an overview. *J. Nutr. Health Food Eng*, 7(4), 353-356.
- Sharma, R., Nath, P. C., Hazarika, T. K., Ojha, A., Nayak, P. K. ve Sridhar, K. (2024). Recent advances in 3D printing properties of natural food gels: Application of innovative food additives. *Food Chemistry*, 432, 137196.
- Singhal, S., Rasane, P., Kaur, S., Garba, U., Bankar, A., Singh, J. ve Gupta, N. (2020). 3D food printing: paving way towards novel foods. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 92(3), e20180737.
- Siró, I., Kápolna, E., Kápolna, B. ve Lugasi, A. (2008). Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance—A review. *Appetite*, 51(3), 456-467.
- Sönmez, K. ve Ellialtıoğlu, Ş. (2014). Domates, karotenoidler ve bunları etkileyen faktörler üzerine bir inceleme. *Derim*, 31(2), 107-130.
- Tao, C. S. (2013). Application of reverse engineering technology based on linear scanning on food packaging. *Applied Mechanics and Materials*, 437, 941-944.
- Tekün, E. (2015). *Farklı Eğitim Düzeylerindeki Obez Olan ve Olmayan Bireylerin Fonksiyonel Besinleri Kullanma Durumlarının Belirlenmesi* (Yüksek lisans tezi). Haliç Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Thomopoulos, R., Baudrit, C., Boukhelifa, N., Boutrou, R., Buche, P., Guichard, E. ve Tonda, A. (2019). Multi-criteria reverse engineering for food: Genesis and ongoing advances. *Food Engineering Reviews*, 11, 44-60.
- Tondt, J. ve Bays, H. E. (2022). Concomitant medications, functional foods, and supplements: an obesity medicine association (OMA) clinical practice statement (CPS) 2022. *Obesity Pillars*, 2, 100017.
- Topolska, K., Florkiewicz, A. ve Filipiak-Florkiewicz, A. (2021). Functional food—Consumer motivations and expectations. *International journal of environmental research and public health*, 18(10), 5327.
- Turan, H., Erkoyuncu, İ. ve Kocatepe, D. (2013). Omega-6, omega-3 yağ asitleri ve balık. *Aquaculture Studies*, 2013(2).
- Urala, N. ve Lähteenmäki, L. (2004). Attitudes behind consumers' willingness to use functional foods. *Food quality and preference*, 15(7-8), 793-803.
- Urala, N. (2005). *Functional foods in Finland – Consumers' views, attitudes and willingness to use* (Doctoral dissertation). University of Helsinki, Helsinki, Finland.
- Verbeke, W. (2005). Consumer acceptance of functional foods: socio-demographic, cognitive and attitudinal determinants. *Food quality and preference*, 16(1), 45-57.
- Verbeke, W. (2006). Functional foods: Consumer willingness to compromise on taste for health? *Food quality and preference*, 17(1-2), 126-131.
- Velioglu, S. (2000). Doğal antioksidanların insan sağlığına etkileri. *Gıda*, 25(3).
- Vinod, B. R., Asrey, R., Sethi, S., Menaka, M., Meena, N. K. ve Shivaswamy, G. (2024). Recent advances in vacuum impregnation of fruits and vegetables processing: A concise review. *Heliyon*, 10.
- WHO. (2016). *Obesity and overweight fact sheet*. World Health Organization. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- WHO. (2021). *Noncommunicable diseases*. World Health Organization. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases>
- Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S. ve Murray, C. J. (2019). Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The lancet*, 393(10170), 447-492.
- Wilson, D. W., Nash, P., Buttar, H. S., Griffiths, K., Singh, R., De Meester, F. ve Takahashi, T. (2017). The role of food antioxidants, benefits of functional foods, and influence of feeding habits on the health of the older person: An overview. *Antioxidants*, 6(4), 81.
- Yang, F., Zhang, M. ve Bhandari, B. (2017). Recent development in 3D food printing. *Critical reviews in food science and nutrition*, 57(14), 3145-3153.

- Yılmaz, F. M. ve Ersus Bilek, S. (2017). Natural colorant enrichment of apple tissue with black carrot concentrate using vacuum impregnation. *International Journal of Food Science and Technology*, 52(6), 1508-1516.
- Yılmaz, İ. (2010). Antioksidan içeren bazı gıdalar ve oksidatif stres. *Journal of Turgut Ozal Medical Center*, 17(2), 143-154.
- Yuan, X., Zhong, M., Huang, X., Hussain, Z., Ren, M. ve Xie, X. (2024). Industrial Production of Functional Foods for Human Health and Sustainability. *Foods*, 13(22), 3546.
- Zhao, Y. ve Xie, J. (2004). Practical applications of vacuum impregnation in fruit and vegetable processing. *Trends in food science & technology*, 15(9), 434-451.
- Ziemer, C. J. ve Gibson, G. R. (1998). An overview of probiotics, prebiotics and synbiotics in the functional food concept: perspectives and future strategies. *International Dairy Journal*, 8(5-6), 473-479.
- Zrnic, M., Gajic, T. ve Vukolic, D. (2023). The future of functional foods: trends, opportunities and obstacles in the food industry. *Proceedings Book*, 137.