

Received:29/11/2019

Accepted:18/12/2019

Prebiyotik Diyet Liflerinin Kolon Mikrobiyotası ve Sağlık Üzerine Etkileri

Şeniz KARABIYIKLI^{1*}, İkbal DONAT²

^{1,2}Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 60250, Tokat, Turkey

Öz

Prebiyotikler sağlık üzerine olumlu etkide bulunan mikroorganizmaları uyarırken diyet lifleri, insan vücudunda sindirilemeyen besin maddeleri olup belirli kimyasal özellikleri taşıması beklenir. Prebiyotik liflere, inülin, frukto-oligosakaritler, galakto-oligosakaritler, dirençli nişasta, polidekstroz, ksilo-oligosakarit ve izomalto-oligosakarit örnek verilebilir. Prebiyotik etkisi bulunan diyet liflerinin faydaları arasında, *Bifidobacterium* ve *Lactobacillus* popülasyonlarında, faydalı metabolitlerin üretiminde ve kalsiyum emiliminde artış; protein fermantasyonunda, patojen bakteri popülasyonlarında ve alerji riskinde düşüş; bağırsak bariyer geçirgenliğinde ve immün sistem üzerinde olumlu etkiler sıralanabilir. Prebiyotik etkinliği olan diyet liflerinin bağırsak florası üzerindeki etkinlikleri de bireysel faktörlere göre farklılık göstermektedir. Prebiyotik diyet lifleri farklı mikroorganizma gruplarının büyümesini sağlamakta ya da farklı metabolitlerin üretimini desteklemektedir. Bu sebeple kişiye özel olarak diyet lifi çeşidi ve optimum tüketim miktarlarının belirlenmesi de önem taşımaktadır. Bu derleme çalışmasında prebiyotik özellik gösteren çeşitli diyet liflerinin bağırsak florası üzerindeki ve dolayısıyla da insan sağlığı üzerindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmalar incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Prebiyotikler, Diyet lifleri, Bağırsak mikroflorası, Sağlıklı yaşam

The Effects of Prebiotic Dietary Fibers on Colon Microbiota and Health

Şeniz KARABIYIKLI^{1*}, İkbal DONAT²

Abstract

Dietary fibers are indigestible nutrients in the human metabolism and are expected to carry certain chemical properties, while prebiotics stimulate microorganisms that have a positive effect on health. Examples of prebiotic fibers are inulin, fructo-oligosaccharides, galacto-oligosaccharides, resistant starch, polydextrose, xylo-oligosaccharide and isomalto-oligosaccharide. The benefits of dietary fibers with a prebiotic effect include the increase in *Bifidobacterium* and *Lactobacillus* populations, production of beneficial metabolites and absorption of calcium; reduction in protein fermentation, pathogen bacterial populations and allergy risk; positive effects on intestinal barrier permeability and immune system. The activity of dietary fibers with prebiotic activity on our intestinal flora will also vary according to the individual factors. Prebiotic dietary fibers will allow the growth of different groups of microorganisms or support the production of different metabolites. For this reason, it is also important to determine the type of dietary fiber and optimum consumption amounts individually. In this review article, the effects of prebiotic dietary fibers on intestinal flora and thus on human health were investigated.

Keywords: Prebiotics, Dietary fibers, Colon microflora, Healthy life.

*Corresponding Author, e- mail: seniz.karabiyikli@gop.edu.tr

1. Giriş

Sindirim olayı ilk kez 17. yüzyılda Helmont tarafından "ferment denilen etmenler yardımıyla meydana gelen besin maddelerindeki kimyasal değişme" olarak tanımlanmıştır [1]. Günümüzde ise sindirim tanımını yaparken mekanik ve kimyasal sindirim kavramlarından bahsedilmektedir. İnsan vücuduna alınan gıda maddesi, mekanik sindirime uğrasa bile salgılanan enzimler, gıda maddesinin tam olarak sindirimi için yetersiz kalabilmektedir. Bu noktada vücudumuz bize farklı bir çözüm sunmaktadır. Bu çözüm intestinal sistemimizde bulunan mikrobiyal canlılardır. İnsan enzim sistemleri tüm karbonhidratları sindirebilir yeterlilikte olmadığından, bu mikroorganizmalar karbonhidratların sindiriminde onları fermente ederek önemli bir rol oynamaktadırlar [2].

İnsan enzimlerinin etkileyemediği ve genel olarak insan sağlığına faydalı olan karbonhidratlar, diyet lifleri olarak adlandırılmaktadır. Bağırsak mikrobiyatası insanların sindiremediği diyet liflerine etki edebilen glikozid hidrolazlar, glikozil transferazlar, polisakkarit liyazlar ve karbonhidrat esterazları içeren geniş bir enzim sistemine sahiptir [2]. İnsan genomunda ise diyet polisakkaritlerini sindirebilecek enzim sayısı 20'den az olarak belirtilmiştir [3].

Bağırsak mikrobiyatası, yüksek molekül değerine sahip karbonhidratları düşük molekül seviyelerine fermente ederek, kısa zincirli yağ asitleri (asetat, bütirat, propiyonat), organik asitler ve gaz oluştururlar. İnsan vücudunun salgıladığı enzimlerle sindirimin gerçekleştirilmesi imkânsız görünen gıdaların sindirimini sağlayarak insan vücudu için yararlı ürünlerin üretimini sağlarken kendi yaşamsal ihtiyaçlarını da karşılamaktadırlar. Böylelikle konakçı ve mikroorganizmalar arasında simbiyotik bir ilişki oluşmaktadır [4,5]. Bu ilişkinin sürekliliğinin sağlanması her iki tarafın yaşamını sağlıklı bir şekilde sürdürebilmesi için gereklidir. Bu sebeple bu mikroorganizmalara ihtiyaç duyduğu substratları vermek için diyet lifi içeren gıdalar veya ticari diyet lifleri ve prebiyotiklerin birlikte tüketimi önerilmektedir [6].

2. Bağırsak Mikroflorası ve Prebiyotikler

Bağırsaklarımızda 500'den fazla farklı mikroorganizma türünün var olduğu düşünülmektedir [5]. Çoğunlukla *Bacteroides*, *Bifidobacterium*, *Ruminococcus*, *Fusobacterium*, *Eubacterium*, *Peptococcus*, *Peptostreptococcus* ve *Clostridium* cinslerine ait türler bağırsak florasını oluşturmaktadır [7]. *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacterium*, *Lactobacillus*, *Enterococcus* ise subdominant cinsler olarak bağırsakta bulunmaktadır [6].

Bağırsaklarda yaşayan bakteriler, ürettikleri kısa zincirli yağ asitleri ve diğer bileşenlerle, aynı ortamı paylaştıkları patojenleri engellemeleri, bağışıklık sistemini uarmaları, bağırsak epitel hücrelerinin büyümesini sağlamaları sebebiyle insan sağlığı için oldukça büyük önem arz etmektedir [4-6]. Kolon bakterileri enzimleri vasıtasıyla karbonhidratları fermente edip H₂, CH₄, CO₂, kısa zincirli yağ asitleri ve laktat üretmektedirler [2].

Bağırsaklardaki mikroorganizmaları sadece yararlı veya zararlı olarak sınıflandırmak çok doğru bir yaklaşım değildir. Çünkü bakterilerin patojenik özellikleri tüm mikrobiyal ekosisteme ve konakçı bağırsak homeostazına bağlı olarak değişiklik göstermektedir [8]. Konak canlıının fizyolojik durumu (yaş, sağlık, stres vb), tüketim alışkanlıkları ve çevresel faktörler (ilaç kullanımları gibi), bağırsak florasını etkilemektedir [9,10]. Yanlış beslenme alışkanlıkları (batı tarzı diyetler gibi)

bağırsaklardaki mikrobiyal çeşitliliği azaltarak spesifik mikroorganizma türlerinin de geri dönüşü olmayacak şekilde yok olmasına sebep olabilmektedir [11]. Bunun sonucunda bağırsak rahatsızlıkları ve bağırsaklardaki düzensizliklerden kaynaklanan hastalıklar (obezite, alerji, kolorektal kanser gibi) ortaya çıkabilmektedir [12].

Prebiyotikler, ilk olarak 1995 yılında Gibson ve Roberfroid tarafından “kolonda yaşayan ve insan sağlığına olumlu etkide bulunan mikroorganizmaların seçici şekilde uyarılmasını sağlayarak bu mikroorganizmaların gelişimine ve aktivasyonuna neden olan, ancak insanlar tarafından sindirilemeyen gıda bileşenleri” şeklinde tanımlanmıştır [13]. 2010 yılında Uluslararası Probiyotik ve Prebiyotik Bilim Derneği tarafından ise “gastrointestinal mikrobiyatanın kompozisyonunda ve/veya aktivitesinde spesifik değişikliklere yol açan ve böylece konakçı sağlığı üzerinde faydalar sağlayan, seçici olarak fermente edilir bir bileşen” olarak tanımlanmıştır [14]. Bu tanım 2017 yılında Dünya Gastroentroloji Örgütü’nün yayınladığı probiyotikler ve prebiyotiklerle ilgili uygulama rehberinde de yer almıştır.

Prebiyotikler; oligosakkaritler, polifenoller ve bazı diyet liflerinden oluşmaktadır [15]. Oligofruktoz, inulin, galakto-oligosakkaritler, laktuloz, anne sütü oligosakkaritleri en çok kullanılan prebiyotiklerdir [16].

3. Diyet lifleri

Hipokrat, MÖ 430 yılında tam buğday ile işlenmiş buğdayı karşılaştırmış ve laksatif etkiden söz etmiştir [17]. Dr. Galen, MS 130 yılında beyaz ekmeğin çok katı olduğunu ve bağırsaklardan çok yavaş geçtiğini, esmer ekmeğin ise bağırsaklar için oldukça sağlıklı olduğunu belirtmiştir. Bu tespitlere bakarak, diyet lifleriyle ilgili araştırmaların asırlar öncesine dayandığını söylemek mümkündür. Diyet liflerinin önem kazanması ise Afrikalı insanların batılı toplulukların sahip oldukları hastalıklara yakalanmıyor olduklarının veya nispeten daha az yakalanıyor olmalarının gözlenmesi ile 1970’lerden itibaren gerçekleşmiştir [18].

Diyet lifi, Codex Alimentarius’a göre insanların ince bağırsaklarındaki endojen enzimler tarafından hidrolize edilemeyip belirli kategorilere ait olan on veya daha çok monomerik üniteye sahip karbonhidrat polimerleri olarak ifade edilmektedir. Burada belirtilen kategoriler aşağıdaki gibi tanımlanmıştır [18]:

- Yiyeceklerde doğal olarak bulunan yenilebilir karbonhidrat polimerleri
- Gıda hammaddesinden fiziksel, kimyasal veya enzimatik yollarla elde edilen ve sağlığa yararlı fizyolojik etki gösterdiği bilimsel çalışmalarla ispatlanmış karbonhidrat polimerleri
- Sağlığa yararlı fizyolojik etki gösterdiği bilimsel çalışmalarla ispatlanmış sentetik karbonhidrat polimerleri

Ulusal veya uluslararası birlikler kendilerine ait diyet lifi tanımlarında bu tanıma ek olarak 3 ila 9 arasında monomer bulunduran karbonhidrat polimerlerini de diyet lifi olarak kabul edebilmektedirler. Böylece farklı tanımlar ortaya çıkmış olsa da Codex Alimentarius Komisyonu (CAC) 2009 yılında bu tanıma uygun bularak kabul etmiştir. 3 ila 9 arasında monomer içeren karbonhidrat polimerlerinin kabul edilip edilmeyeceğini tercihe bırakırken, sağlığa yararlı fizyolojik etki gösteriyor olmalarını şart koşmuştur. 3 ila 9 monomer üniteli karbonhidrat polimerleri bu tanıma dahil edildiğinde, β -frukto-oligosakkarit, α -galakto-oligosakkarit, β -galakto-oligosakkarit, ksilo-oligosakkarit, arabino-ksilo-oligosakkarit, dirençli dektrinler ve polidekstroz gibi oligosakkaritler de diyet lifi tanımına girmektedir [18,19].

Diyet lifi sınıflandırmasında farklı özelliklerden yararlanılmaktadır. Çözünürlük, viskozite ve fermantasyon yetenekleri gibi fizikokimyasal özellikler, elde edildiği kaynak, kimyasal bileşimi ve polimerizasyon derecesi, diyet liflerinin sınıflandırılmasında önemli parametreler olarak yer almaktadır [2,20]. Sağlıkla ilgili olumlu etkileri ise diyet liflerinin fizikokimyasal özellikleriyle bağdaştırılmaktadır [21].

Diyet lifi kaynağı olarak tahıllar, meyve ve sebzeler, baklagiller ve kuruyemişler ilk sırada yer almaktadır. Diyet lifleri, tahılların dış katman ve dokularında, endospermelerinde; meyve ve sebzelerin kabuk, sap, çekirdek, zar gibi kısımlarında; çeşitli mantarların hücre duvarlarında; çeşitli alglerde (*Chondrus crispus*, *Kappaphycus alvarezii*, *Eucheuma denticulatum*, *Gigartina*, *Macrocystis pyrifera*, *Ascophyllum nodosum*); çeşitli bitki tohum ve çekirdeklerinde (yeşil kahve) bulunmaktadır [19]. Dirençli nişastalar; tahıllar, baklagiller, yeşil muz gibi olgunlaşmamış meyvelerde bulunurken β -glukanlar ve arabinoksilanlar tahıllarda bulunmaktadır. Meyve ve bazı sebzelerse pektince zengindirler [22]. Dolayısıyla bulunduğu kaynağa ve bulunduğu yere göre diyet lifinin kompozisyonu ve fizikokimyasal özellikleri değişkenlik gösterebilmektedir. Örneğin turuncgillerin kabuğunda pektin bulunurken muz inülün açısından zengindir. Bununla beraber, tamamen farklı kaynaklar aynı diyet lifi bileşimine sahip olabilmektedirler. Pektin; elma ve turuncgillerin kabuklarında bulunurken pancar kökünde ya da pirinç endospermide de bulunmaktadır [19].

Nişasta olmayan karbonhidratlar selüloz, hemiselüloz, pektin, gamlar ve musilajlardır. Çözünürlükleri monomer birimlerin sayısına, yapısına ve aralarındaki bağlara göre değişmektedir. Selüloz, hemiselüloz ve modifiye selüloz suda çözünmezken pektin, inülin gamlar ve müsilajlar suda çözünmektedirler. Sindirilemeyen oligosakkaritler ise ksilo-oligosakkaritler, frukto-oligosakkaritler ve galakto-oligosakkaritlerdir ve çoğunlukla suda çözünmektedirler. Dirençli nişastalar ise genelde suda çözünmezler [19,23].

Tablo 1’de görüldüğü gibi diyet lifleri çözünür olduklarında fermantasyon ve viskozite değerleri farklı özellikler gösterebilmektedir. Genel olarak çözünürlüğün artması ile fermantasyon özelliğinin de arttığı bildirilse de çözünürlüğün viskozite ve fermantasyon değeri ile ilgili negatif veya pozitif korelasyonundan net bir şekilde bahsetmek doğru olmayacaktır. Çözünürlüğün artması dirençli oligosakkaritlerin fermantasyon değerini artırmaktadır (Tablo 1). Nişasta olmayan polisakkaritler ve dirençli nişasta için ise bu durum geçerli değildir.

Çözünürlük ve çözünmezlik özelliklerine göre diyet liflerinin bağırsaklardaki fonksiyonları farklı olarak belirlenmiştir. Selüloz gibi çözünmeyen liflerin bağırsaklardaki fermantasyon yetenekleri zayıftır. Ancak çözünmez lifler kalın bağırsakların düzenli çalışmasını teşvik etmektedirler. Atık hacmini ve bağırsaktan geçiş hızını artırarak bağırsak hareketlerini düzenlemektedirler [24]. Çözünür lifler ise vücuda alındıktan sonra su absorbe etmekte ve jelimsi bir yapı kazanmaktadırlar. Bu yapı midede bulunan şekerleri, kolesterolü ve yağ moleküllerini yakalayıp bu bileşenlerin ince bağırsakta emilimlerini yavaşlatmaktadır [2,23]. Böylece gelişmiş glisemik kontrol ve düşük kan kolesterolü sağlayarak sağlığa olumlu etkide bulunmaktadırlar [2]. Çözünür lifler fermente olarak kısa zincirli yağ asitleri ve gaz oluşumunu sağlayarak pH değişimine neden olmakta ve bağırsaklardaki mikroorganizmaların kütlelerini artırmaktadırlar [25].

Genel olarak diyet lifi tüketimi, koroner kalp hastalığı, hipertansiyon, diyabet, obezite ve bazı gastrointestinal hastalıkları engelleme konusunda yardımcı olurken bağışıklık sistemi fonksiyonlarını düzenlemekte ve kilo kaybını da kolaylaştırmaktadır [26].

Tablo 1. Diyet liflerin çözünürlük, viskozite ve fermente olabilme yetenekleri [19]

Alt grup	Polisakkarit/ oligosakkarit sınıfı	Monomerler	Ç*	V*	F*
Nişasta olmayan polisakkaritler Monomerik birim ≥ 10	Selüloz Hemüselülozlar (heteroksilanlar)	Glukoz üniteleri	-	-	+
		Arabinoksilan	++	++	++
		Glukuronoksilan ve glukurono-arabinoksilan	-	-	+
		Heteroksilan	++	+++	+
		D-glukan	+	++	++
		Ksiloglukan	++	++	+
					++
	Mannanlar ve heteromannanlar	Mannan	-	-	++
		Galaktomannanlar	+++	+++	++
		Glukomannanlar	+++	+++	+
					++
	Pektin		++	++	++
	Diğer hidrokolloidler (müsilaj ve gamlar dahil)	Arabinogalaktan	+++	+	+
		Ksantan gam (E415)	-	+++	+
				++	
Aljinik asit (E400-405)		++	+++	+++	
Agar agar (E406)		++	+++	+++	
Karagenan (E407)	++	+++	+++		
İnülin tipi fruktanlar		++	-	++	
Direnci oligosakkaritler Monomerik birim < 10	α -Galaktozitler	Raffinoz, Verbaskoz, Stakiyoz	+++	-	+++
	β -frukto-oligosakkarit		+++	-	+++
	α -galakto-oligosakkarit				
	β -galakto-oligosakkarit				
	Ksilo-oligosakkarit				
	Arabino- ksilo-oligosakkarit				
Dirençli dekstrinler		+++	-	+++	
Polidekstroz		+++	-		
Direnci nişasta Monomerik birim ≥ 10	Tip 1 fiziksel olarak erişilemeyen nişasta		-	-	++
	Tip 2 taneli nişasta		-	-	++
	Tip 3 pişirilip soğutulunca retrograde olan nişasta		-	-	++
	Tip 4 kimyasal olarak değiştirilmiş nişasta		-	-	+
Karbonhidrat olmayanlar	Lignin		-	-	-
	Mumlar		-	++	-
	Kitinler		-	-	-

*Ç: Suda Çözünürlük, V: Viskozite, F: Fermentasyon Yeteneği

Günlük tüketilmesi gereken diyet lifi miktarı kişinin cinsiyetine, yaşına, sağlık durumuna, beslenme alışkanlıklarına göre değişmektedir. Bununla beraber farklı ülkeler tüketicilere farklı diyet lifi alımı miktarı önerilerinde bulunmaktadır [19]. Genel olarak ortalama 25-35 g/gün diyet lifi alımı önerilmekle beraber yetişkin kadınlarda 25-32 g/gün, yetişkin erkeklerde 30-35 g/gün diyet lifi alımı önerilmekte veya daha genel olarak 1000 kcal için 10-13 gram diyet lifi tüketimi önerilirken yaşlılar ve çocuklarda daha az diyet lifi alınması tavsiye edilmektedir [19,23].

Araştırmalara göre Afrika'da diyet lifi tüketimi 50 g/gün olarak belirlenmişken, Avrupa'da 16-29 g/gün, Amerika'da 12-18 g/gün olarak belirtilmiştir [2,27]. Bulunulan coğrafya, beslenme alışkanlıkları ve sosyo-ekonomik durum, diyet lifi tüketim miktarlarına ilişkin bu tavsiyeler arasındaki farklılığı açıklamaktadır.

4. Diyet liflerin prebiyotik etkinliği

Prebiyotikler pozitif sağlık etkisinde bulunan mikroorganizmaları uyarırken, diyet lifleri insan vücudunda sindirilemeyen besin maddeleri olup bu bileşenlerin belirli kimyasal özellikleri taşıması beklenmektedir. Bu şekilde pek çok prebiyotik için diyet lifi sınıflandırması yapılırken her diyet lifi için prebiyotik ifadesi kullanılamaz [2,17]. Dolayısıyla diyet lifinin prebiyotik etkinliğinden bahsedilebilmesi için bağırsaklarda bulunan sağlığa faydalı mikroorganizmaları olumlu yönde etkiliyor olması da gerekmektedir. Prebiyotik etki gösteren diyet lifi, konakçının bağışıklık sistemini olumlu yönde etkilemeli, patojen bakteri popülasyonlarının azalmasını sağlamalı ve kısa zincirli yağ asidi üretimini artırabilmelidir [17]. Ayrıca hem prebiyotikler hem de diyet lifleri bağırsaklardaki insan sağlığı için yararlı olarak kabul edilen floranın gelişimi için tüketimi önerilen besin maddeleridir. Günlük diyet lifi alım miktarı nerisi mevcutken prebiyotikler için böyle bir öneri yoktur. Genelde prebiyotikler çözünür diyet lifleri içerisinde yer almaktadırlar.

Prebiyotik liflere, inülin, frukto-oligosakaritler (FOS), galakto-oligosakaritler (GOS), dirençli nişasta, polidekstroz, ksilo-oligosakarit (XOS) ve izomalto-oligosakarit (IMO) rnek verilebilir. Diyet lifi olmayan prebiyotiklere ise laktuloz, polifenoller ve çoklu doymamış yağ asitleri örnek olarak gösterilebilmektedir [28]. Ayrıca bazı peptitlerin ve proteinlerin de prebiyotik etkinliklerinden söz edilmektedir [29,30].

Prebiyotik etkisi bulunan diyet liflerinin faydaları arasında, *Bifidobacterium* ve *Lactobacillus* popülasyonlarında artışlar, faydalı metabolitlerin üretimi, kalsiyum emiliminde artışlar, protein fermantasyonunda azalma, patojen bakteri popülasyonlarında azalma, alerji riskinde azalma, bağırsak bariyer geçirgenliği üzerindeki olumlu etkiler, gelişmiş immün sistem savunması gibi etkiler yer almaktadır [14].

Prebiyotik etkinlik gösteren diyet lifleri ile ilgili çeşitli in-vivo ve in-vitro çalışmalar yapılmaktadır. Kullanılan lifler ve bu liflerin prebiyotik etkileri ile ilgili bazı çalışmalardan elde edilen sonuçlar Tablo 2'de derlenmiştir.

Tablo 2. Farklı diyet liflerinin prebiyotik etkinliği ile ilgili çalışma sonuçları

Diyet lifi çeşidi	Diyet lifi etkisi	Kaynak
Galaktooligosakkarit+ laktoz+ glukoz	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> 'un kısa zincirli yağ asitleri ve H ₂ O ₂ üretimi artmıştır.	[31]
Havuç diyet lifi	<i>Lactobacillus rhamnosus</i> suşunun sayısı artmıştır.	[32]
Arabinogalakattan peptid (AGP)	<i>Bifidobacterium</i> sp. sayısı azalmıştır. Kısa zincirli yağ asitleri miktarı artmıştır.	[33]
Arabinoksilan	<i>Bifidobacterium</i> sp. sayısı artmıştır.	[33]
Deniz yosunu lifleri (<i>S. Wightii</i> , <i>E.compressa</i> , <i>A.spicifera</i>)	<i>Lactobacillus plantarum</i> sayısı artmıştır.	[34]
Fruktooligosakkarit	<i>Lactobacillus</i> sp. gelişimi artmış, pH düşmüştür.	[35]
Ksilooligosakkarit	<i>Bifidobacterium</i> cinsi mikroorganizmalar ve <i>Bacteroides fragilis</i> sayıları artmıştır. pH, kısa zincirli yağ asitleri ve laktik asit üzerinde etki gözlenmemiştir. <i>Lactobacillus</i> sp., Enterobacteriaceae ve <i>Clostridium</i> sp. sayıları çok değişmemiştir.	[36]
İnülin + kısmen hidrolize guar gam	<i>Clostridium</i> sp. sayısı azalmıştır, kısa zincirli yağ asitlerinde değişiklik gözlenmemiştir.	[37]
İnülin	<i>Bifidobacterium longum</i> , <i>Bifidobacterium pseudocatenulatum</i> ve <i>Bifidobacterium adolescentis</i> sayıları artmış, toplam kısa zincirli yağ asitleri sayısı azalmıştır.	[38]
Galaktooligosakkaritler	<i>Bifidobacterium</i> sp. ve <i>Bacteroides</i> sp. sayıları, laktat, glutamat, ornitin ve kaproik asit konsantrasyonları artmıştır.	[39]
Buğday Dekstrini	<i>Bacteroides</i> cinsi mikroorganizmalar artmış, <i>Clostridium perfringens</i> azalmış, pH düşmüştür.	[40]
Arap gamı	<i>Bifidobacterium</i> sp., <i>Lactobacillus</i> sp. ve <i>Bacteroides</i> sayıları artmıştır.	[41]
İnülin	<i>Bifidobacterium</i> sayıları artmış, Clostridiales ve Oxalobacteraceae üyesi sayısı azalmıştır.	[42]
Oligofruktoz	<i>Akkermansia muciniphila</i> sayıları artmıştır.	[43]
Polidekstroz	Kısa zincirli yağ asitleri üretimi artmış, pH düşmüştür.	[44]
Dirençli nişasta	<i>Bifidobacterium animalis</i> ve <i>Lactobacillus casei</i> gelişimi artmıştır.	[45]
Müsilaj (dikenli armut)	<i>Lactobacillus</i> sp. sayıları artmıştır. <i>Enterococcus</i> sp., <i>Enterobacterium</i> sp., <i>Staphylococcus</i> sp. ve <i>Clostridium</i> sp. sayılarında azalma olmuştur. Kısa zincirli yağ asitleri artmıştır.	[46]

4.1. İnülin ve Fruktooligosakkaritler

İnülin ince bağırsaklarda sindirim ve emilime uğramayan ve kolon bakterileri tarafından fermente edilebilir özellikte olan çözünür bir diyet lifi olarak tanımlanmaktadır [47]. İnülinin yapısında bulunan β -2,1 bağları inülinin sindirilmesini önlemekte ve diyet lifi kategorisinde yer almasını sağlamaktadır. Pırasa, soğan, muz, sarımsak, çavdar, enginar ve hindiba gibi bitkisel kaynaklardan elde edilen inülin 36.000'den fazla bitki türünde bulunmaktadır. Ticari olarak ise daha çok enginar ve hindiba kökünden üretilmektedir [48,49].

İnülin ile fruktooligosakkaritler (FOS), fruktan olarak adlandırılmaktadır. İnülinlerin polimerizasyon derecesi 10'dan küçük ise bunların genelde FOS olarak sınıflandırıldığı belirtilmiştir. Mikroorganizmaların polimerizasyon derecesine göre inülin kullanımlarının değiştiği belirtilmiş ve *Bifidobacterium* cinsine ait türlerin öncelikle düşük polimerizasyon dereceli olanlara yöneldiği ancak *Bacteroides* türlerinin yüksek polimerizasyon dereceli olan inülinleri tercih ettikleri bildirilmiştir [48].

İnülinin fermantasyonu sonucunda farklı bakterilerce farklı oranlarda kısa zincirli yağ asitleri oluşturulmaktadır. İnülinin kolonda *Clostridium*, *Eubacterium* ve *Ruminococcus* cinslerine ait türler tarafından fermantasyonu ile daha çok bütirat oluşturulurken, *Bifidobacterium* ve *Lactobacillus* cinslerine ait türler asetat ve propiyonat oluşturmaktadırlar [49].

İnülin, gastrointestinal sistemi ve bağışıklık sistemini desteklemekte, mineral emilimlerini arttırmakta ve serum lipit seviyesini düşürmektedir [47]. Günlük 40 g inülin veya 15 g FOS tüketiminin kalsiyum emilimini arttırdığı bildirilmiştir [50].

Kullanılan prebiyotik lif türü ve kullanım konsantrasyonları farklı sonuçlar doğurabilmektedir. FOS, inulin, galakto-oligosakkarit (GOS), soya fasulyesi oligosakkariti, ksilo-oligosakkarit (XOS) ve laktulozun probiyotik bakteri gelişimi ve asit oluşturmaları üzerine yapılan bir çalışmada %0,5, %1 ve %2 olmak üzere 3 farklı konsantrasyonda denemeler yapılmıştır. Probiyotik gelişim ve asit oluşum durumları ise kullanılan prebiyotiğe ve konsantrasyonlarına göre farklılık göstermiştir. *Lactobacillus acidophilus* sayısında en çok artış %2 konsantrasyonlu FOS bulunan ortamda gözlenmiştir. En az artış ise %0,5 konsantrasyonda laktuloz içeren ortamda gözlenmiştir. *Bifidobacterium bifidum*'a ait suşlarda en çok artış %2'lik GOS'ta, en az artış ise %0,5'lik XOS'da gözlenmiştir [35].

Kadınlarda konstipasyonun engellenmesi amacıyla inülin ve guar gam karışımı takviyesinin kullanıldığı bir çalışmada bu bileşenlerin bağırsak mikroorganizmaları üzerindeki etkisi ve kısa zincirli yağ asitleri üretimleri araştırılmıştır. İnülin ve gam karışımı günde 15 g uygulanmış ve sonuçlara göre bağırsak hareketlerinde artışlar meydana gelirken *Clostridium* sp. sayısında azalma gözlenmiş, kısa zincirli yağ asitleri miktarında ise değişim gözlenmemiştir [37].

Obez kadınların bağırsaklarında bulunan *Bifidobacterium* türlerindeki değişimler ve kısa zincirli yağ asidi üretim durumları, inülin tipi fruktan kullanılarak araştırılmıştır. *Bifidobacterium longum*, *Bifidobacterium pseudocatenulatum* ve *Bifidobacterium adolescentis* mikroorganizmalarının sayılarında artış gözlenirken asetat ve propiyonat miktarları kontrol gruplarına göre düşük olarak ölçülmüştür. Ayrıca serum lipit değerlerinin de kontrol gruplarına göre daha düşük olduğu belirlenmiştir [38].

Diyet liflerinin sağlık etkilerinin devam edebilmesi için günlük diyet içerisinde belirli miktarlarda tüketimi süreklilik kazanmalıdır. Bir çalışmada inülin tipi fruktan (İTF) zengin gıdalarla beslenmesi sağlanan deneklerin 2 hafta boyunca günde 15 g İTF zengin gıda tüketmeleri sağlanmıştır. Deneklerin tatlı, tuzlu ve yağlı gıdaları tüketme arzularında azalma gözlenirken *Bifidobacterium* sayılarının arttığı görülmüştür. Clostridiales ve Oxalobacteraceae familyalarına ait mikroorganizma sayılarında ise azalma gözlenmiştir. İTF zengin gıda diyetinin kesilmesinden 3 hafta sonra bu etkinin geçtiği ve bağırsak florasının eski halini aldığı belirtilmiştir [42].

Diyet liflerin fermantasyonu sonucu üretilen metabolik ürünler kolondaki başka mikroorganizmalarca kullanılıp çapraz besleme meydana getirebilmektedirler. Gastrointestinal florada *Akkermansia muciniphila* türünün yeterli miktarlarda bulunmasının obezite ve tip 2 diyabet hastalıklarının engellenmesinde önemli olduğu belirtilmiştir. İn-vitro çalışmalarda *A. muciniphila*'nın oligofruktozda gelişmediği tespit edilmiştir. Fareler üzerinde yapılan çalışmalarda ise oligofruktoz kullanımı sonucu bu mikroorganizmanın sayısında artış olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, bir mikroorganizma tarafından üretilen fermantasyon ürününün bu bakteri tarafından kullanılarak çapraz besleme denilen etkileşim neticesinde gelişme gösterdiği sonucunu ortaya çıkarmaktadır [43].

Farklı bitkilerden elde edilen inülinlerin prebiyotik etkinlikleri de farklılık gösterebilmektedir. Bebek dışkılarından izole edilmiş *Bifidobacterium* spp., *Bacteroides fragilis*, *Lactobacillus* spp., *Escherichia coli* bakterileri enginar ve hindibadan elde edilmiş inülinlerle ayrı ayrı inkübe edilerek prebiyotik etkinliklerinin araştırılması konusunda yapılan çalışmada *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* cinslerine ait bakterilerin 48 saat sonunda kontrol gruplarına göre daha fazla arttığı gözlenmiştir. Enginardan elde edilen inülin, hindibaya benzer özellik göstermekle beraber prebiyotik etkinliği daha yüksek olarak ölçülmüştür [47].

4.2. Dirençli Nişasta

Dirençli nişastanın yapısı daha çok α -(1-4) D glukoz ünitelerinin doğrusal parçalarından oluşur [51]. Dirençli nişasta 4 tipe ayrılmaktadır. Tip 1; fiziksel olarak erişilemeyen nişasta olup tohumlarda, tahıl tanelerinde ve baklagillerde bulunabilmektedir. Tip 2; granül yapıda bulunan nişastadır ve baklagiller, çığ patates, yeşil muz ve mısır nişastasında bulunur. Tip 3; ısıtılıp soğutulunca retrograde olan nişasta olup, pişirilmiş ve soğutulmuş patates, kahvaltılık gevrekler ve ekmeklerde bulunmaktadır. Tip 4 ise kimyasal olarak değiştirilmiş ve işlenmiş nişastalardır ve modifiye nişastaların kullanıldığı ekmek ve kek gibi gıdalarda bulunmaktadır [19,52].

Çözünabilir özellikte olmayan dirençli nişasta ince bağırsaklarda sindirime uğramadan kolona ulaşmakta ve buradaki mikroorganizmalarca fermente edilmektedir. Böylece oluşan kısa zincirli yağ asitleri ile sağlık üzerine olan faydalarından söz edilmektedir. Proteince zengin olan farklı bürülce türlerinden dirençli nişastanın prebiyotik etkinliği konusunda yapılan bir çalışmada *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* cinslerine ait türlerin büyümesini teşvik ettiği tespit edilmiştir [45]. Obezite ve diyabeti önlemede, mineral emilimini artırmada, rotavirüs kaynaklı diyare süresini azaltmada ve kolorektal kanserin önlenmesinde etkili olduğu belirtilmiştir [52].

4.3. Dirençli Dekstrin

Dekstrin glikoz içeren oligosakkarit karışımı olarak tanımlanır ve nişastanın kimyasal modifikasyonu yoluyla elde edilen prebiyotik etkinliğe sahip çözünabilir bir diyet lifidir. Pişmiş gıdalar, içecekler ve süt ürünlerinde bulunmaktadır [19]. Aside dirençli bakterilerin büyümesini teşvik ettiği belirtilmiştir. Özellikle *Peptostreptococcus*, *Fusobacterium* ve *Bifidobacterium* cinslerine ait bakterilerin gelişimlerinde önemli olduğu bildirilmiştir [53].

Buğday dekstrini (BD) ve guar gamların, *Bifidobacterium* ve *Lactobacillus* cinslerine ait türler üzerindeki prebiyotik etkinliklerinin ve etki mekanizmalarının araştırıldığı bir çalışmada; *Bifidobacterium* ve *Lactobacillus* cinsi bakteriler, BD ve guar gam bulunan ortamlarda 24 saat süreyle geliştirilmiş ve belirli aralıklarla mikroorganizma sayıları, oluşturdukları toplam gaz, pH ve kısa zincirli yağ asidi ölçümleri yapılmıştır. 24 saat sonunda BD ile inkübe edilmiş *Bifidobacterium* ve *Lactobacillus* cinslerine ait türlerin sayılarının guar gamla inkübe edilenden daha fazla arttığı belirlenmiştir. Her iki gruptaki artış kontrol grubundan yüksektir. Bununla beraber asetat üretimi BD bulunan ortamda daha fazla olarak belirlenmişken, guar gamlı ortamda ise bütirat ve propiyonat üretimi daha fazla gerçekleşmiştir. pH değerleri ise kontrol grubuna göre daha düşük olarak bulunmuştur [54].

Dirençli dekstrin ticari olarak "Nutriose" adı ile bilinmektedir. Dirençli dekstrinin prebiyotik etkinliğinin araştırıldığı bir çalışmada deneklere 10, 15 ve 20 g/gün olacak şekilde, farklı oranlarda Nutriose verilmiştir. Araştırma sonucunda *Bacteroides* türlerinde artış gözlenirken *Clostridium*

türlerinde ise azalma gözlenmiştir. 10 ve 15 g/gün lif tüketimlerinde β -glukozidaz enzim aktivitesinin arttığı gözlenirken 20 g/gün lif tüketiminde kolon pH'sında da düşüşler tespit edilmiştir. Kısa zincirli yağ asidi üretimlerinde ise önemli bir değişim gözlenmemiştir [40].

Polidekstroz kullanımının demir emilimini artırabileceğini ifade eden araştırmacılar fareler üzerinde 60 günlük polidekstroz takviyesi sonucu hayvanların bağırsaklarında asetat ve propiyonat miktarlarında artış, pH değerinde ise düşme gözlemlenmiştir. Demir eksikliğinden kaynaklı aneminin önlenmesinde etkili bir sonuca elde edilemezken, diyet takviyesinin daha uzun süre denenmesi sonucunda değişikliklerin olabileceği bildirilmiştir [44].

4.4. Galakto-oligosakkarit

Galakto-oligosakkarit (GOS) β -(1-2), (1-3), (1-4) veya (1-6) bağlı galaktozil moleküllerinden oluşur. Patojenik *Clostridium* türleri üzerinde diğer prebiyotiklere oranla inhibe edici etkisinin çok daha fazla olduğu belirtilmiştir [55]. Ayrıca GOS takviyeli diyetlerle beslenmenin *Bifidobacterium* miktarını arttırdığı gözlenmiştir [8].

GOS'un sağlık üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmalarda prebiyotiklerin ve prebiyotiklerin serum lipid konsantrasyonları üzerinde etkili olduğu belirtilmiştir. Hiperkolesterolemik sıçanlarda GOS'un serum lipidleri üzerindeki etkilerinin incelendiği bir çalışmada, 60 gün boyunca pozitif kontrol grubu inülin (154 mg / 250 g vücut ağırlığı) ile beslenirken, GOS ise farklı oranlarda (110 mg (G2), 154 mg (G3) ve 198,4 mg (G4) / 250 g vücut ağırlığı) sıçanların diyetine eklenmiştir. Çalışma sonucunda serum trigliseritleri, toplam kolesterol, LDL kolesterol ve VLDL kolesterolün kontrol grubuna göre oldukça azaldığı gözlenmiştir. Bu sebeple kardiyovasküler hastalıklara sebep olan hiperkolesterolemik önlenmesinde GOS önerilmiştir [56].

Yaşlanma ile birlikte kolon mikrobiyotasında da farklılıklar meydana gelmektedir. Özellikle *Bifidobacterium* türleri gibi sağlık açısından faydalı mikroorganizma sayılarında düşüşler görülmektedir. Bu düşüşlerin engellenmesi amacıyla GOS tüketiminin önerildiği bir çalışmada bimuno-GOS karışımı 65-80 yaşları arasındaki bireylere 5,5 g/gün dozunda 10 hafta boyunca uygulanmıştır. Araştırma sonucunda *Bacterioides* ve *Bifidobacterium* türlerinin sayılarında önemli artışlar olduğu tespit edilmiş ve GOS tüketiminin bağırsak florası ve yaşlanma ile alakalı immün fonksiyonu olumlu yönde etkilediği belirtilmiştir [39].

4.5. Farklı Diyet Liflerinin Birlikte Kullanımı

Diyet lifleri ile yapılan çeşitli çalışmalarda, farklı oranlarda farklı liflerin farklı simbiyotik etki oluşturabileceği bildirilmiştir. Buğday ununda elde edilen arabinogalaktan-peptid (AGP), ticari arabinoksilan (AX) ve ticari β -glukan farklı oranlarda karıştırılarak ve ayrı ayrı olacak şekilde prebiyotik etkinliklerinin araştırıldığı in-vitro bir çalışmada bakteri sayımı ve kısa zincirli yağ asidi ölçümleri yapılmıştır. AGP ve AX karışımlarında *Bifidobacterium* türlerinin sayısında ve asetat artışı gözlenmiştir. AX ve β -glukanın 3:1 oranında karıştırıldığında, toplam kısa zincirli yağ asidi ve *Bifidobacterium* türlerinin sayılarındaki artışın en yüksek düzeyde olduğu gözlenmiştir. Yalnız AGP kullanıldığında ise *Bifidobacterium* türleri sayısının azaldığı ama kısa zincirli yağ asidi miktarını arttırdığı gözlenmiştir. Yalnız AX kullanıldığında ise *Bifidobacterium* türleri sayısı artmıştır [33].

Ksilooligosakkaritin (XOS) bağırsak bakterilerine, kısa zincirli yağ asidi üretimine ve pH değerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, deneklerin diyetlerine her gün 1,4 g ve 2,8 g XOS eklenmiştir. Çalışma sonucunda 2,8 g XOS tüketen deneklerin dışkılarında, 1,4 g XOS tüketen deneklerden daha fazla sayıda *Bifidobacterium* sp., toplam anaerobik mikroorganizma ve *Bacteroides fragilis* bulunduğu belirlenmiştir. *Lactobacillus* sp., Enterobacteriaceae ve *Clostridium* sp. sayılarında belirgin farklılıklar tespit edilememişken, pH değeri ve kısa zincirli yağ asidi ölçümleri de çok farklı çıkmamıştır [36].

Bileşiminde; galaktoz, arabinoz, glukoronik asit ve ramnoz içeren Arap gamı akasya ağacından elde dilmekte ve “Akasya gamı” olarak da adlandırılmaktadır [57]. Arap gamının 5, 10, 20, 40 g/gün dozlarında, 4 hafta boyunca uygulanması ile *Bifidobacterium* sp. ve *Lactobacillus* sp. sayılarında artışlar meydana geldiği gözlenmiştir. Optimum doz olarak 10 g/gün Arap gamı belirlenirken bu dozdaki *Bifidobacterium* ve *Lactobacillus* sayılarının pozitif kontrol olarak 10 g/gün dozunda inülin kullanılmış deneklerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Böylece Arap gamının en az inülin kadar prebiyotik etkinlik gösterdiği bildirilmiştir [41].

Dikenli armuttan musilaj elde edilmesi ve prebiyotik etkinliğinin incelenmesi neticesinde *Lactobacillus* türlerinin büyümesinde %23,8 artış gözlenirken, *Enterococcus*, *Enterobacter*, *Staphylococcus* ve *Clostridium* türlerinde %4'lük bir azalma tespit edilmiştir. Kısa zincirli yağ asidi miktarlarında ise %35'lik bir artışın meydana geldiği belirtilmiştir [46].

5. Sonuç

Bağırsak mikroflorasının yaklaşık üçte biri tüm insanlar için ortak olmakla beraber, geri kalan üçte ikilik kısım her birey için beslenme koşulları, coğrafya, yaşam şartları, genetik faktörler, çeşitli hastalıklar ve ilaç kullanımları gibi sebeplerle farklılıklar göstermektedir. Dolayısıyla intestinal flora kişiye özgü bir özellik kazanmakta ve şekillenmektedir. Sağlıklı bir kolon florası için bu mikroorganizmaların ihtiyaç duyduğu bileşenlerin sağlanması gerekmektedir. Bu noktada prebiyotik etkisi bulunan diyet liflerinin tüketimi sağlıklı olmak ve sağlıklı kalabilmek için oldukça önemlidir.

Diyet lifleriyle ilgili yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar, diyet liflerinin sağlıklı olabilmek adına tüketimi tercih edilen ürünler olmasına sebep olmuş ve gıda endüstrisinin dikkatini çekmiştir. Yapılan çalışmalarda diyet lifleri ve prebiyotiklerin sağlık etkileri ve etkileşimleri değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde farklı floralar üzerinde ve kullanılan diyet lifine göre değişen farklı etkiler tespit edilmiş olmakla birlikte, genel olarak diyet lifi kullanımının kolon mikroflorasını desteklediği, patojen mikroorganizmalar üzerinde inhibisyon yarattığı ve bu şekilde de bağırsıklığı destekleyerek sağlık üzerinde olumlu etki yarattığı görülmüştür. İlerleyen aşamalarda, bireysel ihtiyaçların daha spesifik olarak belirlenmesi ile kişiye uygun diyet lifi tüketiminin sağlanması sonucu, alınan bu diyet liflerinin simbiyotik ilişki içerisinde olduğu bağırsak mikroflorası ile daha sağlıklı yaşam koşulları sağlanabilecektir.

5. Kaynaklar

- [1] Pamir MH (1985). *Fermantasyon Mikrobiyolojisi*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:936, Ankara, Türkiye.
- [2] Holscher HD (2017). Dietary fiber and prebiotics and the gastrointestinal microbiota. *Gut Microbes*, 8 (2): 172-184.
- [3] Cantarel BL, Lombard V, Henrissat B (2012). Complex Carbohydrate Utilization by the Healthy Human Microbiome. *Public Library of Science One*, 7(6): e28742.
- [4] Sears CL (2005) A dynamic partnership: Celebrating our gut flora. *Anaerobe*, 11 (5): 247-251.
- [5] Hooper L, Gordon J (2001). Commensal host-bacterial relationships in the gut. *Science*, 292 (5519): 1115-1118.
- [6] Guarner F, Malagelada JR (2003). Gut flora in health and disease. *The Lancet*, 361 (9356): 512-519.
- [7] Gibson GR, Scott KP, Rastall RA (2010). Dietary prebiotics: Current status and new definition. *Food Science & Technology Bulletin Functional Food*, 7 (1): 1-19.
- [8] Delzennea NM, Olivares M, Neyrinck AM, Beaumont M, Kjølbæk L, Larsen TM, Benítez-Páez A, Romani-Pérez M, Garcia-Campayo V, Bosschere D, Sanz Y, Kamp JWD (2019). Nutritional interest of dietary fiber and prebiotics in obesity: Lessons from the My New Gut consortium. *Clinical Nutrition*, 5614 (19): 30115.
- [9] Filippo CD, Cavalieri D, Paola MD, Ramazzotti M, Poullet JB, Massart S, Collini S, Pieraccini G, Lionetti P, Hartl DL (2010). Impact of diet in shaping gut microbiota revealed by a comparative study in children from Europe and rural Africa. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107 (33): 14691-14696.
- [10] Jandhyala SM, Talukdar R, Subramanyam C, Vuyyuru H, Sasikala M, Reddy DN (2015). Role of the normal gut microbiota. *World Journal of Gastroenterology*, 21 (29): 8787-8803.
- [11] Sonnenburg ED, Smits SA, Tikhonov M, Higginbottom SK, Wingreen NS, Sonnenburg JL (2016). Diet-induced extinctions in the gut microbiota compound over generations. *Nature*, 529 (7585): 212-215.
- [12] Makki K, Deehan EC, Walter J, Bäckhed F (2018). The Impact of Dietary Fiber on Gut Microbiota in Host Health and Disease. *Cell Host and Microbe*, 23 (6): 705-715.
- [13] Gibson GR, Roberfroid MB (1995). Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *Journal of Nutrition*, 125 (6): 1401-1412.
- [14] Carlson JL, Erickson JM, Lloyd BB, Slavin JL (2018). Health Effects and Sources of Prebiotic Dietary Fiber. *Current Developments in Nutrition*, 2 (3): nzy005.
- [15] Patel S, Goyal A (2012). The current trends and future perspectives of prebiotics research: a review. *3 Biotech*, 2 (2): 115-125.
- [16] Anonymous (2017). Probiotics and prebiotics. <https://www.worldgastroenterology.org/UserFiles/file/guidelines/probiotics-and-prebiotics-english-2017.pdf>. /, (Erişim tarihi: November 1, 2019).
- [17] Slavin J (2013). Fiber and prebiotics: mechanisms and health benefits. *Nutrients*, 5(4): 1417-1435.
- [18] Jones JM (2014). CODEX-aligned dietary fiber definitions help to bridge the ‘fiber gap’. *Nutrition Journal.*, 13 (1): 34.
- [19] Stephen AM, Champ MMJ, Cloran SJ, Fleith M, Lieshout LV, Mejbörn H, Burley VJ (2017). Dietary fibre in Europe: current state of knowledge on definitions. *Nutrition Research Reviews*, 30 (2): 149-190.
- [20] Elleuch M, Bedigian D, Roiseux O, Besbes S, Blecker C, Attiaa H (2011). Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry*, 124 (2): 411-421.

- [21] Umu OCO, Rudi K, Diep DB (2017). Modulation of the gut microbiota by prebiotic fibres and bacteriocins. *Microbial Ecology in Health Disease*, 28 (1): 1348886.
- [22] Lovegrove A, Edwards CH, Noni ID, Patel H, El SN, Grassby T, Zielk C, Ulmius M, Nilsson L, Butterworth PJ, Ellis PR, Shewry PR (2017). Role of polysaccharides in food, digestion, and health. *Critical reviews in food science and nutrition*, 57 (2): 237-253.
- [23] Zuleta A (2013). Dietary Fiber: From Concept to Realization. (Ed: D Betancur-Ancona, L Chel-Guerrero, M Segura-Campos) *Dietary Fiber: Sources, Properties and Their Relationship to Health*, s. 189-206, Nova Yayıncılık, Yucatán, Meksika.
- [24] Dulger D, Sahan Y (2011). Diyet Lifin Özellikleri ve Sağlık Üzerindeki Etkileri. *Journal of Agricultural Faculty of Uludag University*, 25 (2): 147-157.
- [25] Burdurlu HS, Karadeniz F (2003). Gıdalarda Diyet Lifinin Önemi. 3. *Gıda Mühendisliği Kongresi*, s. 18-25, Ankara, Türkiye.
- [26] Anderson JW, Baird P, Davis Jr RH, Ferreri S, Knudtson M, Koraym A, Waters V, Williams CL (2009). Health benefits of dietary fiber. *Nutrition Reviews*, 67 (4): 188-205.
- [27] King DE, Manious AG, Lambourne CA (2012). Trends in Dietary Fiber Intake in the United States, 1999-2008. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 112 (5): 642-648.
- [28] Anonymous (2018). Understanding Prebiotics and Fiber. <http://4cau4jsaler1zglkq3wnmje1-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2019/04/Prebiotic-Fiber-Infographic-Final.pdf/>, (Erişim tarihi: November 1, 2019).
- [29] Christophe MC, Swennen K, Verjans P, Delcour JA (2009). Heat and pH stability of prebiotic arabinoxylooligosaccharides, xylooligosaccharides and fructooligosaccharides. *Food Chemistry*, 112 (4): 831-837.
- [30] Ozyurt H, Otles S (2014). Prebiyotikler: Metabolizma İçin Önemli Bir Gıda Bileşeni. *Academic Food Journal*, 12 (1): 115-123.
- [31] Cruz-Guerrero A, Hernández-Sánchez H, Rodríguez-Serrano G, Gómez-Ruiz L, García-Garibay M, Figueroa-González I (2014). Commercial probiotic bacteria and prebiotic carbohydrates: a fundamental study at prebiotics uptake, antimicrobial production and inhibition of pathogens. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94 (11): 2246-2252.
- [32] Shuai L, Mengyun J, Jiajun C, Haisheng W, Ruihong D, Shaoping N, Mingyong X, Qiang Y (2019). Removal of bound polyphenols and its effect on antioxidant and prebiotics properties of carrot dietary fiber. *Food Hydrocolloids*, 93: 284-292.
- [33] Hariis S (2017). Exploring the Relationship between the Structure of Wheat Dietary Fibre and Prebiotic Activity. Doktora tezi (Basılmış), University of Reading, Berkshire, İngiltere.
- [34] Praveen MA, Parvathy KK, Jayabalan R, Balasubramanian P (2019). Dietary fiber from Indian edible seaweeds and its in-vitro prebiotic effect on the gut microbiota. *Food Hydrocolloids*, 96: 343-353.
- [35] Mumcu AS, Temiz A (2014). Effects of prebiotics on growth and acidifying activity of prebiotic bacteria. *Gıda*, 39 (2): 71-77.
- [36] Finegold SM, Li Z, Summanen PH, Downes J, Thames G, Corbett K, Dowd SE, Krak M, Heber D (2014). Linking the chemistry and physics of food with health and nutrition Xylooligosaccharide increases bifidobacteria but not lactobacilli in human gut microbiota. *Food Function*, 5(3): 436-445.
- [37] Waitzberg DL, Pereira CCA, Logullo L, Jacintho TM, D, Silva MLT, Torrinhas RSM (2012). Microbiota benefits after inulin and partially hydrolyzed guar gum supplementation – a randomized clinical trial in constipated women. *Nutricion Hospitalaria*, 27 (1): 123-129.
- [38] Salazar N, Dewulf EM, Neyrinck AM, Bindels LB, Cani PD, Mahillon J, Vos WM, Thissen JP, Gueimonde M, Reyes-Gavilán CGI, Delzenne NM (2015). Inulin-type fructans modulate intestinal Bifidobacterium species populations and decrease fecal short-chain fatty acids in obese women. *Clinical Nutrition*, 34 (3): 501-507.

- [39] Vulevic J, Juric A, Walton GE, Claus SP, Tzortzis G, Toward RE, Gibson GR (2015). Influence of galacto-oligosaccharide mixture (B-GOS) on gut microbiota, immune parameters and metabonomics in elderly persons. *British Journal of Nutrition*, 114 (4): 586-595.
- [40] Lefranc-Millot C, Gruerin-Deremaux L, Wils D, Neut C, Miller LE, Saniez-Degrave MH (2012). Impact of a resistant dextrin on intestinal ecology: How altering the digestive ecosystem with NUTRIOSE, a soluble fiber with prebiotic properties, may be beneficial for health. *The Journal of International Medical Research*, 40 (1): 211-224.
- [41] Calame W, Weseler AR, Viebke C, Flynn C, Siemensma AD (2008). Gum arabic establishes prebiotic functionality in healthy human volunteers in a dose-dependent manner. *British Journal of Nutrition*, 100 (6): 1269-1275.
- [42] Hiel S, Bindels LB, Pachikian BD, Kalala G, Broers V, Zamariola G, Chang BPI, Kambashi B, Rodriguez J, Cani PD, Neyrinck AM, Thissen JP, Luminet O, Bindelle J (2019). Effects of a diet based on inulin-rich vegetables on gut health and nutritional behavior in healthy humans. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 109 (6): 1683-1695.
- [43] Everard A, Belzer C, Geurts L, Ouwerkerk JP, Druart C, Bindels LB, Guiot Y, Derrien M, Muccioli GG, Delzenne NM, Vos WM, Cani PD (2013). Cross-talk between *Akkermansia muciniphila* and intestinal epithelium controls diet-induced obesity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110 (22): 9066-9071.
- [44] Carmo MMR, Sarmiento UC, Cavalheiro LF, Fernandes A, Filiú WFO, Gielow KCF, Costa DS, Guercio AC, Nascimento VA (2018). Intake of Polydextrose Alters Hematology and the Profile of Short Chain Fatty Acids in Partially. *Nutrients*, 10 (6): 792.
- [45] Rengadu D, Gerrano AS, Mellem JJ (2019). Prebiotic effect of resistant starch from *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (cowpea) using an in vitro simulated digestion model. *International Journal of Food Science and Technology*, (in press, doi:10.1111/ijfs.14304).
- [46] Guevara-Arauz JC, Ornelas-Paz JJ, Pimentel-González DJ, Mendoza SR, Guerra RES, Maldonado LMTP (2012). Prebiotic effect of mucilage and pectic-derived oligosaccharides from nopal (*Opuntia ficus-indica*). *Food Science and Biotechnology*, 21 (4): 997-1003.
- [47] López-Molina D, Navarro-Martínez MD, Rojas-Melgarejo F, Hiner ANP, Chazarra S, Rodríguez-López JN (2005). Molecular properties and prebiotic effect of inulin obtained from artichoke (*Cynara scolymus* L.). *Phytochemistry*, 66 (12): 1476-1484.
- [48] Rubel IA, Pérez EE, Genovese DB, Manrique GD (2014). In vitro prebiotic activity of inulin-rich carbohydrates extracted from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers at different storage times by *Lactobacillus paracasei*. *Food Research International*, 62: 59-65.
- [49] Moghadam BE, Keivaninahr F, Fouladi M, Mokarram RR, Nazemi A (2019). Inulin addition to yoghurt: Prebiotic activity, health effects and sensory properties. *International Journal of Dairy Technology*, 72 (2): 183-199.
- [50] Al-sheraji SH, İsmail A, Manap MY, Mustafa S, Yusof RM, Hassan FA (2013). Prebiotics as functional foods: A review. *Journal of Functional Foods*, 5 (4): 1542-1553.
- [51] Mikulíková D, Masár Š, Kraic J (2008). Biodiversity of Legume Health-promoting Starch. *Starch - Starke*, 60 (8): 426-432.
- [52] Turker B, Savlak NY (2015). Dirençli Nişasta: Tipleri, Kaynakları, Fizyolojik Etkileri ve Fonksiyonel. *Akademik Gıda*, 13 (4): 354-359.
- [53] Ślizewska K, Kapuśniak J, Barczyńska R, Jochym K (2012). Resistant Dextrins as Prebiotic. (Ed: CF Chang), *Carbohydrates - Comprehensive Studies on Glycobiology and Glycotechnology*, s. 261-288, IntechOpen Yayıncılık.
- [54] Carlson J, Hospattankar A, Deng P, Swanson K, Slavin J (2015). Prebiotic Effects and Fermentation Kinetics of Wheat Dextrin and Partially Hydrolyzed Guar Gum in an In Vitro Batch Fermentation System. *Foods*, 4 (3): 349-358.

- [55] Li W, Xiang X, Tang S, Hu B, Tian L, Sun Y, Ye H, Zeng X (2009). Effective Enzymatic Synthesis of Lactosucrose and Its Analogues by beta-D-Galactosidase from *Bacillus circulans*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57 (9): 3927-3933.
- [56] Hashmi A, Naeem N, Farooq Z, Masood S, Iqbal S, Naseer R (2016). Effect of Prebiotic Galacto-Oligosaccharides on Serum Lipid Profile of Hypercholesterolemics. *Proteins*, 8 (1): 19-30.
- [57] Kandil M, Ersan LY, Özcan T, Bayazit AA (2017). Gamların Prebiyotik Özellikler. *Journal of Food and Feed Science*, 18 (2): 18-26.