



FONKSİYONEL ET ÜRÜNLERİNİN ÜRETİMİNDE PROBİYOTİK, PREBİYOTİK VE SİNBİYOTİK KULLANIMINA YÖNELİK YENİ EĞİLİMLER

Tuba Nuriler, Müge Uyarcan*

Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Manisa, Türkiye

Geliş/Received: 15.09.2023; Kabul /Accepted: 11.12.2023; Online baskı /Published online: 25.12.2023

Nuriler, T., Uyarcan, M. (2024). Fonksiyonel et ürünlerinin üretiminde probiyotik, prebiyotik ve sinbiyotik kullanımına yönelik yeni eğilimler GIDA (2024) 49 (1) 25-38 doi: 10.15237/ gida.GD23111

Nuriler, T., Uyarcan, M. (2024). New trends in the use of probiotics, prebiotics and synbiotics in the production of functional meat products. GIDA (2024) 49 (1) 25-38 doi: 10.15237/ gida.GD23111

ÖZ

Günümüzde tüketicilerin sağlıklı beslenme alışkanlıklarını benimsemek ve sürdürmek konusundaki farkındalıklarının artması gıda endüstrisi ve bilim insanlarını fonksiyonel yeni ürünlerin geliştirilmesine odaklamıştır. Değişen tüketici talebi, sağlığı teşvik eden bileşikleri en üst düzeye çıkarma ve tüketicinin sağlığı üzerinde olumsuz etkilere neden olabilecek bileşenlerin varlığını azaltma stratejilerine odaklanan fonksiyonel et ürünleri geliştirmeye yönelik çalışmalara ivme kazandırmıştır. Bu bağlamda güncel literatürde fonksiyonel et ürünlerinin geliştirilmesinde yeni nesil probiyotikler, prebiyotikler ve sinbiyotiklerin kullanımına yönelik bilimsel çalışmalar dikkat çekmektedir. Et ürünleri formülasyonuna ilave edilen bu ajanların bağırsakta azotlu bileşiklerin oluşumunu azaltması ve bağırsak mikroflorasının işlevselliğini artırması yönleriyle önemli bir potansiyel oluşturduğu bildirilmektedir. Bu derlemede fonksiyonel et ürünleri üretiminde probiyotik, prebiyotik ve sinbiyotiklerin kullanımına yönelik yeni yaklaşımlar irdelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Sağlıklı beslenme, fonksiyonel et ürünü, probiyotik, prebiyotik, sinbiyotik

NEW TRENDS IN THE USE OF PROBIOTICS, PREBIOTICS AND SYNBIOTICS IN THE PRODUCTION OF FUNCTIONAL MEAT PRODUCTS

ABSTRACT

Today, the growing awareness of consumers about adopting and maintaining healthy-eating habits has focused the food industry and scientists on the development of functional new products. Changing consumer demand has accelerated efforts to develop functional meat products that focus on strategies to maximize health-promoting compounds and reduce the presence of ingredients that can have adverse effects on a consumer's health. In this context, scientific studies on the use of new generation probiotics, prebiotics and synbiotics in the development of functional meat products have recently attracted attention in the current literature. It is stated that these agents added to the formulation of meat products represent an important potential in terms of reducing the formation of nitrogenous compounds in the intestine and increasing the functionality of the intestinal microflora. In this review, new approaches for the use of probiotics, prebiotics and synbiotics in the production of functional meat products are discussed.

Key words: Healthy diet, functional meat product, probiotic, prebiotic, symbiotic

* Sorumlu yazar/ Corresponding author

✉: muge.akkara@cbu.edu.tr

☎: (+90) 236 201 2273

Tuba Nuriler; ORCID no: 0000-0002-7836-9145

Müge Uyarcan; ORCID no: 0000-0003-1474-672X

GİRİŞ

Et ve et ürünleri, sağlık açısından fayda sağlayan protein, yağ, vitamin, esansiyel amino asitler ve mineraller gibi değerli besin öğeleri bakımından zengin bileşime sahip olması yönüyle önemli bir besin kaynağıdır (Candan ve Bağdatlı, 2018). Ancak üretim esnasında uygulanan teknolojik işlemler ürünlerin kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Özellikle et ve et ürünlerinin dayanıklılığını ve raf ömrünü arttırmak, mikrobiyolojik güvenliğini sağlamak amacıyla çeşitli kimyasal katkı maddeleri kullanılmaktadır. Bu kimyasalları içeren ürünlerin fazla tüketiminin ileri dönemlerde kanser gibi ciddi rahatsızlıklara neden olabileceği bildirilmektedir (Özünü vd., 2019). Bu nedenle, son yıllarda değişen tüketim alışkanlıkları ve gıda-sağlık ilişkisi üzerine ilginin artması ile birlikte fonksiyonel gıdalara yönelik tüketici talebi artış göstermiştir. Bu bağlamda, et ve et ürünlerine sağlığa faydalı olan biyoaktif bileşenler ilave edilerek fonksiyonel özellikler kazandırılmakta ve olası zararlı etkileri azaltılmaktadır (Bis-Souza vd., 2020).

Fonksiyonel gıdalar, besin kaynağı olmalarının yanı sıra belirli biyolojik fonksiyonları olumlu yönde etkileyebilen, genel sağlık durumunu iyileştirebilen ve farklı hastalıklara yakalanma riskini azaltabilen gıdalardır (Illippangama vd., 2022). Fonksiyonel gıdaların üretiminde en sık kullanılan bileşenler; doğal antioksidan maddeler, probiyotik ve prebiyotik bakteriler ile omega-3 yağ asitleridir (Sirini vd., 2020). Bu bileşenlerin arasında probiyotikler, yeterli düzeyde alındıklarında konak sağlığı üzerinde olumlu etkileri olan ve bağırsak sisteminin mikrobiyal dengesini sağlayan canlı mikroorganizmalar şeklinde tanımlanmaktadır (Erginkaya ve Korunay-Altun, 2022). Prebiyotikler ise, yararlı bir etki oluşturabilmek için konakçı mikroorganizmalar tarafından seçici olarak kullanılan substratlar olarak bilinmektedir (Zhou vd., 2023). Son zamanlarda mikrobiyoloji alanındaki gelişmeler, probiyotik ve prebiyotikler için araştırmaların sınırlarını zorlamakta ve bu bileşikler için yeni türler, mekanizmalar ve uygulamalar üzerine odaklanmaktadır. Bu anlamda hem prebiyotiklerin hem de probiyotiklerin tek bir matriste bir arada

kullanılması amacıyla çeşitli sinbiyotikler geliştirilmektedir. Bu teknik, et ürünlerinde probiyotik etkisini prebiyotik ajanlarla en üst düzeye çıkarma şansı verdiği için umut eden yeni bir eğilim olarak görülmektedir (Manassi vd., 2022).

Probiyotik mikroorganizmaların et ürünlerinin işlenmesinde kullanımı, fermantasyon sırasında sağlığa faydalı bileşikler üretme yeteneklerinden dolayı dikkat çekici bir strateji olarak kabul edilmektedir (Bis-Souza vd., 2020). Isıl işlem görmeden tüketilebilen fermente et ürünleri, probiyotiklerin canlılığının uzun süre korunabileceği mükemmel matrislerdir. Ancak, bu ürünlerin su aktivitesi ve pH değerlerinin düşük olması ve yüksek miktarda küreme ajanlarını içermesi nedeniyle mikroorganizma canlılığı olumsuz etkilenmektedir (Rodrigues vd., 2020; Sirini vd., 2023). Bu bağlamda, probiyotik mikroorganizmaları içeren gıdaların üretimi sırasında hücre canlılığının ve bunların konakçıdaki biyoyararlılığının sürdürülmesi önemli bir konudur. Probiyotik mikroorganizmaların konakçıda canlılığını sürdürebilmesini sağlamak için son zamanlarda mikroenkapsülasyon, yenilebilir film/kaplama gibi çeşitli yöntemler geliştirilmektedir. Bu yöntemler, biyopolimerik bir malzeme matrisi içinde bu tür mikroorganizmaların hapsedilmesini ve olumsuz çevre koşullarına karşı korunmasını sağladığı için umut verici tekniklerdir (Reque ve Brandelli, 2021). Bu derlemede, fonksiyonel et ürünlerinin üretiminde probiyotik, prebiyotik ve sinbiyotiklerin diğer bileşenlerle veya yöntemlerle potansiyel kullanımına yönelik yeni eğilimler irdelenecektir.

FONKSİYONEL ET ÜRÜNLERİ

Fonksiyonel gıdalar, sentetik bileşen içermeyen, besleyici etkisinin yanında, değişik etkenlerle hastalık oluşma riskini azaltıcı, sağlığı geliştirici özelliklere sahip gıdalar olarak tanımlanmaktadır. Gıdanın fonksiyonel olabilmesi için biyoaktif bileşikler, probiyotik mikroorganizmalar gibi sağlığa yararlı bileşenlere sahip olması ve bu bileşenlerin vücudun ilgili bölgesine yeterli düzeyde gönderilebilmesi gereklidir (Manoj vd., 2023; Velázquez-González vd., 2023).

Fonksiyonel gıdaları tasarlarlarken ana stratejiler “gıdada mevcut bulunan bir bileşeni artırmak, gıdada bulunmayan bir bileşeni ilave etmek, gıdanın zararlı bir bileşenini ortadan kaldırmak, zararlı bir bileşenin yerine sağlığa yararlı bileşen kullanmak, ilave edilen bileşenin veya biyoaktif maddenin biyoyararlılığını arttırmak ve bu stratejilerden bir veya birkaçını kullanmak” olarak ifade edilmiştir (Macho-Gonzalez vd., 2021).

Son yıllarda dünya genelinde tüketiciler tarafından fonksiyonel özellikleri geliştirilmiş et ve et ürünlerine olan talep artmıştır. Fonksiyonel et ürünleri; A, C, E vitaminleri, magnezyum, kalsiyum, potasyum gibi mineraller, diyet lifi, konjuge linoleik asit, probiyotik mikroorganizmalar, prebiyotikler, sinbiyotikler ve antioksidanlar gibi fonksiyonel bileşenlerin ilave edilmesiyle elde edilmektedir (Budak Bağdatlı ve Kundakçı, 2013). Bu fonksiyonel bileşen kaynakları arasında, mikroorganizmalar kullanılarak modern fonksiyonel ürünlerin geliştirilmesine yönelik yapılan çalışmalar son zamanlarda popülerlik kazanmıştır. Bu çalışmalarda, mikroorganizmaların ürettiği metabolitlerin önemli avantajları, daha az enerji gereksinimi, minimum toksik madde üretimi, daha düşük CO₂ emisyonu ve kolay işleme gibi çeşitli faydalar sağlayarak fermantasyona yardımcı olmalarıdır. Farklı tipte fonksiyonel ve probiyotik et ürünleri dünya çapında ticari olarak temin edilebilmektedir (Macho-Gonzalez vd., 2021; Rahman vd., 2017). Probiyotik mikroorganizmalar, prebiyotikler ve sinbiyotikler tarafından zenginleştirilen et ve et ürünleri geleneksel olarak üretilen et ve et ürünlerine kıyasla daha düşük yağ içeriğine sahip olduğu için kronik hastalıkların prevalansını azaltarak halk sağlığını iyileştirebilmektedir (Dong vd., 2023).

PROBİYOTİKLER VE ET ÜRÜNLERİNDE UYGULAMALARI

Probiyotik terimi Yunanca “pros” ve “bios” kelimelerinden türemiş olup bağırsak hijyenini ve sistemini iyileştirerek konakçı canlıda yararlı etkisi olan ve gıda katkısı gibi kullanılan canlı mikroorganizmalar olarak tanımlanmaktadır (Ishikawa vd., 2023). Probiyotikler, intestinal ortamdaki yararlı bakterilerin (*Lactobacillus*,

Bifidobacterium vb.) sayısını arttırarak, patojen bakterilerin (*Clostridium*, *Bacteroides* vb.) sayısını azaltmakta ve mikrobiyotadaki doğal dengenin korunmasına ve yenilenmesine yardımcı olmaktadır (İsmailoğlu ve Öngün-Yılmaz, 2019). Probiyotik olarak en çok kullanılan mikroorganizmalar, *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Enterococcus*, *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Bacillus*, *Pediococcus*, *Saccharomyces*, *Weissella*, *Leuconostoc*, *Propionibacterium* türlerine ait suşlardır (Cosme vd., 2022). Probiyotik bakterilerin biyoterapötik etki gösterebilmesi için konakçının vücuduna alması gereken canlı hücre konsantrasyonunun en az 10⁶ kob/g, kabul edilebilir düzey olarak da 10⁷-10⁸ kob/g arasında olması gerektiği bildirilmektedir (Delikanlı ve Özcan, 2014). Bu bağlamda probiyotik bakterilerin canlılığı hem gıdaların işlenmesi hem de tüketilmesi sırasında korunmalıdır. Probiyotik bakteriler ayrıca kabul edilebilir probiyotik ürün gelişimi için bazı temel gereksinimleri de karşılamalıdır. Bu bakımdan probiyotik bakterilerin nihai üründe canlılığının korunması ve stabiliteilerinin garanti altına alınması gereklidir (Alizadeh vd., 2022).

Fonksiyonel ürünlere olan talep, et endüstrisini sağlık yararını arttırmaya yönelik biyoaktif bileşikler içeren ürünler üretmeye teşvik etmektedir. Bu amaçla, bu ürünlere probiyotiklerin ilave edilmesi besin değerini önemli ölçüde etkilediği için mükemmel bir strateji olarak kabul edilmektedir (Manassi vd., 2022). Probiyotik et ürünleri, uygun probiyotik starter kültürler ile fermente edilerek üretilen fonksiyonel et ürünleri olarak tanımlanmaktadır. Bu işlem sırasında kullanılan teknoloji, starter kültürün özellikleri ile ürüne uygulanan işlemler, et ürününün duyuşal, fiziksel ve mikrobiyolojik özelliklerini de etkilemektedir. Özellikle kürlenmiş ve fermente edilmiş etler ısı işlem görmediği için probiyotik mikroorganizmaların canlılığının korunmasına yardımcı olmaktadır (Özbay Doğu ve Sarıçoban, 2015). Bununla birlikte pH, asitlik, ürün bileşimi, su aktivitesi, katkı maddelerinin (sodyum klorür, nitrit ve nitrat) kullanımı ile ürünün işlenmesi ve depolanması sırasındaki sıcaklık gibi bazı teknolojik faktörler probiyotik hücrelerin canlılığını etkilemektedir (Gu vd., 2022). Et ürünlerinde probiyotik mikroorganizma

kullanımı ile ilgili yapılan çalışmalar Çizelge 1’de özetlenmiştir. Literatürde probiyotik mikroorganizmalar ile ilgili sosis ve kıyım örneklerinde yapılan çalışmalarda genel olarak kullanılan suşların antioksidan ve antimikrobiyal

aktivite göstererek raf ömrünü arttırdığı ve tekstürü iyileştirdiği rapor edilmiştir (Mafra vd., 2021; Nedelcheva vd., 2010; Trabelsi vd., 2019; Yu vd., 2020).

Çizelge 1. Et ürünlerinde probiyotik kullanımı ile ilgili yapılan çalışmalar

Ürün	Probiyotik suş	Sonuç	Kaynak
Fermente sosis	<i>Lactobacillus plantarum</i> NBIMCC 2415	Çalışmada incelenen suş, patojenik mikroorganizmaların gelişimini inhibe etmiş ve peroksit radikallerine karşı antioksidan aktivite göstermiştir.	Nedelcheva vd., 2010
Fermente sosis	<i>Lactobacillus plantarum</i> CD101 <i>Staphylococcus simulans</i> NJ201	Fermentasyon boyunca probiyotik suş içeren sosislerin kontrol grubuna göre daha yüksek proteaz aktivitesi ve antioksidan aktivite gösterdiği tespit edilmiştir.	Yu vd., 2020
Sığır kıyması	<i>Lactobacillus plantarum</i> TN8	Probiyotik suşun, bozulmaya neden olan mikroorganizmaların gelişimini engellediği, lipid oksidasyonunu geciktirdiği, tekstür parametrelerini iyileştirdiği ve raf ömrünü uzattığı tespit edilmiştir.	Trabelsi vd., 2019
Sosis	<i>Lactobacillus sakei</i> <i>Staphylococcus xylosus</i> <i>Staphylococcus carnosus</i>	Starter kültür, test edilen safra tuzlarının tüm konsantrasyonlarına direnç gösterirken düşük pH'a dayanamaması açısından canlılığını koruyamamış ancak test edilen mikroorganizmalara (<i>Escherichia coli</i> , <i>Salmonella enteritidis</i> , <i>Vibrio parahaemolyticus</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> ve <i>Listeria monocytogenes</i>) karşı antimikrobiyal etki göstermiştir.	Mafra vd., 2021
Domuz fileto	<i>Lactobacillus acidophilus</i> Bauer <i>Lactobacillus casei</i> Bif3'/IV	Çalışmada üç haftalık olgunlaştırma süresince, tüm örneklerin genel kabul edilebilirlik puanları istatistiksel olarak benzer bulunmuştur ($p > 0.05$). Ayrıca, 4°C'de 6 aylık depolama boyunca yapılan duysal değerlendirmede kontrol ve <i>L. acidophilus</i> Bauer ile üretilen fermente domuz filetosu örneklerinin genel kabul edilebilirlik puanları diğer gruplara göre daha yüksek bulunmuştur	Jaworska vd., 2011
Fermente sosis	<i>Lactobacillus acidophilus</i> <i>Bifidobacterium lactis</i>	Duyusal değerlendirme sonucunda tüm örneklerin görünüş, lezzet ve genel kabul edilebilirlik değerleri istatistiksel olarak benzer bulunurken ($p > 0.05$), <i>B. lactis</i> içeren örneklerin tekstür değerleri diğer gruplara göre daha düşük bulunmuştur ($p < 0.05$).	Ruiz vd., 2014
Fermente sosis	<i>Enterococcus faecium</i> CRL 183	Çalışmada, in vitro koşullar altında yapılan analizlerde probiyotik sosis tüketiminin <i>Lactobacillus</i> spp., <i>Bacteroides</i> spp. ve <i>Enterobacteriaceae</i> sayılarında azalmaya ve amonyum iyonlarında artışa neden olduğu gözlemlenmiştir.	Roselina vd., 2020
Sucuk	23 adet probiyotik <i>Lactobacillus plantarum</i> suşu	<i>L. plantarum</i> AB20-961 suşunun diğer gruplarla karşılaştırıldığında fermentasyonun ilk 24 saati boyunca sucukta daha yüksek miktarda konjuge linoleik asit ürettiği tespit edilmiştir.	Özer vd., 2016
Salam	<i>Lactobacillus curvatus</i> MBSa2 suşu	Depolama boyunca enkapsüle <i>L. curvatus</i> MBSa2 içeren örneklerde bakterilerin canlılığının korunduğu saptanmıştır.	Barbosa vd., 2015
Fermente sosis	<i>L. plantarum</i>	Aljinat ile enkapsüle edilmiş probiyotiklerin ürünün olgunlaşması ve depolanması sırasında daha yüksek sayıda canlılık gösterdiği saptanmıştır.	Cavalheiro vd., 2019

Et hamuru	<i>Lactiplantibacillus plantarum</i> BFL	Çalışmada, kurutma aşamasında <i>L. plantarum</i> BFL suşunu mikroenkapsüle veya serbest şekilde içeren fermente sosislerde bakteri canlılığı istatistiksel olarak benzer bulunmuştur ($p>0.05$).	Sirini vd., 2023
Sosis	<i>Lactobacillus plantarum</i>	Çalışmada kalsiyum aljinat ile enkapsüle edilmiş <i>Lactobacillus plantarum</i> suşunu içeren sosislerde depolama boyunca kontrol grubuna göre lipid oksidasyonunun daha düşük ve probiyotik aktivitenin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.	Cavalheiro vd., 2020
Salam	<i>Lactobacillus plantarum</i>	Mikroenkapsüle <i>Lactobacillus plantarum</i> suşunu içeren salamlarda bakteri canlılığının korunduğu ve duyuşal kalitenin olumsuz etkilenmediği rapor edilmiştir.	Vasconcelos vd., 2021

Probiyotik suşlar ilave edildiği gıdaya fonksiyonellik kazandırırken aynı zamanda sağlığa yararlı metabolitler de üretebilmektedir (Özer vd., 2016; Roselina vd., 2020). Fonksiyonel olarak geliştirilen probiyotik et ürünlerinin duyuşal kalitesi işleme ve depolama sırasında farklı metabolitlerin (organik asitler gibi) üretilmesi nedeniyle olumlu yönde gelişebilmekte veya olumsuz etkilenmektedir. Bu amaçla duyuşal kabul edilebilirlik, birçok gıdada probiyotik kullanımının önündeki diğer önemli bir engeldir (Manassi vd., 2022). Yapılan bazı literatür çalışmalarında *Lactobacillus acidophilus* Bauer suşu ilave edilen domuz filetolarının ve *Bifidobacterium lactis* suşu ilave edilen fermente sosislerin kabul edilebilir duyuşal özellikler gösterdiği tespit edilmiştir (Jaworska vd., 2011; Ruiz vd., 2014).

Probiyotik gıda üretimini kısıtlayan en önemli etkenlerden biri de kullanılan mikroorganizmaların stabilitesini, yani canlılığını koruyamamasıdır. Son yıllarda yapılan bazı araştırmalarda mikroenkapsülasyon tekniğinin, probiyotiklerin teknolojik özelliklerinin artırılmasına yönelik önemli bir potansiyele sahip olduğu bildirilmiştir (Xie vd., 2023). Mikroenkapsülasyon, mikroorganizmaların olumsuz çevre koşullarından ayrıştırılması amacıyla hidrokolloidal kaplamaların içerisinde hapsedildiği bir yöntemdir. Bu yöntem ile mikroorganizmaların koruyucu polimer membran veya matris içinde tutulup canlılığının korunması sağlanmaktadır. Mikroenkapsülasyon teknolojisi, probiyotik mikroorganizmaları et ürünü işleme sırasında normalde canlılığını sürdürmeyeceği olumsuz ortam koşullarından korumak amacıyla kullanılmaktadır (Rouhi vd., 2013). Enkapsüle edilmiş probiyotik suşlar içeren sosis ve salam

örneklerinde yapılan bazı çalışmalar bakteri canlılığının daha uzun süre korunduğunu göstermiştir (Cavalheiro vd., 2019; Cavalheiro vd., 2020; Vasconcelos vd., 2021).

PREBİYOTİKLER VE ET ÜRÜNLERİNDE UYGULAMALARI

Probiyotikler, bağırsaktaki yararlı mikroorganizmaların çoğalmasını ve seçici olarak aktivasyonunu sağlayarak konakçının sağlığını geliştiren oligosakkarit yapısında sindirilemeyen gıda bileşenleri olarak tanımlanmaktadır. Probiyotikler, probiyotiklerin yerine veya probiyotiklerin insan sağlığını iyileştirmesine yardımcı olmak amacıyla kullanılmaktadır (Manzoor vd., 2022). Probiyotikler; bağırsak hareketlerini düzenlemekte, kalsiyum ve magnezyum gibi minerallerin emilimini ve biyoyararlılığını arttırmakta ve patojen mikroorganizmaların çoğalmasını önleyebilmektedir (Özünü vd., 2019). Bir bileşiğin prebiyotik olarak kabul edilebilmesi için belirli gereksinimleri karşılaması gerekmektedir. Bu gereksinimler; gastrik asitlere ve konakçı enzimlere karşı direnç göstermesi, kalın bağırsak mikrobiyotası tarafından seçici olarak fermente edilmesi ve mikrobiyota üzerinde seçici bir etkiye sahip olması ve böylece konakçı üzerinde sağlığı geliştirici etkilere yol açması olarak ifade edilmektedir (Saez-Orviz vd., 2023).

Probiyotik bileşenler, daha çok karbonhidrat grubunda yer alan ve genellikle çözünür lif işlevi gören oligosakkarit veya polisakkaritlerdir (Özünü vd., 2019). Pankreas enzimlerine ve mide asidine karşı direncinden dolayı prebiyotik olarak inulin, fruktooligosakkarit ve galaktooligosakkarit yaygın olarak kullanılmaktadır. İnsanların sindirim

sisteminde prebiyotiği parçalayan sindirim enzimleri bulunmadığı ve bu bileşiklerin tamamı sindirilemediği için prebiyotik bileşenler emilimle kana karışmamaktadır. Fakat, bağırsakta probiyotik bakterilerin yardımıyla fermentasyona uğradıktan sonra enerji vermekte ve bu kompleks karbonhidratlar kolonda metabolize edilip kısa zincirli yağ asitleri üretmektedir. Prebiyotikler ayrıca obezite, diyabet gibi çeşitli metabolik rahatsızlıkların önlenmesinde ve tedavisinde son yıllarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Chavan vd., 2023).

Son zamanlarda, özellikle bazı bileşiklerin mikroorganizmalar üzerindeki etkisinin ve bağırsaktaki kolonizasyonlarının araştırılmasına imkan sağlayan yeni yöntemlerin gelişmesiyle çeşitli prebiyotik türler elde edilmektedir. Bu amaçla, çoklu doymamış yağ asitleri, konjuge linoleik asit, mannan, oligosakkaritler ve ksilooligosakkarit gibi bileşiklerin prebiyotik özellik gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca, izomaltooligosakkaritler, polioller (mannitol, laktitol ve ksilitol), dirençli nişasta ve nişasta olmayan polisakkaritler (pektinler, β -glukanlar, lignin) de dahil olmak üzere diğer karbonhidrat bileşikleri prebiyotik etkileri açısından değerlendirilmiştir. Çalışmalarda, ayrıca mikroalglerin, meyve ve tahıl yan ürünlerinin ve tohumlarının prebiyotik özellikleri değerlendirilmiş ve bu bileşiklerin potansiyel prebiyotik özellik gösterdiği ifade edilmiştir (Pimentel vd., 2022).

Prebiyotikler, gıdaların teknolojik özelliklerini iyileştirmek veya sağlık potansiyellerini artırmak amacıyla içecekler, unlu mamuller, et ve süt ürünleri gibi çeşitli gıda formülasyonlarında

kullanılmaktadır. Prebiyotikler diyet lifi olarak kullanıldığı için daha dengeli gıda bileşimi sağlamakta ve gıdaların tazelik gibi duyuşsal özelliklerini geliştirmektedir. Ayrıca prebiyotikler, jel oluşturma yetenekleri ile gıdalarda tekstürel ve duyuşsal özelliklerin geliştirilmesini sağlamakta ve yeniden formüle edilmiş düşük yağlı ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır (Hurtado-Romero vd., 2020). Prebiyotikler içerisinde özellikle fruktan ve inulin kullanılarak fonksiyonel yeni et ürünleri geliştirilmektedir. Et ürünleri üretiminde fruktan ve inulin sağlığa faydalı gıdalar elde etmek için fonksiyonel bileşen olarak kullanımlarının yanı sıra esas olarak yağ ikame maddesi olarak kullanılmaktadır. Bu amaçla güncel çalışmalarda et ürünlerinde hayvansal yağın değiştirilmesi veya azaltılması amacıyla inulin ile interesterifikasyon ve organojelasyon teknikleriyle yapılandırılmış jel emülsiyonların kullanımı dikkat çekmektedir. Ayrıca, et ürünlerinde yağ ikame maddesi olarak prebiyotik liflerin kullanımının ürün stabilitesi ve duyuşsal özellikleri geliştirilmesi sebebiyle de iyi bir strateji olduğu ifade edilmektedir (Correa vd., 2024). Bununla birlikte, prebiyotiklerin fonksiyonel gıda bileşenleri olarak görev yapabilmeleri için ürünün organoleptik özelliklerini olumsuz etkilememesi ve ısı, düşük pH ve Maillard reaksiyonu oluşumu gibi işlem koşullarına karşı kimyasal olarak kararlı olmaları gerekmektedir (Manassi vd., 2022). Et ürünlerinde prebiyotik kullanımı ile ilgili yapılan çalışmalar Çizelge 2'de verilmiştir. Çalışmalarda prebiyotiklerin et ürünlerinde genel olarak doymuş yağ asidi içeriğini ve pişme kaybını azalttığı, tekli ve çoklu doymamış yağ asidi içeriğini ve emülsiyon stabilitesini artırdığı ve tekstürü iyileştirdiği tespit edilmiştir.

Çizelge 2. Et ürünlerinde prebiyotik kullanımı ile ilgili yapılan çalışmalar

Ürün	Prebiyotik	Sonuç	Kaynak
Bologna sosisi	Çiya unu ve/veya soya proteini izolatu, inülin, karragenan, sodyum kazeinat ve sodyum tripolifosfat ile hazırlanan jel emülsiyonu	%14 oranında jel emülsiyonu içeren sosislerin diğer gruplara göre omega 3 yağ asidi içeriğinin daha yüksek oranda arttığı ve doymuş yağ oranının %41'e kadar azaldığı belirlenmiştir.	Paglarini vd., 2019
Sosis	İnülin, fruktooligosakkarit, polidekstroz ve dirençli nişasta	Mikroskopik incelemeler sonucunda prebiyotik lif içeren formülasyonlarda kontrol grubuna göre daha gözenekli ve kırılğan bir yapı elde edildiği tespit edilmiştir.	Felisberto vd., 2015

Fonksiyonel et ürünleri üretiminde yeni eğilimler

Emülsifiye et ürünü	İnülin, polidekstroz, α -siklodekstrin ve bambu ile stabilize edilmiş kanola yağı jel emülsiyonu	Bambu lifi içeren jel emülsiyonlarının, örneklerde emülsiyon stabilitesi ve tekstürü geliştirdiği bulunmuştur.	Santos vd., 2020
Sığır burgerleri	Alg (Al) ve/veya buğday tohumu yağı emülsiyonu	Buğday tohumu yağı emülsiyonu ile yeniden formüle edilen burgerlerin doymuş yağ asidi (SFA) ve tekli doymamış yağ asidi (MUFA) içerikleri azalmış ve linoleik asit miktarları artmıştır. Alg yağı emülsiyonu ile yeniden formüle edilen burgerlerde ise omega-3 ve dokosahekzenoik yağ asidi (DHA) miktarlarının arttığı gözlenmiştir.	Barros vd., 2021
Bologna sosisi	Çiya müsilağı ve zeytinyağı içeren jel emülsiyonu	Çalışmada jel emülsiyonu kullanımıyla Bologna sosislerinin duyu kalitesi kontrol grubu ile benzer sonuçlar almış ($p>0.05$) ayrıca domuz sırt yağı kullanımı tamamen elimine edilerek fosfat kullanımı %50 oranında azaltılmıştır.	Câmara vd., 2021
Burger	Ananas yan ürünü (kabuk, prina) kanola yağı	Yağ ikame maddesi olarak ananas yan ürünlerinin kullanımı ürünün pişirme özelliklerini iyileştirmede etkili olmuş ve düşük yağlı burgerlerin verimini ve görünümünü olumlu yönde etkilemiştir.	Selani vd., 2016
Frankfurter	Zeytinyağı, çiya ve soğuk jelleştirici maddeler (transglutaminaz, aljinat veya jelatin)	Çiya jel emülsiyonlarının frankfurter sosislerine ilave edilmesiyle doymuş yağ asidi (SFA) miktarının azaldığı, tekli doymamış yağ asidi (MUFA) ve çoklu doymamış yağ asidi (n-3 PUFA) miktarlarının arttığı ve beslenme önerileri doğrultusunda yağ içeriğini önemli ölçüde iyileştirdiği belirlenmiştir ($p<0.05$).	Pintado vd., 2015
Fermente sosis	Beta-glukan	Çalışmada fermente sosislere β -glukan ilavesinin tiyobarbitürik asit reaktif madde (TBARS) değerlerini kontrol gruplarına kıyasla azalttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca sosis formülasyonunda yüksek miktarda β -glukan kullanımının sertlik değerlerinde artışa neden olduğu bildirilmiştir.	Yuca vd., 2019
Sosis	Acı bakla unu	Çalışmada, acı bakla ununun ilavesiyle emülsiyon stabilitesinin arttığı ve pişirme kaybının azaldığı belirlenmiştir. Ayrıca acı bakla unu içeren formülasyonların tekstürel özellikleri iyileştirdiği bildirilmiştir.	Leonard vd., 2019
Fermente sosis	Pirinç kepeği lifi, buğday lifi	Çalışmada, diyet lifi içeren fermente sosislerin laktik asit bakteri sayısı, toplam uçucu azot ve 2-tiyobarbitürik asit reaktif madde değerleri kontrole göre daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca, fermente sosislere diyet lifi ilavesinin laktik asit bakterilerinin gelişimini ve fermentasyonunu desteklediği belirlenmiştir.	Jung vd., 2018

SİNBIYOTİKLER VE ET ÜRÜNLERİNDE UYGULAMALARI

Sinbiyotikler, bir konakçı içinde sinerjistik olarak hareket eden probiyotik bakterilerin gelişimini destekleyen hem probiyotik hem de prebiyotik içeren besin katkı maddeleri olarak tanımlanmaktadır. Sinbiyotikler, bir probiyotik ve bir prebiyotik kombinasyonu olup tek başına kullanılan probiyotik veya prebiyotiklerden daha

güçlü sağlık etkileri göstermektedir (Cason vd., 2023).

Fonksiyonel et ve et ürünleri geliştirmek amacıyla probiyotik ve prebiyotik karışımları olan sinbiyotiklerin kullanımı son yıllarda dikkat çekmektedir. Et ve et ürünlerinde yapılan çalışmalarda sinbiyotiklere örnek olarak *Lactobacillus plantarum*-ginseng tozu, *Lactobacillus paracasei*-laktuloz, *Bifidobacterium animalis* subsp.

lactis (BB-12)-inülin probiyotik-prebiyotiklerinin birlikte kullanımı verilebilir (Zhuang vd., 2022; Coelho vd., 2019; Campos vd., 2022). Sinbiyotikler, bazı karaciğer hastalıklarının tedavisinde yardımcı rol oynamakta, tip 2 diyabet, kalp-damar hastalıkları ve kanser türlerinin riskini azaltmakta, tümör gelişimini ve iltihaplanmayı engellemekte ve bağırsak mikrobiyotasını iyileştirerek kilo vermede fayda sağlamaktadır (Cruz vd., 2022; Erginkaya ve Konuray-Altun, 2022). Fareler üzerinde yapılan bir çalışmada sinbiyotik preparatın, ayrı ayrı probiyotik veya prebiyotik uygulamasına göre preneoplastik

lezyonları ve kolon tümörlerini önlemede daha etkili olduğu bildirilmiştir (Klinder vd., 2004).

Et ürünlerinde kullanılan sinbiyotiklerle ilgili çalışmalar Çizelge 3'de yer almaktadır. Et ürünlerinde sinbiyotiklerin kullanımıyla ilgili çalışmaların çoğu, ürünün mikrobiyolojik güvenliği, fizikokimyasal ve duyuşsal özellikleri ile ilgilidir. Çalışmalarda sinbiyotiklerin et ürünlerinde genel olarak bozulma yapan mikroorganizmaların gelişimini engellediği, kalıntı nitrit miktarını azalttığı, lipit ve protein oksidasyonunu geciktirdiği rapor edilmiştir.

Çizelge 3. Et ürünlerinde sinbiyotik kullanımı ile ilgili yapılan çalışmalar

Ürün	Probiyotik	Prebiyotik	Sonuç	Kaynak
Sosis	Starter kültür: <i>Lactobacillus plantarum</i> <i>Lactobacillus rhamnosus</i> (Lp-Lr)	Ginseng tozu	Ginseng tozu ve Lp-Lr kombinasyonunun laktik asit bakterilerinin gelişimini iyileştirdiği ve depolama boyunca (4°C, 30 gün) sosilerde zararlı bakterilerin (<i>Acinetobacter</i> , <i>Halovibrio</i> , <i>Alkalibacillus</i>) gelişimini engellediği saptanmıştır.	Zhuang vd., 2022
Sosis	<i>Lactobacillus plantarum</i>	Kestane unu	Kestane unu ve probiyotik suş kullanımıyla örneklerin lezzeti olumsuz etkilenmezken laktik asit bakteri sayılarının arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca, kestane unu örneklerde pH düşüşü ve kalıntı nitrit değerleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olmuştur (p<0.05).	Sirini vd., 2020
Kuru fermente sucuk	<i>Lactobacillus paracasei</i>	Laktuloz	Çalışmada, tek olarak probiyotik içeren sosis örneklerinde diğer gruplara göre daha düşük kalıntı nitrit değerleri gözlemlenirken, tüm grupların duyuşsal özellikleri ve laktik asit bakteri sayısı benzer bulunmuştur (p>0.05).	Coelho vd., 2019
Sosis	<i>Lactobacillus plantarum</i> TN8	Arpadan elde edilen beta-glukan konsantresi	Yeniden formüle edilmiş sosilerin %0.1 gibi çok düşük oranda nitrit içerdiği kombinasyonlarda probiyotik suşun mikrobiyal yükü 4°C'de 10 güne kadar azalttığı bulunmuştur.	Slima vd., 2020
Sosis	<i>Enterococcus faecium</i> UAM1, <i>Pediococcus pentosaceus</i> UAM2	Kaktüs meyvesi kabuğu unu, elma posası unu	Çalışmada, mikroenkapsülasyon uygulamasıyla, bakterilerin ısıya dayanıklı hale gelmesi sağlanmış ve daha yüksek laktik asit bakteri popülasyonu elde edilmiştir. Ayrıca, mikroenkapsülasyon uygulamasına tarımsal yan ürünler ilave edilmesiyle depolama boyunca (4°C'de 30 gün) örneklerin lipit oksidasyonunun geciktirildiği belirlenmiştir.	Barragan vd., 2019
Kuru coppa	<i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i> (BB-12)	İnülin	Çalışmada, serbest şekilde BB-12 suşu ve inülin içeren grupların diğer mikroenkapsülasyon uygulanmış gruplara göre daha düşük lipit ve protein oksidasyon seviyeleri gösterdiği ve duyuşsal değerlendirmede panelistler tarafından diğer gruplara göre daha çok beğenildiği belirlenmiştir.	Campos vd., 2022

Sosis	Maya, laktik asit bakterisi	Yaban mersini	Maya ve laktik asit bakterisi ile fermente edilen yaban mersini içeren tüm sosislerin depolama boyunca lipid ve protein oksidasyonunu önemli ölçüde geciktirdiği belirlenmiştir ($p<0.05$).	Zhou vd., 2020
Sosis	<i>Lactobacillus casei</i> LC 01	İnülin, bezelye lifi	Probiyotik bakteri <i>L. casei</i> suşunun tüm gruplarda başarılı bir şekilde gelişim gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca prebiyotik inülin kreması ve <i>L. casei</i> suşu içeren sosislerde mikrokok sayısının kontrole göre önemli ölçüde daha düşük olduğu belirtilmiştir ($p<0.05$).	Vasilev vd., 2016
Sosis	<i>Lactobacillus acidophilus</i> DSM 20079, <i>Lactocaseibacillus casei</i> 431 ve <i>Lactobacillus acidophilus</i> NCFM	Yulaf kepeği	Çalışmada sosis formülasyonuna yulaf kepeği ve probiyotik bakteri ilavesinin örneklerin tiyobarbitürik asit (TBARS) sayısını arttırdığı bulunmuştur. Ayrıca %5 yulaf kepeği ve <i>L. acidophilus</i> suşu içeren sosislerde maya ve küf sayısının diğer gruplara göre daha düşük olduğu belirlenmiştir.	Kozan ve Sarıçoban, 2021
Salam	<i>Lactobacillus rhamnosus</i>	Turunçgil lifi arabinogalaktan, inülin, bitkisel ekstrakt (limon otu, biberiye	Tek başına narenciye lifi veya bitki ekstraktıyla birlikte narenciye lifi içeren salamlarda diğer gruplara göre daha yüksek antioksidan kapasite ve kısa zincirli yağ asidi miktarı elde edilmiştir. Ayrıca salam formülasyonuna lif ilave edilmesi bağırsak mikrobiyota yapısının olumlu şekilde değişmesine sebep olmuştur.	Pérez-Burillo vd., 2019

Probiyotiklerin sinbiyotiklerdeki canlılığı, nem, basınç, oksijen ve yüzey aktif madde seviyeleri gibi dış ortam ve pH, sıcaklık gibi iç ortam faktörlerinden etkilenmektedir. Probiyotikler, destekleyici herhangi bir canlılık koruma yöntemi olmadan doğrudan kullanıldıklarında alımdan önce veya sonra canlılığını koruyamayarak faydalı fizyolojik aktivitelerini gerçekleştirme yeteneklerini kaybedebilmektedir. Bu amaçla, etken maddelerin taşıyıcısı olarak görev yapmak üzere toksik olmayan ve güvenli gıda bileşenlerinin veya biyo-esaslı malzemelerin kullanımına dayalı pek çok çalışma bulunmaktadır (Barragan vd., 2019; Cavalheiro vd., 2020; Campos vd., 2022).

SONUÇ

Son yıllarda tüketicilerin sağlık ve beslenme odaklı taleplerini karşılamak amacıyla fizyolojik işlevlere sahip et ve et ürünlerinin geliştirilmesine büyük önem verilmektedir. Bu derlemede, et ürünlerinin fonksiyonelliğini arttırmak amacıyla ilave edilen probiyotikler, prebiyotikler ve sinbiyotiklerin ürün kalitesine etkisi irdelenmiştir. Araştırma sonuçları, probiyotik mikroorganizmalar, prebiyotikler ve

sinbiyotiklerin kullanımının et ürünlerinde patojenlerin gelişimini önlemek veya azaltmak, raf ömrünü arttırmak ve tüketici sağlığını iyileştirmek için yararlı ve etkili bir strateji olabileceğini göstermektedir. Ancak, yeni fonksiyonel et ürünlerinin insan sağlığı üzerindeki etkileri konusunda tartışmalı görüşler olduğu için bu ürünlerin geliştirilmesi ve pazarlanmasında hala bazı engeller bulunmaktadır. Bu nedenle bu derlemede irdelenen fonksiyonel bileşenlerin insan sağlığına olan faydalarının net olarak ortaya konulabilmesi için ileri çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar, bu derleme makalesiyle ilgili olarak başka kişiler ve/veya kurumlar arasında çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

YAZAR KATKILARI

Makalenin derlenmesinde, yazılmasında ve yayınlanmasında tüm yazarlar katkı sağlamışlardır.

KAYNAKLAR

- Alizadeh, A.M., Hosseini, H., Meybodi, N.M., Hashempour-Baltork, F., Alizadeh-Sani, M., Tajdar-oranj, B., Pirhadi, M., Khaneghah, A.M. (2020). Mitigation of potentially toxic elements in food products by probiotic bacteria: A comprehensive review. *Food Research International*, 152: 110324, doi: 10.1016/j.foodres.2021.110324.
- Barbosa, M.S., Todorov, S.D., Jurkiewicz, C.H., Franco, B.D.G.M. (2015). Bacteriocin production by *Lactobacillus curvatus* MBSa2 entrapped in calcium alginate during ripening of salami for control of *Listeria monocytogenes*. *Food Control*, 47: 147-153, doi: 10.1016/j.foodcont.2014.07.005.
- Barragán-Martínez, L.P., Totosaus, A., de Lourdes Pérez-Chabela, M. (2019). Probiotication of cooked sausages employing agroindustrial coproducts as prebiotic co-encapsulant in ionotropic alginate–pectin gels. *International Journal of Food Science and Technology*, 55(3): 1088-1096, doi:10.1111/ijfs.14259.
- Barros, J.C., Munekata, P.E.S., de Carvalho, F.A.L., Domínguez, R., Trindade, M.A., Pateiro, M., Lorenzo, J.M. (2021). Healthy beef burgers: Effect of animal fat replacement by algal and wheat germ oil emulsions. *Meat Science*, 173: 108396, doi: 10.1016/j.meatsci.2020.108396.
- Bis-Souza, C.V., Penna, A.L.B., da Silva Barretto, A.C. (2020). Applicability of potentially probiotic *Lactobacillus casei* in low-fat Italian type salami with added fructooligosaccharides: in vitro screening and technological evaluation. *Meat Science*, 168: 108186, doi: 10.1016/j.meatsci.2020.108186.
- Budak Bağdatlı, A., Kundakçı, A. (2013). Fermente et ürünlerinde probiyotik mikroorganizmaların kullanımı. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9(1): 31-37.
- Câmara, A.K.F.I., Ozaki, M.M., Santos, M., Vidal, V.A.S., Ribeiro, W.O., Paglarini, C.S., Bernardinelli, O.D., Sabadini, E., Pollonio, M.A.R. (2021). Olive oil-based emulsion gels containing chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage delivering healthy claims to low-saturated fat Bologna sausages. *Food Structure*, 28: 100187, doi: 10.1016/j.foostr.2021.100187.
- Campos, T.A.F., de Marins, A.R., da Silva, N.M., Matiucci, M.A., dos Santos, I.C., Alcalde, C.R., de Souza, M.L.R., Gomes, R.G., Feihmann, A.C. (2022). Effect of the addition of the probiotic *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* (BB-12) in free and microencapsulated form and the prebiotic inulin to synbiotic dry coppa. *Food Research International*, 158: 111544, doi: 10.1016/j.foodres.2022.111544.
- Candan, T., Bağdatlı, A. (2018). Et teknolojisinde alternatif ısıtma yöntemleri. *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5(2): 656-670, doi: 10.31202/ecjse.403806.
- Cason, E.E., Al Hakeem, W.G., Adams, D., Shanmugasundaram, R., Selvaraj, R. (2023). Effects of synbiotic supplementation as an antibiotic growth promoter replacement on cecal *Campylobacter jejuni* load in broilers challenged with *C. jejuni*. *Journal of Applied Poultry Research*, 32(2): 100315, doi: 10.1016/j.japr.2022.100315.
- Cavalheiro, C.P., Ruiz-Capillas, C., Herrero, A.M., Jiménez-Colmenero, F., Pintado, T., de Menezes, C.R., Fries, L.L.M. (2019). Effect of different strategies of *Lactobacillus plantarum* incorporation in chorizo sausages. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99: 6706–6712, doi: 10.1002/jsfa.9952.
- Cavalheiro, C.P., Ruiz-Capillas, C., Herrero, A.M., Jimenez-Colmenero, F., Pintado, T., de Menezes, C.R. (2020). Effect of encapsulated *Lactobacillus plantarum* as probiotic on dry-sausages during chilled storage. *International Journal of Food Science and Technology*, 55: 3613–21, doi: 10.1111/ijfs.14695.
- Chavan, A.R., Singh, A.K., Gupta, R.K., Nakhate, S.P., Poddar, B.J., Gujar, V.V., Purohit, H.J., Khardenavis, A.A. (2023). Recent trends in the biotechnology of functional non-digestible oligosaccharides with prebiotic potential. *Biotechnology and Genetic Engineering Reviews*, 1-46, doi: 10.1080/02648725.2022.2152627.
- Coelho, S.R., Lima, Í.A., Martins, M.L., Benevenuto, J., Augusto, A., de Almeida Torres Filho, R., de Lemos Souza Ramos, A., Ramos, E.M. (2019). Application of *Lactobacillus paracasei* LPC02 and lactulose as a potential synbiotic

- system in the manufacture of dry-fermented sausage. *LWT - Food Science and Technology*, 102: 254-259, doi: 10.1016/j.lwt.2018.12.045.
- Correa, A.C., Lopes, M.S., Perna, R.F., Silva, E.K. (2024). Fructan-type prebiotic dietary fibers: Clinical studies reporting health impacts and recent advances in their technological application in bakery, dairy, meat products and beverages. *Carbohydrate Polymers*, 323: 121396, doi: 10.1016/j.carbpol.2023.121396.
- Cosme, F., Inês, A., Vilela, A. (2022). Consumer's acceptability and health consciousness of probiotic and prebiotic of non-dairy products. *Food Research International*, 151: 110842, doi: 10.1016/j.foodres.2021.110842.
- Cruz, B.C.S., Duarte, V.S., Dias, R.S., Bernardes, A.L., de Paula, S.O., Ferreira, C.L.L.F., Peluzio, M.C.G. (2022). Synbiotic modulates intestinal microbiota metabolic pathways and inhibits DMH-induced colon tumorigenesis through c-myc and PCNA suppression. *Food Research International*, 158: 111379, doi: 10.1016/j.foodres.2022.111379.
- Delikanlı, B., Özcan, T. (2014). Probiyotik içeren yenilebilir filmler ve kaplamalar. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(2): 59-70.
- Dong, S., Li, L., Hao, F., Fang, Z., Zhong, R., Wu, J., Fang, X. (2023). Improving quality of poultry and its meat products with probiotics, prebiotics, and phytoextracts. *Poultry Science*, 22: 103287, doi: 10.1016/j.psj.2023.103287.
- Erginkaya, Z., Konuray-Altun, G. (2022). Potential biotherapeutic properties of lactic acid bacteria in foods. *Food Bioscience*, 46: 101544, doi: 10.1016/j.fbio.2022.101544.
- Felisberto, M.H.F., Galvão, M.T.E.L., Picone, C.S.F., Cunha, R.L., Pollonio, M.A.R. (2015). Effect of prebiotic ingredients on the rheological properties and microstructure of reduced-sodium and low-fat meat emulsions. *LWT - Food Science and Technology*, 60: 148-155, doi: 10.1016/j.lwt.2014.08.004.
- Gu, Q., Yin, Y., Yan, X., Liu, X., Liu, F., McClements, D.J. (2022). Encapsulation of multiple probiotics, synbiotics, or nutrabiobiotics for improved health effects: A review. *Advances in Colloid and Interface Science*, 309: 102781, doi: 10.1016/j.cis.2022.102781.
- Özünü, O., Ergezer, H., Gökçe, R. (2019). Sağlıklı et ürünleri geliştirme stratejileri. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilim Dergisi*, 25(7): 839-845.
- Hurtado-Romero, A., Toro-Barbosa, M.D., Garcia-Amezquita, L.E., García-Cayuela, T. (2020). Innovative technologies for the production of food ingredients with prebiotic potential: Modifications, applications, and validation methods. *Trends in Food Science & Technology*, 104: 117-131, doi: 10.1016/j.tifs.2020.08.007.
- Illippangama, A.U., Jayasena, D.D., Jo, C., Mudannayake, D.C. (2022). Inulin as a functional ingredient and their applications in meat products. *Carbohydrate Polymers*, 275: 118706, doi: 10.1016/j.carbpol.2021.118706.
- Ishikawa, K., Hasegawa, R., Shibutani, K., Mikami, Y., Kawai, F., Matsuo, T., Uehara, Y., Mori, N. (2023). Probiotic-related *Clostridium butyricum* bacteremia: A case report and literature review. *Anaerobe*, 83: 102770, doi: 10.1016/j.anaerobe.2023.102770.
- İsmailoğlu Ö., Öngün-Yılmaz, H. (2019). Probiyotik kullanımının bağırsak mikrobiyotası üzerine etkisi. *Sağlık Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi* 1(1): 38-56.
- Jaworska, D., Neffe, K., Kolozyn-Krajewska, D., Dolatowski, Z. (2011). Survival during storage and sensory effect of potential probiotic lactic acid bacteria *Lactobacillus acidophilus* Bauer and *Lactobacillus casei* Bif3'/IV in dry fermented pork loins. *International Journal of Food Science and Technology*, 46: 2491-2497, doi:10.1111/j.1365-2621.2011.02772.x.
- Jung, J.T., Lee, J., Choi, Y.S., Lee, J.H., Choi, J.S., Choi, Y.I. (2018). Effect of rice bran and wheat fibers on microbiological and physicochemical properties of fermented sausages during ripening and storage. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 38(2): 302-314, doi:10.5851/kosfa.2018.38.2.302.

- Klinder, A., Forster, A., Caderni, G., Femia, A.P., Pool-Zobel, B.L. (2004). Fecal water genotoxicity is predictive of tumor preventive activities by inulin-like oligofructoses, probiotics (*Lactobacillus rhamnosus* and *Bifidobacterium lactis*), and their synbiotic combination. *Nutrition and Cancer*, 49(2): 144-155, doi: 10.1207/s15327914nc4902_5.
- Kozan, H.İ., Sarıçoban, C. (2023). Effect of oat bran addition on the survival of selected probiotic strains in Turkish fermented sausage during cold storage. *Food Bioscience*, 54: 102820, doi: 10.1016/j.fbio.2023.102820.
- Leonard, W., Hutchings, S.C., Warner, R.D., Fang, Z. (2019). Effects of incorporating roasted lupin (*Lupinus angustifolius*) flour on the physicochemical and sensory attributes of beef sausage. *International Journal of Food Science and Technology*, 54(5): 1849–1857, doi: 10.1111/ijfs.14088.
- Macho-González, A., Bastida, S., Garcimartín, A., López-Oliva, M.E., González, P., Benedí, J., González-Muñoz, M.J., Sánchez-Muniz, F.J. (2021) Functional Meat Products as Oxidative Stress Modulators: A Review. *Advances in Nutrition*, 12: 1514–1539, doi: 10.1093/advances/nmaa182.
- Mafra, J.F., Cruz, A.I.C., de Santana, T.S., Ferreira, M.A., Araújo, F.M., Evangelista-Barreto, N.S. (2021). Probiotic characterization of a commercial starter culture used in the fermentation of sausages. *Food Science and Technology*, 41(1): 240-246, doi: 10.1590/fst.12120.
- Manassi, C.F., de Souza, S.S., Hassemmer, G.S., Sartor, S., Lima, C.M.G., Miotto, M., Lindner, J.D., Rezzadori, K., Pimentel, T.C., Ramos, G.L.P.A., Esmerino, E., Duarte, M.C.K.H., Marsico, E.T., Verruck, S. (2022). Functional meat products: Trends in pro-, pre-, syn-, para- and post-biotic use. *Food Research International*, 154: 111035, doi: 10.1016/j.foodres.2022.111035.
- Manoj, P.M., Mohan, J.R., Khasherao, B.Y., Shams, R., Dash, K.K. (2023). Fruit based probiotic functional beverages: A review. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14: 100729, doi: 10.1016/j.jafr.2023.100729.
- Manzoor, S., Wani, S.M., Mir, S.A., Rizwan, D. (2022). Role of probiotics and prebiotics in mitigation of different diseases. *Nutrition*, 96: 111602, doi: 10.1016/j.nut.2022.111602.
- Nedelcheva, P., Denkova, Z., Denev, P., Slavchev, A., Krastanov, A. (2010) Probiotic strain *Lactobacillus plantarum* NBIMCC 2415 with antioxidant activity as a starter culture in the production of dried fermented meat products. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 24(1): 1624-1630, doi: 10.2478/V10133-010-0016-4.
- Özbay Doğu, S., Sarıçoban, C. (2015). Probiyotik et ürünleri ve beslenme. *Türk Tarım–Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3(4): 183-189, doi: 20.500.12451/1310.
- Özer, C.O., Kılıç, B., Başyigit-Kılıç, G. (2016). In-vitro microbial production of conjugated linoleic acid by probiotic *L. plantarum* strains: Utilization as a functional starter culture in sucuk fermentation. *Meat Science*, 114: 24-31, doi: 10.1016/j.meatsci.2015.12.005.
- Paglarini, C.S., Furtado, G.F., Honório, A.R., Mokarzel, L., Vidal, V.A.S., Ribeiro, A.P.B., Cunha, R.L., Pollonio, M.A.R. (2019). Functional emulsion gels as pork back fat replacers in Bologna sausage. *Food Structure*, 20: 100105, doi: 10.1016/j.foostr.2019.100105.
- Pérez-Burillo, S., Mehta, T., Pastoriza, S., Kramer, D., Paliy, O., Rufián-Henares, J.Á. (2019). Potential probiotic salami with dietary fiber modulates antioxidant capacity, short-chain fatty acid production and gut microbiota community structure. *LWT - Food Science and Technology*, 105: 355–362, doi: 10.1016/j.lwt.2019.02.006.
- Pimentel, T.C., de Assis, B.B.T., Rocha, C.S., Marcolino, V.A., Rosset, M., Magnani, M. (2022). Prebiotics in non-dairy products: Technological and physiological functionality, challenges, and perspectives. *Food Bioscience*, 46: 101585, doi: 10.1016/j.fbio.2022.101585.
- Pintado, T., Herrero, A.M., Ruiz-Capillas, C., Triki, M., Carmona P., Jiménez-Colmenero, F. (2015). Effects of emulsion gels containing bioactive compounds on sensorial, technological, and structural properties of frankfurters. *Food*

- Science and Technology International*, 22(2): 132–145, doi: 10.1177/1082013215577033.
- Rahman, U., Khan, M.I., Sohaib, M., Sahar, A., Ishaq, A. (2017) Exploiting microorganisms to develop improved functional meat sausages: A review. *Food Reviews International*, 33(2): 195-215, doi: 10.1080/87559129.2016.1175012.
- Reque, P.M., Brandelli, A. (2021). Encapsulation of probiotics and nutraceuticals: Applications in functional food industry. *Trends in Food Science & Technology*, 114: 1–10, doi: 10.1016/j.tifs.2021.05.022.
- Rodrigues, F.J., Cedran, M.F., Bicas, J.L., Sato, H.H. (2020). Encapsulated probiotic cells: Relevant techniques, natural sources as encapsulating materials and food applications – A narrative review. *Food Research International*, 137: 109682, doi: 10.1016/j.foodres.2020.109682.
- Roselino, M.N., Sakamoto, I.K., Adorno, M.A.T., Canaan, J.M.M., de Valdez, G.F., Rossi, E.A., Sivieri, K., Cavallini, D.C.U. (2020). Effect of fermented sausages with probiotic *Enterococcus faecium* CRL 183 on gut microbiota using dynamic colonic model. *LWT - Food Science and Technology*, 132: 109876, doi: 10.1016/j.lwt.2020.109876.
- Rouhi, M., Sohrabvandi, S., Mortazavian, A.M. (2013). Probiotic fermented sausage: viability of probiotic microorganisms and sensory characteristics. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(4): 331-348, doi: 10.1080/10408398.2010.531407.
- Ruiz, J.N., Villanueva, N.D.M., Favaro-Trindade, C.S., Contreras-Castillo, C.J. (2014). Physicochemical, microbiological and sensory assessments of Italian salami. *Scientia Agricola*, doi: 10.1590/S0103-90162014000300005.
- Sáez-Orviz, S., Rendueles, M., Díaz, M. (2023). Impact of adding prebiotics and probiotics on the characteristics of edible films and coatings- a review. *Food Research International*, 164: 112381, doi: 10.1016/j.foodres.2022.112381.
- Santos, M., Ozaki, M.M., Ribeiro, W.O., Paglarini, C.S., Vidal, V.A.S., Campagnol, P.C.B., Pollonio, M.A.R. (2020). Emulsion gels based on pork skin and dietary fibers as animal fat replacers in meat emulsions: An adding value strategy to byproducts. *LWT - Food Science and Technology*, 120: 108895, doi: 10.1016/j.lwt.2019.108895.
- Selani, M.M., Shirado, G.A.N., Margiotta, G.B., Saldaña, E., Spada, F.P., Piedade, S.M.S., Contreras-Castillo, C.J., Canniatti-Brazaca, S.G. (2016). Effects of pineapple byproduct and canola oil as fat replacers on physicochemical and sensory qualities of low-fat beef burger. *Meat Science*, 112: 69–76, doi: 10.1016/j.meatsci.2015.10.020.
- Sirini N. Roldán, A. Lucas-González, R. Fernández-López, J. Viuda-Martos, M. Pérez-Álvarez, J.A., Frizzo, L.S., Rosmini, M.R. (2020). Effect of chestnut flour and probiotic microorganism on the functionality of dry-cured meat sausages. *LWT - Food Science and Technology*, 134: 110197, doi: 10.1016/j.lwt.2020.110197.
- Sirini, N., Stegmayer, M., Ruiz, M.J., Cuffia, F., Rossler, E., Otero, J., Soto, L., Lorenzo, J.M., Pérez-Álvarez, J.A., Rosmini, M., Frizzo, L. (2023). Applicability of the probiotic *Lactiplantibacillus plantarum* BFL as an adjunct culture in a dry fermented sausage. *Meat Science*, 200: 109166, doi: 10.1016/j.meatsci.2023.109166.
- Slima, S.B., Trabelsi, I., Ktari, N., Kriaa, M., Abdeslam, A., Herrero, A.M., Jiménez-Colmenero, F., Ruiz-Capillas, C., Salah, R.B. (2020). Modeling the influence of functional additives in beef sausages using a Box-Benken design: Effects on quality characteristics. *Food Bioscience*, 35: 100572, doi: 10.1016/j.fbio.2020.100572.
- Trabelsi, I., Slimaa, S.B., Ktarib, N., Triki, M., Abdehedid, R., Abazaa, W., Moussac, H., Abdeslame, A., Salaha, R.B. (2019). Incorporation of probiotic strain in raw minced beef meat: Study of textural modification, lipid and protein oxidation and color parameters during refrigerated storage. *Meat Science*, 154: 29–36, doi: 10.1016/j.meatsci.2019.04.005.
- Vasconcelos, L. I. M., da Silva-Buzanello, R. A., Kalschne, D. L., Scremin, F. R., Bittencourt, P. R. S., Dias, J. T. G., Canan, C., Corso, M.P. (2021). Functional fermented sausages incorporated with microencapsulated *Lactobacillus plantarum* BG 112

- in Acrycoat S100. *LWT - Food Science and Technology*, 148: 111596, doi: 10.1016/j.lwt.2021.111596.
- Vasilev, D., Jovetic, M., Vranic, D., Tomovic, V., Jokanovic, M., Dimitrijevic, M., Karabasil, N., Vasiljevic, N. (2016). Quality and microflora of functional fermented sausages enriched with probiotic *L.casei* LC01 and prebiotic with KCl and CaCl₂ as NaCl substitutes. *Fleischwirtschaft*, 96(2): 96-102.
- Velázquez-González, F.G., Urquiza-Martínez, M.V., Manhães-de-Castro, R., Romero-Juárez, P.A., Bedolla-Valdez, Z.I., Ponce-Pérez, J.M., Farías-Gaytán, E., Vázquez-Garcidueñas, M.S., Vázquez-Marrufo, G., Toscano, A.E., Torner, L., Pérez-Villarreal, J., Guzmán-Quevedo, O. (2023). Chronic consumption of avocado seed (*Persea americana*) promotes a negative energy balance and body weight reduction in high-fat diet exposed mice: Implications for functional foods. *Journal of Functional Foods*, 108: 105751, doi: 10.1016/j.jff.2023.105751.
- Yu, D., Feng, M., Sun, J. (2020). Influence of mixed starters on the degradation of proteins and the formation of peptides with antioxidant activities in dry fermented sausages. *Food Control*, 123: 1-9, doi: 10.1016/j.foodcont.2020.107743.
- Yuca, B., Topçu, İ., Yağcılar-Aydemir, H., Özer, C.O., Kılıç, B., Başığit-Kılıç, G. (2019). Effects of beta-glucan addition on the physicochemical and microbiological characteristics of fermented sausage. *Journal of Food Science and Technology*, 56(7): 3439-3448, doi: 10.1007/s13197-019-03830-6.
- Zhou, H., Zhuang, X., Zhou, C., Ding, D., Li, C., Bai, Y. (2020). Effect of fermented blueberry on the oxidative stability and volatile molecule profiles of emulsion-type sausage during refrigerated storage. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 33(5): 812-824, doi: 10.5713/ajas.19.0094.
- Zhou, L., Han, F., Lu, K., Qiao, Y., Li E. (2023) Comparative study on prebiotic effects of different types of prebiotics in an in vitro fermentation by gut microbiota of shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture*, 574: 739687, doi: 10.1016/j.aquaculture.2023.739687.
- Zhuang, H., Li, X., Wu, S., Zhao, J., Gao, Y., Yan, H. (2022), Application of ginseng powder and combined starter culture for improving the oxidative stability, microbial safety and quality characteristics of sausages. *LWT - Food Science and Technology*, 166: 113749, doi: 10.1016/j.lwt.2022.113749.
- Xie, A., Zhao, S., Liu, Z., Yue, X., Shao, J., Li, M., Li, Z. (2023). Polysaccharides, proteins, and their complex as microencapsulation carriers for delivery of probiotics: A review on carrier types and encapsulation techniques. *International Journal of Biological Macromolecules*, 242: 124784, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2023.124784.