



Probiotic Yeasts and the Role of Yeasts in Probiotic Foods

Eda Kılıç Kanak^{1,a,*}, Suzan Öztürk Yılmaz^{1,b}

¹Food Engineering Department, Faculty of Engineering, Sakarya University, 54187 Serdivan/Sakarya, Turkey

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Review Article</i></p> <p>Received : 09/08/2018 Accepted : 23/08/2019</p> <p>Keywords: Probiotics Yeast Lactic acid bacteria Functional foods Health</p>	<p>Probiotics are defined as live microorganisms that provide beneficial effects when consumed in sufficient quantities. Currently available probiotics are bacteria such as <i>Lactobacillus</i>, <i>Bifidobacterium</i> and <i>Bacillus</i>. In recent years, yeast has presented great potential for the development of new probiotics. <i>Saccharomyces cerevisiae</i> var. <i>boulardii</i> is the only yeast that has been recognized and characterized as probiotic until today. This raises the question of whether other yeast species have probiotic properties. Recent investigations show that some species with probiotic evidence are <i>Kluyveromyces marxianus</i> and <i>Pichia kudriavzeii</i>, except <i>S. cerevisiae</i>. Most of the enzymes produced by the preserved yeast are involved in the metabolism of complex compounds in foods, thus forming the nutritional value and organoleptic properties of fermented foods. EFSA has given the QPS statue, the "food additive," only a few yeasts. In order to verify interesting properties, probiotic working of yeasts needs to be examined in more detail.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi 7(9): 1268-1274, 2019

Probiyotik Mayalar ve Probiyotik Gıdalarda Mayaların Rolü

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Derleme Makale</i></p> <p>Geliş : 09/08/2018 Kabul : 23/08/2019</p> <p>Anahtar Kelimeler: Probiyotik Maya Laktik asit bakterileri Fonksiyonel gıdalar Sağlık</p>	<p>Probiyotikler, yeterli miktarlarda tüketildiğinde yararlı etkiler sağlayan canlı mikroorganizmalar olarak tanımlanmaktadır. Günümüzde genel olarak mevcut olan probiyotikler, <i>Lactobacillus</i>, <i>Bifidobacterium</i> ve <i>Bacillus</i> gibi bakterilerdir. Son yıllarda mayalar, yeni probiyotiklerin geliştirilmesi için büyük potansiyeller sunmaktadır. <i>Saccharomyces cerevisiae</i> var. <i>boulardii</i>, bugüne kadar probiyotik olarak tanınan ve karakterize edilen tek mayadır. Bu durum diğer maya türlerinin de probiyotik özelliklere sahip olup olmadığı sorusunu gündeme getirmektedir. Son araştırmalar, probiyotik kanıtlara sahip türlerin bazılarının <i>S. cerevisiae</i> dışında <i>Kluyveromyces marxianus</i> ve <i>Pichia kudriavzeii</i> olduğunu göstermektedir. Gıdalardaki mayalar tarafından üretilen çoğu enzim, gıdalardaki kompleks bileşiklerin metabolize edilmesinde yer alır, böylece fermente gıdaların besin değerini ve organoleptik özelliklerini oluşturur. EFSA, QPS statüsünü yani "gıda katkı maddesi" statüsünü, sadece birkaç mayaya vermiştir. İlginç özelliklerinin doğrulanması için mayaların probiyotik olarak çalışılmasına daha detaylı bakılması gerekmektedir.</p>

^a edakilic@sakarya.edu.tr

^b <https://orcid.org/0000-0002-5880-8454> | suzanyilmaz@sakarya.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0001-5952-8385>



Giriş

Probiyotikler, yeterli miktarlarda uygulandığında tüketicilere yararlı etkiler sağlayan canlı mikroorganizmalar olarak tanımlanmaktadır (FAO ve WHO, 2002). Genel bir kural olarak, sağlık etkisine ve hatta belki de yiyeceğe bağlı olarak farklı olabilmesine rağmen, alt limit olarak genellikle 10^9 kob/mL-g dozunda kullanılır. (Forssten ve ark., 2011). Probiyotik mikroorganizmaların düzenli olarak alınması, bağırsak fonksiyonunun düzenlenmesi, laktoz sindirimini iyileştirilmesi, bağışıklık sisteminin uyarılması ve patojenlerin inhibisyonu ile ilişkilidir. Günümüzde mevcut olan probiyotikler, *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* ve *Bacillus* gibi bakterilerdir (Obradovic ve ark., 2015).

İnsan sağlığını korumak ve geliştirmek için kullanılan fonksiyonel gıdalarda probiyotiklerin kullanımı son zamanlarda artmıştır (Jankovic ve ark., 2010). Tüketici probiyotik gıda pazarı, yıllık %7 ile %8 arasında, yıllık büyüme oranı ise 2008 ile 2013 yılları arasında 1,4 milyar Euro'dur (Saxelin, 2008). Özellikle mayalanmış süt ürünlerinin %20'si probiyotik içermektedir (Wassenaar ve Klein, 2008).

Son on yıl içinde daha sağlıklı gıdalar için artan talep, gıda endüstrisi tarafından yeni ürünlerin geliştirilmesine yol açmıştır. Fonksiyonel gıdalar, sağlık yararları sağlayan gıdalardır (Ogunremi ve ark., 2015). Bunlar arasında, formülasyonlarında yüksek oranda canlı probiyotik mikroorganizma popülasyonları içeren probiyotik gıdalar bulunmaktadır. Süt ürünleri başlıca probiyotik taşıyıcılardır çünkü süt gastrointestinal rahatsızlığı tolere etmede yardımcı olabilmektedir (Ranadheera ve ark., 2017). Ayrıca, bu ürünler tüm dünyada tüketiciler tarafından da kabul edilmektedir. Bununla birlikte, süt ürünü olmayan probiyotik ürünler, özellikle tahıl ürünleri, gıda tüketimindeki laktoz intoleransı, vejetaryenlik, veganizm ve az yağ içerikli gıdalar gibi başlıca eğilimlere yanıt olarak dünya genelinde tercih edilmektedir (Ranadheera ve ark., 2017; Russo ve ark., 2017). Mısır, pirinç (Freire ve ark., 2017), soya, yer fıstığı, hindistancevizi suyu (Camargo Prado ve ark., 2015; Kantachote; Ratanaburee, Hayisamae, Sukhoom ve Nunkaew, 2017), soya özü ve kinoa (Bianchi ve ark., 2015) yeni fonksiyonel fermente gıdalar ve içecekler geliştirmek için potansiyel gıdalar olarak belirtilmiştir.

Probiyotik Gıdalarda Mayaların Rolü

Fermente gıdaların tüketimine atfedilen sağlık yararları, fermente mikroorganizmaların probiyotik özelliklerinden kaynaklanmaktadır (Jespersen, 2003). *In vitro* ve *in vivo* çalışmalar, probiyotiklerin vücut üzerinde antioksidan üretimi ve kan kolesterol düzeyinin düşürülmesi gibi yararlı fizyolojik etkilere sahip olabileceğini göstermiştir (Kumar ve ark. 2012; Plessas ve ark. 2012). Özellikle mayalar, gıda fermentasyonunda ağırlıklı olarak önemlidir (Akabanda ve ark. 2013). Gıdalarda bulunan mayalar tarafından üretilen çoğu enzim, gıdalardaki kompleks bileşiklerin metabolize edilmesinde yer alır, böylece fermente gıdaların besin değerini ve organoleptik özelliklerini verir (Annan ve ark. 2003; Hellstrom ve ark. 2012). Birçok fermente gıda ürününde

spontan fermentasyon meydana gelir ve böylece standart olmayan ürünlerin ortaya çıkmasına neden olur. Bu yetersizlikler fonksiyonel starter kültürlerin geliştirilmesi ve kullanılması ile aşılabılır. Mayalar fermente gıdalarda çok önemlidir çünkü probiyotik özellikleri ile organoleptik özelliklere ve probiyotik özellikleri ile insan sağlığının iyileştirilmesine katkıda bulunurlar (Moslehi-Jenabian ve ark., 2010; Pedersen ve ark., 2012). Mayalar ayrıca amino asitler ve vitaminler gibi bazı besin maddelerini laktik asit bakterilerine (LAB) sundukları için LAB'nin büyümesine katkıda bulunurlar ve LAB metabolizması (laktik asit üretimi) tarafından üretilen düşük pH, mayaların daha iyi gelişebilmesi için olanak sağlar.

Fermente gıda ürünlerinin fermentasyonu sırasında rol oynayan baskın mikroorganizmalar LAB ve mayalardır (Blandino ve ark. 2003; Ogunremi ve Sanni, 2011). Bu gıdalardaki LAB'nin teknolojik ve probiyotik potansiyelleri geniş ölçüde bildirilmiştir (Banwo ve ark., 2013; Sanni ve ark., 2013). Bununla birlikte, geniş fizyolojik çeşitliliğe rağmen, fermente gıdalardaki mayaların probiyotik potansiyelleri hakkında yeterince bilgi yoktur. Mayaların rolü yeni gıdaların geliştirilmesinde ve fermentasyon sürecindeki önemli rollerinde iyi bir şekilde belgelenmiş olmasına rağmen, probiyotik aktivitesinin karakterizasyonu çok sınırlıdır (Kumura ve ark., 2004; Romanin ve ark., 2010). Bu alanda yapılmış bazı çalışmalar Çizelge 1'de belirtilmiştir.

Bu nedenle, bu alanda ki araştırmalar da son yıllarda artmıştır. Mayalarda probiyotik özellikleri değerlendiren bazı çalışmalar vardır (Diosma ve ark., 2014; Gil-Rodriguez ve ark., 2015; Kumura ve ark., 2004; Pedersen ve ark., 2012), ama hiçbiri tamamen yeterli değildir. Örneğin, Kumura ve ark. (2004), bağırsaktaki enzimlerin varlığını ve Pedersen ve ark. (2012), sürecin adımları (mide ve bağırsak) arasında ki ayrımı yapmamıştır. Diğer taraftan, hepsi, deneylerden sonra canlı hücreleri inceler, ancak maya kinetiği takip edilmemiş ve böylece gecikme fazı, üretim zamanı ve maksimum spesifik büyüme oranı gibi önemli parametreler hakkında bir veri yoktur.

Probiyotik Mayaların Yararları

Mayalar, yeni probiyotiklerin geliştirilmesi için büyük potansiyeller sunmaktadır (Nayak, 2011). Aynı zamanda, bağırsak mikrobiyotalarının küçük bir kısmında bulunmasına rağmen, gastrointestinal sistemde fizyolojik önem taşırlar (Czerucka ve ark. 2007; Gatesoupe 2007).

Mayalar aşağıda belirtilen özelliklerinden dolayı, GRAS (Genel Olarak Güvenilir) ve QPS (Qualified Presumption of Safety) olarak rapor edilmiştir (Etchepare ve ark., 2015):

- Beslenme açısından zengindir,
- Düşük pH ve safra koşullarına direnir,
- Birçok bakteri toksinlerinin inhibisyonu ile birlikte antagonistik etkilere sahiptir,
- Antibiyotik direnç yeteneğine sahiptir,
- Bağışıklık modülasyonu mevcuttur,
- Kolesterol asimilasyonu vardır,
- (e) İyi antioksidan durumu mevcuttur.

Çizelge 1 Probiyotikler ile benzer özellikler gösteren bazı mayalar

Table 1 Same yeast with similar properties to probiotics

Maya	Literatür
<i>Aureobasidium pullulans</i>	Syal ve Vohra, 2013
<i>Candida famata</i>	Gientka ve ark., 2016; Mahdhi ve ark., 2011
<i>Candida guilliermondii</i>	Gientka ve ark., 2016
<i>Candida humilis</i>	Syal ve Vohra, 2013
<i>Candida krusei</i>	Vohra ve Satyanarayana, 2003
<i>Candida lambica</i>	García-Hernandez ve ark. 2012
<i>Candida rugosa</i>	García-Hernandez ve ark. 2012
<i>Candida tropicalis</i>	Hirimuthugoda ve ark., 2007
<i>Debaryomyces castellii</i>	Vohra ve Satyanarayana, 2003
<i>Debaryomyces hanseii</i>	Syal ve Vohra, 2013; Moslehi-Jenabian ve ark., 2012; Trotta ve ark., 2012; Kumura ve ark., 2004
<i>Debaryomyces occidentalis</i>	Syal ve Vohra, 2013
<i>Issatchenkia orientalis</i>	Chen ve ark., 2010
<i>Kluyveromyces lactis</i>	Syal ve Vohra, 2013; Moslehi-Jenabian ve ark., 2012; Kumari ve ark., 2011; Rajakala ve Selvi, 2006; Kumura ve ark., 2004
<i>Kluyveromyces loderae</i>	Syal ve Vohra, 2013; Moslehi-Jenabian ve ark., 2012; Kumura ve ark., 2004
<i>Kluyveromyces marxianus</i>	Smith ve ark., 2015; Romanin ve ark., 2015; Syal ve Vohra, 2013; Moslehi-Jenabian ve ark., 2012; Kumari ve ark., 2011; Rajakala ve Selvi, 2006; Kumura ve ark., 2004
<i>Metschnikowia borealis</i>	Smith ve ark., 2015
<i>Metschnikowia gruessii</i>	Smith ve ark., 2015
<i>Metschnikowia reukauffii</i>	Smith ve ark., 2015
<i>Meyerozyma caribbica</i>	Amorim ve ark., 2018
<i>Pichia guilliermondii</i>	Chen ve ark., 2010
<i>Pichia kluyveri</i>	Chen ve ark., 2010
<i>Pichia kudriavzevii</i>	Ogunremi ve ark., 2015; Chen ve ark., 2010
<i>Torulaspora delbrueckii</i>	Moslehi-Jenabian ve ark., 2012; Kumura ve ark., 2004
<i>Trichosporon cutaneum</i>	García-Hernandez ve ark. 2012
<i>Wickerhamomyces anomalus</i>	García-Hernandez ve ark. 2012
<i>Yarrowia lipolytica</i> ,	Syal ve Vohra, 2013; Moslehi-Jenabian ve ark., 2012; Hirimuthugoda ve ark., 2007

Mayalar, bakterilerle birlikte, fermente süt ürünlerinde bulunurlar. Ayrıca kefir ve birkaç peynir çeşidinin duyuşal özelliklerine katkıda bulunabilirler (Vasdinyei ve Deák, 2003). İnsan vücudunda mayalar, bağırsakta hızla büyüyebilir ve hücre dışı proteazlar, sideroforlar ve antifungal ajanlar üretebilir (ElMekawy ve ark., 2014). Bu bağırsak mayaları, enteropatogenik bakteriler gibi istenmeyen mikrobiyotaların antagonize edilmesinde önemli bir rol oynarlar (Chi ve ark., 2010). İyi bilinen bakteriyel probiyotiklere benzer şekilde, *Debaryomyces hansenii*, *Torulaspora delbrueckii*, *Kluyveromyces lactis*, *Kl. marxianus* ve *Kl.lodderae* gibi bazı maya türleri, gastrointestinal sistemden geçişe ve enterik patojenlerin inhibisyon yeteneklerine karşı toleransa sahiptir (Kumura ve ark., 2004).

Fermentasyon sırasında mayalar tarafından üretilen birçok metabolit, antioksidan aktiviteye sahiptir (Abbas, 2006). Güvenli ve doğal endojen antioksidan kompleksinin kaynaklarıdır. Kandaki yüksek kolesterol düzeyi olan hiperkolesterolemi, kardiyovasküler hastalıklar için önemli bir risk faktörüdür ve kalp krizlerinin insidansına %45 oranında katkıda bulunmaktadır (Kumar ve ark. 2012). Serum kolesterolünde %1'lik bir azalma, kalp hastalığı mortalitesini %2 oranında azaltabilir Serum kolesterolünü azaltma potansiyeline sahip probiyotikler, diyet yönetimi ve farmakolojik ajanların kullanımı gibi mevcut stratejilerin başarısızlığı göz önüne alındığında, kardiyovasküler hastalıkların önlenmesi için uygun bir

seçenek olarak çok dikkat çekmiştir. Büyüyen maya hücreleri, kolesterolü sıvı ortamdan uzaklaştırabilirler (Psomas ve ark. 2003).

In vitro ve *in vivo* çalışmalarda az sayıda maya türünün kolesterol düzeyini düşürdüğü tespit edilmiştir. Bu yetenek çeşitli probiyotik LABleri için bildirilmiştir (Kimoto ve ark. 2002; Pan ve ark. 2011). *Pichia kluyveri* LKC17, *Issatchenkia orientalis* OSL11, *P. kudriavzevii* OG32 ve *P. kudriavzevii* ROM11, 24 saat sonra, broth kültüründen kolesterolü kaldırmıştır. Ayrıca *P. kudriavzevii* BY10, *P. kudriavzevii* BY15, *Galactomyces* sp. BY1, *P. guilliermondii* BY31 için de benzer sonuçlar elde edilmiştir (Chen ve ark., 2010).

Saccharomyces cerevisiae var. *boulardii*, bugüne kadar probiyotik olarak tanınan ve karakterize edilen tek mayadır (Czerucka ve Rampal, 2002; Hatoum ve ark., 2012). Bu durum diğer maya türlerinin de probiyotik özelliklere sahip olup olmadığı sorusunu gündeme getirmektedir (Van Der Aa Kühle ve ark., 2005). Son araştırmalar, probiyotik kanıtlara sahip türlerin bazılarının *S. cerevisiae* var.*boulardii* dışında *Kl. marxianus* ve *P. kudriavzevii* olduğunu göstermektedir. EFSA, QPS statüsünü yani "gıda katkı maddesi" statüsünü, sadece birkaç mayaya örneğin; *Kl. marxianus* var. *laktis* ve *Kl. marxianus fragilis* vermiştir. Bununla birlikte, çift kör çalışmalarda etkili olan tek bir patentli maya türü vardır: *S. cerevisiae* var *boulardii* (Sazawal ve ark., 2006). Bu maya birçok ülkede bir probiyotik olarak ticarilemiştir, çünkü bağırsak yolunda

hayatta kalır, 37°C'de iyi bir büyüme gösterir ve patojen büyümesini inhibe eder. Bu nedenle bu maya antibiyotik uygulamalarının neden olduğu diyare ve diğer gastrointestinal hastalıklara karşı koruyucu ve tedavi edici bir ajan olarak kullanılır. Ananas suyunda *Meyerozyma caribbica* mayası, referans probiyotik suş olarak kullanılan *S. cerevisiae* var. *boulardii*'ye benzer ve hatta daha üstün probiyotik özellikler ortaya koymuştur (Amorim ve ark., 2018).

İlginç özelliklerinin doğrulanması için mayaların probiyotik olarak çalışılmasına daha detaylı bakılması gerekmektedir. Büyüklükleri bakterilere göre 10 kat daha büyüktür, bu da onlara karşı önemli bir sterik engeldir (Czerucka ve ark., 2007). Antibiyotik direncinin genlerini yaymazlar ve translokasyonları hiç bildirilmemiştir. Öte yandan, bazen bağırsağa geçişe karşı dirençlidir ve gıdalarda ve bağırsakta mikotoksin içeriğini azaltabilir. Diğer taraftan, bağırsak mikrobiyotaları pH, ortamdaki enzim, safra tuzları ve pankreas sıvıları gibi ortam koşullarına bağlı olarak sayı ve türe göre değişmektedir (Appleby ve Walters, 2014).

Probiyotik Mayaların Sahip Olması Gereken Özellikler

Mikroorganizmaların gerçek bir probiyotik olarak kabul edilmesi için gereken birçok ön koşul vardır; bunların en önemlisi insan bağırsağındaki potansiyel yararlı mikroorganizmaların hayatta kalmasıdır. Potansiyel probiyotik organizmaların seçilmesinde kullanılan önemli kriterler, mide-bağırsak ortamında hayatta kalmalarını içerir. Bunlar, insan ve hayvan konakçıları tarafından alındığında normal gastrointestinal mikrobiyotanın koloni direnci, immünomodülasyonu veya besleyici katkısı olarak yararlı işlevleri sunabilmelidir. Potansiyel bir adayın seçilmesinde çok önemli bir kriter de, epitel hücrelerine yapışma kabiliyetidir. Otomatik toplanma, hücrelerin aynı türden hücrelere kendi kendine yapışabilmeleri ve çevreye de kolonize olabilmeleridir. Ko-agregasyon, hücrelerin farklı patojenik bakterilerle etkileşmesidir (Jankovic ve ark., 2012). Bağırsak hücrelerinde kolonizasyonun arkasındaki mekanizmayı anlamak için bu bağlanma kapasitelerinin araştırılması gerekmektedir.

Probiyotikler, probiyotik starter kültürlerde ve fermente süt ürünlerinde asitlik, O₂ stresi, ısı ve saklama koşulları gibi çeşitli çevresel streslere karşı hassastır. Bir probiyotik basitçe insan sağlığına fayda sağlayamaz, aynı zamanda gıda ürünlerinde istikrarlı, güvenli ve canlı olma gereksinimlerini de karşılamalıdır (Gbassi ve Vandamme, 2012). Mikroorganizmaların epitel hücrelerine ve mukoza yüzeylerine yapışabilmesi, probiyotik seçim için kritiktir (Duary ve ark., 2011; Kechagia ve ark., 2013). Mikropların yapışma potansiyeli, hücre yüzeyinin agregasyonu ve hidrofobik özellikleri ile ilişkilidir (Collado ve ark., 2007).

Çoğu maya büyümesi için optimum sıcaklık 28-30°C'dir, ancak potansiyel bir probiyotik suş, vücut sıcaklığında (37°C) canlılık ve metabolik fonksiyonları aktif halde tutmak zorundadır (Walker, 2009; Nayak, 2011). Mide suyunun salgılanması nedeniyle 2-5 ile 3-5 arasında değişen mide pH'sı çoğu mikrop için öldürücüdür. Maya geniş bir pH aralığında (1-5 pH) hayatta kalabilir, asidik ortamlarda birkaç maya türünün yaşayabildiği bildirilmiştir (Czerucka ve ark., 2007). Yapılan bir çalışmada, seçilmiş maya suşları asidik pH'da (2-0) hayatta kalmıştır (Ogunremi ve ark., 2015).

Mayalar, bağırsak içeriğinin %0,1'inden daha azını oluştururlar. Mayalar; çeşitli pH seviyelerindeki dirençlerinden dolayı mide ve kolonda bulunurlar. Optimum pH'ları 4,5 ile 6,5 arasındayken, bunların çoğu 3-8 pH aralığında büyüebilir ve bazıları pH 1,5'e kadar daha asidik koşullara dayanabilir. Bu, mide-bağırsak enzimleri, safra tuzları, organik asitler ve sıcaklıktaki değişikliklere karşı da direnç göstermelerine rağmen, mayaların probiyotik olarak kabul edilmesi için iyi bir başlangıç noktasıdır (Czerucka ve ark., 2007). Bazı durumlarda bağırsaktan, *Torulopsis glabrata* ve *Candida tropicalis* de izole edilmesine rağmen bağırsak izole mayaların çoğunluğunda *C. albicans* vardır. Besin alımından sonra antimikrobiyal aktiviteye sahip olan onikiparmak bağırsağından bir lipit emülsifiye edici ajan olan safra salgınır. Bu nedenle, probiyotikler bağırsakta hayatta kalmak için safra toleransına sahip olmalıdır (Kumar ve ark., 2012). Potansiyel probiyotiklerin seçimi için %0-3 safra tuzu konsantrasyonu kritik olarak kabul edilir, ancak beslenildiğinde, insan bağırsağının safra tuzu konsantrasyonu ile %2'ye kadar yükselebilir (Psani ve Kotzekidou, 2006). Yapılan bir çalışmada maya suşları %2'ye varan safra tuzları konsantrasyonuna tolerans göstermiştir (Ogunremi ve ark., 2015).

Wickerhamomyces anomalus %0-6 safra tuzlarında hayatta kalmıştır (García-Hernandez ve ark., 2012). Probiyotik LAB'leri için %2 safra tuzu konsantrasyonunda sağkalım nadiren bildirilmiş olmasına rağmen *Trichosporon cutaneum*, *C. rugosa* ve *C. lambica* suşları için de %2 safra tuzu konsantrasyonuna tolerans bildirilmiştir (Gotcheva ve ark., 2002).

Psomas ve ark. (2001), gönüllü insan deneklerinde yaptığı çalışmada, maya suşları aspire edilen mide suyunda tatmin edici sağkalım olduğunu göstermiştir. *S. cerevisiae* farklı suşları ayrıca mide ve bağırsaktaki simüle edilmiş koşullara karşı yüksek tolerans göstermiştir (Rajkowska ve Kunicka-Styczynska, 2010).

Mayalarda antimikrobiyal aktiviteler, fermente gıdaların raf ömrünü ve güvenliğini iyileştirmek için istenen özelliklerdir (Psani ve Kotzekidou, 2006). Probiyotik suşun rekabet avantajına sahip olması ve bağırsakların patojenler tarafından kolonizasyonunu engellemesi de önemlidir (Plessas ve ark., 2012). Probiyotik potansiyeller için araştırılan mayaların çoğu, antibakteriyel metabolitler üretmez veya patojenlere karşı antagonistik aktiviteye sahip değildir (Kourelis ve ark., 2010; Perricone ve ark., 2014). Ko-agregasyon, bakteriyel patojenler tarafından bağırsağın kolonizasyonunu mekanik olarak önlemede, probiyotik kültürler için alternatif bir mekanizma sağlar (Merk ve ark., 2005; Collado ve ark., 2008). Yapılan bir çalışmada, maya suşları, *Escherichia coli*, *Salmonella paratyphi*, *Shigella flexneri* ve *Pseudomonas sp.* tarafından intestinal kolonizasyonun önlenmesine katkıda bulunma potansiyeli göstermiştir (Ogunremi ve ark., 2015). Bu gözlem, bazı patojenik bakterilerin, hücre duvarlarının dış tabakasındaki mannan ve polisakaritlerden dolayı mayalara bağlanabilen yüzeylerinde bağlanma moleküllerine sahip olduklarını belirten bir raporla desteklenmektedir (Xie ve ark., 2012).

Probiyotikler, hücre bileşenlerine sahiptir ve diyet antioksidanlarını geliştirmek ve vücuttaki endojen antioksidanları güçlendirmek için potansiyelleri sunan antioksidan özellikleri olan biyoaktif bileşiklerdir

salgılayabilirler (Mishra ve ark. 2012). *S. cerevisiae* ve *D. hansenii*'nin hücre süspansiyonlarının tür ve suşa bağlı olarak antioksidan etkisi bildirilmiştir (Trotta ve ark. 2012). Mayadaki antioksidan aktivite, metabolitleri ve hücre bileşenleri, özellikle karotenoidler, organik asitler, glutatyon, bazı karakterize edilmemiş proteinler ve hücre duvarı b-glukanı ile karakterize edilen antioksidan fonksiyonlardan kaynaklanmaktadır (Abbas, 2006).

Sonuç

Mayaların probiyotik özelliklerini araştıran çalışmalar son yıllarda artmıştır ve giderek artmaktadır. Fakat henüz tamamen yeterli değildir. Yapılacak çalışmalar bu alandaki bilgi eksikliğinin kapatılması açısından oldukça önemlidir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde ise farklı maya türleri içerisinde oldukça iyi probiyotik özellik gösteren cins ve türlerin olduğu görülmektedir. Ülkemizde üretilen gıdalardan izole edilmiş olan mayaların probiyotik özelliklerinin belirlenmesine yönelik araştırmalar yapılması gerekmektedir. Özellikle ülkemizdeki geleneksel gıdalarda farklı türlerde probiyotik maya bulunma ihtimali oldukça yüksektir. Bu alanda yapılacak çalışmaların sayısının artması probiyotik mayalar hakkında daha ayrıntılı bilgiye ulaşılmasını sağlayacaktır.

Kaynaklar

- Abbas CA, 2006. Production of antioxidants, aromas, colours, flavours, and vitamins by yeasts. In *The Yeast Handbook: Yeasts in Food and Beverages* ed. Querol, A. and Fleet, G.H. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag. ss: 285–334.
- Akabanda F, Owusu-Kwarteng J, Tano-Debrah K, Glover RLK, Nielsen DS, Jespersen L, 2013. Taxonomic and molecular characterization of lactic acid bacteria and yeasts in Nunu, a Ghanaian fermented milk product. *Food Microbiol.*, 34: 277–283. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2012.09.025>.
- Amorim JC, Piccoli RH, Duarte WF. 2018. Probiotic potential of yeasts isolated from pineapple and their use in the elaboration of potentially functional fermented beverages. *Food Res Int.*, 107: 518–527. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.02.054>.
- Annan NT, Poll L, Sefa DS, Plahar WA, Jakobsen M. 2003. Influence of starter culture combinations of *Lactobacillus fermentum*, *Saccharomyces cerevisiae* and *Candida krusei* on aroma in Ghanaian maize dough fermentation. *Eur J Food Res Technol.*, 216: 377–384. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-003-0692-5>.
- Appleby NR, Walters RFJ. 2014. The role of bile acids in functional GI disorders. *Journal of Neurogastroenterology and Motility*, 26: 1057–1069. DOI: <https://doi.org/10.1111/nmo.12370>.
- Banwo K, Sanni A, Tan H. 2013. Technological properties and probiotic potential of *Enterococcus faecium* strains isolated from cow milk. *J Appl Microbiol.*, 114: 229–241. DOI: <https://doi.org/10.1111/jam.12031>.
- Bianchi F, Rossi EA, Gomes RG, Sivieri K. 2015. Potentially synbiotic fermented beverage with aqueous extracts of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) and soy. *Food Sci. Technol. Int.*, 21(6): 403–415. DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/1082013214540672>.
- Blandino A, Al-Aseeri ME, Pandiella SS, Cantero D, Webb C. 2003. Cereal-based fermented foods and beverages. *Food Res Int.*, 36: 527–543. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(03\)00009-7](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(03)00009-7).
- Camargo Prado F, De Dea Lindner J, Inaba J, Thomaz-Soccol V, Kaur Brar S, Soccol CR. 2015. Development and evaluation of a fermented coconut water beverage with potential health benefits. *J. Funct. Foods.*, 12: 489–497. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2014.12.020>.
- Chen LS, Ma Y, Maubois JL, He SH, Chen LJ, Li HM. 2010. Screening for the potential probiotic yeast strains from raw milk to assimilate cholesterol. *Dairy Sci Technol.*, 90: 537–548. DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/dst/2010001>.
- Chi ZM, Liu G, Zhao S. 2010. Marine yeasts as biocontrol agents and producers of bio-products. *Appl Microbiol Biotechnol.*, 86:1227–1241. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00253-010-2483-9>.
- Collado MC, Meriluoto J, Salminen S. 2007. Measurement of aggregation properties between probiotics and pathogens: in-vitro evaluation of different methods. *J Microbiol Methods.*, 71: 71–74. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2007.07.005>.
- Collado MC, Meriluoto J, Salminen S. 2008. Adhesion and aggregation properties of probiotic and pathogen strains. *Eur Food Res Technol.*, 226: 1065–1073. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00217-007-0632-x>.
- Czerucka, D, Rampal, P. 2002. Experimental effects of *Saccharomyces boulardii* on diarrheal pathogens. *Microbes and Infection*, 4(7): 733–739. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S1286-4579\(02\)01592-7](http://dx.doi.org/10.1016/S1286-4579(02)01592-7).
- Czerucka D, Piche T, Rampal P. 2007. Review article: yeast as probiotics – *Saccharomyces boulardii*. *Aliment Pharmacol Ther.*, 26: 767–778. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2036.2007.03442.x>.
- Diosma G, Romanin DE, Rey-Burusco MF. 2014. Yeasts from kefir grains: isolation, identification, and probiotic characterization. *World J Microbiol Biotechnol.*, 30: 43–53. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11274-013-1419-9>.
- Duary RK, Rajput YS, Batish VK, Grover S. 2011. Assessing the adhesion of putative indigenous probiotic lactobacilli to human colonic epithelial cells. *Indian J Med Res.*, 134: 664–671. DOI: <http://dx.doi.org/10.4103/0971-5916.90992>.
- EIMekawy A, Hegab HM, El-Baz A, Hudson SM. 2014. Fabrication and characterization of fungal chitosan-SAP membranes for hemostatic application. *Curr Biochem Eng.*, 1:75–82. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/ijms17122076>.
- Etchepare MDA, Barin JS, Cichoski AJ, Jacob-Lopes E, Wagner R, Fries LLM, CR de Menezes. 2015. Microencapsulation of probiotics using sodium alginate. *Cienc. Rural.* 45: 1319–1326. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20140938>.
- FAO & WHO 2002. Guidelines for the evaluation of probiotics in food. Food and Agriculture Organization/World Health Organization (April), 1–11. <http://www.fao.org/es/ESN/Probio/probio.htm>.
- Forssten SD, Sindelar CW, Ouwehand AC. 2011. Probiotics from an industrial perspective. *Anaerobe*, 17(6): 410–413. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anaerobe.2011.04.014>.
- Freire AL, Ramos CL, Schwan RF. 2017. Effect of symbiotic interaction between a fructooligosaccharide and probiotic on the kinetic fermentation and chemical profile of maize blended rice beverages. *Food Res. Int.*, 100: 698–707. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.070>. PMID: 27973408.
- Garcia-Hernandez Y, Rodriguez Z, Brandao LR, Rosa CA, Nicoli JR, Iglesias AE, Perez-Sanchez T, Salabarría RB. 2012. Identification and in-vitro screening of avian yeasts for use as probiotic. *Res Vet Sci.*, 93: 798–802. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2011.09.005>.
- Gbassi GK, Vandamme T. 2012. Probiotic encapsulation technology: from microencapsulation to release into the gut. *Pharm J.*, 4: 149–163. DOI: <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics4010149>.

- Gientka I, Bzducha-Wróbel A, Stasiak-Róžańska L, Bednarska AA, Błażej S. 2016. The exopolysaccharides biosynthesis by *Candida* yeast depends on carbon sources. *Electron J Biotechnol.*, 22: 31-37. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2016.02.008>.
- Gil-Rodriguez AM, Carrascosa AV, Requena T. 2015. Yeasts in foods and beverages: *In vitro* characterisation of probiotic traits. *LWT-Food Science and Technology*, 64: 1156–1162. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.07.042>.
- Gotcheva V, Hristozova E, Hristozova T, Guo M, Roshkova Z, Angelov A. 2002. Assessment of potential probiotic properties of lactic acid bacteria and yeast strains. *Food Biotechnol.*, 16: 211–225. DOI: <https://doi.org/10.1081/FBT-120016668>.
- Hatoum R, Labrie S, Fliss I. 2012. Antimicrobial and probiotic properties of yeasts: From fundamental to novel applications. *Front Microbiol.*, 1–12. DOI: <http://dx.doi.org/10.3389/fmicb.2012.00421>.
- Hellstrom AM, Almgren A, Carlsson NG, Svanberg U, Andlid TA. 2012. Degradation of phytate by *Pichia kudriavzevii* TY13 and *Hanseniaspora guilliermondii* TY14 in Tanzanian togwa. *Int J Food Microbiol.*, 153: 73–77. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.10.018>.
- Hirimuthugoda NY, Chi Z, Wu L. 2007. Probiotic yeasts with phytase activity identified from the gastrointestinal tract of sea cucumbers. *SPC Beche de Mer Information Bulletin*. 26: 31-34.
- Jankovic T, Frece J, Abram M, Gobin I. 2012. Aggregation ability of potential probiotic *Lactobacillus plantarum* strains. *Int J Sanit Eng Res.*, 6: 1–9.
- Jankovic I, Sybesma W, Phothisrat P, Ananta E, Mercenier A. 2010. Application of probiotics in food products—challenges and new approaches. *Current Opinion on Biotechnology*, 21: 175–181. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2010.03.009>.
- Jespersen L. 2003. Occurrence and taxonomic characteristics of strains of *Saccharomyces cerevisiae* predominant in African indigenous fermented foods and beverages. *FEMS Yeast Res.*, 3: 191–200. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1567-1356\(02\)00185-X](https://doi.org/10.1016/S1567-1356(02)00185-X).
- Kantachote D, Ratanaburee A, Hayisamae W, Sukhoom A, Nunkaew T. 2017. The use of potential probiotic *Lactobacillus plantarum* DW12 for producing a novel functional beverage from mature coconut water. *J Funct Foods.*, 32: 401–408. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2017.03.018>.
- Kechagia M, Basoulis D, Konstantopoulou S, Dimitriadi D, Gyftopoulou K, Skarmoutsou N, Fakiri EM. 2013. Health benefits of probiotics: a review. 1–7. DOI: <http://dx.doi.org/10.5402/2013/481651>.
- Kimoto H, Ohmomo S, Okamoto T. 2002. Cholesterol removal from media by Lactococci. *J Dairy Sci.*, 85: 3182–3188. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74406-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74406-8).
- Kourelis A, Kotzamanidis C, Litopoulou-Tzanetakis E, Scourasi ZG, Tzanetakis N, Yiangou M. 2010. Preliminary probiotic selection of dairy and human yeast strains. *J Biol Res.*, 13: 93–104.
- Kumar M, Nagpal R, Kumar R, Hemalatha R, Verma V, Kumar A, Chakraborty C, Singh B. 2012. Cholesterol-lowering probiotics as potential biotherapeutics for metabolic diseases. *Exp Diabetes Res Article.*, ID 902917 2012, 1–14. DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2012/902917>.
- Kumari S, Panesar PS, Penesar R. 2011. Production of β -Galactosidase using novel yeast isolate from whey. *Int J Dairy Sci.*, 6 (2): 150-157.
- Kumura H, Tanoue Y, Tsukahara M. 2004. Screening of dairy yeast strains for probiotic applications. *J Dairy Sci.*, 87:4050–4056. DOI: [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73546-8](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73546-8).
- Mahdhi A, Hmila Z, Behi A, Bakhrouf A. 2011. Preliminary characterization of the probiotic Properties of *Candida famata* and *Geobacillus thermoleovorans*. *Iran J of Microbiol.*, 3 (3): 129-134. PMID: 22347595.
- Merk K, Borelli C, Korting HC. 2005. Lactobacilli–bacteria–host interactions with special regard to the urogenital tract. *Int J Med Microbiol.*, 295: 9–18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijmm.2004.11.006>.
- Mishra K, Ojha H, Chaudhury NK. 2012. Estimation of antiradical properties of antioxidants using DPPH assay: a critical review and results. *Food Chem.*, 130: 1036–1043. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.07.127>.
- Moslehi-Jenabian S, Pedersen LL, Jespersen L. 2010. Beneficial effects of probiotic and food borne yeasts on human health. *Nutrients*, 2(4): 449–473. DOI: <http://dx.doi.org/103390/nu2040449>.
- Nayak SK. 2011. Biology of eukaryotic probiotics. *Probiotics, microbiology monographs* 21. In *Probiotic Biology, Genetics and Health Aspects*. Liang MT. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag. ss: 29–55.
- Obradovic NS, Kronic TC, Trifkovic KT, Bulatovic ML, Rakin MP, Bugarski BM. 2015. Influence of chitosan coating on mechanical stability of biopolymer carriers with probiotic starter culture in fermented whey beverages. *Int J Polym Sci.*, 5: 1–8. DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2015/732858>.
- Ogunremi OR, Agrawal R, Sanni AI. 2015. Development of cereal-based functional food using cereal-mix substrate fermented with probiotic strain - *Pichia kudriavzevii* OG32. *Food Science & Nutrition*, 3(6): 486–494. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/fsn3.239>.
- Ogunremi OR, Sanni AI, Agrawal R. 2015. Probiotic potentials of yeasts isolated from some cereal-based Nigerian traditional fermented food products. *J. Appl. Microbiol.*, 119(3): 797-808. DOI: <https://doi.org/10.1111/jam.12875>.
- Ogunremi OR, Sanni AI. 2011. Occurrence of amylolytic and/or bacteriocin-producing lactic acid bacteria in ogi and fufu. *Annu Food Sci Technol.*, 12: 71–77.
- Pedersen LL, Owusu-Kwarteng J, Thorsen L, Jespersen L. 2012. Biodiversity and probiotic potential of yeasts isolated from Fura, a west African spontaneously fermented cereal. *Int. J. Food Microbiol.*, 159(2): 144–151. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2012.08.016>.
- Perricone M, Bevilacqua A, Corbo MR, Sinigaglia M. 2014. Technological characterization and probiotic traits of yeasts isolated from Altamura sourdough to select promising microorganisms as functional starter cultures for cereal-based products. *Food Microbiol.*, 38: 26–35. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2013.08.006>.
- Plessas S, Bosnea L, Alexopoulos A, Bezirtzoglou E. 2012. Potential effects of probiotics in cheese and yogurt production: a review. *Eng Life Sci.*, 12: 1–9. DOI: <https://doi.org/10.1002/elsc.201100122>.
- Psani M, Kotzekidou P. 2006. Technological characteristics of yeast strains and their potential as starter adjuncts in Greek-style black olive fermentation. *World J Microbiol Biotechnol.*, 22: 1329–1336.
- Psomas E, Andrighetto C, Litopoulou-Tzanetaki E, Lombardi A, Tzanetakis N. 2001. Some probiotic properties of yeast isolates from infant faeces and Feta cheese. *Int J Food Microbiol.*, 69: 125–133. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(01\)00580-3](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(01)00580-3).
- Psomas EI, Fletouris DJ, Litopoulou-Tzanetaki E, Tzanetakis N. 2003. Assimilation of cholesterol by yeast strains isolated from infant feces and Feta cheese. *J Dairy Sci.*, 86: 3416–3422. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73945-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73945-9).
- Rajakala P, Selvi PK. 2006. The effect of pH, temperature and alkali metal ions on the hydrolysis of whey lactose catalysed by β -Galactosidase from *Kluyveromyces marxianus*. *Int J Dairy Sci.*, 1: 167-172.
- Rajkowska K, Kunicka-Styczynska A. 2010. Probiotic properties of yeast isolated from chicken feces and kefir. *Pol J Microbiol.*, 29: 257–263.

- Ranadheera C, Vidanarachchi J, Rocha R, Cruz A, Ajlouni S. 2017. Probiotic delivery through fermentation: Dairy vs. non-dairy beverages. *Fermentation*, 3(4): 67. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/fermentation3040067>.
- Romanin DE, Llopis S, Genovés S, Martorell P, Ramón VD, Garrote GL, Rumbo M. 2015. Probiotic yeast *Kluyveromyces marxianus* CIDCA 8154 shows anti-inflammatory and anti-oxidative stress properties in *in vivo* models. *Benef Microbes.*, 7 (1): 83-93. DOI: <https://doi.org/10.3920/BM2015.0066>.
- Romanin D, Serradell M, González Maciel D, Lausada N, Garrote GL, Rumbo M. 2010. Down-regulation of intestinal epithelial innate response by probiotic yeasts isolated from kefir. *Int. J. Food Microbiol.*, 140: 102–108. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.04.014>.
- Russo P, Arena MP, Fiocco D, Capozzi V, Drider D, Spano G. 2017. *Lactobacillus plantarum* with broad antifungal activity: A promising approach to increase safety and shelf-life of cereal-based products. *Int J Food Microbiol.*, 247: 48–54. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.04.027>.
- Sanni A, Franz C, Schillinger U, Huch M, Guigas C, Holzapfel W. 2013. Characterization and technological properties of lactic acid bacteria in the production of “Sorghurt”, a cereal-based product. *Food Biotechnol.*, 27:178–198. DOI: <https://doi.org/10.1080/08905436.2013.781949>.
- Saxelin M. 2008. Probiotic formulations and applications, the current probiotic market, and changes in the marketplace: A european perspective. *Clinical Infectious Diseases*, 46: 76–79. DOI: <https://doi.org/10.1086/523337>.
- Sazawal S, Hiremath G, Dhingra U. 2006. Efficacy of probiotics in prevention of acute diarrhoea: A meta-analysis of masked, randomized, placebo-controlled trials. *Lancet Infectious Diseases*, 6, 374–382. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(06\)70495-9](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(06)70495-9).
- Smith IM, Baker A, Arneborg N, Jespersen L. 2015. Non-Saccharomyces yeasts protect against epithelial cell barrier disruption induced by *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Typhimurium. *Lett Appl Microbiol.* 61: 491-497. DOI: <https://doi.org/10.1111/lam.12481>.
- Syal P, Vohra A. 2013. Probiotic potential of yeasts isolated from traditional Indian fermented foods. *Int J Microbiol Res.*, 5 (2): 390-398.
- Trotta F, Caldini G, Dominici L, Federici E, Tofalo R, Schirone M, Corsetti A, Suzzi G. 2012. Food borne yeasts as DNA-bioprotective agents against model genotoxins. *Int J Food Microbiol.*, 153: 275–280. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.11.009>.
- Van der Aa Kühle, A., Skovgaard, K., & Jespersen, L. (2005). *In vitro* screening of probiotic properties of Saccharomyces cerevisiae var. boulardii and food-borne Saccharomyces cerevisiae strains. *International journal of food microbiology*, 101(1): 29–39. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.10.039>.
- Vasdinyei R, Deák T. 2003. Characterization of yeast isolates originating from Hungarian dairy products using traditional and molecular identification techniques. *Int J Food Microbiol.*, 86:123–130. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1605\(03\)00251-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1605(03)00251-4)
- Vohra A, Satyanarayana T. 2003. Phytases: Microbial sources, production, purification, and potential biotechnological applications. *Crit Rev Biotechnol.*, 23 (1): 29-60. DOI: <https://doi.org/10.1080/713609297>.
- Walker GM. 2009. Fungi: yeasts. In *Encyclopedia of Microbiology*. Schaechter M. 3. Baskı. Oxford, UK: Elsevier Inc. ss: 478–491.
- Wassenaar TM, Klein G. 2008. Safety aspects and implications of regulation of probiotic bacteria in food and food supplements. *J. Food Prot.*, 7: 1734–1741. DOI: <https://doi.org/10.4315/0362-028X-71.8.1734>.
- Xie N, Zhou T, Li B. 2012. Kefir yeasts enhance probiotic potentials of *Lactobacillus paracasei* H9: the positive effects of coaggregation between the two strains. *Food Res Int.*, 45: 394–401. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.10.045>.