



PROBİYOTİK FIRIN ÜRÜNLERİ ÜRETİM YÖNTEMLERİ

Fundagül Erem*

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Zonguldak, Türkiye

Geliş / *Received*: 21.01.2019; Kabul / *Accepted*: 08.04.2019; Online baskı / *Published online*: 28.04.2019*

Erem, F. (2019). Probiyotik fırın ürünleri üretim yöntemleri. *GIDA* (2019) 44 (3): 430-441 doi: 10.15237/gida.GD19025

Erem, F. (2019). *Production methods for probiotic bakery products*. *GIDA* (2019) 44 (3): 430-441 doi: 10.15237/gida.GD19025

ÖZ

Fonksiyonel ürünler dünya çapında tüketicilerin ilgisini çekmektedir. En bilinen fonksiyonel ürünlerden olan probiyotik gıdalar temelde süt bazlı ürünler olsa da süt bazlı olmayan probiyotik gıdalar da yavaş yavaş fonksiyonel ürünler pazarında değerli bir katkı olarak yer almaktadır. Probiyotik ürün üretirken en önemli konu, ürünün üretiminden tüketimine kadar geçen süre içinde canlı probiyotik sayısının üründe en az 10^6 kob/g veya kob/ml düzeyinde kalmasını sağlamaktır. Birçok kişi tarafından sevilerek tüketilen fırın ürünlerinin üretiminde uygulanan pişirme işlemi, probiyotik mikroorganizmaların hasar görmesine ve canlı probiyotik sayısının üründen beklenen yararlı etkileri sağlayamayacak düzeylere kadar düşmesine neden olmaktadır. Canlı probiyotik sayısını en üst seviyede tutmak için uygulandığı bilinen yöntemler probiyotiklerin mikroenkapsülasyonu, probiyotiklerin yenilebilir film ve kaplamalara ilave edilmesi ve sporlu probiyotik mikroorganizmaların kullanılmasıdır. Bu derlemede probiyotik fırın ürünü üretmek üzere uygulanan yöntemler, bilimsel literatürde konu ile ilgili yapılmış olan çalışmalarla birlikte sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Fırın ürünleri, mikroenkapsülasyon, probiyotik, sporlu bakteri, yenilebilir film ve kaplama

PRODUCTION METHODS FOR PROBIOTIC BAKERY PRODUCTS

ABSTRACT

Functional foods attract consumer interest worldwide. Although probiotic foods -one of the most known functional foods- are predominantly based on milk matrices, non-dairy probiotic foods are slowly emerging as a valuable addition to the functional foods market. The most important issue when producing probiotic foods is to ensure the number of viable probiotics is at least 10^6 cfu/g or cfu/ml, from production to consumption. The baking process applied in the production of bakery products, which are consumed enjoyably by many people, can cause significant losses of probiotic viability, such that the product does not deliver the expected health benefits. Several techniques that have been applied to maintain the number of live probiotics at maximum level are microencapsulation, edible films and coatings and using sporulating probiotic microorganisms. This review describes the methods used for producing probiotic bakery products, with reference to relevant studies in the scientific literature.

Keywords: Bakery products, microencapsulation, probiotic, sporulating bacteria, edible film and coating

*Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author*;

✉ fundagulerem@beun.edu.tr,

☎ (+90) 372 643 6601/ 5080

☎ (+90) 372 643 6599

GİRİŞ

Beslenme ve sağlık arasındaki ilişkinin bilimsel olarak kanıtlanması ve toplumun bu konuda bilinçlenmesiyle birlikte tüketiciler artık gıdaları sadece açlığı yatıştırmak ve gerekli besin öğelerini almak için değil, beslenme ile ilişkili hastalıkları önlemek, fiziksel ve zihinsel gelişimlerini sağlamak, yaşam kalitelerini yükseltmek için de tüketmektedirler (Siró vd., 2008; Coman vd., 2012; Bansal vd., 2016; Longoria-García vd., 2018; Zhang vd., 2018c). Bu açıdan bakıldığında fonksiyonel gıdalar büyük önem arz etmektedir. Genel bir tanımla olmamakla birlikte fonksiyonel gıda “temel beslenmenin ötesinde sağlık yararı sağlayabilecek gıda” olarak tanımlanırken, daha geniş anlamıyla “görünüş olarak normal bir beslenmenin parçası olarak tüketilmesi amaçlanan geleneksel gıdalara benzeyen ancak temel besin gereksinimlerini karşılamanın ötesinde fizyolojik yarar sağlamak ve kronik hastalıkların oluşma riskini azaltmak üzere modifiye edilmiş gıda” olarak tanımlanabilmektedir (Siró vd., 2008; Cencic ve Chingwaru, 2010).

Fonksiyonel gıdalar, Siró vd. (2008) tarafından “takviye edilmiş ürünler”, “zenginleştirilmiş ürünler”, “değiştirilmiş ürünler” ve “geliştirilmiş ürünler” olmak üzere dört grup altında sınıflandırılmıştır. Takviye edilmiş ürünler, ilave besin ögesi eklenmiş gıdaları; zenginleştirilmiş ürünler, normal koşullarda içermediği bir besin ögesi veya bileşen ilave edilmiş gıdaları; değiştirilmiş ürünler, sağlığa zararlı bir bileşenin uzaklaştırıldığı, azaltıldığı veya yararlı bir bileşen ile yer değiştirildiği gıdaları; geliştirilmiş ürünler ise bileşenlerden birinin özel yetiştirme teknikleri, yeni yem bileşimi, genetik manipülasyon veya başka yöntemler kullanılarak doğal olarak geliştirilmesi ile elde edilen gıdaları temsil etmektedir. En yaygın olarak bilinen fonksiyonel gıdalardan biri olan probiyotik gıdalar, zenginleştirilmiş ürünler sınıfında yer almakta olup sağlığa yararlı, canlı mikroorganizmalar olan probiyotiklerin ürün bileşimine eklenmesiyle elde edilmektedir. Probiyotik ürünler çoğunlukla süt ürünleri sektöründe bulunsun da meyve sebze bazlı ürünlerden, tahıl ve baklagil bazlı ürünlere, et bazlı ürünlere ve hatta çikolataya kadar probiyotik birçok gıda üretilebilmektedir (Siró vd., 2008;

Côté vd., 2013; Song vd., 2012; Kumar vd., 2015; Soyuçok ve Başyigit Kılıç, 2017; Panghal vd., 2018).

Fırın ürünleri (ekmek, kek, bisküvi, kurabiye, kraker vb.) tüm dünyada birçok insanın severek ve yaygın olarak tükettiği bir ürün grubudur. Probiyotik katkısı ile bu tip ürünlerin fonksiyonel ve teknolojik özelliklerinde iyileştirmeler sağlanabilmektedir. Ancak bu ürünlerin üretimi sırasında yüksek sıcaklıkların uygulanması, ilave edilen probiyotiklerin canlılıklarını koruyabilmesi açısından büyük sıkıntı yaratmaktadır (Longoria-García vd., 2018). Bu çalışmada probiyotik mikroorganizma içeren fırın ürünlerinin üretiminde probiyotik canlılığını korumak üzere kullanılan yöntemler derlenmiştir.

PROBİYOTİK KAVRAMI

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü/Dünya Sağlık Örgütü (FAO/WHO) ortak uzman danışma grubunun hazırladığı rapora göre probiyotikler “yeterli miktarda alındığı zaman konakçı üzerinde sağlığa yararlı etkiler sağlayan canlı mikroorganizmalardır” şeklinde tanımlanmaktadır (FAO/WHO, 2002; FAO/WHO, 2006). Probiyotiklerin kanser, yüksek kolesterol, diyabet ve obezite riskini azaltma, bağışıklık sistemini kuvvetlendirme, sindirim sistemi enfeksiyonlarını ve alerji belirtilerini azaltma, laktoz toleransını artırma gibi çeşitli açılardan sağlığa faydaları bulunmaktadır. Literatürde probiyotikler ve buna bağlı olarak da probiyotik gıdaların sağlığa etkilerini konu alan birçok derleme çalışma bulunmaktadır (Kechagia vd., 2013; Pandey vd., 2015; Gülbandır vd., 2017; Kamarlı Altun ve Akal Yıldız, 2017; Markowiak ve Ślizewska, 2017; Kerry vd., 2018; Mohajeri vd., 2018; Tanner vd., 2018).

Probiyotik bir üründen beklenen faydaların sağlanabilmesi için ürünün tüketim anında, gerekli minimum sayıda canlı probiyotik mikroorganizmayı içermesi gerekmektedir. Bir gıdanın probiyotik olarak kabul edilebilmesi için en az 10⁶ kob/g canlı probiyotik mikroorganizma içermesi gerektiği genel olarak gıda endüstrisinde benimsendiği gibi (Tripathi ve Giri, 2014; Călinoiu vd., 2016) Türk Gıda Kodeksi Beslenme

ve Sağlık Beyanları Yönetmeliği Ek 2’de de bildirilmiştir (Anonim, 2017). Ancak probiyotiklerden beklenen sağlık faydalarının sağlanabilmesi için kolona 10^6 - 10^7 kob/g canlı hücre ulaşması gerektiği, bunun için de gıdada başlangıçta bulunan probiyotik mikroorganizma sayısının 10^8 - 10^9 kob/g olması gerektiği önerilmektedir (Shori, 2017). Ayrıca bağırsaklara 10^9 seviyesinde canlı hücre ulaşmasını sağlamak için günlük yaklaşık 100 g veya 100 ml kadar probiyotik ürün tüketilmesi gerektiği de belirtilmektedir (Coman vd., 2012; Tripathi ve Giri, 2014; Călinoiu vd., 2016). Probiyotikler ile ilgili olarak Türkiye ve Dünya’daki yasal düzenlemeleri konu alan Türkçe bir derleme çalışma da bulunmaktadır (Ergin vd., 2015).

Gıdalarda kullanılan probiyotik mikroorganizmalar çoğunlukla *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Enterococcus* cinslerine ait türler ile *Bacillus* cinsine ait gram pozitif bakteri suşları ve *Saccharomyces* cinsine ait bazı mayalardır. Probiyotik ürünler ya tek bir suş ya da iki veya daha fazla suşun karışımını içerebilmektedir (Pandey vd., 2015; Markowiak ve Ślizewska, 2017; Sarao ve Arora, 2017).

PROBİYOTİK FIRIN ÜRÜNLERİ ÜRETİMİ

Fırında pişirme (baking) oldukça eski bir proses olup bu terim, temel hammadde un olan ve ısının bir fırın veya başka bir ısıtma aracının alt, üst ve/veya yan taraflarından radyasyon (ışınım) aracılığıyla doğrudan uygulandığı tüm gıda maddeleri için kullanılmaktadır. Fırında pişirme başta ekmek olmak üzere kek, pasta, bisküvi, kraker, kurabiye ve turta gibi unun başlıca ve elzem hammadde olduğu ürünlerin üretimi ile bu ürünlere son halinin verilmesini sağlayan krema, şekerli karışım, dolgu malzemeleri vb. ürünleri kapsamaktadır (Lai ve Lin, 2006).

Fırın ürünleri arasında ekmek, birçok ülkede temel besin maddesidir ve standart diyetin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Diğer fırın ürünleri ise temel besin maddesi olmamalarına karşın birçok kişi tarafından sevilerek tüketilmektedir. Özellikle son zamanlarda tüketicilerin sağlığa yararlı gıdalara karşı olan eğilimlerinin artması ile birlikte,

tüketim oranları göreceli olarak yüksek olan fırın ürünlerinin probiyotik ilavesi ile zenginleştirilmesi üzerine de çalışmalar yapılmaya başlanmıştır.

Genel olarak probiyotik ürünlerin gerek işleme ve gerekse depolama sırasında içerdikleri canlı probiyotik mikroorganizma sayısının azalmasına neden olan birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörler üretimde kullanılan çeşitli parametreler (pH, titre edilebilir asit, moleküler oksijen, su aktivitesi, tuz ve şeker varlığı, hidrojen peroksit gibi kimyasallar, bakteriyosinler, yapay aroma ve renklendiriciler), işleme parametreleri (ısı uygulama, inkübasyon sıcaklığı, ürünün soğutma hızı, ambalaj materyali, muhafaza yöntemi, üretim ölçeği) ve mikrobiyolojik parametrelerdir (probiyotik suş türü, miktarı ve inokülasyon oranı) (Tripathi ve Giri, 2014; Călinoiu vd., 2016). Gıdalar üretim sırasında çeşitli olumsuz şartlara maruz kaldığından probiyotiklerin canlılığını koruyabilmesi, üreticinin yaşadığı en büyük zorluklardan biri olmaktadır. Probiyotik mikroorganizmaların sıcaklığa duyarlılıklarının yüksek olması sebebiyle en çok sorunla karşılaşılan işlemlerden biri de ısıtma prosesidir. Isıtma işlemi birçok gıdanın üretiminde uygulanmakta, ekmek gibi bazı ürünlerde ise üretim prosesinin ayrılmaz bir parçası olarak kabul edilmektedir (Mansouripour vd., 2013). Bu tip ürünler probiyotik ilavesi ile üretilirken pişirme işlemi sırasında, probiyotik mikroorganizmalar termal stres nedeniyle büyük hasara uğrayabilmekte, canlı mikroorganizma sayısı beklenen yararlı etkileri sağlayamayacak düzeylere kadar inebilmektedir (Longoria-García vd., 2018).

Ekmek hamuruna liyofilize formda ilave edilen probiyotik *Bifidobacterium lactis* Bb12’nin canlılığı üzerine farklı pişirme süre ve sıcaklıklarının etkilerinin belirlendiği bir çalışmada, 165, 185 ve 205 °C’de pişirme esnasında 0, 3, 6, 9 ve 12. dakika sonunda ekmeğin hem merkez hem de orta noktalarında *B. lactis* Bb12 canlı sayısında önemli düzeyde azalma olduğu saptanmıştır. *B. lactis* Bb12’nin başlangıç sayısı 2.1×10^6 kob/g iken, 3. dak sonunda en fazla azalma 205 °C’de olmak üzere, çok düşük düzeyde bir azalışla canlı sayısı 10^6 kob/g seviyelerine düşmüştür. Ardından, 6. dak sonunda her üç sıcaklık arasında belirgin bir

fark olmamakla birlikte, önemli düzeyde bir azalma ile canlı sayısı yaklaşık 10^3 kob/g olarak tespit edilmiştir. Pişirme işleminin 9. ve 12. dakikaları arasında canlı *B. lactis* Bb12 sayısı açısından az bir farklılık olduğu ve sayının 10^2 kob/g seviyelerinde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca tüm pişirme şartlarında, ekmeğin orta kısımlarındaki canlı *B. lactis* Bb12 sayısının ekmeğin merkezine göre daha az olduğu saptanmıştır (Zhang vd., 2014).

Zhang vd. (2015), probiyotik *Lactobacillus plantarum* P8 ilavesi ile ürettikleri ekmelerde, pişirme işlemi sonunda (8 dak), canlı probiyotik bakteri sayısının 10^9 kob/g'dan 10^5 kob/g seviyesine düştüğünü saptamışlardır. Çalışmada, pişirme işlemi üç farklı sıcaklıkta (175, 200, 235 °C) yapılmış, kabuk ve ekmeğin içindeki canlı bakteri sayısı ayrı ayrı tespit edilmiştir. Pişirme işlemi 175 °C'de yapıldığında, kabuk sıcaklığı iç kısma göre daha fazla olmasına rağmen, kabuktaki nem düzeyinin daha düşük olması sebebiyle bakterinin ısıya toleransının daha yüksek olduğu ve ekmeğin içine göre kabukta daha fazla canlı bakteri bulunduğu belirlenmiştir. Pişirme 235 °C'de gerçekleştirildiğinde tam tersi bir durum söz konusu olurken, 200 °C'de kabuk ve ekmeğin içi arasında canlı *L. plantarum* P8 sayısı açısından fark olmadığı saptanmıştır. Ayrıca ekmelerin depolanması süresince mevcut bakterilerin gelişmeye devam ettiği ve canlı probiyotik sayısı açısından 2-3 log artış olduğu belirlenmiştir. Daha sonra bu çalışma, aynı araştırmacılar tarafından biraz daha zenginleştirilerek benzer koşullarda farklı hamur ağırlıklarının *L. plantarum* P8 sayısı üzerine olan etkisi de incelenmiş, pişirme sıcaklığı artırılarak ya da ekmeğin boyutu küçültülerek pişirme süresi kısaltıldığında, canlı *L. plantarum* P8 sayısının daha fazla olabildiği belirlenmiştir (Zhang vd., 2018b).

Probiyotik ekmeğin ve diğer fırın ürünlerine yönelik alınmış bazı patentlerde ise probiyotikleri ısı stresten korumak için ürünler pişirilip soğutulduktan sonra probiyotik mikroorganizma süspanسیونları (Rasmussen ve Tolstoy, 1992; Grahn Håkansson ve Ekbeck, 2006) veya sıvı ekşi maya içindeki probiyotikler (Lönner, 2005) ürünlere enjekte edilmiştir.

Probiyotik fırın ürünleri üretiminde, sıcaklığın probiyotik mikroorganizma üzerindeki tahribatını engellemek ve canlı probiyotik mikroorganizma sayısını olabildiğince koruyabilmek için uygulanan yöntemlerden birisi de probiyotikleri pişirme işleminden sonra ürüne ilave edilen çikolata, krema vb. dolgu materyallerinin formülasyonuna eklemektir. Rampelli vd. (2013) bisküvi yüzeyini kaplamak için kullanılan çikolata kreması formülasyonuna probiyotik mikroorganizma olarak *L. helveticus* Bar13 ve *B. longum* Bar33'ü 10^9 kob/g düzeyinde ilave etmiş ve bu bisküvileri 6 aylık süre boyunca yaşlı bireylerin diyetinde kullanmışlardır. Uygulama süresi boyunca haftalık olarak alınan örneklerde yapılan analizlerle probiyotik sayısında bir azalma olmadığı belirlenmiştir.

Mikroenkapsülasyon

Probiyotik mikroorganizmaların canlılıklarını korumak amacıyla en yaygın kullanılan ve en etkili yöntem mikroorganizmaların mikroenkapsülasyonudur. Enkapsülasyon, aktif bileşen üzerinde bir bariyer oluşturarak kimyasal reaksiyonları engelleyen, çevresel faktörlerin (sıcaklık, pH, enzim, oksijen vs.) etkisine karşı aktif bileşeni koruyan, belirli koşullar altında aktif bileşenin kontrollü salınımına izin veren bir proses olarak tanımlanabilmektedir. Gıdalarda biyoaktif bileşen ve probiyotik mikroorganizmaların enkapsülasyonu için çeşitli teknikler kullanılabilir, en uygun yöntemin seçimi, kapsüllenecek materyalin ve elde edilecek olan son ürünün özelliklerine bağlı olarak değişmektedir (Martín vd., 2015; Dias vd., 2017). Probiyotiklerin mikroenkapsülasyonunda, probiyotik hücreler enkapsüle edici bir matriks ya da membrana ilave edilmekte, bu sayede hücreler gerek gıdanın işlenmesi ve depolanması gerekse tüketim sonrası gastrointestinal sistemde, zarar verici faktörlerin etkisinden korunmakta ve hücrelerin kontrollü salınımları sağlanmaktadır (Corona-Hernandez vd., 2013; Mansouripour vd., 2013; De Prisco ve Mauriello, 2016; Dianawati vd., 2016; Shori, 2017). Literatürde probiyotik mikroorganizmaların mikroenkapsülasyonuna yönelik farklı matriks ve tekniklerin uygulandığı birçok çalışma bulunmaktadır (Malmo vd., 2013; Yonekura vd., 2014; Bampi vd., 2016; Etchepare vd., 2016a;

Etchepare vd., 2016b; Arslan-Tontul ve Erbaş, 2017; Holkem vd., 2016; Holkem vd., 2017; Nunes vd., 2018).

Fırın ürünleri üretimindeki zorlu koşullar ve bisküvi gibi bazı ürünlerde depolama süresinin uzunluğu da göz önünde bulundurulduğunda probiyotik mikroorganizmaların korunması açısından mikroenkapsülasyon, uygun bir yöntem olarak değerlendirilebilmektedir (De Prisco ve Mauriello, 2016).

Zanjani vd. (2012), kalsiyum aljinat ve kalsiyum aljinat-dirençli nişasta karışımı ile mikroenkapsüle ettikleri probiyotik *L. casei* ATCC 39392 suşunu kremaya inoküle ederek (5×10^{11} kob/g) krema dolgulu kek üretmiş, 4 ve 25 °C'de 4 hafta depolama süresince bakterinin hayatta kalma düzeyini takip etmişlerdir. Araştırmacılar, mikroenkapsülasyonun probiyotik suşun canlı kalma oranını artırdığını, kapsüllenmemiş hücre kullanıldığında canlı sayısında yaklaşık 8-log azalma olduğunu, kalsiyum aljinat ve kalsiyum aljinat-dirençli nişasta karışımının taşıyıcı olarak kullanıldığı mikrokapsüllerde ise bu oranın sırasıyla 4.55 ve 3.33 log olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca mikroenkapsülasyonun depolama süresince keklerin tekstür, renk, aroma, tat ve genel duyuşal özellikleri üzerine önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Benzer şekilde Seyedain-Ardabili vd. (2016) de aljinat, dirençli nişasta ve kitosan ile mikroenkapsüle ettikleri probiyotik *L. acidophilus* LA-5 ve *L. casei* 431 suşlarını, prebiyotik olan inülin ile birlikte hamburger ekmeği ve beyaz tava ekmeği hamuruna ilave ederek sinbiyotik ekmekler üretmiş, mikroenkapsülasyonun suşun canlılığını ve termal direncini artırdığını, ekmeklerin aroma ve tekstürünü etkilemediğini belirlemiştir.

Dondurarak kurutulmuş *L. plantarum*'un dört farklı materyal (rekonstitüe yağsız süt, arabik gum, maltodekstrin, inülin) ile enkapsüle edilip ekmek üretiminde kullanıldığı, Zhang vd. (2018a) tarafından yapılan çalışmada, ekmeğin pişirilmesi sırasında bakterinin hayatta kalma durumunun, probiyotik ilave şeklinden ve taşıyıcı materyalin fiziksel özelliklerinden etkilendiği rapor edilmiştir. Kullanılan materyal, bakteri hücrelerinin nemli ısıya

maruz kalma derecesini etkilediğinden canlılık düzeyi üzerinde etkili olmuştur. Pişirme işleminin (100 °C'de 15 dak) ardından maksimum canlı kalma oranının ($>10^8$ kob/g ekmek), rekonstitüe süt ile enkapsüle edilmiş bakterilerin fermentasyon öncesinde hamur toplarının yüzeyine dağıtılması yoluyla üretilen ekmeklerde olduğu belirlenmiştir.

Probiyotik bisküvi üretiminin amaçlandığı bir çalışmada 1:1:1 oranında karıştırılan *L. acidophilus* (NCDC11), *L. rhamnosus* (NCDC 17) ve *B. bifidum* (NCDC 236) suşları mikroenkapsülasyonun ardından dondurarak kurutulmuş ve krema bileşenlerine ilave edilmiştir. Krema, düşük sıcaklıkta karıştırılarak hazırlanıp oda sıcaklığına soğutulduktan sonra bisküvilerin arasına tabaka halinde sürülmüştür. Bisküvilere 10^{10} kob/g olarak ilave edilen suşların canlılığının 8 hafta depolama sonunda 10^8 kob/g seviyesinde olduğu ve ürünlerin duyuşal değerlendirme puanlarının da kabul edilebilir sınırlarda olduğu belirlenmiştir (Muzzafar ve Sharma, 2018).

Arslan-Tontul vd. (2018) tek ve çift katlı olarak mikroenkapsüle ettikleri (püskürterek kurutma ve dondurma yoluyla) probiyotik *Saccharomyces boulardii*, *L. acidophilus* LA-5, *B. bifidum* BB-12 suşlarını sade, çikolata kreması dolgulu, marmelat dolgulu ve çikolata kaplamalı kek üretiminde kullanmışlardır. Probiyotik mikrokapsüller, sade kekin merkezine eklendikten sonra kek pişirilmiş (200 °C'de 20 dak), dolgulu ve kaplamalı keklerde ise pişirme işleminden sonra ürünlere ilave edilmiştir. Araştırma sonucunda sade keklerde püskürterek dondurma ile çift katlı mikroenkapsülasyon uygulandığında *S. boulardii* ve *L. acidophilus* LA-5'in hayatta kalma oranlarının yaklaşık %67-70 olduğu ancak canlı *B. bifidum* BB-12'nin olmadığı; dolgulu keklerde ise en iyi koruyucu etkinin püskürterek dondurma ile tek katlı mikroenkapsülasyon uygulandığı zaman sağlandığı tespit edilmiştir. Ürünlerde 90 gün depolama sonunda bayatlamaya bağlı tekstürel değişimler olsa da bu durumun keklerin duyuşal özellikleri üzerindeki etkisinin sınırlı düzeyde olduğu bildirilmiştir.

Yenilebilir Film ve Kaplama Uygulama

Yenilebilir filmler ve kaplamalar, yarı geçirgen bir bariyer oluşturarak gıdaların kalitesini ve güvenliğini artırdığından bunların gıdalara uygulanması yeni muhafaza yöntemi (aktif gıda ambalajlama) olarak değerlendirilmektedir. Yenilebilir film ve kaplamalar gıdaların besinsel ve duysal kalitelerini koruyarak raf ömürlerini uzatabilmenin yanı sıra ilave edilen spesifik bileşenleri de koruyarak ürünlerin fonksiyonel özelliklerini de geliştirebilmektedir. Film ve kaplama terimleri eş anlamlı olarak kullanılsa da filmler genellikle kılıf ya da sargı olarak kullanılabilirken, kaplamalar doğrudan korunması amaçlanan ürünün yüzeyinde oluşmaktadır. Film ve kaplamaların üretiminde kullanılan materyaller temelde polisakarit, protein, lipit ve bunların kombinasyonlarıdır. Ayrıca karışıma emülsifiye edici ve plastikleştirici madde ilavesi son ürün özelliklerinin iyileşmesini sağlamaktadır (Guimarães vd., 2018).

Koruyucu bir bariyer görevi görebilmeleri nedeniyle son zamanlarda araştırmacılar film ve kaplamalara probiyotik ilavesi üzerine de çalışmalar yapmaktadır. Kullanılan film-kaplama materyali, mikroorganizma türü ve işleme-depolama koşullarına da bağlı olmak üzere probiyotik bakterilerin yenilebilir film ve kaplamalara ilavesiyle, bunların canlı kalma oranlarında artış gözlenebildiği bildirilmektedir (López de Lacey vd., 2012; Kanmani ve Lim, 2013; Romano vd., 2014; Soukoulis vd., 2014a; Espitia vd., 2016; Pereira vd., 2016; Soukoulis vd., 2016; Ebrahimi vd., 2018).

Fonksiyonel fırın ürünlerinin geliştirilmesinde probiyotik yenilebilir film ve kaplamalar yeni bir strateji olarak değerlendirilebilmektedir. Altamirano-Fortoul vd. (2012), fonksiyonel ekmek üretmek için mikroenkapsüle *L. acidophilus* ve nişasta bazlı kaplamaların kombine etkisinden yararlanmışlardır. Çalışmada, farklı probiyotik kaplamalar, kısmi pişmiş ekmeğin üst yüzeyine püskürtme yoluyla uygulanmış ve ardından kısa süreli bir pişirme işlemi yapılmıştır. Tüm uygulamalarda pişirme sonrasında ve depolama sürecinde nişasta çözeltilerinin mikrokapsülü

koruyarak *L. acidophilus*'un canlı kalmasını sağlayabildiği ancak kaplama uygulama şekline göre tam pişirme sonrasında canlılık düzeyinde farklılık olduğu belirlenmiştir. Depolama sırasında canlılık oranındaki azalmanın kaplama uygulama şekline bağımsız olduğu, mikroorganizmanın canlılığını belirleyen tek faktörün mikrokapsülün bileşimi olduğu bildirilmiştir. *L. acidophilus*'un başlangıç konsantrasyonu 4.83×10^8 kob/g iken uygulanan kaplama yöntemine göre taze ve 24 saat depolanmış ekmeklerdeki *L. acidophilus* sayısının sırasıyla 2.4×10^7 - 3.05×10^7 kob/ekmek ve 1.15×10^6 - 1.7×10^6 kob/ekmek aralığında olduğu saptanmıştır. Mikroorganizma sayısında azalma olsa da fonksiyonel ekmek elde etmek için ekmek kabuğuna probiyotik kaplama uygulamanın mümkün olabileceği belirtilmiştir.

Probiyotik tava ekmeği üretiminin hedeflendiği bir çalışmada, pişirme işlemi sonrasında ekmeklere probiyotik *L. rhamnosus* GG içeren sodyum aljinat ve sodyum aljinat/peyniraltı suyu konsantresi karışımından oluşan filmler uygulanmıştır. Film çözeltilerinin uygulanmasının ardından ekmeklere hava sirkülasyonlu kurutma odasında 60°C 'de 10 dakika ve pişirme fırınında 180°C 'de 2 dakika olmak üzere iki farklı kurutma işlemi yapılmış, ardından ekmekler soğutulup paketlenerek 25°C 'de 7 gün depolanmış ve depolama süresince *L. rhamnosus* GG'nin canlılığı test edilmiştir. Araştırma sonuçları, filmlerin kurutulması aşamasında bakterinin canlılığını etkileyen faktörün film çözeltilisinin kompozisyonu olduğunu, kurutma metodunun herhangi bir etkisinin olmadığını göstermiş, peynir altı suyu/sodyum aljinat karışımının muhtemelen içerdiği proteinler ile bozucu kimyasal ve enzimatik reaksiyonları inhibe ederek bakterinin canlılığını daha iyi koruduğu bildirilmiştir. Araştırmada yapay gastrointestinal sistem ile sindirim denemeleri de yapılmış ve 30-40 g'lık ekmek diliminin sindiriminin ardından canlı bakteri sayısının yaklaşık 6.55 - 6.91 log kob/porsiyon olduğu hesaplanmıştır. Pişirme sonrasında probiyotik içeren yenilebilir film uygulamanın, probiyotik fırın ürünleri üretimi açısından umut vaat eden bir yöntem olduğu belirtilmektedir (Soukoulis vd., 2014b).

Probiyotik Sporlu Bakteri Kullanımı

Probiyotik etki gösterdiği bilinen sporlu bakteriler *Bacillus*, *Sporolactobacillus* ve *Brevibacillus* cinslerine ait türlerdir (Sanders vd., 2003). Bunlar arasından da *Bacillus* türleri üzerinde daha fazla çalışılmış olan ve öncelikli olarak kullanılanlardır. Bakteri sporlarının ısı, kurutma, dondurma gibi işlemler ve toksik kimyasalların ölümcül etkilerine karşı bakteriyi koruyucu olması, gastrointestinal sistemde zarar görmeden hayatta kalmasını sağlaması, bu bakterilerin probiyotik mikroorganizma olarak kullanılabilmelerine olanak tanımaktadır (Cutting, 2011). *Bacillus* türlerinin probiyotik olarak değerlendirilmelerini konu alan Türkçe derleme çalışmalar da bulunmaktadır (Erem vd., 2013; Konuray vd., 2017).

Bacillus türlerinin sporları aracılığı ile olumsuz koşullarda canlılığını sürdürebilmesi, bunların fırın ürünlerinin üretimi sırasında pişirme işlemi başta olmak üzere diğer uygulama ve koşullara karşı dayanıklılık göstererek probiyotik özelliklerini sergileyebilmesi yönünden avantaj sağlamakta olup bu özellik sayesinde spor oluşturan probiyotiklerin fırın ürünleri üretiminin herhangi bir aşamasında ilave edilmesi mümkün olabilmektedir. Yapılan bir çalışmada probiyotik *Bacillus subtilis* R0179 ekmek ve kurabiye hamuruna 10^{10} kob/50 g porsiyon olacak şekilde inoküle edilmiş ve depolama süresince bakterinin ürünlerdeki canlılık oranı takip edilmiştir. Sonuç olarak probiyotik sayısının ekmeklerde 21 gün süresince 10^8 kob/50 g porsiyon, kurabiyelerde ise 12 ay boyunca 10^9 kob/porsiyon düzeyinde olduğu tespit edilmiştir (Côté vd., 2013).

Jao vd. (2011), GanedenBC³⁰ olarak bilinen *Bacillus coagulans* suşunu kurabiye, kek ve ekmekten oluşan sekiz farklı fırın ürününe ilave etmiş, 4 ve 25 °C'de depolama sırasında suşun canlı kalma düzeyini tespit etmişlerdir. Ticari bir ürün olan GanedenBC³⁰'daki *B. coagulans* sayısı 7.3×10^8 kob/g'dır ve hamurlara ilave edilmesi, un veya yumurta sarısına karıştırma şeklinde iki farklı yolla yapılmıştır. Pişmiş ürünlerdeki probiyotik sayısının hamurdakinden daha düşük olduğu ve depolama süresince de azaldığı saptanmış, genel olarak GanedenBC³⁰'un una ilave edildiği

ürünlerdeki probiyotik canlı sayısının, yumurta sarısına ilave edilen ürünlerdekine göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bu durumun sebebi, yumurta sarısının protein gibi besin öğelerince daha zengin olması nedeniyle sporların vejetatif hale daha kolay geçmesi ve vejetatif hücrelerin pişirme sırasında ölmesi şeklinde açıklanmıştır. Diğer bir sebep olarak ise hamurların fermentasyonu sırasında yine sporların vejetatif hale geçerek pişirme işlemi sırasında canlılıklarını kaybetmesi gösterilmiştir. Vejetatif hale geçmeyi azaltmak için fermentasyonun düşük sıcaklıkta ve kısa süreli yapılması gerektiği vurgulanmıştır.

Permpoonpattana vd. (2012), iki farklı *Bacillus subtilis* suşunun gastrointestinal sistemde olumlu etkileri (mide sıvısına dayanma, hızlı sporlaşma, biyofilm oluşturma gibi) olduğunu belirledikten sonra, suşlara ait sporları tam buğday unu bisküvisi üretiminde kullanmış, 235 °C'de 8 dakika pişirme sonunda canlılıkta sadece 1-log azalma olduğunu belirlemişlerdir. Sonuç olarak bu suşlara ait sporların çeşitli gıda ürünlerinde probiyotik katkı olarak kullanılmasının mümkün olabileceği belirtilmiştir.

Majeed vd. (2016), *Bacillus coagulans* MTCC 5856 suşunun farklı fonksiyonel gıdalardaki stabilitesini belirlemeyi hedefledikleri çalışmada, pişirme ve 12 ay boyunca dondurarak depolama sırasında suşun canlı kalma oranının gofretlerde %86, muzlu muffinlerde ise %92 olduğunu tespit etmiş ve *B. coagulans* MTCC 5856'nın çeşitli gıdalarda kullanılacak mükemmel bir probiyotik katkı olabileceğini bildirmişlerdir.

SONUÇ

Fonksiyonel gıdalara olan talebin artması hemen hemen her tür gıdanın fonksiyonel olarak üretilmesi konusunda çalışmalar yapılmasını sağlamış, bu amaçla farklı yöntemler geliştirilmiştir. Fonksiyonel ürünler grubunda yer alan probiyotik gıdalar, sağlığa yararlı etkiler sağlayan canlı mikroorganizmaların gıdalara ilave edilmesi yoluyla üretilmektedir. Fırın ürünlerinin de probiyotik olarak üretilmesi yönünde çalışmalar yapılmış ancak standart yöntemle yani probiyotiklerin sadece ürün bileşimine doğrudan dahil edilmesiyle yapılan çalışmalarda, pişirme

işleminin canlı probiyotik sayısını büyük ölçüde azalttığı belirlenmiştir. Üretim, depolama ve tüketim sürecinde probiyotiklerin hayatta kalma oranını artırmak için çeşitli uygulamalar geliştirilmiş olup bu çalışmaların devam etmesi gerektiği açıktır. Uygulanan metotların geliştirilmesi ya da yenilerinin bulunmasının yanı sıra probiyotik özelliklerin suşa özgü olması nedeniyle yeni probiyotik suşların bulunması yönünde çalışmaların da yapılması önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

- Altamirano-Fortoul, R., Moreno-Terrazas, R., Quezada-Gallo, A., Rosell, C.M. (2012). Viability of some probiotic coatings in bread and its effect on the crust mechanical properties. *Food Hydrocoll* 29: 166-174, doi: 10.1016/j.foodhyd.2012.02.015.
- Anonim (2017). Türk Gıda Kodeksi. Beslenme ve sağlık beyanları yönetmeliği. Ek 2: Hastalık riskinin azaltılmasına, çocukların gelişimi ve sağlığına ilişkin beyanlar dışındaki sağlık beyanları listesi. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. 26 Ocak 2017 tarih ve 29960 sayılı Resmî Gazete, Ankara.
- Arslan-Tontul, S., Erbas, M. (2017). Single and double layered microencapsulation of probiotics by spray drying and spray chilling. *LWT-Food Sci Technol* 81: 160-169, doi: 10.1016/j.lwt.2017.03.060.
- Arslan-Tontul, S., Erbas, M., Gorgulu, A. (2018). The Use of probiotic-loaded single- and double-layered microcapsules in cake production. *Probiotics & Antimicro Prot* doi: 10.1007/s12602-018-9467-y.
- Bampi, G.B., Backes, G.T., Cansian, R.L., Matos Jr, F.E., Ansolin, I.M.A., Poletto, B.C., Corezzolla, L.R., Favaro-Trindade, C.S. (2016). Spray chilling microencapsulation of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* and its use in the preparation of savory probiotic cereal bars. *Food Bioprocess Tech* 9: 1422-1428, doi: 10.1007/s11947-016-1724-z.
- Bansal, S., Mangal, M., Sharma, S.K., Gupta, R.K. (2016). Non-dairy based probiotics: a healthy treat for intestine. *Crit Rev Food Sci Nutr* 56: 1856-1867, doi: 10.1080/10408398.2013.790780.
- Călinoiu, L.F., Vodnar, D.C., Precup, G. (2016). The probiotic bacteria viability under different conditions. *Bulletin UASVM Food Science and Technology* 73(2): 55-60, doi: 10.15835/buasvmcn-fst:12448.
- Cencic, A., Chingwaru, W. (2010). The role of functional foods, nutraceuticals, and food supplements in intestinal health. *Nutrients* 2: 611-625, doi: 10.3390/nu2060611.
- Coman, M.M., Cecchini, C., Verdenelli, M.C., Silvi, S., Orpianesi, C., Cresci, A. (2012). Functional foods as carriers for SYN BIO®, a probiotic bacteria combination. *Int J Food Microbiol* 157: 346-352, doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2012.06.003.
- Corona-Hernandez, R.I., Álvarez-Parrilla, E., Lizardi-Mendoza, J., Islas-Rubio, A.R., de la Rosa, L.A., Wall-Medrano, A. (2013). Structural stability and viability of microencapsulated probiotic bacteria: A Review. *Compr Rev Food Sci Food Saf* 12: 614-628, doi: 10.1111/1541-4337.12030.
- Côté, J., Dion, J., Burguière, P., Casavant, L., Van Eijk, J. (2013). Probiotics in bread and baked products: A new product category. *Cereal Foods World* 58(6): 293-296, doi: 10.1094/CFW-58-6-0293.
- Cutting, S.M. (2011). *Bacillus* probiotics. *Food Microbiol* 28: 214-220, doi: 10.1016/j.fm.2010.03.007.
- De Prisco, A., Mauriello, G. (2016). Probiotication of foods: A focus on microencapsulation tool. *Trends Food Sci Technol* 48: 27-39, doi: 10.1016/j.tifs.2015.11.009.
- Dianawati, D., Mishra, V., Shah, N.P. (2016). Survival of microencapsulated probiotic bacteria after processing and during storage: A review. *Crit Rev Food Sci Nutr* 56(10): 1685-1716, doi: 10.1080/10408398.2013.798779.
- Dias, D.R., Botrel, D.A., Victoria, R., Fernandes, D.B., Borges, S.V. (2017). Encapsulation as a tool for bioprocessing of functional foods. *Curr Opin Food Sci* 13: 31-37, doi: 10.1016/j.cofs.2017.02.001.
- Ebrahimi, B., Mohammadi, R., Rouhi, M., Mortazavian, A.M., Shojaei-Aliabadi, S.,

- Koushki, M.R. (2018). Survival of probiotic bacteria in carboxymethyl cellulose-based edible film and assessment of quality parameters. *LWT-Food Sci Technol* 87: 54-60, doi: 10.1016/j.lwt.2017.08.066.
- Erem, F., Küçükçetin, A., Certel, M. (2013). *Bacillus* türlerinin probiyotik olarak değerlendirilmesi. *Gıda* 38(4): 247-254, doi: 10.5505/gida.2013.32042.
- Ergin, F., Çomak Göçer, E.M., Aşçı Arslan, A., Küçükçetin, A. (2015). Probiyotikler ile ilgili yasal düzenlemeler. *Akademik Gıda* 13(3): 229-236.
- Espitia, P.J.P., Batista, R.A., Azeredo, H.M.C., Otoni, C.G. (2016). Probiotics and their potential applications in active edible films and coatings. *Food Res Int* 90: 42-52, doi: 10.1016/j.foodres.2016.10.026.
- Etchepare, M.D.A., Raddatz, G.C., Cichoski, A.J., Flores, E.M.M., Barin, J.S., Zepka, L.Q., Jacob-Lopes, E., Grosso, C.R.F., De Menezes, C.R. (2016a). Effect of resistant starch (hi-maize) on the survival of *Lactobacillus acidophilus* microencapsulated with sodium alginate. *J Funct Foods* 21: 321-329, doi: 10.1016/j.jff.2015.12.025 1.
- Etchepare, M.D.A., Raddatz, G.C., Flores, E.M.M., Zepka, L.Q., Jacob-Lopes, E., Barin, J.S., Grosso, C.R.F., de Menezes, C.R. (2016b). Effect of resistant starch and chitosan on survival of *Lactobacillus acidophilus* microencapsulated with sodium alginate. *LWT-Food Sci Technol* 65: 511-517, doi: 10.1016/j.lwt.2015.08.039 0.
- FAO/WHO (2002). Report of a joint FAO/WHO working group on drafting guidelines for the evaluation of probiotics in food. London, Ontario, Canada, April 30 and May 1, 2002.
- FAO/WHO (2006). Probiotics in Food. Health and nutritional properties and guidelines for evaluation. World Health Organization/Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Grahn Håkansson, E., Ekbeck, J. (2006). Thermostable *Lactobacillus* strains. European Patent, EP 1 996 696 B1.
- Guimarães, A., Abrunhosa, L., Pastrana, L.M., Cerqueira, M.A. (2018). Edible films and coatings as carrier for living microorganisms: a new strategy towards biopreservation and healthier foods. *Compr Rev Food Sci Food Saf* 17: 594-614, doi: 10.1111/1541-4337.12345.
- Gülbandılar, A., Okur, M., Dönmez, M. (2017). Fonksiyonel gıda olarak kullanılan probiyotikler ve özellikleri. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi* 10(1): 44-47.
- Holkem, A.T., Raddatz, G.C., Nunes, G.L., Cichoski, A.J., Jacob-Lopes, E., Grosso, C.R.F., de Menezes, C.R. (2016). Development and characterization of alginate microcapsules containing *Bifidobacterium* BB-12 produced by emulsification/internal gelation followed by freeze drying. *LWT-Food Sci Technol* 71: 301-308, doi: 10.1016/j.lwt.2016.04.012 0.
- Holkem, A.T., Raddatz, G.C., Barin, J.S., Flores, E.M.M., Muller, E.I., Codevilla, C.F., Jacob-Lopes, E., Grosso, C.R.F., de Menezes, C.R. (2017). Production of microcapsules containing *Bifidobacterium* BB-12 by emulsification/internal gelation. *LWT-Food Sci Technol* 76: 216-221, doi: 10.1016/j.lwt.2016.07.013 0.
- Jao, C.L., Huang, S.L., Wu, S.C., Kuo-Chiang, H. (2011). The study on SFLAB GanedenBC30 viability on baking products during storage. 11th International Congress on Engineering and Food (ICEF11), *Procedia Food Sci* 1: 1601-1609, doi: 10.1016/j.profoo.2011.09.237.
- Kamarlı Altun, H., Akal Yıldız, E. (2017). Prebiyotikler ve probiyotiklerin diyabet ile ilişkisi. *Türk Yaşam Bilimleri Dergisi* 2(1): 149-156.
- Kanmani, P., Lim, S.T. (2013). Development and characterization of novel-probiotic-residing pullulan/starch edible films. *Food Chem* 141:1041-1049, doi:10.1016/j.foodchem.2013.03.103.
- Kechagia, M., Basoulis, D., Konstantopoulou, S., Dimitriadi, D., Gyftopoulou, K., Skarmoutsou, N., Fakiri, E.M. (2013). Health benefits of probiotics: A review. *ISRN Nutrition* 2013: 1-7, doi: 10.5402/2013/481651.
- Kerry, R.G., Patra, J.K., Gouda, S., Park, Y., Shin, H.S., Das, G. (2018). Benefaction of probiotics

- for human health. *J Food Drug Anal* 26: 927-939, doi: 10.1016/j.jfda.2018.01.002.
- Konuray, G., Erginkaya, Z., Koç, G. (2017). *Bacillus* spp.'nin et ürünlerinde probiyotik olarak kullanımları. *Çukurova Tarım Gıda Bil Der* 32(2): 47-60.
- Kumar, B.V., Vijayendra, S.V.N., Reddy, O.V.S. (2015). Trends in dairy and non-dairy probiotic products-a review. *J Food Sci Technol* 52(10): 6112-6124, doi: 10.1007/s13197-015-1795-2.
- Lai, H.M., Lin, T.C. (2006). Bakery products: science and technology. In: *Bakery products: science and technology*, Hui, Y.H. (ed.), Blackwell Publishing, USA, pp. 3-68.
- Longoria-García, S., Cruz-Hernández, M.A., Flores-Verástegui, M.I.M., Contreras-Esquivel, J.C., Montañez-Sáenz, J.C., Belmares-Cerda, R.E. (2018). Potential functional bakery products as delivery systems for prebiotics and probiotics health enhancers. *J Food Sci Technol* 55(3): 833-845, doi: 10.1007/s13197-017-2987-8.
- López de Lacey, A.M., López-Caballero, M.E., Gómez-Estaca, J., Gómez-Guillén, M.C., Montero, P. (2012). Functionality of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum* incorporated to edible coatings and films. *Innov Food Sci Emerg Technol* 16: 277-282, doi: 10.1016/j.ifset.2012.07.001.
- Lönner, C. (2005). Probiotic bread and method of its production. European Patent, EP1971231A1.
- Majeed, M., Majeed, S., Nagabhushanam, K., Natarajan, S., Sivakumar, A., Ali, F. (2016). Evaluation of the stability of *Bacillus coagulans* MTCC 5856 during processing and storage of functional foods. *Int J Food Sci Technol* 51: 894-901, doi: 10.1111/ijfs.13044.
- Malmo, C., La Stora, A., Mauriello, G. (2013). Microencapsulation of *Lactobacillus reuteri* DSM 17938 cells coated in alginate beads with chitosan by spray drying to use as a probiotic cell in a chocolate soufflé. *Food Bioprocess Tech* 6(3): 795-805, doi: 10.1007/s11947-011-0755-8.
- Mansouripour, S., Esfandiari, Z., Nateghi, L. (2013). The effect of heat process on the survival and increased viability of probiotic by microencapsulation: A review. *Ann Biol Res* 4(4): 83-87.
- Markowiak, P., Śliżewska, K. (2017). Effects of probiotics, prebiotics, and synbiotics on human health. *Nutrients* 9(1021): 1-30, doi: 10.3390/nu9091021.
- Martín, M.J., Lara-Villoslada, F., Ruiz, M.A., Morales, M.E. (2015). Microencapsulation of bacteria: a review of different technologies and their impact on the probiotic effects. *Innov Food Sci Emerg Technol* 27: 15-25, doi: 10.1016/j.ifset.2014.09.010.
- Mohajeri, M.H., La Fata, G., Steinert, R.E., Weber, P. (2018). Relationship between the gut microbiome and brain function. *Nutr Rev* 76(7): 481-496, doi: 10.1093/nutrit/nuy009.
- Muzzafar, A., Sharma, V. (2018). Microencapsulation of probiotics for incorporation in cream biscuits. *J Food Meas Charact* 12: 2193-2201, doi: 10.1007/s11694-018-9835-z.
- Nunes, G.L., Etchepare, M.D.A., Cichoski, A.J., Zepka, L.Q., Jacob-Lopes, E., Barin, J.S., Flores, E.M.M., da Silva, C.B., de Menezes, C.R. (2018). Inulin, hi-maize, and trehalose as thermal protectants for increasing viability of *Lactobacillus acidophilus* encapsulated by spray drying. *LWT-Food Sci Technol* 89: 128-133, doi: 10.1016/j.lwt.2017.10.032 R.
- Pandey, K. R., Naik, S.R., Vakil, B.V. (2015). Probiotics, prebiotics and synbiotics-a review. *J Food Sci Technol* 52(12): 7577-7587, doi: 10.1007/s13197-015-1921-1.
- 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, doi: 10.1016/j.fbio.2017.12.003.
- Pereira, J.O., Soares, J., Sousa, S., Madureira, A.R., Gomes, A., Pintado, M. (2016). Edible films as carrier for lactic acid bacteria. *LWT-Food Sci Technol* 73: 543-550, doi: 10.1016/j.lwt.2016.06.060.
- Permpoonpattana, P., Hong, H.A., Khaneja, R., Cutting, S.M. (2012). Evaluation of *Bacillus subtilis* strains as probiotics and their potential as a food

- ingredient. *Benef Microbes* 3(2): 127-135, doi: 10.3920/BM2012.0002.
- Rampelli, S., Candela, M., Severgnini, M., Biagi, E., Turrone, S., Roselli, M., Carnevali, P., Donini, L., Brigidi, P. (2013). A probiotics-containing biscuit modulates the intestinal microbiota in the elderly. *J Nutr Health Aging* 17(2): 166-172, doi: 10.1007/s12603-012-0372-x.
- Rasmussen, B., Tolstoy, A. (1992). Baked product containing viable microorganisms and process for preparing same. WO199400019A1.
- Romano, N., Tavera-Quiroz, M.J., Bertola, N., Mobili, P., Pinotti, A., Gómez-Zavaglia, A. (2014). Edible methylcellulose-based films containing fructo-oligosaccharides as vehicles for lactic acid bacteria. *Food Res Int* 64: 560-566, doi: 10.1016/j.foodres.2014.07.018.
- Sanders M.E., Morelli L, Tompkins T.A. (2003). Sporeformers as human probiotics: *Bacillus*, *Sporolactobacillus* and *Brevibacillus*. *Compr Rev Food Sci*, F 2: 101-110, doi: 10.1111/j.1541-4337.2003.tb00017.x.
- Sarao, L.K., Arora, M. (2017). Probiotics, prebiotics, and microencapsulation: A review. *Crit Rev Food Sci Nutr* 57(2): 344-371, doi: 10.1080/10408398.2014.887055.
- Seyedain-Ardabili, M., Sharifan, A., Tarzi, B.G. (2016). The production of synbiotic bread by microencapsulation. *Food Technol Biotechnol* 54(1): 52-59, doi: 10.17113/ftb.54.01.16.4234.
- Shori, A.B. (2017). Microencapsulation improved probiotics survival during gastric transit. *HAYATI J Biosci* 24: 1-5, doi: 10.1016/j.hjb.2016.12.008.
- Siró, I., Kápolna, E., Kápolna, B., Lugasi, A. (2008). Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance—A review. *Appetite* 51: 456-467, doi: 10.1016/j.appet.2008.05.060.
- Song, D., Ibrahim, S., Hayek, S. (2012). Recent application of probiotics in food and agricultural science. In: Probiotics, Rigobelo, E.C. (ed.), InTechOpen, doi: 10.5772/50121.
- Soukoulis, C., Behboudi-Jobbekdar, S., Yonekura, L., Parmenter, C., Fisk, I.D. (2014a). Stability of *Lactobacillus rhamnosus* GG in prebiotic edible films. *Food Chem* 159: 302-308, doi: 10.1016/j.foodchem.2014.03.008.
- Soukoulis, C., Singh, P., Macnaughtan, W., Parmenter, C., Fisk, I.D. (2016). Compositional and physicochemical factors governing the viability of *Lactobacillus rhamnosus* GG embedded in starch-protein based edible films. *Food Hydrocoll* 52: 876-887, doi: 10.1016/j.foodhyd.2015.08.025.
- Soukoulis, C., Yonekura, L., Gan, H.H., Behboudi-Jobbekdar, S., Parmenter, C., Fisk, I. (2014b). Probiotic edible films as a new strategy for developing functional bakery products: The case of pan bread. *Food Hydrocoll* 39: 231-242, doi: 10.1016/j.foodhyd.2014.01.023.
- Soyuçok, A., Başıyigit Kılıç, G. (2017). Süt kaynaklı olmayan probiyotik gıdalar. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi* 5(12): 1615-1625, doi: 10.24925/turjaf.v5i12.1615-1625.1449.
- Tanner, G., Matthews, K., Roeder, H., Konopasek, M., Bussard, A., Gregory, T. (2018). Current and future uses of probiotics. *JAAPA* 31(5): 29-33, doi: 10.1097/01.JAA.0000532117.21250.0f.
- Tripathi, M.K., Giri, S.K. (2014). Probiotic functional foods: survival of probiotics during processing and storage. *J Funct Foods* 9: 225-241, doi: 10.1016/j.jff.2014.04.030.
- Yonekura, L., Sun, H., Soukoulis, C., Fisk, I. (2014). Microencapsulation of *Lactobacillus acidophilus* NCIMB 701748 in matrices containing soluble fibre by spray drying: Technological characterization, storage stability and survival after in vitro digestion. *J Funct Foods* 6: 205-214, doi: 10.1016/j.jff.2013.10.008.
- Zanjani, M.A.K., Tarzi, B.G., Sharifan, A., Mohammadi, N., Bakhoda, H., Madanipour, M.M. (2012). Microencapsulation of *Lactobacillus casei* with calcium alginate-resistant starch and evaluation of survival and sensory properties in cream-filled cake. *Afr J Microbiol Res* 6(26): 5511-5517, doi: 10.5897/AJMR12.972.

Zhang, L., Chen, X.D., Boom, R.M., Schutyser, M.A.I. (2018a). Survival of encapsulated *Lactobacillus plantarum* during isothermal heating and bread baking. *LWT-Food Sci Technol* 93: 396-404, doi: 10.1016/j.lwt.2018.03.067.

Zhang, L., Huang, S., Ananingsih, V.K., Zhou, W., Chen, X.D. (2014). A study on *Bifidobacterium lactis* Bb12 viability in bread during baking. *J Food Eng* 122: 33-37, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2013.08.029.

Zhang, L., Taal, M., Boom, R.M., Chen, X.D., Schutyser, M.A.I. (2015). Viability of *Lactobacillus plantarum* P8 in bread during baking and storage. The 20th International Drying Symposium (IDS 2016), 07-10 August 2015, Gifu, Japan.

Zhang, L., Taal, M.A., Boom, R.M., Chen, X.D., Schutyser, M.A.I. (2018b). Effect of baking conditions and storage on the viability of *Lactobacillus plantarum* supplemented to bread. *LWT-Food Sci Technol* 87: 318-325, doi: 10.1016/j.lwt.2017.09.005.

Zhang, N., Ju, Z., Zuo, T. (2018c). Time for food: The impact of diet on gut microbiota and human health. *Nutrition* 51-52: 80-85, doi: 10.1016/j.nut.2017.12.005.