Türk Tarım - Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi

Çevrimiçi baskı, ISSN: 2148-127X
www.agrifoodscience.com
Türk Bilim ve Teknolojisi

Bitkisel Gıdalarda Probiyotik Mikroorganizmaların Kullanımı

Burcu Sıla Göral, Gülten Tiryaki Gündüz*

Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 35100 Bornova/İzmir, Türkiye

M A K A L E B İ L G İ S İ

Derleme Makale

Geliş 26 Nisan 2018
Kabul 01 Kasım 2018

Anahtar Kelimeler:
Probiyotik
Bitkisel ürün
Prebiyotik
Mikroenkapsülasyon
Lactobacillus spp.

*Sorumlu Yazar:
E-mail: gtgunduz@gmail.com

Ö Z

Günümüzde tüketicilerin sağlıklı beslenmeye olan ilgisi ve bu konudaki farkındalığı her geçen gün artmaktadır. Hayvansal gıdaların tüketilmesinin bazı olumsuz yönleri ve bitkisel gıdaların hem kolay erişilebilir olması hem de sağlığa birçok olumlu etki göstermesi nedenleriyle, bitkisel gıdaların tüketimi artmaktadır. Probiyotiklerin laktoz sindirilebilirliğini arttırma ve bağışıklık sistemini düzenleme gibi işlevlerinin yanında, yüksek tansiyon, kanser, bağırsak ve vajinal enfeksiyonlar gibi bazı hastalıklara karşı olumlu etkileri birçok çalışmada ortaya konmuştur. Probiyotiklerin asit dirençliliği, antimikrobiyal madde üretme yeteneği ile patojenlere karşı inhibisyon etkileri de bu mikroorganizmaların gıdalarda kullanımını teşvik edici özelliklerdir. Probiyotikler yaygın olarak süt ürünlerinde kullanılmakla birlikte, bitkisel gıdaların probiyotikler için uygun bir gıda matrisi özelliği göstermesinden dolayı, bitkisel gıdalarda da probiyotiklerin kullanımı ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Bu derleme çalışmasında, probiyotik mikroorganizmaların meyve, sebze ve tahıl ürünlerinde kullanımı, yaygın olarak kullanılan probiyotikler ve bu mikroorganizmaların gıdalarda canlılığını etkileyen faktörler araştırılmıştır.

Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 6(12): 1741-1750, 2018

Use of Probiotic Microorganisms for Plant Based Food Products

A R T I C L E I N F O

Review Article

Received 26 April 2018
Accepted 01 November 2018

Keywords:
Probiotic
Plant based product
Prebiotics
Microencapsulation
Lactobacillus spp.

*Corresponding Author:
E-mail: gtgunduz@gmail.com

A B S T R A C T

Nowadays, people's attention on healthy diets and awareness of a healthy life are on the rise day by day. Some disadvantages of consuming foods from animal origin and easy access of vegetables and the impacts of them on health led to an increase in the consumption of foods from plant origin. Besides the effects of probiotics on lactose digestibility and regulation of immune system, the positive effects of them against some diseases such as high blood pressure, cancer, colon and vaginal infections have been demonstrated in many studies. Acid resistance of probiotics and producing antimicrobial substances for inhibition of pathogenic microorganisms are the properties that promote their use in foods. Even though they are generally used in dairy based foods, there has been an increase on studies about plant based probiotic foods because plants are good matrices for probiotic survival. In this review, probiotic microorganisms and their use of them on fruits, vegetables and cereal based products and the conditions that effect the survival of these microorganisms on foods are investigated.

DOI: https://doi.org/10.24925/turjaf.v6i12.1741-1750.1989

Giriş

Besleyici değerleri ve duyusal özelliklerinin yanında bazı gıdaların insan sağlığı üzerine de olumlu etkileri bulunmakta olup, bu gıdalar düzenli tüketildiğinde bazı kronik hastalıklara karşı koruma sağlamaktadır (Peres ve ark., 2012). Günümüzde insan sağlığı ve beslenmeye yönelik farkındalığın artmasıyla birlikte tüketicilerin gıda tercihleri değişim göstermeye başlamıştır. Gıda pazarında probiyotik ilaveli ürünler yer almaya başlamış olup, tüketicinin de probiyotik özellikli gıdalara olan talebi artmaktadır (Shori, 2016). Probiyotikler "belirli miktarda tüketildiğinde konakçının sağlığında olumlu etkiler gösteren canlı mikroorganizmalar" olarak tanımlanmaktadır. Probiyotiklerin sağlığa olumlu etki gösterebilmesi için vücuda günlük olarak belli miktarda alınması gerekmektedir. Bu miktar gıdanın yapısına bağlı olarak değişmekle birlikte 10^7 - 10^9 kob/ml aralığındadır (FAO/WHO, 2002). Probiyotik mikroorganizmalar büyük çoğunlukla *Lactobacillus* (*L.*) ve *Bifidobacterium* (*Bf.*) türlerini kapsamaktadır (Çizelge 1) (Fijan, 2014). Probiyotiklerin mide asidi ve safraya dirençli olması, bağırsak epitel hücrelerine tutunabilmesi, bağırsakta kolonize olabilmesi, antimikrobiyal madde üretebilmesi ve patojen mikroorganizmaların bağırsak epitel hücrelerine tutunmasını engelleyebilmesi gibi özellikleri bu mikroorganizmaların gıdalarda kullanımını avantajlı kılmaktadır (FAO/WHO, 2002). Probiyotiklerin gıda içerisinde yer alabilmesi için patojenite ve virülans özelliği olmamalı, gıdanın depolama süresi boyunca belirtilen düzeyde canlılığını sürdürmeli ve gıdanın duyusal özelliklerini olumsuz etkilememelidir (Prado ve ark., 2008). Uygun kültürün ve gıda matrisinin seçimi bu nedenle önemlidir (Shori, 2016). Yapılan birçok çalışmada, laktik asit bakterilerinin (LAB) laktoz sindirilebilirliğini arttırma ve bağışıklık sistemini düzenleme gibi etkileri ile kanser, yüksek tansiyon, bağırsak ve vajinal enfeksiyonlar gibi hastalıklar üzerine etkileri araştırılmıştır (Champagne ve ark., 2005). Bu derleme çalışmasının amacı, probiyotiklerin meyve, sebze ve tahıl gibi bitkisel gıdalarda kullanımının, gıdalarda yaygın olarak kullanılan probiyotik türlerinin ve probiyotiklerin bu gıdalardaki canlılığını etkileyen faktörlerin incelenmesidir.

Çizelge 1 Probiyotik mikroorganizmalar (Fijan, 2014).
Table 1 Probiotic microorganisms (Fijan, 2014).

Lactobacillus spp.	*Bifidobacterium* spp.	Diğer türler
L. johnsonii	*Bf. animalis* subsp *animalis*	*S. boulardi*
L. acidophilus	*Bf. animalis* subsp *lactis*	*Lactococcus lactis* subsp. *lactis*
L. bulgaricus	*Bf. infantis*	*E. faecium*
L. salivarus	*Bf. longum*	*B. coagulans*
L. casei	*Bf. breve*	*B. subtilis*
L. paracasei	*Bf. adolescentis*	*Escherichia coli* Nissle 1917
L. rhamnosus		
L. brevis		
L. fermentum		

Probiyotik Gıda Pazarı

Probiyotiklerin sağlık üzerindeki olumlu etkilerini ortaya koyan çalışmalardaki artış ile birlikte, probiyotik gıda pazarı da yükselişe geçmiştir. Hızlı yaşam tarzının sağlıksız beslenmeye neden olması ve egzersiz eksikliği, kişisel sağlığa yönelik farkındalığın artması, medya aracılığıyla sağlık ve beslenme arasındaki ilişkinin daha iyi anlaşılması, beslenme alanındaki bilimsel çalışmaların ve gıda sektöründeki rekabetin artması da probiyotik gıda pazarının artış nedenleri arasındadır. Bu faktörlerin bir araya gelmesiyle dinamik bir probiyotik gıda pazarı oluşmaya başlamıştır (Panghal ve ark., 2018). Probiyotik pazar payının yarısından fazlasını gıdalar, yaklaşık %30-40'ını besin takviyeleri ve yaklaşık %10'unu ise farmasötik alan oluşturmaktadır (Bansal ve ark., 2016).

1998- 2003 yılları arasında fonksiyonel gıdaların dünya genelinde satışları %60 oranında artış göstermiştir. 2008'de ise bu oran %40 olmuştur. Kuzey Amerika'da fonksiyonel gıda tüketimi için kişi başı yıllık ortalama 90 dolar harcanmaktadır, bu rakam pazarın 2007 yılında 27 milyar dolara ulaşmasını sağlamıştır. Brezilya'da 2007 yılında fonksiyonel gıda satışı 500.000 dolara ulaşmış, bu sayı ülkedeki toplam gıda satışının yaklaşık %1'ini oluşturmuştur. Aynı zamanda Brezilya'daki fonksiyonel gıdaların %65'ini probiyotik gıdalar oluşturmuştur (Granato ve ark., 2010). Avrupa'daki fonksiyonel gıda pazarının 2003'te 4-8 milyar dolar arasında olduğu saptanmış, bu değer 2006'da 15 milyara yükselmiştir. 2010 ve 2011 yıllarında, global probiyotik satışlarının sırasıyla 21,6 ve 24,23 milyar dolara yükseldiği, 2014 yılında ise küresel pazarın 62,6 milyar dolar olduğu ve 2020 yılına kadar 96 milyar dolara ulaşacağı tahmin edilmektedir (Espitia ve ark., 2016). Günümüzde fonksiyonel gıda pazarı toplam yiyecek-içecek sektörünün yalnızca %1'ini oluşturmaktadır. Avrupa'daki fonksiyonel gıda pazarında en büyük payı Almanya, Hollanda, Fransa ve Birleşik Krallık almaktadır (Granato ve ark., 2010).

Probiyotiklerin Bitkisel Gıdalarda Kullanım Avantajları

Probiyotiklerin gıdalarda kullanımı daha çok hayvansal kaynaklı gıdalarda ele alınmıştır. Fermente süt, yoğurt ve peynir probiyotiklerin gelişimi için uygun gıda matrisleri olarak görülmektedir. Ancak gelişmiş ülkelerde yaşayan tüketicilerdeki artan vejetaryen beslenme alışkanlıkları, süt ürünlerindeki yüksek kolesterol miktarı ve laktozun laktoz intoleransına sahip bireyler tarafından

sindirilememesi, hayvansal gıdaların etnik nedenler yüzünden bazı toplumlar tarafından tüketilmemesi gibi sebepler probiyotiklerin süt ürünlerinde kullanımı ile ilgili dezavantaj oluşturmaktadır. Sağlıklı beslenmeye yönelik farkındalığın artmasıyla birlikte bitkisel kaynaklı probiyotik gıdalara ihtiyaç doğmuştur (Bansal ve ark., 2016).

Meyve ve sebzeler probiyotikler için uygun bir gıda matrisi özelliği göstermektedir (Shori, 2016). Meyve ve sebzeler; karbonhidrat, diyet lifi, vitamin ve mineraller, fitokimyasallar ve polifenoller bakımından zengin oldukları için sağlıklı gıdalar olarak adlandırılmakta olup, süt alerjeni içermemesi nedeniyle de avantajlıdır (Luckow ve Delahunty, 2004; Patel, 2017). Ayrıca meyveler polisakkaritlerce zengin olduğundan meyve sularının probiyotiklerin gelişimi için uygun bir ortam oluşturabileceği düşünülmektedir (Mohan ve ark., 2013). Birçok çalışmada meyve ve sebze sularının sağlık üzerindeki olumlu etkileri rapor edilmiş olup, farklı meyve ve sebze sularının (karpuz, üzüm, portakal, kivi, nar, şeftali gibi meyveler ve havuç, pancar, lahana ve domates) probiyotik özellikli olarak üretilmesi ile ilgili çalışmalar yapılmıştır (Patel, 2017). Bunların yanı sıra tahıl bazlı gıdalarda da probiyotik türlerin kullanımına yönelik birçok çalışma bulunmaktadır (Lamsal ve Faubion, 2009; Charalampopoulos ve Pandiella, 2010). Tahıllar, probiyotikler tarafından kolayca parçalanması nedeniyle probiyotikler için önemli bir substrattır (Martins ve ark., 2013). Yulaf, arpa ve malt *Lactobacillus* spp.'un zorlu çevre şartlarını tolere etmesini sağlayarak, saf ve karışık probiyotik kültürlerin gelişmesini desteklemektedir (Herrera-Ponce ve ark., 2014). Probiyotik içerikli tahıl ürünlerinin geliştirilmesiyle obezite, kardiyovasküler hastalıklar, tip 2 diyabet ve bazı kanser türleri gibi kronik hastalıkların azaltılabileceği belirtilmektedir (Lamsal ve Faubion, 2009).

Gıdaların probiyotikler ile fermentasyonu sonucunda ürünün yararlı özelliklerinin geliştirilebileceği veya ilave yararlı özellik kazandırılabileceği belirtilmiştir. Bazı probiyotik bakterilerin sahip olduğu enzimatik aktiviteleri (deglikozilasyon, dehidroksilasyon vb.) nedeniyle polifenollerin biyoyararlılığını ve biyoaktivitesini arttırdığı rapor edilmiştir. Yeşil çay ekstraktlarına probiyotik ilavesi yapıldığında, kontrol grubuna göre daha fazla polifenol miktarı ve ACE (anjiyotensin dönüştürücü enzim) inhibisyonu etkisi görülmüştür (Lacey ve ark., 2014). Süt ürünlerinin aksine, probiyotiklerin bitkisel gıda ve içeceklerin üretilmesinde kullanılması yeni gelişen bir konu olup, bu konudaki çalışmalarda artış gözlenmektedir.

Meyve Bazlı Ürünlerde Probiyotiklerin Kullanımı

Meyveler yüksek miktarda içerdiği faydalı besin ögelerinin yanında, taze ve ferahlatıcı lezzet profiliyle de her yaştan insanının tüketebileceği bir gıdadır (Kumar ve ark., 2015). Meyve sularında probiyotiklerin canlılığının incelendiği birçok çalışma bulunmaktadır (Sheehan ve ark., 2007; Nualkaekul ve ark., 2011; Ankolekar ve ark., 2012; Rodrigues ve ark., 2012; Antunes ve ark., 2013; Mohan ve ark., 2013; Malganji ve ark., 2016). Elma, portakal, muz, kuş üzümü, kavun, ananas, yabanmersini, nar gibi birçok meyvenin probiyotiklerle zenginleştirilmesi ve probiyotiklerin bu gıdalarda canlılığını sürdürmesi üzerine çalışmalar bulunmaktadır (Çizelge 2).

Malganji ve ark. (2016) pastörize üzüm suyuna üç farklı *Lactobacillus* türü inoküle etmiş, 4 haftalık depolama süresince türlerin canlılığını ve ürünün duyusal özelliklerini incelemişlerdir. 4 haftalık depolama sonunda *L. plantarum* 10^6 kob/ml, *L. delbrueckii* 10^7 kob/ml ve *L. rhamnosus* 10^8 kob/ml düzeylerinde canlılığını sürdürmüştür. Ayrıca duyusal testlerde de, *L. rhamnosus* inoküle edilen ürün toplam kabul edilebilirlik düzeyi bakımından diğer iki türden daha fazla puan almıştır. Pastörize portakal, yabanmersini ve ananas sularında *L. salivarus* UCC118, *L. salivarus* UCC500, *Bf. lactis* Bb-12, *L. casei* DN-114 001, *L. rhamnosus* GG, *L. paracasei* NFBC 43338 gibi probiyotiklerin canlılığının araştırıldığı çalışmada, test edilen probiyotiklerin portakal ve ananas suyunda yabanmersinine göre canlılığını daha fazla koruduğu görülmüştür. *L. salivarus*'un iki suşu da asit toleransı en düşük olarak saptanmış, portakal ve ananas suyunda depolamanın 2. haftasında canlılığını kaybetmiştir. Aynı çalışmada meyve suları 76°C'de 30 s ısıl işleme ve 400 mPa, 5 dak yüksek basınca tabi tutulmuş, ardından probiyotiklerin canlılıkları incelenmiştir. Hiçbir türün işlemlerden sonra 10^6 kob/ml düzeylerinde canlılığını koruyamadığı görülmüştür. *L. paracasei* NFBC 43338 proseslere en dirençli ve depolamada canlılığını en fazla koruyan suş olarak saptanmıştır (Sheehan ve ark., 2007). *L. brevis* ve *Bacillus* (*B.*) *amyloliquefaciens* ile fermente edilen yabanmersini suyunda probiyotik sayısının 72 saatlik fermentasyon süresi sonunda, 10^{10} kob/ml düzeyinde olduğu, 72. saatten sonra ise popülasyonda azalma gözlendiği belirlenmiştir. Aynı çalışmada, kontrol ve probiyotikli örneklere *Brevibacterium linens*, *Propionibacterium acnes*, *B. cereus* ve *Staphylococcus epidermidis* kullanılarak minimum inhibisyon konsantrasyonu ve minimum bakterisidal konsantrasyonları belirlenmiş, probiyotik ile fermente edilen ürünün daha fazla inhibisyon ve bakterisidal etkisi olduğu ortaya konmuştur (Oh ve ark., 2017). Rößle ve ark. (2010), taze elma dilimlerini *L. rhamnosus* GG suşu içeren çözeltiye daldırmış ve suşun stabilitesini incelemiştir. *L. rhamnosus* GG suşunun elma dilimlerinde 10 güne kadar 10^8 kob/ml düzeylerinde kalabildiği saptanmıştır. Elma dilimlerinin probiyotik içeren elma suyuna daldırılması ile yapılan çalışmada, elma dilimleri *L. rhamnosus* ve *Saccharomyces* (*S.*) *cerevisiae* içeren ticari elma sularına daldırılmış, stabilitenin artırılması amacıyla 40°C'de kurutmaya tabi tutulmuştur. İki haftalık depolama sırasında elma dilimlerinde 10^6 kob/ml düzeyinde probiyotik bulunduğu tespit edilmiştir. Bu sayı ticari probiyotik süt ürünlerinde bulunan probiyotik miktarına yakın bir değerdir (Betoret ve ark., 2003).

Sofralık yeşil ve siyah zeytinin fermentasyonu, ortamda LAB ve mayaların aktivitesi ile gerçekleşmekte olup, sofralık zeytindeki probiyotik suşların önemi son yıllarda dikkat çekmektedir. Yapılan *in vitro* çalışmalarda zeytinden izole edilen bazı LAB suşlarının *Helicobacter pylori*, *Propionibacterium* spp. ve *Clostridium perfringens* türlerinin gelişimini inhibe eden antimikrobiyal metabolitler ürettiği saptanmıştır. Ayrıca bu suşların, düşük pH değerlerine karşı dirençli olduğu,

ince bağırsaktaki safra konsantrasyonlarında canlılığını sürdürebildiği de bildirilmiştir (Peres ve ark., 2012). *L. paracasei* IMPC2.1 probiyotik suşu ile fermente edilen sofralık zeytinde probiyotik, doğal LAB mikroflorasını domine ederek zeytinin yüzeyine başarılı bir şekilde kolonize olmuş, fermentasyonun 30. gününde salamuranın pH değerini 5'in altına düşürmüş, 90. güne kadar pH'ı bu değerin altında tutmayı başarmıştır. *Enterococcus* (*E.*) popülasyonu, fermentasyon sonunda, kontrol örneklerinde, probiyotik içeren örneklere göre daha yüksek düzeyde saptanmıştır. Mayalar ise hem kontrol hem de probiyotikli örnekte tespit edilmiş, ayrıca maya miktarı tuz konsantrasyonundan etkilenmemiştir (De Bellis ve ark., 2010).

Model çözeltide *Bf. longum* NCIMB 8809'un canlılığı üzerine yapılan çalışmada, 6 hafta boyunca, bu model çözeltide bulunan bileşenlerin oranının canlılığa etkisi araştırılmış ve pH'ın 3,7'nin üzerinde, sitrik asidin 8-15 g/l düzeylerinde, protein konsantrasyonunun 3 g/l'nin üzerinde ve diyet lifinin 3-7 g/l olduğu ortamın probiyotik için en uygun ortam olduğu saptanmıştır. Sitrik asit gibi organik asitlerin LAB'ın canlılığında negatif etkisi olması beklenmektedir. Düşük pH değerlerinin, probiyotiklerin gıda içerisindeki canlılığını olumsuz etkilediği birçok çalışma ile belirtilmiştir. Fakat bu çalışmada, sitrik asit 8-15 g/l düzeylerinde probiyotik bakterinin canlılığını desteklemiştir (Nualkaekul ve ark., 2011).

Probiyotiklerin istenen özellikleri gösterebilmesi için, gıdanın tüketimi sırasında 6-7 log kob/ml düzeylerinde olması gerekmektedir. Bu nedenle, probiyotiklerin gıdanın üretiminden tüketimine kadar istenen sayılarda kalabilmesinin sağlaması amacıyla çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Probiyotik özellikli gıdanın üretiminde, işlenmesinde ve depolama sürecinde etkili olan faktörler probiyotiklerin canlı kalma düzeyini etkilemektedir. Gıdaya özgü faktörler (pH, asitlik, moleküler oksijen, su aktivitesi, tuz ve şeker içerikleri ile hidrojen peroksit, bakteriyosin, yapay aroma ve renk maddeleri gibi kimyasallar), işlem parametreleri (ısıl işlem, inkübasyon sıcaklığı, soğutma hızı, ambalaj materyali, depolama koşulları ve üretim ölçeği) ve mikrobiyolojik parametreler (probiyotik suş, inokülasyon oranı vb) probiyotiklerin canlılığını etkileyen faktörlerdir (Tripathi ve Giri, 2014).

Çizelge 2 Probiyotiklerin bazı meyve bazlı ürünlerde kullanımı konusunda yapılmış olan çalışmalar
Table 2 Some studies on the use of probiotics in some fruit-based products

Gıda ürünü	Kullanılan türler	Probiyotik türün canlı kalma süresi ve sayısı	Kaynak
Üzüm suyu	*L. plantarum* *L. rhamnosus* *L. delbrueckii*	28 gün sonunda ; *L. plantarum* 6 log kob/ml *L. delbrueckii* 7 log kob/ml *L. rhamnosus* 8 log kob/ml değerlerinde canlı kalmıştır.	Malganji ve ark., 2016
Portakal suyu Yabanmersini suyu Ananas suyu	*L salivarus* UCC118 *L. salivarus* UCC500, *Bf. lactis* Bb-12 *L. casei* DN-114 001 *L. rhamnosus* GG *L. paracasei* NFBC 43338	12 haftalık depolama sonunda; *L. salivarus* UCC118, *L. salivarus* UCC500, *Bf. lactis* Bb-12 belirleme limitinin altında bulunmuştur. *L. casei* DN 114001, *L. rhamnosus* GG, *L. paracasei* NFBC 43338 ise 6-7 log düzeylerinde saptanmıştır.	Sheehan ve ark., 2007
Elma dilimleri	*L. rhamnosus* GG	10 güne kadar canlılık 8 log değerlerinde korunmuştur.	Rößle ve ark., 2010
Elma dilimleri	*L. rhamnosus* *S. cerevisiae*	İki hafta depolama sonunda, 6 log değerine ulaşmıştır.	Betoret ve ark., 2003
Açerola nektarı	Mikroenkapsüle *Bf. animalis* subsp. *lactis* BB-12	35 günlük depolama sonunda; Mikroenkapsüle formdaki tür 7 log, serbest formdaki tür 5 log düzeylerinde canlı kalmıştır.	Antunes ve ark., 2013
Yabanmersini suyu	*L. brevis*, *B. amyloliquefaciens*	72 saatlik fermentasyon sonunda 10 log değerinde canlılık saptanmıştır.	Oh ve ark., 2017

Sebze Bazlı Ürünlerde Probiyotiklerin Kullanımı

Sebze yüzeyleri probiyotikler ile interaksiyona geçerek ürünün kalitesini geliştirecek bir çok mikroorganizmayı barındırmaktadır (De Bellis ve ark., 2010). Mikroorganizmalar genelde el değmemiş bitki yüzeyindeki gözeneklerde bulunmaktadır. Sebzelerin kesilmesi ve kabuklarının soyulması da mineral, vitamin, şeker ve diğer besin ögelerinin artışına sebep olmakta, bu da mikrobiyal gelişme için uygun bir ortam oluşturmaktadır (Shori, 2016). Hücreler arasındaki boşluklar yani porlar bakterilerin sebze ve meyvelere girişinde önemli rol oynamaktadır. Elmada toplam meyve hacminin %20-25'ini oluşturan parankimal dokular bakterilerin meyve içerisine girişinden büyük oranda sorumludur. Araştırmacılara göre bu hücreler, bakterinin geçişine izin verecek büyüklüktedir. Olgunlaşmış elmalarda bu porların büyüklüğü 50-500 µm arasında değişmektedir (Martins ve ark., 2013). Sebzelerden farklı türlerde çok sayıda LAB izole edilmiş ve bunların çoğunluğunu *Lactobacillus* türlerinin oluşturduğu belirlenmiştir (Shori, 2016). Probiyotik özellikli sebze ve sebze suyu üretimine yönelik çalışmalar Çizelge 3'te yer almaktadır. Havuç suyu *Bf. lactis* Bb-12, *Bf. bifidum* B3.2

ve *Bf. bifidum* B7.1 ile fermente edilmiş, fermentasyon sırasında pH, organik asitler, karotenoidler, şeker ve etanol miktarındaki değişimler kaydedilmiştir. Başlangıç pH değeri 6,4 iken, fermentasyon sonunda 4,2 olarak ölçülmüştür. Karotenoidler kullanılan suşa bağlı olarak %15-45 oranlarında bozunmaya uğramış ve bütün suşlarda 15-17 mg/ml arasında laktik asit üretimi saptanmıştır. Üretilen laktik asit miktarının, asetik asitten daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Laktik asidin lezzet ve yapıyı geliştirerek gıdanın besleyici değerini arttırdığı bilinmektedir. Fermentasyon sırasında düşük miktarda etanol üretimi de ölçülmüş olup, fermentasyonun 6. saati sonunda *Bf. lactis* Bb-12, *Bf. bifidum* B3.2 ve *Bf. bifidum* B7.1 için sırasıyla 1,11 mM, 1,89 mM ve 1,44 mM etanol üretimi saptanmış, fermentasyon sonunda ise etanol konsantrasyonunun 3 kat arttığı rapor edilmiştir (Kun ve ark., 2008). Pancar suyunun *L. acidophilus* LA39, *L. casei* A4, *L. delbrueckii* D7, *L. plantarum* C3 kullanılarak fermente edildiği çalışmada, 48 saatlik fermentasyon sonunda 8 log birim olan probiyotik mikroorganizma sayısı, 4 haftalık depolama süresinin sonunda en fazla azalma 4 log birim ile *L. acidophilus* LA39'ta gözlemlenmiş, test edilen diğer probiyotik bakterilerin sayısında ise 1-2 log aralığında azalma tespit edilmiştir (Yoon ve ark., 2005). *L. plantarum* C3, *L. casei* A4, *L. delbrueckii* D7 suşları kullanılarak fermente edilen lahana suyu çalışmasında, 72 saatlik fermentasyon sonunda bütün suşlarda 10^8 kob/ml popülasyon değerine ulaşılmış, asitlik değerleri *L. casei*, *L. plantarum ve L. delbrueckii* için sırası ile %0,74, %0,95 ve %0,97 olarak bulunmuştur. Bu çalışmadan, *L. plantarum* C3 ve *L. delbrueckii* D7 suşlarının probiyotik lahana suyu üretimi için uygun suşlar olduğu belirlenmiştir (Yoon ve ark., 2006). Probiyotik kültürler kullanılarak üretilen domates suyunda 4 haftalık depolama sonunda, *L. acidophilus* LA39 10^9 kob/ml, *L. plantarum* C3 10^6 kob/ml, *L. casei* A4 10^8 kob/ml, *L. delbrueckii* D7 ise 10^8 kob/ml düzeyinde canlılığını sürdürmüştür (Yoon ve ark., 2004). Bu çalışmalarda, aynı probiyotik suşun farklı substratlarda kullanımının farklı sonuçlar verdiği görülmektedir. *L. paracasei* LAFTI-L26, *L. acidophilus* LAFTI-L10, *Bf. animalis* ssp. *lactis* LAFTI-B94 suşlarının 6 farklı yeşil çay ekstraktındaki canlılığının araştırıldığı bir çalışmada, tarçın içeren yeşil çay ekstraktında 24 saatin sonunda bütün suşların canlılığını kaybettiği rapor edilmiştir. Tarçının *Lactobacillus* spp. ve başka birçok türe karşı antimikrobiyal etkisi çalışmalarda belirtilmiştir (Lacey ve ark., 2014). Bu nedenle, probiyotik özellikli ürünlerin üretiminde kullanılan substratın probiyotikler üzerinde inhibitif etkilerinin olmaması gerekmektedir.

Çizelge 3 Probiyotiklerin bazı sebze bazlı ürünlerde kullanımı konusunda yapılmış olan çalışmalar
Table 3 Some studies on the use of probiotics in some vegetable-based products

Gıda ürünü	Probiyotik tür	Probiyotiklerin canlı kalma süresi ve sayısı	Kaynak
Fermente havuç suyu	*Bf. lactis* Bb-12 *Bf. bifidum* B 3.2 ve B 7.1	24 saatlik fermentasyon sonunda 7 log düzeyinde canlılık saptanmıştır.	Kun ve ark., 2008
Fermente pancar suyu	*L. acidophilus* LA 39 *L. casei* A4 *L. delbrueckii* D7 *L. plantarum* C3	4 haftalık depolama sonunda; *L. acidophilus*, 4 log *L. casei*, 7 log *L. plantarum*, 7 log *L.delbrueckii*, 6 log saptanmıştır.	Yoon ve ark., 2005
Lahana suyu	*L.plantarum* C3 *L. casei* A4 *L. delbrueckii* D7	4 haftalık depolama sonunda; *L. plantarum* C3, 7 log *L. delbrueckii* D7, 5 log *L. casei* A4 belirleme limitinin altında kalmıştır.	Yoon ve ark., 2006
Domates suyu	*L. acidophilus* LA39 *L. plantarum* C3 *L. casei* A4	4 haftalık depolama sonunda, *L. acidophilus* LA39, 9 log *L. plantarum* C3, 6 log *L. casei* A4, 8 log *L. delbrueckii* D7, 8 log düzeyinde canlılığını sürdürmüştür.	Yoon ve ark., 2004
Yeşil çay ekstraktları	*L. paracasei* LAFTI-L26 *L. acidophilus* LAFTI-L10 *Bf. animalis* ssp. *lactis* LAFTI-B94	*Bf. animalis* ssp. *lactis* LAFTI-B94 suşu bütün örneklerde en az 72 saat boyunca canlılığını sürdürmüştür.	Lacey ve ark., 2014

Tahıl Bazlı Ürünlerde Probiyotiklerin Kullanımı

Dünyanın her yerinde üretimi ve tüketimi yapılan tahıllar, yüksek miktarda enerji, vitamin ve mineral içermekte olup, yapılarındaki prebiyotik diyet lifleri sayesinde probiyotiklerin gelişimini stimüle edici özellik göstermektedir (Bernat ve ark., 2015). Laktik asit fermentasyonunun tahıllardaki minerallerin ve diğer besin ögelerinin biyoyararlılığını ve sindirebilirliğini arttırabileceği belirtilmiştir. Mısır, sorgum, buğday, yulaf, arpa ve çavdar gibi tahıl taneleri probiyotik fermente içecek ve lapa üretiminde kullanılmaktadır (Bansal ve ark., 2016). Günümüzde tahıl içeren gıdaların üretimi için pişirme, öğütme gibi teknolojiler kullanılsa da, fermentasyon işlemi besin ögelerini, duyusal kaliteyi ve raf ömrünü geliştirmek için çok uygun bir yöntem olarak varlığını sürdürmektedir. Probiyotiklerin bazı tahıl bazlı ürünlerde kullanımı ve bu ürünlerdeki canlılığını

sürdürmesi konusunda yapılan çalışmalar Çizelge 4'te yer almaktadır. LAB, *Enterobacter* spp. ve mayalar (*Candida, Debaryomyces, Endomycopsis, Hansenula, Pichia, Saccharomyces* ve *Trichosporon* spp.) tahıl bazlı alkollü ve alkolsüz gıdaların fermentasyonunda kullanılmaktadır (Luana ve ark., 2014). Yapılan çalışmalarda, yulaf, arpa ve maltın probiyotiklerin üremesini desteklediği rapor edilmiştir (Charalampopoulos ve Pandiella, 2010). Yulaf sütü, içerdiği yüksek miktardaki çözünen ve çözünmeyen diyet lifi ile birçok hastalığa karşı koruma sağlamaktadır. Yapılan çalışmalarda yulafın içerdiği β-glukanın prebiyotik aktivite gösterdiği ve kan kolesterol seviyesini düşürdüğü saptanmıştır (Bernat ve ark., 2015). Malt, arpa, yulaf ve farklı türler kullanılarak üretilen probiyotik içeceklerde en yüksek probiyotik canlılığı malt içeren üründe görülmüş olup, probiyotik sayısı 10^8 kob/ml düzeyinde bulunmuştur. Aynı çalışmanın duyusal testlerinde ise en yüksek beğeni *L. plantarum* içeren ürünlerde olmuştur (Salmeron ve ark., 2015). Fermentasyonun gıdanın besin ögelerini artırdığı bilinmektedir. Gautam ve Sharma (2014) tarafından yapılan bir çalışmada chia tohumu içeren tahıl karışımının *L. brevis* UN ve *L. spicheri* G2 ile fermentasyonu sonucunda ürünün antioksidan miktarında artış olduğu tespit edilmiş olup, kontrol örneğinde başlangıç değeri olan %11,40'dan %14,20'ye artış görülürken, antioksidan miktarı probiyotikli örneklerde %46 ve %55 değerlerine yükselmiştir. *L. reuteri* ATCC 55730 ve *Streptococcus thermophilus* CECT 986 ile fermente edilen yulaf sütünde, 28 günlük depolama sonunda iki suşta da yalnızca 1 log azalma gözlenmiş ve son popülasyon değerleri 10^7 bulunmuştur (Bernat ve ark., 2015). Arpa, buğday ve maltın farklı oranlardaki karışımı ile elde edilen tahıl ekstraktları içerisine *L. plantarum* NCIMB 8826 inoküle edilmiş, ekstraklarda farklı düzeylerde canlılık görülmüş, en yüksek probiyotik canlılığı %30 malt içeren ekstraktta 10^{10} kob/ml değerinde gözlenmiştir. Maltın probiyotik gelişiminde etkili bir substrat olduğu farklı çalışmalarda da saptanmıştır (Charalampopoulos ve Pandiella, 2010). *L. plantarum* suşları inoküle edilen fermente tam tahıllı yulaf ürününde, depolama süresi sonunda suşlarda 10^8 kob/ml değerinde canlılık gözlenmiştir. Farklı suşların kullanıldığı çalışmada, ekzopolisakkarit üreten *L. plantarum* Lp90 suşu içeren örnekte viskozite değeri diğer örneklere kıyasla daha yüksek bulunmuştur (Russo ve ark., 2016). Boza, pirinç, mısır, arpa, yulaf, çavdar, buğday, darı gibi farklı tahılların fermente edilmesi ile elde edilen bir ürün olup, içerdiği yüksek mikrobiyal çeşitlilik ile bilinmektedir. Fermentasyonda büyük çoğunlukla LAB ve mayalar yer almaktadır (Öztürk ve ark., 2013). En iyi duyusal kalitede bozanın *S. cerevisiae, Leuconostoc mesenteroides, L. confusus* tarafından gerçekleştirilen fermentasyon ile üretildiği belirtilmiştir (Marsh ve ark., 2014). 2000 yılından bu yana bozadan bakteriyosin üreten birçok farklı LAB izole edilmiştir. Yapılan bir çalışmada, potansiyel probiyotik ve bakteriyosin üreten *E. mundtii* ST4 suşu *S. cerevisiae* ile birlikte boza üretimi için hazırlanan arpaya inoküle edilmiş ve 37°C'de, 3 saat fermente edilmiştir. *E. mundtii* ST4'nin bozada 7 gün boyunca canlılığını sürdürdüğü ve yüksek miktarda bakteriyosin ürettiği rapor edilmiştir. Ürünün yapısında ve duyusal özelliklerinde olumsuz bir etki gözlenmemiş, bozanın *E. mundtii* ST4 suşu için iyi bir taşıyıcı gıda matrisi olabileceği belirtilmiştir (Todorov ve ark., 2009). Probiyotik *L. casei* Shirota ve çeşitli *Lactobacillus* suşları kullanılarak fermente edilen bozada mikrobiyolojik ve fizikokimyasal analizler yapılmıştır. Boza iki deneme olarak hazırlanmış, S1 örneği farklı *Lactobacillus* suşları ile, S2 örneği ise bu suşlara *L. casei* Shirota de eklenerek fermente edilmiştir. 10 günlük depolama periyodu sonunda S1 ve S2 örneklerinde sırasıyla pH 3,12 ile 3,23, toplam asitlik %0,77 ve %0,92, brix değerleri ise 15,30 ve 14,87 olarak ölçülmüştür. Başlangıçta 10^7 kob/ml olan *L. casei* Shirota, depolama sonunda 10^9 kob/ml değerine yükselmiştir. İki örnekteki LAB miktarı da başlangıç 10^8 kob/ml değerinden, 10^{11} kob/ml değerlerine kadar artış göstermiş ve *L. casei* Shirota'nın boza içerisinde başarılı bir şekilde canlılığını sürdürdüğü tespit edilmiştir (Öztürk ve ark., 2013).

Bitkisel Gıdalarda Probiyotik Mikroorganizmaların Canlılığını Sürdürmesine Yönelik Uygulamalar

Enkapsülasyon

Meyve ve meyve sularının probiyotik ile zenginleştirilmesi, süt ürünlerindeki prosesten daha karmaşık bir işlemdir. Meyvelerin sahip olduğu düşük pH değerleri, probiyotik için gerekli olan serbest amino asitler ve küçük peptitlerin yetersiz miktarda olmasından dolayı, meyve ve meyve sularında probiyotiklerin canlılığını sürdürmesi daha zordur. Probiyotiklerin yalnızca gıdada canlılığını sürdürmesi değil, aynı zamanda bağırsağa da canlı şekilde ulaşması gerekmektedir (Antunes ve ark., 2013). Probiyotiklerin gelişimi oksijen miktarı, asit seviyesi, ve sindirim sistemi gibi zorlu ortam koşullarından dolayı baskılanmaktadır. Bu koşullardan etkilenme düzeyi ise kullanılan suş, türler arası interaksiyonlar, kültürün hidrojen peroksit üretimi, ürünün son asitlik değeri, besin ögelerinin yararlanılabilirliği, laktik ve asetik asit miktarı, çözünmüş madde konsantrasyonu, inokulum miktarı, inkübasyon sıcaklığı, fermentasyon sıcaklığı ve süresi gibi birçok faktöre bağlıdır (Krasaekoopt ve Watcharapoka, 2014). Mikroenkapsülasyon teknolojisi probiyotiklerin gelişimi için anaerobik ortam koşulları sağlamakta ve hassas türler için fiziksel bariyer oluşturmaktadır (Antunes ve ark., 2013). Enkapsülasyon, katı, sıvı ya da gaz materyallerin spesifik koşullar altında içlerindeki bileşenlerin salınımına izin verecek biçimde, kapsül şeklinde paketlenmesi işlemidir (Anal ve Singh, 2007). Bu amaçla ekstrüzyon, emülsiyon, püskürtmeli kurutma gibi farklı işlemler kullanılmaktadır (Kavitake ve ark., 2018). Gıda biliminde enkapsülasyon; kontrollü salınım sağlama, raf ömrünü uzatma ve besin ögelerindeki kayıpları koruma, istenmeyen koku ve aromayı maskeleme gibi birçok işlemde kullanılmaktadır (Anal ve Singh, 2007). Enkapsülasyon için en yaygın kullanılan materyaller kitosan, aljinat, selüloz, nişasta, karragenan K, ksantan gam, jelatin gibi polisakkaritler ve biyopolimerlerdir (Anal ve Singh, 2007; Nualkaekul ve ark., 2012; Antunes ve ark., 2013; Krasaekoopt ve Watcharapoka, 2014; Li ve ark., 2016). Enkapsüle probiyotik içeren gıda ortamının prebiyotikler ile zenginleştirilmesi hem probiyotiğin gelişimini desteklemekte, hem de sindirim sisteminde probiyotik için daha iyi bir koruma sağlamaktadır (Krasaekoopt ve Watcharapoka, 2014).

Çizelge 4 Probiyotiklerin bazı tahıl bazlı ürünlerde kullanımı konusunda yapılmış olan çalışmalar
Table 4 Some studies on the use of probiotics in some cereal-based products

Gıda ürünü	Kullanılan türler	Probiyotik türün canlı kalma süresi ve sayısı	Kaynak
Tahıl bazlı probiyotik ürün	*L. brevis* UN, *L. spicheri* G2	30 günlük depolama sonunda 7 log düzeyinde canlılık saptanmıştır.	Gautam ve Sharma, 2014
Fermente yulaf sütü	*L. reuteri* ATCC 55730, *S. thermophilus* CECT 986	28 günlük depolama sonunda 7 log düzeylerinde canlılık saptanmıştır.	Bernat ve ark., 2015
Tahıl ekstraktları	*L. plantarum* NCIMB 8826	En yüksek canlılık %30 malt içeren ekstraktta 10 log olarak saptanmıştır.	Charalampopoulos ve Pandiella, 2010
Tam tahıllı yulaf unu içeren ürün	*L. plantarum* suşları	21 günlük depolama sonunda 8 log düzeylerinde canlılık sağlanmıştır.	Russo veark., 2016
Probiyotik film kaplamalı tava ekmeği	*L. rhamnosus GG*	7 günlük depolama periyodunda 6 log düzeyine azalmıştır.	Soukoulis ve ark., 2014

Mısır nişastası ve kitosan içeren aljinat tanecikleri içindeki *L. acidophilus*'un, gastrointestinal ortamda daha iyi koruma sağlandığı saptanmıştır. Mısır nişastasında enkapsüle edilmiş *L. plantarum* 299v, asit (pH 2, 1 sa), safra (%3,4 sa) ve yüksek sıcaklığa (60°C, 15 dak) maruz bırakıldıktan sonra istatistiksel açıdan önemli miktarda daha fazla probiyotik popülasyonu saptanmıştır. Nişasta bazlı materyallerin enkapsülasyon için uygun bir özellik gösterdiği görülmüştür (Li ve ark., 2016). Liyofilizasyon yöntemi ile yağlı süt kaplı inülin-sodyum aljinat ile enkapsüle edilmiş *L. plantarum*'un serbest formdakine göre hem mide hem de safra koşullarında daha iyi canlılık gösterdiği belirlenmiş, 2 saat boyunca model sindirim sistemi koşullarında canlığını sürdürmüştür. %1'lik safra konsantrasyonunda 2 saat sonunda probiyotikte yalnızca 1,21 log azalma meydana gelmiştir. 7 haftalık depolama sonunda ise *L. plantarum*'un canlı kalma oranı %20 olarak saptanmıştır (Wang ve ark., 2016). Ksantan/jelan ile enkapsüle edilmiş *Bf. lactis'*in 21 günlük depolama süresi boyunca stabilitesini koruduğu belirlenmiştir (Kavitake ve ark., 2018).

L. casei, *L. brevis* ve *L. plantarum* emülsiyon tekniği kullanılarak β-glukan ile kaplanmış ve 6 saat model bağırsak sistemi koşullarına maruz bırakılmıştır. Başlangıç popülasyon değeri 9 log iken, bu işlem sonrasında enkapsüle edilmiş kültürlerde 5,80-6,20 değerlerine, enkapsüle edilmemiş kültürlerin sayısında ise 1 log değerlerine kadar azalma meydana gelmiştir. Aynı çalışmada probiyotikler 55°C, 65°C, 75°C sıcaklığa maruz bırakıldığında, serbest haldeki türler sıcaklığa karşı hassasiyet göstermiş ve popülasyonda 5 log birime kadar azalma meydana gelmiştir. Enkapsüle türlerde ise popülasyonda yalnızca 1'er log azalma tespit edilmiştir (Shah ve ark., 2016). Sodyum aljinat ve sodyum aljinat-peyniraltı suyu proteini karışımı çözeltisindeki *L. rhamnosus* GG suşu, pişirilip soğutulmuş tava ekmeği üzerine film şeklinde kaplandıktan sonra 60°C 10 dak ve 180°C'de 2 dak hava ile kurumaya tabi tutulmuştur. Sodyum aljinat çözeltisi ve sodyum aljinat-peyniraltı suyu proteini çözeltisinde sırasıyla 10^7 ve 10^8 kob/ml olan başlangıç popülasyon değeri 7 günlük depolama süresi sonunda 10^6 ve 10^8 kob/ml değerlerinde kalmıştır. Peyniraltı suyu proteini içeren çözeltinin *L. rhamnosus* GG suşunun canlılığının korunmasında daha etkili olduğu belirtilmiştir. Aynı çalışmada, kontrol suşu ve enkapsüle edilmiş suş içeren ürünler arasında görsel açıdan fark gözlenmemiştir. Bu çalışmada, kullanılan kaplama materyalinin ve uygulanan ısıl işlem parametrelerinin probiyotik canlılığındaki etkisi vurgulanmıştır (Soukoulis ve ark., 2014).

L. plantarum'un *in vitro* gastrointestinal koşullarda canlılığının test edildiği çalışmada, serbest haldeki probiyotikler 2. haftada canlılığını kaybederken, enkapsüle ve aljinat kaplamalı olan örneklerde probiyotikler 4 haftaya kadar 10^4 – 10^5 kob/ml düzeylerinde canlılıklarını koruyabilmiştir (Nualkaekul ve ark., 2012). Serbest halde probiyotik içeren açerola nektarında, 35 günlük depolama süresi sonunda türün canlılığı, enkapsüle tür içeren ürün ile kıyaslandığında 2 log kadar düşük bulunmuştur. Depolama süresi sonunda mikroenkapsüle formdaki tür 0,69 log azalarak 7 log birim düzeylerinde canlı kalırken, serbest formdaki tür ise 1,95 log azalarak 5 log düzeyinde canlı kalabilmiştir. Bu çalışma ile mikroenkapsülasyon yönteminin probiyotiğin canlılığını desteklediği saptanmıştır (Antunes ve ark., 2013). *L. paracasei* aljinat ve kitosan ile enkapsüle şeklinde portakal ve şeftali suyuna inoküle edilmiş, *L. paracasei*'nin canlılığını 50 güne kadar koruduğu, popülasyonun yalnızca 1 log azaldığı ve 5 log değerlerinde kaldığı görülmüştür (Rodrigues ve ark., 2012). Yapılan bu çalışmalar değerlendirildiğinde, probiyotiklerin gıda içerisinde ve *in vitro* koşullarda istenen sayılarda canlı kalabilmesi için mikroenkapsülasyon işleminin uygulanması gerekliliği ortaya konmuştur.

Prebiyotikler

Probiyotiklerin meyve, sebze ve tahıllar içindeki canlılığını destekleyici diğer bir faktör ise prebiyotiklerdir. Prebiyotikler, probiyotik mikroorganizmaların gelişimini teşvik eden sindirilmeyen besin ögeleridir. Prebiyotiklerin, probiyotiklerin gelişimini desteklediği birçok çalışma ile raporlanmıştır (Nazzaro ve ark., 2008; Prado ve ark., 2008; Krasaekoopt ve Watcharapoka, 2014). Meyve, sebze ve tahıllar iyi birer prebiyotik kaynağıdır (Antunes ve ark., 2013). Global Market Insight, Inc. (Delaware, ABD) verilerine göre prebiyotik pazarı yükseliş göstermekte ve 2024 yılına kadar 8,5 milyar dolara kadar büyüyeceği tahmin edilmektedir (Fonteles ve Rodrigues, 2018). Son yıllarda prebiyotikler ve probiyotiklerin birlikte kullanıldığı 'sinbiyotik' olarak adlandırılan sağlığa faydalı yeni

fonksiyonel gıdaların üretimi ile ilgili çalışmalar artmaktadır (Miremadi ve ark., 2016). Prebiyotik olarak adlandırılan besin ögeleri bağırsağın ilk kısmında hidrolize edilmemeli veya absorbe edilmemeli, bir ya da birkaç mikroorganizma için seçici substrat görevi görmeli, konakçının kolon mikrobiyotasını geliştirmelidir (Prado ve ark., 2008). Peptitler, lipitler ve karbohidratlar prebiyotik özellik göstermektedir. Laktuloz ve inülin gibi oligosakkaritler kolon sağlığı için faydalı olan fermente edilebilir karbohidratlar içermektedir. Meyve suları prebiyotikler için uygun bir matris özelliği göstermektedir. Fruktooligosakkaritler (FOS) sükroz benzeri tada sahip olduklarından prebiyotikler içerisinde önemli bir yere sahiptir. Fakat FOS ve inülin diğer prebiyotiklere göre asidik koşullara ve yüksek sıcaklığa karşı daha hassastır. Asidik koşullarda 85°C, 30 dakika ısıl işlemin FOS ve inülinin prebiyotik aktivitesini azalttığı raporlanmıştır. Galaktooligosakkaritler (GOS) ise aside ve yüksek sıcaklığa karşı oldukça dayanıklı olduğundan meyve suyu gibi düşük asitli gıdalarda kullanımının uygun olduğu belirlenmiştir (Fonteles ve Rodrigues, 2018). İnülin ve oligofruktoz muz, sarımsak, soğan ve tahıllarda yüksek miktarda bulunan bir karbohidrattır (Prado ve ark., 2008). İnülin ve GOS içeren probiyotik özellikli yoğurt ve portakal suyu örneklerinde, prebiyotiklerin katkısı mikroorganizmanın gelişimini etkilemiş, prebiyotik içermeyen örneklerde 1 log kadar daha az popülasyon saptanmıştır. Probiyotiklerin 4 haftalık depolama periyodu sonunda 10^7 kob/ml düzeylerinde canlı kalabildiği belirlenmiştir (Krasaekoopt ve Watcharapoka, 2014). *L. rhamnosus* ve *L. bulgaricus* ile fermente edilen havuç sularında inülin ve FOS'in ortama eklenmesinin mikroorganizmaların gelişimini desteklediği bulunmuştur (Nazzaro ve ark., 2008). Meyve sularının glukan ile zenginleştirildiği bir çalışmada, %20 β-glukan içeren yulaf ununun elma suyuna ilavesi ile *L. rhamnosus*'un canlılığını 4°C ve 20°C'de 12 haftaya kadar koruduğu saptanmıştır. Çalışmada elma suyuna yulaf unu yerine, buğday dekstrini, polidekstroz ve sükroz ilave edildiğinde ise probiyotik canlılığının zayıf olduğu görülmüştür (Saarela ve ark., 2006). Patates nişastası, karnıyarık otu (*Plantago psyllium*-PSY) lifi ve inülin ilaveli aljinat kaplamalı farklı *Lactobacillus* suşlarının canlılığı gastrointestinal koşullarda test edilmiş, en iyi canlılık PSY içeren örnekte görülmüştür. PSY'nin bu suşların canlılığı için iyi bir prebiyotik kaynağı olduğu belirlenmiş olup, canlılığını en iyi koruyan suşların *L. plantarum* Lp33 ve Lp17 olduğu tespit edilmiştir (Peredo ve ark., 2016). Sabır otu (*Agave salmiana*) probiyotiklerin gelişimini destekleyici bir prebiyotik türüdür. Bu bitkinin probiyotik *L. acidophilus*'un gelişimini desteklediği, üreme oranını arttırdığı, asitliği geliştirdiği rapor edilmiştir (Gutierrez ve ark., 2017). *L. acidophilus* L10, *Bf. lactis* B94 ve *L. casei* L26'nın farklı karbon kaynağı içeren ortamlarda gelişme eğrisi incelenmiş, en yüksek gelişme hızı sırasıyla β-glukan, inülin, FOS ve soya oligosakkariti içeren ortamlarda gözlenmiştir. Bu çalışma ile, belirtilen prebiyotiklerin *L. acidophilus* L10, *Bf. lactis* B94 ve *L. casei* L26'nın gelişimini desteklediği rapor edilmiştir (Su ve ark., 2007).

Sonuç

Meyve, sebze ve tahıllar her yaştan insanın tüketimine uygun ve kolay erişilebilen gıdalardır. Probiyotiklerin gıdalarda kullanımı daha çok süt ürünleri bazında ele alınmış olsa da, son yıllarda probiyotik içeren bitkisel gıdaların üretimi ile ilgili çalışmalarda artış gözlenmektedir. Bitkisel gıdaların, probiyotiklerin gelişimi ve prebiyotik besin ögelerinin taşınması için uygun bir ortam olduğundan, yeni fonksiyonel gıdaların üretiminde bitkisel gıdaların önemli bir potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Probiyotik suş ve substrat arasındaki etkileşim, probiyotiklerin gıdanın duyusal ve kimyasal özelliklerine etkisi, probiyotiğin ilgili gıdadaki gelişme durumu, üretim ve depolama sürecindeki stabilitesi ve son ürünün besin değeri bu konuda önem taşımaktadır. Probiyotik içeren gıdalardaki probiyotik özellikli mikroorganizmaların istenen düzeyde tutulabilmesi için prebiyotik ilavesi ve enkapsülasyon yöntemlerinin kullanılması araştırılmaktadır. Gelişmekte olan mikroenkapsülasyon teknikleri ile birlikte probiyotiklerin, gıdanın depolama süresi içinde ve sindirim sisteminde canlılığını daha fazla koruması mümkün hale gelmektedir. Probiyotik suşa uygun gıda matrisi seçimi önemli olmakla birlikte, proses optimizasyonu ve ortam koşulları da göz önüne alınarak bitkisel probiyotik gıdaların üretimine yönelik çalışmalar devam etmektedir.

Kaynaklar

Anal AK, Singh H. 2007. Recent advances in microencapsulation of probiotics for industrial applications and targeted delivery. Trends Food Sci Tech., 18: 240-251.

Ankolekar C, Johnson K, Pinto M, Johnson D, Labbe RG, Greene D, Shetty K. (2012). Fermentation of whole apple juice using *Lactobacillus acidophilus* for potential dietary management of hyperglycemia, hypertension, and modulation of beneficial bacterial responses. J Food Biochem., 36: 718-738.

Antunes AEC, Liserre AM., Coelho ALA, Menezes CR, Moreno I, Yotsuyanagi K, Azambuja NC. 2013. Acerola nectar with added microencapsulated probiotic. LWT - Food Sci Technol., 54: 125-131.

Bansal S, Mangal M, Sharma SK, Gupta RK. 2016. Non- dairy based probiotics: A healthy treat for intestine. Crit Rev Food Sci Nutr., 56 (11): 1856-1867.

Bernat N, Chafer M, Gonzalez-Martinez C, Rodriguez-Garcia J, Chiralt A. 2015. Optimisation of oat milk formulation to obtain fermented derivatives by using probiotic *Lactobacillus reuteri* microorganisms. Food Sci Technol Int., 21(2): 145–157.

Betoret N, Puente L, Diaz MJ, Pagan MJ, Garcia MJ, Gras ML, Martinez-Monzo J, Fito P. 2003. Development of probiotic-enriched dried fruits by vacuum impregnation. J Food Eng., 56: 273–277.

Charalampopoulos D, Pandiella SS. 2010. Survival of human derived *Lactobacillus plantarum* in fermented cereal extracts during refrigerated storage. LWT - Food Sci Technol., 43: 431–435.

Champagne CP, Gardner NJ, Roy D. 2005. Challenges in the Addition of Probiotic Cultures to Foods, Challenges in the Addition of Probiotic Cultures to Foods. Crit Rev Food Sci Nutr., 45(1): 61-84.

De Bellis P, Valerio F, Sisto A, Lonigro SL, Lavermicocca P. 2010. Probiotic table olives: Microbial populations adhering on olive surface in fermentation sets inoculated with the probiotic strain *Lactobacillus paracasei* IMPC2.1 in an industrial plant. Int J Food Microbiol., 140: 6-13.

Espitia PJ, Batista RA, Azeredo HMC, Otoni CG. 2016. Probiotics and their potential applications in active edible films and coatings. Food Res Int., 90: 45-52.

FAO/WHO. 2002. Guidelines for the evaluation of probiotics in food. Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization, London, Ontario. www.who.int/foodsafety/fs_management/en/probiotic_guidelines.pdf (Erişim tarihi: 31.03.2018).

Fijan S. 2014. Microorganisms with Claimed Probiotic Properties: An Overview of Recent Literature. Int J Environ Res Public Health, 11: 4745-4767.

Fonteles TV, Rodrigues S. 2018. Prebiotic in fruit juice: processing challenges, advances, and perspectives. Curr Opin Food Sci., 22: 55-61.

Gautam N, Sharma N. 2014. Quality attributes of a novel cereal based probiotic product prepared by using food grade lactic acid bacteria. Indian J Tradit Know., 13 (3): 525-530.

Granato D, Branco GF, Nazzaro F, Cruz AG, Faria JAF. 2010. Functional Foods and Nondairy Probiotic Food Development: Trends, Concepts, and Products. Compr Rev Food Sci F., 9: 292-302.

Gutierrez FM, Ratering S, Flores BJ, Hernandez CG, Plaum RG, Prell F, Zorn H, Czermak P, Schnell S. 2017. Potential use of *Agave salmiana* as a prebiotic that stimulates the growth of probiotic bacteria. LWT - Food Sci Technol., 84: 151-159.

Herrera-Ponce A, Nevárez-Morillón G, Ortega-Rívas E, Pérez-Vega S, Salmerón I. 2014. Fermentation adaptability of three probiotic *Lactobacillus* strains to oat, germinated oat and malted oat substrates. Lett Appl Microbiol., 59: 449-456.

Kavitake D, Kandasamy S, Devi PB, Shetty PH. 2018. Recent developments on encapsulation of lactic acid bacteria as potential starter culture in fermented foods- a review. Food Biosci., 21: 34-44.

Krasaekoopt W, Watcharapoka S. 2014. Effect of addition of inulin and galactooligosaccharide on the survival of microencapsulated probiotics in alginate beads coated with chitosan in simulated digestive system, yogurt and fruit juice. LWT - Food Sci Technol., 57: 761-766.

Kumar BV, Vijayendra SVN, Reddy OVS. 2015. Trends in dairy and non-dairy probiotic products - a review. J Food Sci Technol., 52: 6112-6124.

Kun S, Rezessy-Szabo JM, Nguyen QD, Hoschke A. 2008. Changes of microbial population and some components in carrot juice during fermentation with selected *Bifidobacterium* strains. Process Biochem., 43: 816–821.

Lacey AML, Pérez-Santín E, López-Caballero ME, Montero P. 2014. Survival and metabolic activity of probiotic bacteria in green tea. LWT - Food Sci Technol., 55: 314–322.

Lamsal BP, Faubion JM. 2009. The beneficial use of cereal and cereal components in probiotic foods. Food Rev Int., 25: 103-114.

Li H, Ho VTT, Turner MS, Dhital S. 2016. Encapsulation of *Lactobacillus plantarum* in porous maize starch. LWT-Food Sci Technol., 74: 542- 549.

Luana N, Rossana C, Curiel JA, Kaisa P, Marco G, Rizzello CG. 2014. Manufacture and characterization of a yogurt-like beverage made with oat flakes fermented by selected lactic acid bacteria. Int J Food Microbiol., 185: 17–26.

Luckow T., Delahunty C. 2004. Which juice is 'healthier'? A consumer study of probiotic non-dairy juice drinks. Food Qual Prefer., 15: 751–759.

Malganji S, Sohrabvandi S, Jahadi M, Nematollahi A, Sarmadi A. 2016. Effect of refrigerated storage on sensory properties and viability of probiotic in grape drink. Appl Food Biotechnol., 3(1): 59-62.

Marsh AJ, Hill C, Ross RP, Cotter PD. 2014. Fermented beverages with health-promoting potential: Past and future perspectives. Trends Food Sci Tech., 38: 113-124.

Martins EMF, Ramos AM, Vanzela ESL, Stringheta PC, Pinto CLO, Martins JM. 2013. Products of vegetable origin: A new alternative for the consumption of probiotic bacteria. Food Res Int., 51: 764–770.

Miremadi F, Sherkat F, Stojanovska L. 2016. Hypocholesterolaemic effect and anti-hypertensive properties of probiotics and prebiotics: A review. J Funct Foods., 25: 497–510.

Mohan G, Guhankumar P, Kiruththica V, Santhiya N, Anita S. 2013. Probiotication of fruit juices by *Lactobacillus acidophilus*. Int J Adv Biotechnol Res., 4(1): 72-77.

Nazzaro F, Fratianni F, Sada A, Orlando P. 2008. Synbiotic potential of carrot juice supplemented with *Lactobacillus* spp. and inulin or fructooligosaccharides. J Sci Food Agr., 88: 2271–2276.

Nualkaekul S, Salmeron I, Charalampopoulos D. 2011. Investigation of the factors influencing the survival of *Bifidobacterium longum* in model acidic solutions and fruit juices. Food Chem., 129: 1037–1044.

Nualkaekul S, Lenton D, Cook MT, Khutoryanskiy VV, Charalampopoulos D. 2012. Chitosan coated alginate beads for the survival of microencapsulated *Lactobacillus plantarum* in pomegranate juice. Carbohyd Polym., 90: 1281-1287.

Oh BT, Jeong SY, Velmurugan P, Park JH, Jeong DY. 2017. Probiotic-mediated blueberry (*Vaccinium corymbosumL.*) fruit fermentation to yield functionalized products for augmented antibacterial and antioxidant activity. J Biosci Bioeng., 124 (5): 542-550.

Öztürk İ, Karaman S, Törnük F, Sağdıç O. 2013. Physicochemical and rheological characteristics of alcohol-free probiotic boza produced using *Lactobacillus casei* Shirota: estimation of the apparent viscosity of boza using nonlinear modeling techniques. Turk J Agric For., 37: 475-487.

Panghal A, Janghu S, Virkar K, Gat Y, Kumar V, Chhikara N. 2018. Potential non-dairy probiotic products–A healthy approach. Food Biosci., 21: 80-89.

Patel AR. 2017. Probiotic fruit and vegetable juices- recent advances and future perspective. Int Food Res J., 24(5): 1850-1857.

Peredo AG, Beristain CI, Pascual LA, Azuara E, Jimenez M. 2016. The effect of prebiotics on the viability of encapsulated probiotic bacteria. LWT - Food Sci Technol., 73: 191-196.

Peres CM, Peres C, Hernandez-Mendoza A, Malcata FX. 2012. Review on fermented plant materials as carriers and sources of potentially probiotic lactic acid bacteriae-With an emphasis on table olives. Trends Food Sci Tech., 26: 31-42.

Prado FC, Parada JL, Pandey A, Soccol CR. 2008. Trends in non-dairy probiotic beverages, Food Res Int., 41: 111–123.

Rodrigues D, Sousa S, Gomes A, Pintado M, Silva JP, Costa P, Amaral MH, Rocha-Santos T, Freitas AC. 2012. Storage stability of *Lactobacillus paracasei* as free cells or encapsulated in alginate-based microcapsules in low pH fruit juice., Food Bioprocess Tech., 5: 2748–2757.

Rößle C, Auty MAE, Brunton N, Gormley RT, Butler F. 2010. Evaluation of fresh-cut apple slices enriched with probiotic bacteria. Innov Food Sci Emerg., 11: 203–209.

Russo P, Chiara MLV, Capozzi V, Arena MP, Amodio ML, Rascon A, Dueñas MT, Lopez P, Spano G. 2016. *Lactobacillus plantarum* strains for multifunctional oat-based foods. LWT - Food Sci Technol., 68: 288- 294.

Saarela M, Virkajärvi I, Nohynek L, Vaari A, Mättö J. 2006. Fibres as carriers for *Lactobacillus rhamnosus* during freeze-drying and storage in apple juice and chocolate-coated breakfast cereals. Int J Food Microbiol., 112: 171–178.

Salmerón I, Thomas K, Pandiella SS. 2015. Effect of potentially probiotic lactic acid bacteria on the physicochemical composition and acceptance of fermented cereal beverages. J Funct Foods., 15: 106–115.

Shah A, Gani A, Ahmad M, Ashwar BA, Masoodi FA. 2016. β-Glucan as an encapsulating agent: Effect on probiotic survival in simulated gastrointestinal tract. Int J Biol Macromol., 82: 217-222.

Sheehan VM, Ross P, Fitzgerald GF. 2007. Assesssing the acid tolerance and the technological robustness of probiotic cultures for fortification in fruit juices. Innov Food Sci Emerg., 8: 279-284.

Shori AB. 2016. Influence of food matrix on the viability of probiotic bacteria: A review based on dairy and non-dairy beverages. Food Biosci., 13: 1–8.

Soukoulis C, Yonekura L, Gan H, Behboudi-Jobbehdara S, Parmenter C, Fisk I. 2014. Probiotic edible films as a new strategy for developing functional bakery products: The case of pan bread. Food Hydrocolloid., 39: 231- 242.

Su P, Henriksson A, Mitchell H. 2007. Selected prebiotics support the growth of probiotic mono-cultures in vitro. Anaerobe, 13: 134-139.

Todorov SD, Mollendorff JW, Moelich E, Muller N, Witthuhn RC, Dicks LMT. 2009. Evaluation of Potential Probiotic Properties of *Enterococcus mundtii*, its survival in boza and in situ bacteriocin production. Food Technol Biotech., 47(2): 178-191.

Tripathi MK, Giri SK. 2014. Probiotic functional foods: Survival of probiotics during processing and storage. J Funct Foods., 9: 225–24.

Wang L, Yu X, Xu H, Aguilar ZP, Wei H. 2016. Effect of skim milk coated inulin-alginate encapsulation beads on viability and gene expression of *Lactobacillus plantarum* during freeze drying. LWT- Food Sci Technol., 68: 8-13.

Yoon KY, Woodams EE, Hang YD. 2004. Probiotication of tomato juice by lactic acid bacteria. J Microbiol., 42: 315-318.

Yoon KY, Woodams EE, Hang YD. 2005. Fermentation of beet juice by beneficial lactic acid bacteria. LWT- Food Sci Technol., 38: 73–75.

Yoon KY, Woodams EE, Hang YD. 2006. Production of cabbage juice by lactic acid bacteria. Bioresource Technol., 97: 1427-1430.