



SÜT VE SÜT ÜRÜNLERİNDE YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR III

EDİTÖR

Dr. Öğr. Üyesi Yusuf ÇAKIR



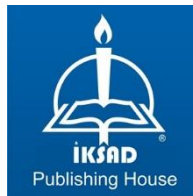
SÜT VE SÜT ÜRÜNLERİNDE YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR III

EDİTÖR

Dr. Öğr. Üyesi Yusuf ÇAKIR

YAZARLAR

Doç. Dr. İbrahim Halil GEÇİBESLER
Dr. Öğr. Üyesi Fadime SEYREKOĞLU
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Çağlar FIRAT
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Kadir ERDOĞAN
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ÇAVUŞ
Dr. Öğr. Üyesi Nazife YILMAZ
Dr. Öğr. Üyesi Sultan ACUN
Öğr. Gör. Dr. Aydın SEVER
Öğr. Gör. Dr. Bahattin TABAR
Öğr. Gör. Dr. Murat KAYA
Arş. Gör. Dr. Şehriban OĞUZ



Copyright © 2024 by iksad publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or
transmitted in any form or by
any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical
methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of
brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses
permitted by copyright law. Institution of Economic Development and Social
Researches Publications®

(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)

TURKEY TR: +90 342 606 06 75

USA: +1 631 685 0 853

E mail: iksadyayinevi@gmail.com

www.iksadyayinevi.com

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.

Iksad Publications – 2024©

ISBN: 978-625-378-147-7

Cover Design: İbrahim KAYA

December / 2024

Ankara / Türkiye

Size = 16x24 cm

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....1

BÖLÜM 1

SÜT ENDÜSTRİSİNDE BAKTERİYOFAJLAR

Dr. Öğr. Üyesi Nazife YILMAZ.....3

BÖLÜM 2

SÜT ENDÜSTRİSİNDE STARTER KÜLTÜRLER VE ÖNEMİ

Dr. Öğr. Üyesi Nazife YILMAZ.....39

BÖLÜM 3

SÜT ÜRÜNLERİ VE MİKROBİYOTA

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Çağlar FIRAT.....93

BÖLÜM 4

FERMENTE SÜT ÜRÜNLERİ

Öğr. Gör. Dr. Bahattin TABAR.....113

BÖLÜM 5

SÜTLÜ TATLILARIN ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Fadime SEYREKOĞLU

Dr. Öğr. Üyesi Sultan ACUN.....129

BÖLÜM 6

YAŞLILIKTA SÜT VE SÜT ÜRÜNLERİ TÜKETİMİ

Öğr. Gör. Dr. Aydın SEVER.....175

BÖLÜM 7

SÜTÜN KANSERDE PARADOKSAL ROLÜ

Öğr. Gör. Dr. Aydın SEVER

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Kadir ERDOĞAN.....191

BÖLÜM 8

SÜT ÜRÜNLERİ İŞLEME TESİSLERİNDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ UYGULAMALARINA BAKIŞ

Doç. Dr. İbrahim Halil GEÇİBESLER.....209

BÖLÜM 9

BİR SÜT VE SÜT ÜRÜNLERİ YANI ÜRÜNÜ PEYNİR ALTI SUYU: PÜSKÜRTMELİ KURUTMA TEKNİĞİ İLE KURUTULMASI ÜZERİNE ÇALIŞMALAR

Öğr. Gör. Dr. Murat KAYA.....229

BÖLÜM 10

SÜT ENDÜSTRİSİ ATIK SULARININ ARITILMASI

Arş. Gör. Dr. Şehriban OĞUZ.....257

BÖLÜM 11

BİTKİSEL BAZLI SÜTLERİN BAZI KALİTE ÖZELLİKLERİ VE SAĞLIK İLİŞKİSİ

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ÇAVUŞ.....273

ÖNSÖZ

Süt, insan beslenmesinde doğumdan başlayarak ölüme kadar uzanan, hayatın her döneminde gerekli olan mikro ve makro besin öğelerini yeterli miktarda içeren en temel gıdadır. Süt ve süt ürünleri, A ve/veya β karoten, riboflavin (B_2), B_{12} gibi vitaminler, kalsiyum ve fosfor başta olmak üzere bazı önemli mineraller, süt yağı, biyolojik değeri yüksek proteinler ve probiyotiklerin çok önemli bir kaynağıdır. Özetle; süt ve süt ürünleri insanların beslenmesi, büyümesi, gelişmesi ve sağlıklı bir şekilde hayatlarını sürdürebilmeleri için gerekli C vitamini ve demir minerali dışında hemen hemen bütün besin öğelerini içermekte olan gıda grubudur. Bu nedenle hayatımızdaki en önemli besin kaynakları arasında süt ve süt ürünleri gelmektedir. Süt ve süt ürünlerin her yaş aralığında düzenli olarak tüketilmesi gerekmektedir. Özellikle bebeklik ve çocukluk döneminde olmak üzere emzicilik-gebelik, yaşlılık ve yetişkinlik dönemlerinde de diş-kemik sağlığı ve kas gelişimi bakımından tüketilmesi gereklidir. Ayrıca, süt ve süt ürünleri mide ve bağırsak hastalıkları, hipertansiyon, diyabet, kalp-damar, obezite, kolesterol, osteoporoz, eklem hastalıkları, diş çürümelere ve çeşitli enfeksiyonlara karşı önleyici olarak görev yapmakta ve bağışıklık sistemini güçlendirerek birçok hastalığın önüne geçilmesinde fayda sağlamaktadır. Son yıllarda insan sağlığı üzerine yapılan çalışmalarda süt ve süt ürünlerinin yapısında buldukları bazı bileşenlerin çeşitli nörodejeneratif (nörolojik) hastalıklar ve çok çeşitli kanser türleri üzerinde olumlu etkileri olduğu tespit edilmiştir. İnsanların beslenmesi ve sağlıklı bir şekilde hayatlarını sürdürebilmeleri için son derece önemli bir gıda grubu olan süt ve süt ürünleri sektörü günümüzde Dünya’da ve

Türkiye’de gerçekleşen çok hızlı nüfus artışı, küresel ısınmaya bağlı olarak kuraklık ve iklim değişiklikleri, Covid-19 salgınları gibi sebeplerden aşırı etkilenmektedir. Bu nedenle süt ve süt ürünleri sektörünün üretim ihtiyaçlarını karşılayabilmek için süt ve süt ürünleri sektöründe yenilikçi yaklaşımlı ve sürdürülebilir yeni üretim teknolojilerinin geliştirilmesi zorunlu bir duruma dönüşmüştür. Bu bağlamda süt ve süt ürünleri sektöründe sınırlı kaynaklardan süt ve süt ürünlerinin üretimi daha verimli, sağlıklı, güvenli, raf ömrü uzun, fonksiyonel, çevreye duyarlı ve sürdürülebilir olarak yapılmalıdır. Bu nedenle de süt ve süt ürünlerinin geleneksel olarak üretilmelerinin yanı sıra süt ve süt ürünlerinin üretim, ambalajlama, muhafaza, depolama ve taşıma gibi teknolojilerinin yeniden düzenlenerek uygulamaya geçilmesi çok önemlidir. Bu kitapta, süt ve süt ürünleri sektöründeki yenilikçi yaklaşımları ve güncel teknolojileri ele alan bölümler bulunmaktadır. Bu kitabın süt ve süt ürünleri sektörüyle ilgisi olan ya da olmayan herkese faydalı olmasını temenni ederim. Son olarak, bu kitaba katkı sağlayan değerli akademisyenlere ve kitabın basımını gerçekleştiren İksad Yayınevine teşekkür ederim.

Dr. Öğr. Üyesi Yusuf ÇAKIR

BÖLÜM 1
SÜT ENDÜSTRİSİNDE BAKTERİYOFAJLAR

Dr. Öğr. Üyesi Nazife YILMAZ¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14585343>

¹ Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Erzincan, Türkiye. nazife.kacmaz@erzincan.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-3000-7874

1. GİRİŞ

Bakteriyofajlar (fajlar), bakterileri enfekte eden ve sıklıkla öldüren virüslerdir. Bakteriyel starter kültürlerinin büyümesini engelleme yetenekleri nedeniyle gıda fermantasyon endüstrisinde kalıcı bir tehdit oluştururlar. Bu sorun, özellikle laktik asit bakterilerinin üyelerini içeren süt fermantasyonlarında yaygındır ve bu durum genellikle virülan (litik) fajlarla ilişkilidir. Bununla birlikte, ılımlı (lizogenik) fajların, evrim yoluyla zararsız bakterileri tehlikeli patojenlere dönüştüren virülans faktörlerini kodladıkları için, belirli gıdayla ilgili bakterilerin patojenitesine katkıda buldukları bilinmektedir (O'Sullivan ve ark., 2019). Bakteriyofajlar, herhangi bir bakteriyel fermantasyon biçimi kullanan endüstriler için muazzam ekonomik öneme sahiptir. Faj saldırısı, laktik asit bakterilerinin sütü çeşitli ürünlere (örneğin peynir ve yoğurt) fermente etmek için kullanıldığı süt endüstrisi için her zaman büyük bir sorun olmuştur. Virülan fajlar tarafından kontaminasyon, tanktaki bakteriyel starter kültür suşlarının lizisine, yavaş fermantasyona veya hatta starter kültürün tamamen bozulmasına ve bunun sonucunda ürünün kaybına neden olabilir. Büyük bir süt tesisi günlük yaklaşık yarım milyon litre süt işlediğinden, riskler yüksektir ve faj saldırıları çok maliyetli olabilir. Bu ekonomik etkiler, süt endüstrisinde kullanılan Laktik Asit Bakterilerine (LAB) saldıran bakteriyofajlar üzerinde yoğun araştırmalara yol açmıştır (Brüssow ve ark., 1998).

2. BAKTERİYOFAJLARIN KEŞFİ VE ÖNEMİ

Bakteriyofajlar bakteri hücrelerini istila eden ve litik durumda bakteri metabolizmasını bozarak bakterinin lizise uğramasına neden olan bakteri virüsleridir (Sulakvelidze ve ark., 2001). Bakteriyofajlar veya

fajlar, bakteriyel konaklarının bulunduğu her yerde bulunur; sucul sistemlerdeki faj popülasyon sayısının mililitre başına 10^4 - 10^8 viryon, toprakta gram başına yaklaşık 10^9 viryon aralığında olduğu belirlenmiştir. Gezeganimizde toplam 10^{32} bakteriyofaj olduğu tahmin edilmektedir (Wittebole ve ark., 2014).

1896 yılında İngiliz kimyager Ernest Hankin Hindistan'daki nehirlerle ilişkili mikroorganizmaları anlatan iki makale yayınladı. Ganj Nehri'nde bakteriyel kontaminasyonun olmamasının anti-bakteriyel maddenin varlığından kaynaklandığını iddia etti. Bu çalışmalarından ikincisi, Jumna ve Ganj sularının kolera mikrobu üzerindeki bakterisidal etkisi olup birçok yazar tarafından fajların etkisinin çok erken bir tanımı olarak Bakteriyofajların ilk tespiti olarak ifade edilmektedir (Abedon ve ark., 2011; Taylor ve Taylor, 2014). Frederick Twort, gözlemlenen bu anti-bakteriyel aktiviteye bir virüsün aracılık ettiği hipotezini ortaya atan ilk kişiydi. Ancak Twort kısmen fon eksikliği nedeniyle hipotezini kanıtlayamadı (Nikolich ve Filippov, 2020). Fajlar 1917'de Fransız-Kanadalı mikrobiyolog Félix D'Hérelle tarafından bağımsız olarak keşfedilmiştir. Twort, mikrokok kolonilerinin camsı dönüşümü ifadesi ile tanımlarken, D'Hérelle bir Shigella "anti-mikrobu"nu izole etmiş ve "bakteriyofaj" terimini kullanmıştır. Felix d'Herelle Araştırmaları sırasında dizanteri hastalarının dışkılarından alınan süzüntülerde bakterilere "antagonistik" olan "görünmez mikroplar" gözlemledi. Bu filtrelenebilir virüs olan "ultravirüslerin" bakteriyel enfeksiyonun bir yardımcı faktörü olduğunu tahmin etti ancak faj titrelerinin hastalık ilerledikçe arttığını ve iyileşme sırasında zirveye ulaştığını kanıtladı. Bu başarılarından sonra d'Herelle araştırmalarını insanlar üzerinde

yoğunlaştırdı. İlk başta faj süspansiyonunun güvenliğini kendisinde, iş arkadaşlarında ve ailesinde, ardından basilli dizanteri ve kolera hastalarında test etti. Bu aşamadan sonra fajlar yara iyileşmesine tedavi olarak uygulandı. Fajların iyileştirici değerine odaklanan başka bir deney, *Salmonella gallinarum*'u kuş tifo hastalığının bulaşıcı bir etkeni olarak araştırdı, bu çalışma 1926'da yayınlandı (Cisek ve ark., 2017; Salmond ve Fineran, 2015). 1917'de d'Herelle, faj tedavisini kendisinde deneyerek ilk güvenli uygulamasını test ettikten sonra, Paris'teki Hospital des Enfants-Malades'de şiddetli dizanterisi olan insan hastalar için faj tedavilerinin test edilmesine başlandı. 1920'lerde faj tedavisi diğer adı ile "faj terapisi" Hindistan'da kolera ve bubonik veba dâhil olmak üzere çeşitli enfeksiyonlar için faj preparatlarıyla binlerce kişinin tedavisinde ve Doğu Avrupa ve Sovyetler Birliği'nde faj tedavisi üzerine yüzlerce çalışmada kullanıldı. 1930'larda ve 1940'ların başlarında faj tedavileri ticarileştirilmeye başladı ve d'Herelle, Paris'teki L'Oréal'de beş faj tedavi ürünü üretti. Batı'da ise faj tedavisinin etkinliği tartışmalı olmaya devam etti çünkü modern klinik araştırma standartlarına göre yürütülen çok az yayınlanmış çalışma vardı ve bunlar İngilizce dergilerde bulunmuyordu (Nikolich ve Filippov, 2020).

Faj terapisi başlangıçta umut vadetmesine rağmen, Batı'da 1930'larda antibiyotiklerin yaygın kullanımından önce bile düşüş göstermekteydi. Standart yöntemlerin ve çalışmaların yetersizliği faj tedavisini değerlendirmeye yönelik girişimleri engelledi. D'Herelle'in başarısını takip eden yıllarda, bir dizi faj ürünü üretilmiş ve pazarlanmıştı. Bu ürünler, genellikle viral hastalıklara karşı etkili oldukları gibi yanlış pazarlama stratejileri kullanılarak satışa sunulmuş

dahası, bu ürünlerden bazıları hiç aktif faj içermediği için bakteriyel enfeksiyonlarda bile etkili sonuçlar alınamamıştı (Merril ve ark., 2006).

Karışık terapötik sonuçlar, faj biyolojisinin yetersiz anlaşılması ve geniş spektrumlu antibiyotiklerin ortaya çıkması, Batı dünyasında faj terapisinin azalmasına yol açmıştır (Lu ve Koeris, 2011). 1940'larda antibiyotiklerin keşfi ve ardından gelen İkinci Dünya Savaşı ile birlikte Batı'daki faj terapi araştırmalarında önemli bir düşüşle sonuçlanmıştır. Batı'da faj terapi araştırmalarının yakın zamanda yeniden canlanmasına yönelik önemli bir adım, 1980'lerde Smith ve Huggins'in küçük ve büyük baş hayvanlarda bir dizi başarılı faj terapisi deneyi gerçekleştirmeleriyle oldu. Antibiyotik direncinin getirdiği korku faj terapisine olan ilginin yeniden canlanmasına neden oldu (Smith ve Huggins, 1983). 1980'lerin sonundan 2000'lerin başına kadar olan dönemde bir dizi küçük faj şirketi kuruldu (Clarck, 2015). Faj terapisi Sovyetler Birliği ve Doğu Avrupa'da Polonya, Rusya ve Gürcistan'da günümüze kadar devam eden kullanımıyla geliştirilmeye devam etti. Ancak, çoklu ilaca dirençli (MDR) bakteriyel enfeksiyonların artan küresel yayılımına kadar Batı Avrupa ve Amerika'da veya dünyanın geri kalanının çoğunda klinik uygulamaya yönelik ciddi bir ilgi görülüyordu. Son birkaç on yıldır yeni antibiyotiklerin yavaş geliştirilmesiyle birleşen çoklu ilaç direnci, daha önce tedavi edilebilen enfeksiyonlar için tedavi seçeneklerini daha da azaltma tehdidi oluşturması gibi nedenler batılı bilimsel ve tıbbi toplulukları bu büyüyen sorunla başa çıkmak için faj terapileri geliştirmek üzere yeniden harekete geçirdi (Nikolich ve Filippov, 2020). Faj terapisinin klinik kullanımı amacı ile birçok şirket ve araştırmacı gıda güvenliği, tarımsal,

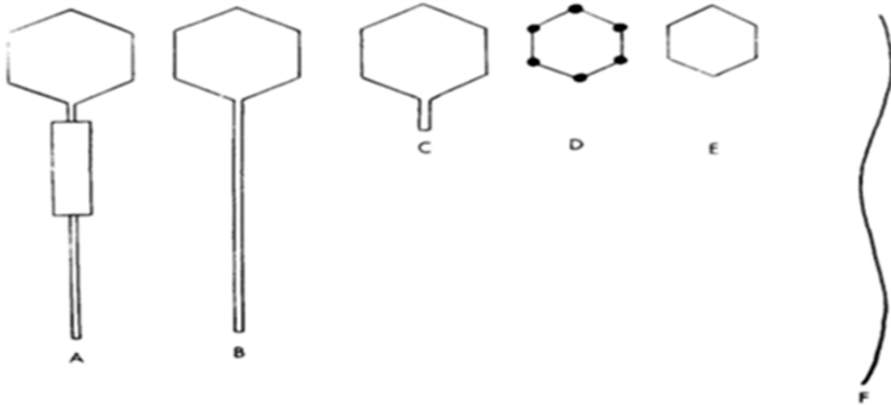
endüstriyel ve klinik teşhis uygulamalarını ve gelişmelerini takip etmiştir. Birkaç şirket, EPA(Environmental Protection Agency), USDA(United States Department of Agriculture) ve FDA (Food and Drug Administration) onayıyla faj temelli ürünleri başarıyla geliştirmiştir. Bu tür ürünler, faj kokteyllerinin bireysel bileşenlerinin hedef bakterilere göre uyarlanabileceği olumlu birçok örnek oluşturmaktadır. İşlenmiş gıdalar için sterilizasyon ajanları olarak kullanılmak üzere *Listeria* bakterisine karşı geliştirilen List Shield™ (LMP-102), Intralytix Inc. Firması tarafından geliştirilen ilk faj temelli ürünlerden biriydi ve FDA tarafından tüketime hazır gıdalardaki *L. monocytogenes*'i kontrol etmek için tasarlanmış bir faj kokteyli olarak onaylandı. Bu faj kokteyli ayrıca FDA'dan 'Genel Olarak Güvenli Kabul Edilen' (GRAS) statüsünü de aldı (Lu ve Koeris, 2011; Belay ve ark., 2018). Bugün bakteriyofajlar süt endüstrisindeki hatalı fermantasyonlardan sorumlu gibi görünse de tıp, veterinerlik, gıda gibi birçok alanda mikroorganizma kontrolünde, raf ömrünün uzatılmasında, hastalıkların tedavisinde ve dezenfeksiyonda biyokoruyucu olarak kullanım alanına sahiptir (Ackermann, 2012).

2.1. Bakteriyofaj morfolojik yapısı

Bakteriyofajlar bakterileri enfekte eden virüslerdir. Tüm virüslerde olduğu gibi, fajlar da nükleik asit ve protein gibi en az iki bileşene sahip olan enfeksiyöz parçacıklardır (Campbell, 2003).

Elektron mikroskopunun keşfi ile virüslerin morfolojisini incelemek mümkün hale gelmiştir. İlk çalışmalar, virüslerin boyutlarına ve şekillerine göre ayırt edilebileceğini hemen ortaya koymuştur. Virüslerin ilk sınıflandırmaları Bradleyin 1967'den itibaren oluşturduğu

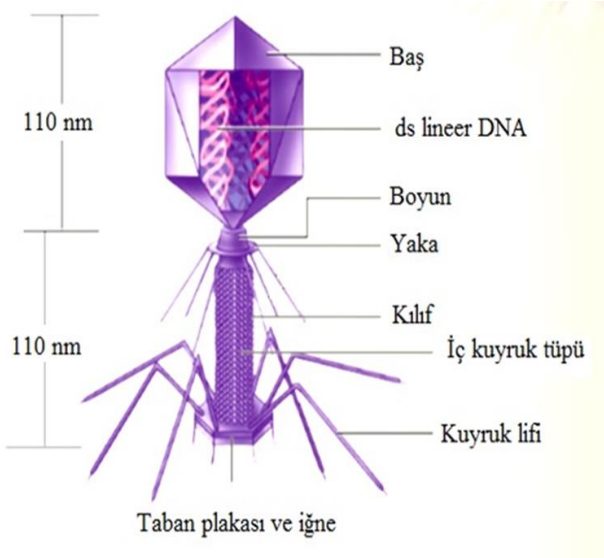
altı gruba dayanır (Şekil 1). A, B, C, D ve E grupları baş şekline (ikosaedral veya uzun) ve kuyruk yapısına (varlık veya yokluk) göre fajları sınıflandırır. Virüsler, dairesel veya oval bir şekle ve esnek veya sert olabilen uzun kalın veya ince çubuk görünümüne sahip olabilir. Bazı virüslerin kendine özgü kafaları ve kuyrukları vardır. Kuyrukları varlığı durumuna göre kasılabilir veya kasılamaz ve baş çapına kıyasla kısa veya uzun olabilir. Bazı fajlar ayrıca eklere (kuyruk lifleri) sahip olabilir (Bradley, 1967; Kurtböke, 2012; Aprea ve ark., 2015).



Şekil 1. Bradley'in bakteriyofajların temel sınıflandırması (Bradley, 1967)

Filamentöz fajlar ise F grubuna aittir. Fajın ultra yapısından bazı genom özelliklerini (tek/çift DNA zincirleri veya tek RNA zincirleri) tanımlamak da mümkündür. En küçük virüsler, yaklaşık 20 nm çapındayken en büyükleri, 500 nm civarındadır. Tam enfektif virüs partikülü, virion olarak bilinir. Tüm virüsler katı geometrik çizgiler üzerine inşa edilmiştir ve simetri kurallarına uyarlar (Bradley, 1967; Kurtböke, 2012; Aprea ve ark., 2015).

Tüm fajlar, sırasıyla; genom ve kapsid adı verilen bir protein kılıfıyla kapsüllenmiş nükleik asitten oluşur (Şekil. 2). Faj genomları çift sarmallı DNA, tek sarmallı DNA veya tek sarmallı RNA olabilir. Kapsidler, küçük altıgen yapılardan filamentlere kadar birçok formda, bir baş ve bir kuyruktan oluşan oldukça karmaşık yapılardan meydana gelir. Bazıları, konakçı hücrenin zarından türetilen bir çift lipit tabakadan oluşan bir zarfa sahiptir. Bu yapılar, UV ışığı veya nükleazlar (konakçıda bulunan enzimler ve nükleik asidi bozan ortam) gibi çevresel etkenlere karşı nükleik asidin korumasını sağlarlar. Bu virion parçacıkları, ökaryotik benzerleri gibi metabolik olarak inerttir. Tüm bunlar, adsorpsiyon adı verilen bir süreçte kapsidin hücre yüzeyine bağlanması ve ardından genomun hücre sitoplazmasına alınmasıyla başlayan bakteriyel enfeksiyonla değişir (Erles, 2011; Goodridge ve Abedon, 2003).



Şekil 2. Bakteriyofajın yapısı (Titer, 2016)

2.2. Bakteriyofaj yaşam döngüsü

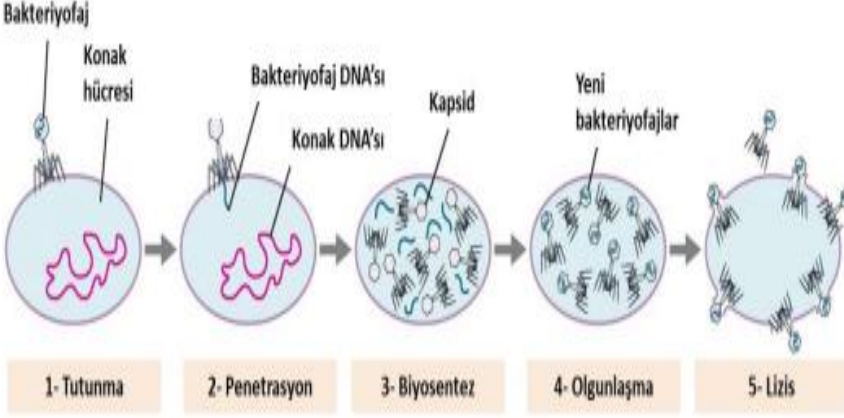
Enfeksiyon üzerine fajlar iki belirgin yaşam döngüsünden birini sergileyebilir:

- (i) Faj virion parçacıklarının enfekte bir bakterinin sitoplazması içinde bir araya geldiği aktif enfeksiyon veya litik evre
- (ii) Faj genomunun dev bir gen kompleksi olarak bakteriyel kromozoma entegre olduğu lizojeni (Goodridge ve Abedon, 2003).

Bir faj duyarlı bir bakteri hücrelerini istila ederse, faj (veya en azından nükleik asidi) hücreye girer ve faj üretim döngüsünü tetikler. Bu döngü sırasında hücre, biyosentetik bileşenlerinin (ribozomlar ve ATP jeneratörleri gibi) bakteriyel büyümedeki normal görevlerinden uzaklaştırıldığı ve bir faj fabrikası haline gelmek üzere yeniden programlandığı bir süreçtir. Yeniden programlama enfeksiyondan sonra yapılan faj mRNA'sından çevrilen faj tarafından belirtilen proteinler tarafından başlatılır (Campbell, 2003).

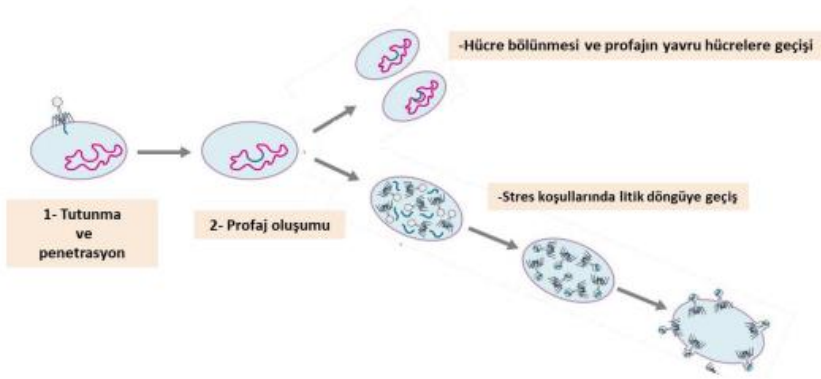
Süreç sıralı ve düzenlidir. Litik bir replikasyon döngüsü sırasında, bir faj duyarlı bir konak bakterisine bağlanır, genomunu konak hücre sitoplazmasına sokar ve proteinlerini üretmek için konak ribozomlarını kullanır. Genellikle, nükleik asit replikasyonu önce gerçekleşir. Konak hücre kaynakları hızla viral genomlara ve kapsid proteinlerine dönüştürülür ve bunlar orijinal fajın birden fazla kopyasını oluşturur. Konak hücre öldüğünde, aktif veya pasif olarak lize edilir ve yeni bakteriyofajı serbest bırakarak başka bir konak hücreyi enfekte eder. Yeni faj parçacıkları ortama yayılır (Şekil 3). Tüm döngü yaklaşık 40

dakika sürebilir ve yaklaşık 100 yeni faj üretebilir (Campbell, 2003; Kasman ve Porter, 2022).



Şekil 3. Bakteriyofajların litik yaşam döngüsü (Sakin Şahin, 2021).

Lizojenik replikasyon döngüsünde, faj duyarlı bir konak bakteriye bağlanır ve genomunu konak hücre sitoplazmasına sokar. Ancak, faj genomu bunun yerine bakteri hücre kromozomuna entegre edilir veya her iki durumda da çoğaltılıp yavru bakteri hücrelerine onları öldürmeden aktarıldığı epizomal bir eleman olarak korunur. Entegre faj genomlarına profajlar denir; bunları içeren bakterilere lizojenler denir (Şekil 4). Profajlar çoğunlukla değişen çevre koşullarına yanıt olarak litik bir replikasyon döngüsüne dönüşebilir ve konaklarını öldürebilir, Belirli ajanlar (ultraviyole ışık, ısı, tuzlar, bakteriyosinler, mitomisin C, hidrojen peroksit gibi) lizojenik hücrelerin litik döngüye yeniden girmesini sağlayabilir (Campbell, 2003; Ptashne, 2006).



Şekil 4. Bakteriyofajların lizogenik yaşam döngüsü (Sakin Şahin, 2021).

3. FERMENTE SÜT ÜRÜNLERİ VE LAKTİK ASİT BAKTERİLERİ

Süt sektörü, çoğu sanayileşmiş ve gelişmekte olan ülkenin tarım sektöründe önemli ekonomik bir rol oynayan dinamik küresel bir endüstridir. Artan küresel talep ve yaklaşan endüstriyel küreselleşme karşısında, hem dünya süt ürünleri ticaretinin kapsamında hem de yoğunluğunda bir artış söz konusudur. En önemli süt üreticileri Avrupa, Asya ve Amerika'dır. Daha spesifik olarak, Avrupa Birliği (AB) dünya çapında en büyük üretim ekonomik bölgesi iken, Hindistan ülke olarak en büyük üreticidir. Gelişmiş ülkeler dünya süt üretiminin üçte birini oluştururken, kalan üçte ikisi gelişmekte olan ülkelere aittir. Bununla birlikte, gelişmekte olan ülkelerde süt sektöründeki büyüme soğutma, pazarlama ve nakliye sorunlarının yanı sıra beslenme ve zooteknik sorunlarda bulunmaktadır. Bu nedenle, küçük çiftçiler genellikle hayvan sağlığı hizmetlerine, genetik iyileştirmeye ve personel eğitimine sınırlı erişime sahip oldukları için çiftliklerini şirket olarak yönetmek için

gerekli becerilerden yoksundur bu da düşük verim ve düşük süt kalitesi ile sonuçlanmaktadır (Fernández ve ark., 2017).

Fermente süt ürünleri, gıdamızın önemli bir bölümünü oluşturur. Eski zamanlarda, insanlar fermantasyonu nedenini bilmeden gerçekleştirirdi. Başlangıçta süt kendiliğinden fermente oluyordu ve fermantasyon kaplarının ve araçlarının yeniden kullanımı, fermantasyon sürecinde belirli bir tekrarlana bilirlğe ve istikrara katkıda bulunuyordu. Bu, az ya da çok rafine ürünlerin üretimi için belirli mikroorganizmaların kullanılmasına yol açtı. Farklı ülkeler veya aynı ülkenin farklı bölgeleri kendi fermente sütlerini geliştirdiler. En iyi bilinen ürün, son otuz yılda artan bir popülerlik kazanan termofilik fermente süt ürünü olan yoğurttur. Fermente süt ürünlerindeki canlı mikroorganizmaların rolü, hem tüketici hem de üretici için önemli ölçüde artan bir ilgi kazanmıştır. Doğa, besinlerde LAB'nin aktivitesi yoluyla insanlar için belirli bir derecede faydalı ilişki sağlamıştır. Bu bakteriler gıdalarda ve tarımsal fermantasyonlarda yaygın olarak kullanılırlar (Shiby ve Mishra, 2013).

Süt fermantasyonunda LAB kendiliğinden veya aşılantmış starter kültürler olarak bulunabilir (Widyastuti ve Febrisiantosa, 2014). Süt ürünlerinin fermantasyon sürecinde, yüksek kaliteli bir son ürün elde etmek için LAB'nin büyümesi ve metabolik aktiviteleri gerekir. LAB kullanılarak yapılan süt fermantasyonunun temel amacı raf ömrünü uzatmanın yanı sıra süütün besleyici bileşenini korumaktır. LAB'leri yoğurt, peynir, ayran ve kefir gibi süt ve süt ürünlerinin üretiminde kullanılan endüstriyel açıdan önemli organizmalardır. Bu uygulamalar için kullanılan türler genellikle *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* ve *Streptococcus* cinsleri de dahil olmak

üzere gram pozitif bakteri grubuna aittir. Fermentasyon yetenekleri ve dolayısıyla gıda güvenliğini artırmaları, organoleptik nitelikleri geliştirmeleri, besin değerini artırmaları, iyi kalitede ürün oluşturmaları, terapötik önemlerine ek olarak, insan yaşamının uzun ömürlülüğüyle ilişki halinde olmaları ve insan vücuduna giren gıda kaynaklı patojenler ile bozulma bakterileri tarafından üretilen toksinlerin yok etmeleri ve çeşitli fermente süt ürünleri geliştirme nedeniyle artan öneme sahiptirler (Widyastuti ve Febrisiantosa, 2014; Gemechu, 2015).

4. SÜT İŞLEMEDE TEHDİT OLARAK BAKTERİYOFAJLAR

Faj enfeksiyonları, bakteri kaynaklı fermantasyonu içeren büyük ölçekli endüstriyel süreçler için önemli bir tehdittir. Fermantasyon tanklarındaki az sayıda faj bile süreçte ciddi bir azalmaya veya başarısızlığa neden olabilir. Whitehead ve Cox süt fermantasyonunda faj enfeksiyonunun zararlı etkilerini tanımlayan ilk kişilerdi ve son 70 yıldaki büyük bilimsel ve teknolojik gelişmelere rağmen, fajlar süt endüstrisinde fermantasyon başarısızlığının en büyük tek nedeni olmaya devam etmektedir (Mc Grath ve ark., 2007). Faj salgınları üretim aksamaları, bileşenlerin israfı, düşük kaliteli ürün, bozulma ve patojenik mikroorganizmaların büyümesi veya hatta toplam üretim kaybı nedeniyle önemli ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Faj giriş yollarının yakından izlenmesi, hızlı ve etkili faj tespit yöntemleri ve kontrol ölçümleri şu anda süt ürünleri ortamlarında faj yayılma riskini azaltmak için yaygın olarak uygulanmaktadır (Fernández ve ark., 2017; Kamiński ve Paczesny, 2024).

Süt fermantasyonlarını bozan bakteriyofajlar fermente ürünün kalitesini, güvenliğini ve değerini olumsuz yönde etkilemektedir. Fajlar starter kültürleri etkileyerek son ürünün kalitesini bozmaktadır. *Lactococcus lactis*, LAB en önemli türüdür ve süt endüstrisinde süt ürünleri üretimi için mezofilik starter kültür olarak kullanılır. Bu nedenle *L. lactis* bakteriyofajları en iyi çalışılmış ve belgelenmiş süt faj grubudur. Peynir üretiminde kullanılan *L. lactis* süt fermantasyonunda önemli bir katkıda bulunur ve laktokok bakteriyofajlarının fermantasyon süreçlerinin gecikmesine veya bozulmasına neden olduğu uzun zamandır bilinmektedir. Laktokok fajları süt ortamlarında her yerde bulunur ve süt tesislerinde bulunan fajların fermantasyonun başlangıç dönemlerinde laktokok starter bakterilerini öldürmekten sorumlu olduğu belirlenmiştir. *L. lactis*'i yaygın olarak enfekte eden üç bakteriyofaj grubu 936, c2 ve P335'dir. Bunlar Süt fermantasyonlarında ortaya çıkan ana bakteriyofajlar olarak tanımlanmıştır (Deveau ve ark., 2006; Moineau ve ark., 1992; Prevots ve ark., 1990; Kleppen ve ark., 2012; Wagner ve ark., 2017). Laktokok fajları çiğ sütte doğal olarak bulunur ve süt tesislerine sürekli bir bakteriyofaj kaynağı oluşturur (Jarvis, 1987; Madera ve ark., 2004, McIntyre ve ark., 1991). Bunun yanı sıra yoğurt üretiminde kullanılan *Streptococcus thermophilus*'un termofilik suşları, fermente süt ürünlerinin (İsviçre ve İtalyan tipi peynirler ve yoğurtlar) üretimi için starter kültürü olarak da önemlidir. Günümüzde *S.thermophilus*'u enfekte eden fajları dört ayrı gruba ayrılmaktadır. Bu grubun en önemli temsilcisi faj 5093 dür (Kleppen ve ark., 2011; Wagner ve ark., 2017). Süt ürünlerindeki Leuconostoc suşlarını enfekte eden fajlar yalnızca ara sıra izole edilmiş ve tanımlanmıştır. Süt starter kültürlerindeki ana Leuconostoc popülasyonları *Ln. mesenteroides* ve *Ln.*

pseudomesenteroides üyeleridir. Atamer ve arkadaşları yaptıkları çalışmada 77 *Leuconostoc* fajının ısı direncini incelemiş ve yaygın olarak uygulanan pastörizasyon koşullarının sütte bulunan *Leuconostoc* fajlarının tam inaktivasyonunu sağlamak için yetersiz olduğunu belirlemiştir (Atamer ve ark., 2011). Bu litik aktiviteye sahip fajların yanı sıra birçok lizogenik faj starter kültür suşlarında profaj indüksiyonuna neden olarak fermantasyonları etkileme potansiyeline sahiptir (Kleppen ve ark., 2011; Wagner ve ark., 2017).

Büyük ölçekte, steril olmayan koşullar altında ve ardışık partilerde sıklıkla aynı bakteri kültürleri kullanılarak gerçekleştirilen gıda fermantasyon süreçlerinin doğası gereği, virülan litik fajların fermantasyonda başarısızlıklarına neden olması şaşırtıcı değildir. Gıda endüstrisi, kontaminasyonu önlemek ve azaltmak için karşı önlem olarak çeşitli antifaj stratejiler benimsenmiştir (de Melo ve ark., 2018).

4.1. Bakteriyofajların süt üretim ortamlarına girişi

Süt fermantasyonlarında kullanılan başlatıcıların bakteriyofaj enfeksiyonu, peynir, yoğurt, tereyağ vb. ürünlerin üretimindeki aksaklıkların başlıca nedenidir. Sorun ilk olarak 1935 yılında fark edilmiş ve starter kültürlerin kapalı fermantasyon tanklarına doğrudan aşılması, starter kültürlerin çoğaltımı için antifaj ortamının kullanılması ve starter kültürlerin rotasyonu gibi iyi üretim uygulamalarının tasarlanması ve uygulamaları hayata geçirilmiştir. Bunların yanı sıra, doğal direnç mekanizmalarını kodlayan genler starter suşlarına dahil edilmiştir. Tüm bu önlemlerin bir sonucu olarak, günümüzde son ürünün tamamen kaybolması nadirdir, ancak fajlar hala süt ürünlerinin lezzetini, dokusunu ve hatta güvenliğini etkileyen kalite

kusurlarından sorumlu en önemli öğelerdir. Yaklaşık 70 yıldır süt mikrobiyologları bakteriyofajları ortadan kaldırmaya veya daha iyi bir kontrol sağlamaya çalışmaktadır (Madera ve ark., 2004; Panezai, 2021).

Her yerde bulunmaları ve bakteri popülasyonlarının sürekli korunması nedeniyle bakteriyofajlar endüstride büyük mali kayıplara neden olabilir. Fajların varlığı, bakterilerin bir molekül veya kimyasal bileşik üretmek için kullanıldığı endüstrilerde özellikle istenmeyen bir durumdur. Bakteriyofajların istenmeyen varlığı en sık ilaç, kimya, yem, probiyotik ve gıda endüstrilerinde kaydedilmektedir. Süt endüstrisinde bakteriyofajlar LAB'nin lizizi yoluyla fermantasyon sürecini yok eder. Süt endüstrisinde kullanılan en yaygın starter kültürler *Lactococcus lactis*, *Streptococcus thermophilus*, *Leuconostoc sp.* ve *Lactobacillus sp.* dur. Starter kültürleri yok edebilen bakteriyofajların Caudovirales, Podoviridae ve Siphoviridae ailelerine ait olduğu belirlenmiştir (Połaska ve Sokołowska, 2019).

Fajlar süt endüstrisinde çeşitli olgulardan kaynaklanabilir. Bakteriyofaj kontaminasyonunun başlıca kaynakları şunlardır;

a. Çiğ süt

Çiğ süt, fajların başlıca kaynaklarından biri olarak kabul edilir ve endüstriyel ortama girmelerinin en önemli yolunu temsil eder (Guglielmotti, 2011). Çiğ sütün yeni fajların en kalıcı kaynağının olduğu ve sütte bulunan faj konsantrasyonunun ml başına 10^1 - 10^4 faj arasında değiştiği kabul edilmektedir. Madera ve arkadaşları İspanya'daki farklı mandıralardan toplanan çiğ süt örneklerinin yaklaşık %10'unun bulaşıcı laktokok fajları içerdiğini bildirmiştir (Madera ve

ark., 2004). *Lactococcus lactis*'i enfekte eden çeşitli faj türlerinden yalnızca üçü, c2, 936 ve P335, süt işletmelerinde yaygın olarak bulunur ve bu fajlar çoğu süt fermantasyon başarısızlığından sorumludur. Bu fajların üçü de Siphoviridae ailesine aittir. Çiğ süt ortamlarını kolonize eden fajların kökeni sorusu henüz tam olarak cevaplanmamıştır (Bissonnette ve ark., 2000; Casey ve ark., 1993; Moineau ve ark., 1996).

Isı, çiğ sütte bulunan istenmeyen mikroorganizmaları etkisiz hale getirmek için kullanılan birincil ölçüttür buna rağmen birkaç süt faji termal olarak kararlıdır ve pastörizasyon şartlarına dayanabilmektedir. Dahası, peynir altı suyu proteinleri fajlara ek bir koruyucu etki sağlayabilir. Fajların termal inaktivasyonu daha yüksek sıcaklıklar gerektirdiği ve protein denatürasyonuna yol açtığı için, protein yapısını değiştirmeden faj seviyelerini azaltmanın bir yolu olarak membran filtrasyonu gibi diğer alternatifler yollar araştırılmaktadır (de Melo ve ark., 2018).

b. Fabrika ortamı

Bakteriyofaj kontaminasyonunun diğer önemli kaynakları süt fabrikalarındaki hava ve yüzeylerdir. Endüstriyel ortamda fajların en mantıklı kaynağı çiğ süt olmasına rağmen, süt ürünlerinde çeşitli dağılım yolları meydana gelebilir. Aerosolizasyon şu anda önemli bir dağılım yolu olarak kabul edilmektedir. Personel hareketleri veya ekipman ve/veya ham maddelerin taşınması faj parçacıklarının aerosol olarak dağılmasına neden olabilir. Dağılımın kirlenmiş ve kirlenmemiş bölgeler arasında kısıtlanmaması durumunda bu aerosolizasyonun sonuçları daha da kötüdür. Ayrıca geri dönüştürülmüş yan ürünlerde bulunan fajlar,

biyoaerosoller havada uzun süre kalabildiğinden tüm fabrika ortamına yayılabilir. Bu, peynir fabrikalarında büyük bir sorundur çünkü peynir altı suyu ayrımı genellikle aerosol kaynaklı fajlara ve dolayısıyla fabrika ortamının kontaminasyonuna neden olmaktadır. Bu nedenle, peynir matrislerine geri dönüştürülmek üzere kullanılan peynir altı suyu proteinleri UV radyasyonuna, termal işleme ve membran filtrasyonuna işlemine tabi tutulmalıdır. Bu yöntemler, peynir altı suyunun geri dönüştürülmesi sırasında fermantasyon başarısızlığı riskini ortadan kaldırmayı amaçlamaktadır (Połaska ve Sokołowska, 2019; Marcó ve ark., 2012).

Personel ve ekipman hareketi, ham madde elleme, kirlenmiş yüzeyler etrafındaki hava deplasmanları ve sıvı sıçramaları virüsleri aerosolize edebilir ve havadaki faj parçacıklarının tüm fabrika ortamına yayılmasına neden olabilir. Fermantasyon süreci sırasında bir peynir üretim tesisinin farklı alanlarında havada 10^2 PFU/m³ ile 10^8 PFU/m³ arasında değişen faj konsantrasyonlar tespit edilmiştir. Havada viral tespit için artık çeşitli örnekleyiciler mevcuttur; ancak standart bir örnekleme prosedürü yoktur. Genellikle kantitatif PCR (qPCR) gibi viral enfeksiyözlükten bağımsız analitik yöntemler hava örneklerinin analizi için uygun hale gelmiştir (Fernández ve ark., 2017).

Bakteriyofajların havada uzun süre kalabilme yeteneği, biyoaerosoller virionların en önemli yayılma yollarından biri haline getirir. Ne yazık ki, şu anda mevcut teknolojilerin hiçbiri, laboratuvarlarda veya işleme tesislerinde süt ürünlerinin havasında asılı kalan bakteriyofajları etkisiz hale getirmek için uygun değildir (Guglielmotti, 2011).

c. Süt Yan Ürünleri (Peynir Altı Suyu Proteini ve Süt Tozu Konsantresi)

Modern peynir yapımında, peynir altı suyu bileşenlerinin (yani, parçacık halindeki peynir altı suyu proteinleri ve peynir altı suyu kreması) geri dönüştürülmesi ve bunların peynir sütüne dahil edilmesi, besin değerini ve peynir üretiminin ekonomik etkinliğini artırmak için sıklıkla yapılan uygulamalardır. Ancak, peynir altı suyu protein konsantreleri gibi yeniden kullanılan süt yan ürünleri süt ortamlarının faj kontaminasyonu tehlikesine açık hale getirmektedir. Bu nedenle, faj eliminasyon prosedürleri peynir altı suyunun geri dönüştürülmesi ile elde edilen peynir altı suyu tozlarının yoğurt ve taze peynir gibi fermente ürünlerde kullanımı durumlarında çok önem arz etmektedir (Atamer ve ark., 2013; Campagna ve ark., 2014).

Yoğurt, olgun peynir ve taze peynir üretimi için birçok ülkede süt tozu kullanılır. Fermantasyon işleminde, daha iyi nihai ürün kıvamı ve lezzetli ürün elde etmek için peynir altı suyu proteinleri sütü normalleştirmek için kullanılır. Peynir altı suyu protein konsantrelerinin geri dönüşümü, ürün verimini veya nihai ürünün kalitesini artırmak içindir ancak bu işlem, bu ürünlerdeki fajların varlığı nedeniyle güvenli değildir. Bu nedenle bu konsantreler, ürünün değerini etkileyebilen yüksek ısıya dayanıklı fajların kaynağıdır. Peynir altı suyu bileşenlerini ayırmak için ultrafiltrasyon ve/veya mikrofiltrasyon ile, membranlar kullanılarak fajlardan korunması mümkündür (Panzai, 2021; Fernández ve ark., 2017).

d. Alet ve Ekipmanlar

Diğer faj rezervuarları arasında ekipmanların etkisiz temizliği ve ekipmanları durulamak veya temizleyici ve dezenfektanların seyreltilmesi için kullanılan su üretim sürecinde kullanılan malzemeler ve ekipmanların yanı sıra süt tesislerindeki yüzeylerde fajların yayılmasına neden olur. Fajlar, konakçı organizmanın gelişimi için uygun koşulların bulunduğu, temizlik ve dezenfeksiyonun zor olduğu yerlerde bulunabilirler (Campagna ve ark., 2014; Fernández ve ark., 2017)

Önemsiz olmayan faj kontaminasyon kaynakları süt tesislerindeki çalışma yüzeyleridir. Yakın zamanda yapılan bir çalışmada, qPCR testi, zeminler, duvarlar, merdivenler, kapı kolları, ofis masaları, ekipmanlar, temizlik malzemeleri ve borular gibi çeşitli yüzeylerde c2 benzeri ve 936 benzeri laktokok fajlarının genetik materyalinin varlığına dair kanıtlar bulunmuştur (Marcó ve ark., 2012).

e. Profaj

Starter kültürü olarak kullanılan LAB suşları, bakteri kromozomuna entegre edilmiş lizogenik (ılımlı) fajlar içerebildiklerinden faj enfeksiyon kaynağı olabilirler. Faj yaşam döngüsünde, ılıman bir LAB bakteriyofajı, bakteriyel hücrelerin lizisine yol açmadan uzun süre profaj formunda kalabilir. Lizojeni, süt laktokokları, laktobasiller arasında yaygın olarak görülürken *Streptococcus thermophilus* suşlarında daha düşük bir sıklıkta görülür. Profajlar ısı, tuzlar, bakteriyosinler, mitomisin C, hidrojen peroksit, açlık, ultraviyole ışık gibi stres koşulları altında indüklenerek litik yaşam

döngüsüne girebilir (Fernández ve ark., 2017). Dahası, kusurlu profajların DNA'sı potansiyel olarak rekombinasyona girebilir ve konak suşu için enfektif olan litik fajlar üretebilir. Profajlar nispeten düşük (9'a kadar varan bir sıklıkta) seviyelerde de olsa, türetilmiş litik fajlara yol açabilir (Mercanti ve ark., 2011).

Mercanti ve ark yaptıkları çalışmada 30 ticari suş ve süt ürünlerinden izole edilmiş *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus paracasei* veya *Lactobacillus rhamnosus* suşunu genomdaki profajların varlığı açısından test etmiştir. Test edilen 30 suştan 25'inin genomda indüklenebilir profajlara sahip olduğu tespit edilmiştir (Mercanti ve ark., 2011). Bu nedenle, ticari olarak temin edilebilen starter kültürlerinin çoğu müşterilere ulaşmadan önce fajların varlığı açısından taranmalıdır (Połaska ve Sokołowska, 2019).

5. BAKTERİYOFAJLARIN TESPİT VE KONTROLÜ

5.1. Süt ürünlerinde faj tespit yöntemleri

Fermantasyon sürecini güvenli şekilde sürdürmek için, ürün bileşenlerdeki bakteriyofajların tespiti önemlidir. Araştırmalar, süt ürünleri üretiminde enfeksiyöz fajların erken tespitine odaklanmıştır. Faj izleme yöntemleri, hızlı, düşük maliyetli ve yüksek hassasiyetle değerlendirme için tasarlanmış mikrobiyolojik ve moleküler analiz tekniklerini içeren yöntemlerdir (del Rio ve ark., 2007). Faj tespiti için süt fermantasyonu sırasında asitleştirme adımı geciktirildiğinde veya durdurulduğunda, ilk olağan prosedür, standart mikrobiyolojik yöntemler (plak testi, aktivite testi) kullanılarak süt veya peynir altı suyu örneklerinde litik faj varlığı olup olmadığını incelemektir (Labrie ve Moineau, 2000). Endüstriyel süt tesislerinden fajların tespiti için en

yaygın yöntemlerden biri, asit üretimi yavaşladığında faj varlıklarının güvenilir bir göstergesini sağlayan süütün asitleşme oranına dayanan aktivite testidir. Asitleşme, pH ölçümleri, bir gösterge bileşiğinin renk değişimi veya süütün elektriksel iletkenliğindeki değişiklikleriyle test edilebilir. Başka bir yöntem, Plak testi olup enfeksiyöz faj partiküllerinin tespiti ve miktar tayini için kullanılan standart tekniktir, ancak yoğun emek gerektiren ve zaman alıcı bir tekniktir ve genel faj popülasyonu içindeki enfeksiyöz ve virülan partikülleri tespit eder. Akış sitometrisi, litik döngünün sonlarında bulunan lize olmuş bakteri hücrelerinin tespiti için de kullanılabilir hassas, (nispeten) hızlı ve tekrarlanabilir bir tespit tekniği olduğu belirtilmiştir. Faj kontaminasyonunun doğru ve hızlı bir şekilde izlenmesine olanak tanır bakteriyofajlarla enfekte edilmiş yağsız sütle zenginleştirilmiş kültür için etkili bir şekilde kullanılmıştır. Bu yöntemler kantitatif ve hassastır, ancak zaman alıcıdır. Son yıllarda, gerçek zamanlı PCR, NanoSight (NS) teknolojisini kullanan nanopartikül izleme analizi (NTA) tabanlı yaklaşım, transmisyon elektron mikroskobu (TEM), epifloresan mikroskopisi (EFM) gibi floresan boyama yöntemleri dahil olmak üzere virüs partikül tespiti ve sayımı amacıyla alternatif teknikler tanımlanmıştır (Fernández ve ark., 2017; Oliveira ve ark., 2017).

Mikrobiyolojik testler zaman alıcı olduğundan ve çoğunlukla tek gösterge suşlarının mevcudiyetine dayandığından, faj parçacıklarının veya bileşenlerinin (DNA, proteinler) varlığını tespit etmeye odaklanan bir dizi alternatif moleküler yöntem geliştirilmiştir. İmmünolojik analizler, virionun başlıca yapısal proteinlerine karşı spesifik antikorların kullanımına dayanırken, viral DNA, spesifik DNA

hibridizasyon problemleri veya polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) ile tespit edilebilir. PCR yöntemleri, süt ürünleri üretiminin farklı aşamalarında fajları tespit etmek ve tanımlamak için başarıyla uygulanmıştır. Tek bir reaksiyonda, multipleks PCR testi, LAB'yi enfekte eden en yaygın fajlardan birkaçını, örneğin *L. lactis* faj türleri P335, 936 ve c2 ve *S. thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii*'yi enfekte eden fajların tespitini sağlamaktadır. Geleneksel PCR'den daha hassas olan gerçek zamanlı qPCR, bir hedef genin kopya sayısını tahmin etmek için kullanılabilir ve bu da kantitatif viral kontaminasyon tanısına olanak tanır. Aynı reaksiyonda farklı florojenik ajanlar kullanılarak farklı hedefleri tespit etmek için multipleks qPCR tekniğini geliştirmek mümkündür. Son zamanlarda, faj metagenomik çalışmaları, süt işletmelerinde faj popülasyonlarının biyolojik çeşitliliğini ve dinamiklerini değerlendirmek için yürütülmüş ve uygun kontrol stratejileri için rasyonel bir temel sağlanmıştır (Binetti ve ark., 2008; Połaska ve Sokołowska, 2019; Fernández ve ark., 2017).

5.2. Bakteriyofajlara karşı kontrol yöntemleri

Süt fermantasyon sürecinde bakteriyofajlar kalıcı bir sorun oluşturarak sütü bozabilir, fermantasyonu geciktirebilir veya durdurulabilir. Süt endüstrisinde faj enfeksiyonunun starter kültür aktivitesi üzerindeki etkisini azaltmak için alınan önlemler şunlardır:

- Sanitasyon rejimleri, faj yükünü azaltmak için süt tesisi araçlarının ısı veya kimyasal işlemler ile dezenfeksiyonu, hava filtrasyonu

- Toplu starter hazırlama alanının peynir üretim ve peynir altı suyu işleme alanlarından ayrılması
- Bakteriyofaja duyarsız sağlam dirençli ve karakterizasyonu kolay mutantların (BIM'ler) üretimi
- LAB, özellikle laktokoklar ve onları enfekte eden bakteriyofajlar arasındaki etkileşimlerin incelenmesi
- Toplu starter kültür hazırlama aşamasında faj inhibe edici ortamların kullanılması
- Peynir fiçılarının dondurulmuş konsantre starter kültürlerle doğrudan aşılması
- Karışık suş kültürlerinin kullanımı, ikincil kültür yöntemi
- Faj maruziyetini takiben mutant kütüphanelerin oluşturulması
- Yüksek titrelili fajların varlığında seri pasajlama
- Kimyasal mutagenezi içeren çeşitli yöntemleri kullanarak üretim
- Fajla ilgisi olmayan suşların rotasyonu (Mc Grath ve ark., 2007; McDonnell ve ark., 2018).

Faj enfeksiyonunun insidansını kontrol etme yöntemleri üzerine yapılan araştırmalar, özellikle fonksiyonel gıdalar da dahil olmak üzere yeni fermantasyon ürünlerinin geliştirilmesinde önemli hale gelmiştir. Müdahale yöntemlerinin büyük çoğunluğu iyi üretim uygulamalarına (GMP) ve özellikle dezenfektanların veya biyositlerin uygulanmasına ve fajı ekipmandan ve hava ortamından uzaklaştırmak için ısı işleme dayanmaktadır. Genel olarak, mezofilik LAB fajlarının geniş bir ısı direnci aralığına sahip olduğu bildirilmiştir (Chen ve ark., 2017). Süt sektöründe ekipman ve tesislerin temizlenmesi mikroorganizmaların

büyük bir kısmını ortadan kaldırılabile de kalan LAB'nin varlığı faj kontaminasyonu riskini artırabilir. Dezenfeksiyon ile temizlik prosedürlerinden sağ kurtulan mikroorganizmaları imha ederek tesis içinde fajların yayılmasını önlenabilir. Çok sayıda ticari kimyasal temas yüzeylerini dezenfekte etmek ve temizlemek için gıda işleme tesislerinde kullanılmaktadır. Gıda ile temas eden dezenfektanların sağlık otoriteleri tarafından onaylanması için minimum kalıntı seviyesi, düşük insan toksisitesi ve antimikrobiyal etkinlik (5 dakikada belirli bakteri veya virüslerde minimum 3 log azaltma veya dezenfektan iddiası olan bir dezenfektan için 30 saniyede 5 log azaltma) gibi çeşitli kriterleri karşılaması gerekmektedir. Süt endüstrisinde ve temizlik prosedürlerinde kullanılan çeşitli biyositlerin, LAB suşlarını enfekte eden farklı fajlar üzerinde viral etkinliği test edilmiştir. Perasetik asit ve sodyum hipoklorit içeren ürünlerin faj parçacıklarının inaktivasyonu için en etkili biyosit olduğu belirlenirken, etanol ve izopropanol genellikle etkili bulunamamıştır. Genel olarak, *L. lactis* fajlarında perasetik asit (%0,15 (v/v)) etkili bir dezenfektandır, sodyum hipoklorit ise uzun süreli temas gerektirir (Campagna ve ark., 2014; Fernández ve ark., 2017).

Isı, çiğ sütte geleneksel olarak karşılaşılan mikroorganizmaların çoğunu etkisiz hale getirmek için kullanılan birincil işlemdir. Isıtma faj parçacıklarının aktivitesini azaltabilse de, birçok LAB fajı klasik pastörizasyon prosedürleriyle (30 dakika boyunca 63°C veya 15 saniye boyunca 72°C) inaktive edilemez. Fajların ısı ve basınç direncinin türe bağlı olduğu ve bazı fajların 72–75°C'de 15–30 saniye boyunca kısa süreli pastörizasyona dayanabildiği iyi bilinmektedir. Bu nedenle, fajları inaktive etmek için darbeleri elektrik alanı, yüksek hidrostatik basınç ve

yüksek basınçlı homojenizasyon gibi yeni ortaya çıkan termal olmayan tekniklerin ısıyla kombinasyon yaygın kullanım alanına sahiptir. Sütün yüksek ısıda işlenmesi, sütün peynir yapım özelliklerini bozmaktadır. Örneğin, UHT ile işlenmiş bir sütte, peynir altı suyu proteinlerinin %80'i denatüre olur ve kazein miselleriyle birleşir. Sonuç olarak, kazein agregasyonu engellenir ve bununla birlikte sütün rennet ile pıhtılaşma özellikleri bozulur. Buna karşılık, yüksek basınçla işlenmiş süt, peynir yapımındaki işlevselliğini çoğunlukla korur (Müller ve ark., 2005; Campagna ve ark., 2014; Fernández ve ark., 2017).

Çiğ süt ve ürünlerinin yanı sıra faj kaynaklarından birisi de ortam favasıdır. Havadaki mantarları, bakterileri ve sporları yok etmeyi amaçlayan fotokataliz uygulaması yapılmaktadır. Bu uygulama yakın zamanda *Lactobacillus casei*, *Lb. delbrueckii* ve *Lactobacillus plantarum*'u enfekte eden virüsleri etkisiz hale getirmek için uygulanmıştır. TiO₂ (Titanyum dioksit) ile fotokatalitik işlem, ısıl işlem, ultraviyole ışınlama ve kimyasal dezenfektan dozajı gibi prosedürlere bir alternatif olarak dikkat çekmiştir. Fotokataliz, kalıntı olmaması, ayrıca nadir seçicilik ve kolay kullanım nedeniyle çeşitli kirletici karışımlarının işlenmesinin mümkün olması gibi çeşitli avantajlar sunar. Dahası, TiO₂ düşük maliyeti, bolluğu ve toksik olmayan özellikleri nedeniyle katalizör olarak en sık kullanılan bileşiktir. Yarı iletken TiO₂, 385 nm'nin altındaki dalga boylarına sahip ışıkla foton uyarıldığında bir indirgeyici veya oksitleyici potansiyel kazanır, böylece organik bileşiklerin ayrışması ve organizmaların deaktivasyonu dahil olmak üzere çeşitli kimyasal reaksiyonları katalize eder. Fotokataliz genellikle havadaki mantar,

bakteri ve sporların yok edilmesi için uygulanmaktadır (Marcó ve ark., 2011).

Starter/suş rotasyonu muhtemelen tanımlanmış starter kültürlerin kullanımı kadar eskidir ve bugün hala, özellikle bir peynir tesisinde, ardışık fermantasyon süreçleri boyunca aynı fajın tekrarlayan çoğalmasını önlemek için etkili faj kontrol sistemlerinden biridir. Yine de, suş rotasyonu bir peynir tesisinde yeni virülan fajların ortaya çıkışını tespit etmek için titiz bir takip gerektirir. Günümüzde, suş rotasyon protokolünü ayarlamak için yeni fajların faj türü (PCR ile) ve konak aralığı (mikrobiyolojik analizlerle) tanımlanmalıdır. Ek olarak, konak aralığı tanımlanmış starter kültürlerdeki faja en duyarlı LAB suşlarını tanımlanabilir ve belki de sonunda bunların ilgisiz suşlarla değiştirilmesi sağlanabilir. Bu teknik tüm üretim süreçleri için uygun olmasa da fajlardan kaynaklanan fermantasyon hatalarını en aza indirmek için nispeten kullanışlı bir metottur (Garneau ve Moineau, 2011).

Bakteriyofajlar ilk olarak süt endüstrisinde fermantasyon başarısızlığının başlıca nedeni olarak tanımlanmasından bu yana yoğun araştırmaların odak noktası olmuştur. Son yıllarda, moleküler biyolojik uygulamalar, bu etkileşimlerin altında yatan moleküler süreçlerin çok daha derin bir şekilde anlaşılmasını sağlamıştır. Birçok LAB'nin doğal savunma mekanizmalarına sahip olduğunun keşfi, istenen fermantasyon özelliklerini gösteren yeni faj dirençli suşların geliştirilmesinin kapısını açmıştır (Mc Grath ve ark., 2007)

Bu direnç mekanizmaları, etki biçimlerine göre dört ana gruba ayrılmıştır:

- (a) faj parçacıklarının hücre yüzeyine adsorpsiyonunu önleyen adsorpsiyon müdahalesi;
- (b) hücreye başarılı bir şekilde bağlanan fajların DNA'larını hücre sitoplazmasına enjekte etmesini önleyen DNA enjeksiyonu blokajı;
- (c) gelen DNA moleküllerinin hücre içi bozulmasına neden olan kısıtlama/modifikasyon;
- (d) enfeksiyonu sonlandırma. İlginç bir şekilde, bu sistemlerin çoğu plazmit kodludur ve herhangi bir bakteri suşunun genel direncini artırmak için bir suştan diğerine taşınabilir (Mc Grath ve ark., 2007; Garneau ve Moineau, 2011). Kendiliğinden bakteriyofaj duyarsız mutantların (BIM'ler) izolasyonu, konjugatif plazmitleri olmayan bakteriler için uygulanabilir bir alternatiftir ve hiçbir genetik manipülasyon içermez. Öte yandan, genetiği değiştirilmiş suşların inşası yoğun bir şekilde incelenmiştir. LAB doğal faj savunma mekanizmalarına ve faj elemanlarına dayalı çeşitli genetik araçlar tasarlanmıştır. Bu tasarlanmış antifaj yaklaşımlarının örnekleri arasında replikasyon orijinli klonlama, antisens RNA teknolojisi, faj tetiklemeli intihar sistemleri, faj proteinlerinin aşırı üretimi ve antikor parçalarının nötralize edilmesi yer almaktadır. Bununla birlikte, mevzuat ve tüketicilerin genetiği değiştirilmiş organizmalar (GDO'lar) konusundaki endişeleri, bunun süt endüstrisine uygulanmasını zorlaştırmaktadır (Fernández ve ark., 2017).

KAYNAKLAR

- Abedon, S. T., Thomas-Abedon, C., Thomas, A., & Mazure, H. (2011). Bacteriophage prehistory: is or is not Hankin, 1896, a phage reference?. *Bacteriophage*, 1(3), 174-178.
- Ackermann, H. W. (2012). Bacteriophage electron microscopy. *Advances in virus research*, 82, 1-32.
- Apra, G., D'Angelo, A. R., Prencipe, V. A., & Migliorati, G. (2015). Bacteriophage morphological characterization by using transmission electron microscopy. *J Life Sci*, 9(1), 214-20.
- Atamer, Z., Ali, Y., Neve, H., Heller, K. J., & Hinrichs, J. (2011). Thermal resistance of bacteriophages attacking flavour-producing dairy *Leuconostoc* starter cultures. *International dairy journal*, 21(5), 327-334.
- Atamer, Z., Samtlebe, M., Neve, H., J. Heller, K., & Hinrichs, J. (2013). Elimination of bacteriophages in whey and whey products. *Frontiers in Microbiology*, 4, 191.
- Belay, M., Sisay, T., & Wolde, T. (2018). Bacteriophages and phage products: Applications in medicine and biotechnological industries, and general concerns. *Scientific Research and Essays*, 13(6), 55-70.
- Bissonnette, F., Labrie, S., Deveau, H., Lamoureux, M., & Moineau, S. (2000). Characterization of mesophilic mixed starter cultures used for the manufacture of aged cheddar cheese. *Journal of dairy science*, 83(4), 620-627.
- Bradley, D.E., "Ultrastructure of bacteriophage and bacteriocins", *Bacteriological Reviews* 31(4), 230, 1967.
- Brüssow, H., Bruttin, A., Desiere, F., Lucchini, S., & Foley, S. (1998). Molecular ecology and evolution of *Streptococcus thermophilus* bacteriophages—a review. *Virus genes*, 16(1), 95-109.

- Campagna, C., Villion, M., Labrie, S. J., Duchaine, C., & Moineau, S. (2014). Inactivation of dairy bacteriophages by commercial sanitizers and disinfectants. *International journal of food microbiology*, 171, 41-47.
- Campbell, A. (2003). The future of bacteriophage biology. *Nature Reviews Genetics*, 4(6), 471-477.
- Casey, C. N., Morgan, E., Daly, C., & Fitzgerald, G. F. (1993). Characterization and classification of virulent lactococcal bacteriophages isolated from a Cheddar cheese plant. *Journal of Applied Microbiology*, 74(3), 268-275.
- Chen, X., Liu, Y., Fan, M., Wang, Z., Wu, W., & Wang, J. (2017). Thermal and chemical inactivation of *Lactobacillus* virulent bacteriophage. *Journal of Dairy Science*, 100(9), 7041-7050.
- Cisek, A. A., Dąbrowska, I., Gregorczyk, K. P., & Wyżewski, Z. (2017). Phage therapy in bacterial infections treatment: one hundred years after the discovery of bacteriophages. *Current microbiology*, 74, 277-283.
- Clark, J. R. (2015). Bacteriophage therapy: history and future prospects. *Future Virology*, 10(4), 449-461.
- de Melo, A. G., Levesque, S., & Moineau, S. (2018). Phages as friends and enemies in food processing. *Current opinion in biotechnology*, 49, 185-190.
- del Rio, B., Binetti, A. G., Martín, M. C., Fernández, M., Magadan, A. H., & Alvarez, M. A. (2007). Multiplex PCR for the detection and identification of dairy bacteriophages in milk. *Food microbiology*, 24(1), 75-81.
- Deveau, H., Labrie, S. J., Chopin, M. C., & Moineau, S. (2006). Biodiversity and classification of lactococcal phages. *Applied and environmental microbiology*, 72(6), 4338-4346.
- Erles, K. (2011). Understanding viruses. In *Practice*, 33(7), 302-308.

- Fernández, L., Escobedo, S., Gutiérrez, D., Portilla, S., Martínez, B., García, P., & Rodríguez, A. (2017). Bacteriophages in the dairy environment: from enemies to allies. *Antibiotics*, 6(4), 27.
- Garneau, J. E., & Moineau, S. (2011). Bacteriophages of lactic acid bacteria and their impact on milk fermentations. *Microbial cell factories*, 10(Suppl 1), S20.
- Gemechu, T. (2015). Review on lactic acid bacteria function in milk fermentation and preservation. *African Journal of Food Science*, 9(4), 170-175.
- Goodridge, L., & Abedon, S. T. (2003). Bacteriophage biocontrol and bioprocessing: application of phage therapy to industry. *SIM news*, 53(6), 254-262.
- Guglielmotti, D. M. (2011). Review: efficiency of physical and chemical treatments on the inactivation of dairy bacteriophages. *Front Microbiol* 2 (JAN): 1–11.
- Kamiński, B., & Paczesny, J. (2024). Bacteriophage Challenges in Industrial Processes: A Historical Unveiling and Future Outlook. *Pathogens*, 13(2), 152.
- Kasman, L. M., & Porter, L. D. (2022). Bacteriophages. In StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing.
- Keen, E. C. (2015). A century of phage research: bacteriophages and the shaping of modern biology. *BioEssays: news and reviews in molecular, cellular and developmental biology*, 37(1), 6.
- Kleppen, H. P., Bang, T., Nes, I. F., & Holo, H. (2011). Bacteriophages in milk fermentations: diversity fluctuations of normal and failed fermentations. *International dairy journal*, 21(9), 592-600.
- Kleppen, H. P., Nes, I. F., & Holo, H. (2012). Characterization of a *Leuconostoc* bacteriophage infecting flavor producers of cheese starter cultures. *Applied and environmental microbiology*, 78(18), 6769-6772.

- Kurtböke, İ. (Ed.). (2012). Bacteriophages. BoD–Books on Demand.
- Labrie, S., & Moineau, S. (2000). Multiplex PCR for detection and identification of lactococcal bacteriophages. *Applied and Environmental Microbiology*, 66(3), 987-994.
- Lu, T. K., & Koeris, M. S. (2011). The next generation of bacteriophage therapy. *Current opinion in microbiology*, 14(5), 524-531.
- Madera, C., Monjardín, C., & Suárez, J. E. (2004). Milk contamination and resistance to processing conditions determine the fate of *Lactococcus lactis* bacteriophages in dairies. *Applied and environmental microbiology*, 70(12), 7365-7371.
- Marcó, M. B., del Luján Quiberoni, A., Negro, A. C., Reinheimer, J. A., & Alfano, O. M. (2011). Evaluation of the photocatalytic inactivation efficiency of dairy bacteriophages. *Chemical engineering journal*, 172(2-3), 987-993.
- Marcó, M. B., Moineau, S., & Quiberoni, A. (2012). Bacteriophages and dairy fermentations. *Bacteriophage*, 2(3), 149-158.
- Mc Grath, S., Fitzgerald, G. F., & van Sinderen, D. (2007). Bacteriophages in dairy products: pros and cons. *Biotechnology Journal: Healthcare Nutrition Technology*, 2(4), 450-455.
- McDonnell, B., Mahony, J., Hanemaaijer, L., Kouwen, T. R., & van Sinderen, D. (2018). Generation of bacteriophage-insensitive mutants of *Streptococcus thermophilus* via an antisense RNA CRISPR-Cas silencing approach. *Applied and Environmental Microbiology*, 84(4), e01733-17.
- McIntyre, K., Heap, H. A., Davey, G. P., & Limsowtin, G. K. (1991). The distribution of lactococcal bacteriophage in the environment of a cheese manufacturing plant. *International Dairy Journal*, 1(3), 183-197.

- Mercanti, D. J., Carminati, D., Reinheimer, J. A., & Quiberoni, A. (2011). Widely distributed lysogeny in probiotic lactobacilli represents a potentially high risk for the fermentative dairy industry. *International journal of food microbiology*, 144(3), 503-510.
- Merril, C., Scholl, D. and Adhya, S., (2006). Phage therapy. In *The Bacteriophages*, Calendar, R. (Ed.), Oxford University Press, Oxford,
- Moineau, S., Borkaev, M., Holler, B. J., Walker, S. A., Kondo, J. K., Vedamuthu, E. R., & Vandenberg, P. A. (1996). Isolation and characterization of lactococcal bacteriophages from cultured buttermilk plants in the United States. *Journal of Dairy Science*, 79(12), 2104-2111.
- Müller-Merbach, M., Rauscher, T., & Hinrichs, J. (2005). Inactivation of bacteriophages by thermal and high-pressure treatment. *International Dairy Journal*, 15(6-9), 777-784.
- Nikolich, M. P., & Filippov, A. A. (2020). Bacteriophage therapy: Developments and directions. *Antibiotics*, 9(3), 135.
- Oliveira, J., Mahony, J., Hanemaaijer, L., Kouwen, T. R., Neve, H., MacSharry, J., & van Sinderen, D. (2017). Detecting *Lactococcus lactis* prophages by mitomycin C-mediated induction coupled to flow cytometry analysis. *Frontiers in Microbiology*, 8, 1343.
- O'Sullivan, L., Bolton, D., McAuliffe, O., & Coffey, A. (2019). Bacteriophages in food applications: From foe to friend. *Annual Review of Food Science and Technology*, 10(1), 151-172. *Frontiers in microbiology*, 8, 1343.
- Panezai, N. (2021). Strategies used to control bacteriophages contamination in dairy food and industry. *Pak-Euro Journal of Medical and Life Sciences*, 4(Special Is), S1-S10.
- Pońska, M., & Sokołowska, B. (2019). Bacteriophages—a new hope or a huge problem in the food industry. *AIMS microbiology*, 5(4), 324.

- Prevots, F., Mata, M., & Ritzenthaler, P. A. U. L. (1990). Taxonomic differentiation of 101 lactococcal bacteriophages and characterization of bacteriophages with unusually large genomes. *Applied and environmental microbiology*, 56(7), 2180-2185.
- Ptashne, M. (2006). Lambda's switch: lessons from a module swap. *Current Biology*, 16(12), R459-R462.
- Sakin Şahin, T. (2021). *Escherichia coli O157: H7'yi enfekte eden bakteriyofajların izolasyonu, karakterizasyonu ve ıspanak ve hiy0arda biyokoruyucu olarak kullanılma imkânlarının belirlenmesi*. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde
- Salmond, G.P. and Fineran, P.C., “A century of the phage: past, present and future”, *Nature Reviews Microbiology* 13(12), 777-786, 2015.
- Shiby, V. K., & Mishra, H. N. (2013). Fermented milks and milk products as functional foods—A review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 53(5), 482-496.
- Smith, H.W. and Huggins, M.B., (1983). Effectiveness of phages in treating experimental *Escherichia coli* diarrhoea in calves, piglets and lambs, *Microbiology* 129(8), 2659-2675.
- Sulakvelidze, A., Alavidze, Z., & Morris Jr, J. G. (2001). Bacteriophage therapy. *Antimicrobial agents and chemotherapy*, 45(3), 649-659.
- Taylor, M. W., & Taylor, M. W. (2014). Phage therapy and the future. *Viruses and Man: A History of Interactions*, 309-319.
- Titer, P., “Isolation of bacteriophage from sewage and determination of phage titer”, *Bacteriophage* 37(1):277–84, 2016.
- Wagner, N., Brinks, E., Samtlebe, M., Hinrichs, J., Atamer, Z., Kot, W., ... & Heller, K. J. (2017). Whey powders are a rich source and excellent storage matrix for dairy bacteriophages. *International Journal of Food Microbiology*, 241, 308-317.

- Widyastuti, Y., & Febrisiantosa, A. (2014). The role of lactic acid bacteria in milk fermentation. *Food and Nutrition Sciences*, 2014.
- Wittebole, X., De Roock, S., & Opal, S. M. (2014). A historical overview of bacteriophage therapy as an alternative to antibiotics for the treatment of bacterial pathogens. *Virulence*, 5(1), 226-235.

BÖLÜM 2

SÜT ENDÜSTRİSİNDE STARTER KÜLTÜRLER VE ÖNEMİ

Dr. Öğr. Üyesi Nazife YILMAZ¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14585362>

¹ Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Erzincan, Türkiye. nazife.kacmaz@erzincan.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-3000-7874

1. GİRİŞ

Fermente süt ürünlerinin insan beslenmesindeki rolü tartışılmaz ve bu ürünlerin önemleri antik çağlardan günümüze kadar uzanmaktadır. Bu ürünler uzun zamandır besleyici diyetin önemli bir bileşeni olmuştur. Çeşitli fermente gıdaların tıbbi ve besleyici özellikleri birkaç nesil tarafından deneyimlenmiştir. Fermente süt ürünleri, yüzyıllardır evcilleştirilmiş neredeyse tüm süt hayvanlarının sütünden yapılmaktadır. Birçok yeni fermente süt ürünü türü yaygın kullanımı nedeni ile tüm dünyada popüler hale gelmiştir (Parmjit, 2011).

Küresel süt endüstrisi, artan tüketici talebi ve çevresel etkiyi azaltmak için sürdürülebilir ve iyi tarım uygulamaları ile insanların besin ihtiyacını karşılamayı hedeflemektedir. Fermentasyon ile mevcut süt dayanıklı hale getirilerek hem bozulması önlenmiş hem de yeni tat, aroma ve yapıda dayanım süresi yüksek ürünler elde edilmektedir. Bu aşamada istenilen (standart) ürün elde etmek en temel problemdir (Parmjit, 2011; Oğuz ve Andiç, 2019). Bu sorunların merkezinde üretimde temel rol oynayan süt starter kültür performansının optimize edilmesi yer almaktadır. Başlıca laktik asit bakterilerinden oluşan bu mikrobiyal kültürler, yoğurttan peynire kadar çok çeşitli süt ürünlerinin kalitesini, güvenliğini ve organoleptik özelliklerini belirlemede önemli bir rol oynamaktadır. Starter kültürler süt teknolojisinde fermantasyonun sorunsuz bir şekilde gerçekleştirilerek son üründe istenilen kalitenin sağlanması açısından süt endüstrisinde kullanılan önemli mikrobiyal topluluklardır. Starter kültür aktivitesini optimize etmek daha verimli fermantasyon süreçlerine yol açabilir, bu da potansiyel olarak işleme sürelerini ve enerji gereksinimlerini azaltabilir. Bu da kısa zamanda

standart, kaliteli ürün üretimine, daha düşük sera gazı emisyonlarına ve süt ürünleri için azaltılmış karbon ayak izine katkıda bulunabilir (Parmjit, 2011; Jalalova ve ark., 2024).

2. STARTER KÜLTÜR

Starter kültür, en az bir mikroorganizmanın çok sayıda hücrelerinin bir ham maddeye eklenmesiyle fermente bir gıda üretmek ve fermantasyon sürecini hızlandırıp yönlendirmek amacı ile hazırlanan mikrobiyal preparattır. Laktik asit bakteri grubu (LAB) bu süreçte önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle fermente gıda ve içecek üretiminde uzun ve güvenli bir uygulama ve tüketim geçmişine sahiptirler. Fermantasyonda organik asitlerin özellikle laktik asidin üretimi ile ham madde asitlik düzeyinin hızlıca artışına neden olurlar. Bunun yanı sıra oluşan asetik asit, etanol, aroma bileşikleri, bakteriyosinler, ekzopolisakkaritler ve çeşitli enzimlerin üretiminde de rol oynarlar. Oluşan bu ürünlerle raf ömrünü ve mikrobiyal güvenliği artırır, dokuyu iyileştirir ve son ürünün duyuşal profiline katkı sağlarlar (Rakib ve ark., 2017).

19. yüzyılın ortalarında Louis Pasteu ve arkadaşları mikroorganizmaların gıdaların bozulmasında etkili olduğunu keşfetmiştir. Gıda gruplarından birisi olan çiğ süt işlem görmemiş haldeyken oldukça çabuk bozulmaya uğramaktadır çünkü doğal olarak oluşan enzimler ve kirletici mikroorganizmalar tarafından bozulmaya karşı hassastır. Bu amaçla gıdanın fermantasyon yoluyla korunması süt gibi kıymetli bir gıda da kullanılan en eski tekniklerden biridir, çünkü fermantasyon, çiğ gıda malzemelerinin endojen mikroflora tarafından korunmadan bırakılmasıyla sonuçlanan bir süreci oluşturmaktadır. En

eski gıda işleme yöntemleri arasında mayalı ekmek yapımı, bira, sake ve şarap mayalanması, yoğurt ve peynir üretimi yer alır. Süt maya kültürlerinin fermente süt ürünlerinin üretiminde binlerce yıl öncesine dayanan uzun bir geçmişi vardır. En eski yöntem, hammaddede bulunan yerel mikroorganizmalara dayanır. Bu kültürler, esas olarak laktik asit bakterilerinin belirli birkaç üyesinden oluşur (Bintsis, 2018). L. Pasteur'ün laktik asit fermantasyonunu incelemesinden 10 yıl sonra 1873'te Joseph Lister tarafından laktik asit bakterilerinin karışık bir popülasyonundan saf halde izole edilen ve bilimsel olarak tanımlanan ilk saf kültürü *Lactococcus lactis* (*Bacterium lactis*)'dir. Peynir ve ekşi süt üretimi için starter kültürler 1890'da tanıtılırken, fermente gıdalar insan tarafından 5000 yıldan uzun süredir kullanılmaktadır. 20. yüzyılın başlarında "laktik asit bakterileri" (LAB) terimi, sütü ekşiten organizmaları ifade etmek için kullanılmaya başlandı. Orla-Jensen'in 1919'daki monografisi, LAB'nin mevcut sınıflandırmasının temelini oluşturdu. Standart koşullar altında yetiştirilen laktik asit bakterisi aerotolerant, aside toleranslı, organotrofik ve fermentatif, kesinlikle çubuk veya kok olan son ürün olarak ise laktik asit üreten bir bakteridir. Sitokromlardan yoksundur ve porfirin sentezleyemez. Özellikleri belirli koşullar altında değişebilir. Hücre bölünmesi pediokoklar hariç tek bir düzlemde gerçekleşir. Hücreler genellikle hareketsizdir. Vitaminler ve amino asitler gibi karmaşık büyüme faktörlerine ihtiyaç duyarlar. Orla-Jensen tarafından kullanılan hücresel morfoloji, glikoz fermantasyon modu, büyüme sıcaklık aralıkları ve şeker kullanım özellikleri gibi kriterler LAB sınıflandırması için hala çok önemli parametrelerdir. Moleküler ve biyolojik yöntemler gibi modern taksonomik araçların ortaya çıkması, Orla-Jensen tarafından başlangıçta tanınan dört cinsten

(Lactobacillus, Leuconostoc, Pediococcus ve Streptococcus) sonra LAB cinsinin sayısını artırmıştır (Axelsson, 2004).

Fermantasyon sırasında proteinler ve nişasta gibi makromoleküller, mikroorganizmalar tarafından üretilen enzimler vasıtasıyla amino asitlere, monosakkaritlere, organik asitlere ve uçucu bileşiklere parçalanır. Bu işlem ile ham maddelere kıyasla iyileştirilmiş duyuusal özelliklere sahip olan fermente gıdalar elde edilir. Ek olarak, fermantasyona katılan mikroorganizmalar, bozulma veya patojenik bakterilerin büyümesini engelleyen ve dolayısıyla gıdanın depolama özelliklerini iyileştiren organik asitler ve bakteriyosinler gibi metabolitler üretir. Bu nedenle, fermantasyon, eski çağlardan beri gıdaların depolanmasında ve raf ömrünün uzatılmasında kullanılan bir yöntem olmuştur (Smit ve ark., 2005; Adams ve Nicolaidis, 1997).

Bazı fermantasyonlar, fermente edilecek materyalde yaşayan uygun bir mikrofloranın varlığı ile kendiliğindedir başlayabilir. Bununla birlikte, günümüzdeki gıda fermantasyonlarının çoğu elde edilecek ürüne uygun belirli mikroorganizma kaynağı ile aşılama sonucu oluşan bir süreçtir. Bu mikroorganizma kaynağı önceki başarılı bir fermantasyondan elde edilen materyal veya özel olarak üretilmiş starter kültürler olabilir (Høier ve ark., 2010). Gıda fermantasyonu, ilgili mikroorganizmaların kökenine bağlı olarak ikiye ayrılabilir;

1. Doğal Fermantasyon (geri eğimli-back sloping)
2. Starter Fermantasyonu

Doğal fermantasyon, ham maddelerde veya çevrede bulunan mikroorganizmaları içerir. Fermente edilecek gıdanın bir gün önceki

üründen alınan bir numune ile "aşılması", yani back-sloping işlemine dayanır. Geri eğimli (back sloping) fermantasyonda, fermente edilmiş ürünün bir kısmının yeni fermantasyonun başlangıç aşamasında eklemesi ve mayalanmaya bırakılması ile elde edilir. Starter fermantasyonu ise fermantasyona yol açan saf mikroorganizmaların başarılı bir şekilde izole edilmesi ve bunların daha sonra yeni fermantasyon için tek veya karışık starter suşları olarak kullanılmasıdır. Fermente gıda ürünlerinin üretiminde kullanılan geleneksel fermantasyon yönteminin bazı dezavantajları vardır, esas olarak ürünün kalitesinde büyük dalgalanmalar olmasına rağmen, yine de bazı ev yapımı ürünler için halen yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin lahana turşusu ve ekşi maya üretiminde ve özellikle mikrobiyal ekoloji ve mikrobiyal popülasyondaki ardışıklıkların kesin rolünün iyi bilinmediği ürünlerde, back sloping kullanılmaya devam etmektedir. Kendiliğinden fermantasyon ve geri sloping yoluyla fermente edilmiş gıda ve içecek üretimi, daha az gelişmiş ülkelerde ucuz ve güvenilir bir koruma yöntemidir. Back-sloping'in seçilmiş bir starter kültür ile değiştirilmesi gerekliliği çok erken bir zamanda anlaşılmıştır. Fermente gıdaların üretiminin otomatikleştirildiği ve sürecin tam kontrol ile büyük miktarlarda üretildiği günümüzde ticari starter kültürlerin kullanımı fermente bir ürünün başarılı üretilmesinin ayrılmaz bir parçasını oluşturmaktadır (Ray ve Joshi, 2014; Bintsis, 2018).

Fermantasyon, binlerce yıldır gıdanın organoleptik özelliklerini korumak ve geliştirmek için bir yöntem olarak kullanılmaktadır (Hutkins, 2006). Bugün dünya çapında tüketilen 5.000'den fazla fermente yiyecek ve içecek çeşidi olduğu tahmin edilmektedir (Tamang

ve ark., 2016). Fermantasyon, gıdaların raf ömürlerinin geliştirilmesine ve arzu edilen organoleptik özelliklere ilaveten iyileştirilmiş mikrobiyal stabiliteye ve güvenliğe sahip aynı zamanda ortam sıcaklığında bile saklanabilen yeni gıda ürünlerinin üretimine imkân vermektedir. Bununla birlikte gıda hammaddelerinin besin değerinde veya sindirilebilirliğinde artışa yol açarken gıda fermantasyon süreçleri de tüketiciler için de daha fazla lezzete sahip ürünlere oluşumuna yol açmaktadır. İyi bilinen fermente gıda örnekleri arasında bira ve şarap gibi alkollü içecekler, yoğurt ve peynir gibi süt ürünleri, turşu ve lahana turşusu gibi fermente sebzeler ve çeşitli sosis türlerindeki fermente et ürünleri yer almaktadır. Fermantasyon gıda ortamlarına bağlı olarak çeşitli mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilir. Gıda fermantasyonlarında yer alan yaygın mikroorganizma grupları bakteriler, mayalar ve küflerdir. En önemli bakteriler arasında karbonhidratlardan laktik asit üretme yeteneğine sahip olan Lactobacillaceae ailesi yer almaktadır. Diğer önemli bakteriler ise asetik asit üreten Acetobacter (çoğunlukla meyve ve sebzelerin fermantasyonundan) ve Bacillus'tur (baklagillerin fermantasyonunda). İstenilen gıda fermantasyonu açısından faydalı mayalar Saccharomyces ailesindedir, özellikle *S. cerevisiae* mayası şarap, bira ve etanol üretimi ve ekmeğin mayalanması gibi istenen biyokimyasal reaksiyonlarla sonuçlanan besinler ve enzimler üretiminde kullanıldığı için gıda endüstrisinde ayrı bir öneme sahiptir. Alkollü fermantasyonlar normalde maya içerirken süt fermantasyonlarındaki en önemli bakteriler *Streptococcus thermophilus*, Lactococcus, Lactobacillus ve Leuconostoc'un farklı türleridir (Ray ve Joshi, 2014; Johansen, 2018).

3. FERMENTE SÜT ÜRÜNLERİ

Fermente süt ürünleri, uygun ve zararsız mikroorganizmaların etkisiyle sütün fermantasyonundan elde edilir. Laktik asit bakterilerine ek olarak, fermente süt ürünleri, fermantasyon sırasında üretilen bakteri kaynaklı metabolitlerin yanı sıra biyoaktif bileşiklere de sahiptir. Fermente süt ürünleri özellikleri nedeniyle, nihai ürüne yalnızca besinsel olmayan özellikler kazandıran bileşenlerin ve/veya besinlerin dahil edilmesi için mükemmel bir matristir ve bu da onları sağlıklı bir diyetle bulunması gereken işlevsel gıdalar haline getirir (García ve ark., 2020).

Fermente süt ürünlerinde starter kültür olarak kullanılan mikroorganizmalar çoğunlukla asit üreticisi ve aroma üreticisi olan iki tür bakterinin birleşimidir. Asit, kültür türünden bağımsız olarak *Lc. lactis* subsp. *cremoris* ve *Lc. lactis* subsp. *lactis* tarafından üretilirken, aroma *Lc. lactis* subsp. *lactisbiovar diacetylactis* tarafından üretilmektedir (Samaržija ve ark., 2001). Süt fermantasyonları için kullanılan ticari starter kültürler 1890'ların başından beri mevcuttur. Yüksek kaliteli süt ürünleri üretimi için saf, dikkatlice seçilmiş kültürlerin gerekli olduğu erken dönemde anlaşılıp 1909 gibi erken bir tarihte ticari olarak üretilen starter kültürlerin kullanımına başlandı ve bugün endüstride standart kullanım alanına sahiptirler. Starter kültürler, tat, doku ve aroma dahil olmak üzere gıdanın bir dizi istenen özelliğine katkıda bulunurken patojenlerin ve bozulma organizmalarının inhibisyonunda da rol oynamaktadırlar (Johansen, 2018).

Starter kültürler gıda endüstrisinin ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Mevcut florayı bastırmak ve bitmiş ürünlerde istenen değişiklikleri meydana getirmek için doğrudan gıda maddelerine

aşılana farklı mikroorganizmalardan oluşurlar. LAB starter kültürlerinin temel rolleri şunlardır:

1. Laktoz fermantasyonu sonucu laktik asit üretimi.
2. Lezzete katkıda bulunan uçucu bileşiklerin üretimi.
3. İstenen proteolitik veya lipolitik aktiviteye sahip olma (peynir olgunlaşması).
4. Alkol (kıymız, kefir) gibi bileşiklerin üretimi.
5. Antimikrobiyal etki. Asidik koşullar ve bakteriyosin üretimi patojenlerin yanı sıra diğer birçok bozulma organizmasının gelişiminin önlenmesi.
6. Besin değeri ve sindirilebilirliğinin geliştirilmesi.
7. Detoksifikasyon

LAB, süt endüstrisinin mayasını oluşturan kültürlerin omurgasıdır. Dünya genelinde çok çeşitli LAB ve dolayısıyla çeşitli fermente süt ürünleri bulunmaktadır. Gelenek ve deneyimler bize bazı fermente süt ürünlerinin tüketiciye ek sağlık yararları sağlayabileceğini söylemektedir. LAB genellikle yararlı mikroorganizmalar olarak kabul edilir, hatta bazı suşlar, fermente sütleri üretmek için kullanılan teknolojik kültürlerden farklılaştırmak için sağlık geliştirici bakteriler veya probiyotikler olarak kabul edilir (Tamime, 2002; Admassie, 2018).

LAB, morfolojik, metabolik ve fizyolojik özelliklerle birleşmiş, karbohidratların ana fermantasyon ürünlerinden biri olan laktik asit üreten bir grup gram pozitif bakteriden oluşur. Süt mayalarını oluşturan ana LAB leri *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus* ve *Lactobacillus* cinslerindedir. Çoğu zaman maya kültürleri saf tek bir suştan yapılmaz, ancak sıklıkla birçok farklı suş ve türün bir karışımı

olurlar. Süt kültürleri ayrıca genel LAB sınıflandırmasının dışındaki mikroorganizmaları da içerir ve bunlar arasında belirli bifidobakteriler, brevibakteriumlar, propionik asit bakterileri ve mantarlar bulunur. Bununla birlikte, Streptococcus, Lactococcus, Enterococcus ve Carnobacterium gibi bazı insan veya hayvan patojenleri olarak tanınan suşlar da içerir (Papademas, 2014).

Modern fermente sütlerin üretiminde kullanılan LAB'ler çoğunlukla geleneksel olarak kullanılanlarla aynıdır. Yoğurtta kullanılan geleneksel LAB'ler *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus*'tur. Laktobasil sayısını azaltarak ve yeni suşlar seçerek, geleneksel yoğurtlarda meydana gelen asitletme sonrası azaltılmış ve yeni daha az asidik ürünler geliştirilmiştir. Özellikle İskandinav ülkelerinde süt genellikle yoğurt mayaları yerine karışık mezofilik mayalar *Lactococcus* spp. ve *Leuconostoc* spp. ile fermente edilir. Fermantasyon da doğrudan veya dolaylı olarak oluşan metabolik ürünler çok çeşitli dokuları, tatları ve nihai ürünlerin aromasını etkiler. Ayrıca peynirin olgunlaşmasına da katkı sağlarlar. Bu etkiler laktozun fermantasyonu, redoks potansiyelinin azaltılması, sitrat fermantasyonu ve protein hidrolizinde kendini gösterir (Samaržija ve ark., 2001; Fondén ve ark., 2003).

Fermente gıdaların endüstriyel üretimi fermantasyon sırasında genellikle mikroorganizma topluluklarını kontrol etmek, ürün kalitesini standartlaştırmak ve fermantasyonun olası risklerini azaltmak için starter kültürlerin varlığına dayanmaktadır (Tablo, 1) (Gänzle ve ark., 2023).

Tablo 1. Fermente süt ürünleri çeşitleri (Parnjit, 2011)

Sıra No	İsim	Süt Tipi	İçerdiği Mikroorganizma
1	Lor	Bufalo veya inek sütü	<i>L.lactis subsp. lactis</i> <i>L. delbrueckii subsp. bulgaricus</i> <i>L.plantarum</i> <i>Streptococcus lactis</i> <i>S.thermophilus</i> <i>S.cremoris</i>
2	Yoğurt	İnek sütü	<i>L.acidophilus</i> <i>S.thermophilus</i> <i>L. bulgaricus</i>
3	Tereyağı	Bufalo veya inek sütü	<i>S. lactis subsp diacetylactis</i> <i>S.cremoris</i>
4	Lassi	Bufalo veya inek sütü	<i>L. bulgaricus</i>
5	Asidofiluslu Süt	İnek sütü	<i>L. acidophilus</i>
6	Bulgar Tereyağı	İnek sütü	<i>L. delbrueckii subsp. bulgaricus</i>
7	Shrikhand süt	Bufalo veya inek sütü	<i>S.thermophilus</i> <i>L. bulgaricus</i>
8	Kımız	Kısrak, deve veya eşek sütü	<i>L.acidophilus</i> <i>L. bulgaricus</i> <i>Saccharomyces</i> <i>Micrococci</i>
9	Kefir	Koyun, inek, keçi veya karışık süt	<i>S. lactis</i> <i>Leuconostoc sp.</i> <i>Saccharomyces</i> <i>Kefir, Torula kefir, Micrococci</i>
10	Peynir	İnek, bufalo, koyun, keçi sütü	<i>L.lactis subsp. lactis</i> <i>L.lactis subsp. Cremoris</i> <i>L.lactis subsp. Diacetylactis</i> <i>S.thermophilus</i> <i>L. delbrueckii subsp. bulgaricus</i> <i>Priopionibacterium shermanii</i> <i>Penicillium roqueforti etc.</i>
11	Ayran		<i>S.thermophilus</i>

4. STARTER KÜLTÜR TİPLERİ

Starter kültürler genellikle optimum sıcaklığı ~30 °C olan mezofilik ve optimum sıcaklığı ~42 °C olan termofilik kültürler olmak

üzere ikiye ayırılır. Mezofilik kültürler esas olarak *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* suşlarını içerir ancak bazen az sayıda *Lc. lactis* subsp. *lactis* ve/veya *Leuconostoc* sp. türlerini de içermektedir. Termofilik kültürler ise *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Lb. delbrueckii* subsp. *lactis* veya *Lb. helveticus*'u içerir. Son zamanlarda, termofilik olan ve *S. thermophilus*'tan ziyade *S. equinus*'a daha yakın ilişkili olan yeni bir tür olan *Streptococcus alolyticus* subsp. *macedonicus* Yunan peyniri Kasser'i'den izole edilmiştir (de Vuyst ve Tsakalidou, 2008). Bu türün bir starter kültür olarak kabul edilip edilmemesi gerektiği henüz net değildir. Bununla birlikte starter kültürler mikroorganizma kompozisyonuna göre karışık ve tanımlanmış suş kültürleri olarak da sınıflandırılmaktadır. (Fox ve ark., 2017).

4.1. Optimum Gelişme Sıcaklıklarına Göre Starter Kültürler

a. Mezofilik kültürler

Çiğ süt 20–40 °C aralığındaki bir sıcaklıkta inkübe edilirse, 10–24 saat içinde pıhtılaşır. Bu fiziksel dönüşüm, çiğ sütte bulunan tesadüfi LAB'in büyümesi ve buna bağlı asit üretimiyle gerçekleşir. Bu bakterilerin kaynağı, bitkisel hayvan yemleri ve özellikle sağım ekipmanları olmak üzere sağım ortamıdır. Mezofilik karışık kültürlerdeki temel *Lactococcus* türü *Lc. lactis* subsp. *cremoris*'tir. Ek olarak, bunların birçoğu genellikle *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* ve sitrat pozitif (Cit+) *Leuconostoc* sp.'nin sitrat kullanan az sayıda suşunu (Cit+) da içerir. *Lc. lactis* subsp. *lactis*, 40 °C'de büyüme ve NH₃, ornitin ve argininden sitrülün üretme kabiliyeti ile *Lc. lactis* subsp. *cremoris*'ten ayırt edilebilir. Ayrıca, *Lc. lactis* subsp. *lactis*, glutamattan γ -

aminobütirik asit üretme yeteneğine sahip glutamat dekarboksilaz içerirken, *Lc. lactis* subsp. *cremoris* içermez (Nomura ve ark., 1999).

Leuconostoc spp. ve *Lc. lactis*'in Cit⁺ suşlarının işlevi sitratı CO₂, diasetil ve asetata metabolize etmektir. CO₂, Edam ve Gouda peynirlerinde gözenek oluşumundan sorumludur, diasetil ve asetat ise Quarg, Fromage Frais ve Cottage peynirinde önemli lezzet bileşenleridir. Bu nedenle, mezofilik karışık kültürlerdeki sitrat kullananlara genellikle aroma üreticileri denir (Fox ve ark., 2017).

Laktokok suşları içeren mezofilik starter kültürler ile yapılan diğer fermente süt ürünleri arasında ekşi krema, kefir, tereyağı, ayran, taze peynirler ve birçok yarı sert peynir çeşidi gibi fermente süt ürünleri yer alır. Başka bir deyişle, orta sıcaklıklarda (~30 C) işlenen ürünlerin üretiminde kullanılan kültürlerdir (Samaržija ve ark., 2001; Bezie ve Regasa, 2019).

Süt endüstrisinde kullanılan laktik asit bakterilerinin iki tür mezofilik kültürü vardır. Son derece seçici ve kesin olarak tanımlanmış kültürler ve tam olarak bilinmeyen bileşime sahip bakteri suşlarının zayıf bir şekilde tanımlanmış karışımı olan sözde geleneksel kültürler (Samaržija ve ark., 2001). İkincisi gelenekseldir ve kısmen tanımlanmış bakteri türleri ve suşlarından oluşur. Bu tür bilinmeyen mikroorganizma bileşimine sahip geleneksel mezofilik kültür hala birçok ülkede, özellikle Avrupa ve Kuzey Amerika'da kullanılmaktadır. Bunun nedeni bakteriyofajlara karşı daha az duyarlı olmasıdır. Bu tür kültürün istikrarı, türler ve suşlar arasındaki simbiyotik ilişkiye ve belki de bu suşların kendi amino asit sentezlerine daha bağımlı olmalarına da atfedilir. Birinci kültür türü, belirli ancak bilinen özelliklere sahip bir veya daha

fazla bilinen suş içeren tanımlanmış veya seçilmiş bir kültürlerdir. Tanımlanmış, kararlı bir kültüre olan talep, süt işleme teknolojisinin hızla gelişmesinin bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır bu da üreticileri, seçili suşlara sahip fermantasyon kültür süreçleri ile öngörülebilir özelliklere sahip ürünler üretmeye yöneltmiştir (Samaržija ve ark., 2001).

b. Termofilik kültür

Termofilik starter kültürler 40 °C ila 45 °C arasında en iyi büyüyen mikroorganizmalardır. Termofilik starter kültürler genellikle yarı sert ve sert peynirlerin (örneğin İtalyan ve İsviçre çeşitleri) üretiminde kullanılan *Streptococcus thermophilus* suşlarını içerir. *Lactobacillus* spp. suşları (örneğin, *Lactobacillus helveticus* ve *Lactobacillus delbrueckii*) lezzet geliştirmede yardımcı kültür olarak yaygın olarak kullanılmaktadır (Blaya ve ark., 2018). Termofilik laktik starter kültürlerin rolü;

1. Laktozun laktik aside dönüşümü, böylece sütün veya peynir lorunun pH'ının düşürülmesi. Bu adım, son ürün pH'sı < 4 olan yoğurt için önemlidir, çünkü bozulma mikroorganizmalarının ve potansiyel patojenlerin gelişmesini önler. Pişmiş peynirlerde, asitlendirme, lor tamponlama kapasitesiyle sınırlı olsa da, sinerezise, yani lor sabit bir oranda ve uygun zamanda (bu, pres altında süzme aşamasıdır) dehidratasyona katkıda bulunur. Preslemeden sonra peynir düşük su içeriğine ve uzun bir olgunlaşma süresine (birkaç ay) izin verecek kadar düşük bir pH değerine olanak sağlar (Accolas ve Auclair, 1983).

2. Son ürünün organoleptik özelliklerine katkı sağlar. Yoğurt gibi gıdalarda bu rol özellikle önemlidir, çünkü ürünün kıvamı ve aroması laktik starter kültürün metabolizmasına bağlıdır. Peynir de starter kültür bakteri hücreleri olgunlaşma sırasında rennet ile birlikte hareket ederek enzimleri serbest bırakır. Bu nedenle, peynirin türüne bağlı olarak proteolizi peynirin teknolojik özelliklerini belirler ve çeşitli mikroorganizmalar veya tamamen kimyasal reaksiyonlar tarafından modifikasyondan sonra olgunlaşmış peynire organoleptik özellikler kazandıracak olan aroma bileşikleri veya aroma öncüllerini ortaya çıkarır (Accolas ve Auclair, 1983).

Termofilik karışık kültürler çoğunlukla iki organizmadan oluşur, *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus helveticus*, *Lb. delbrueckii* subsp. *lactis* veya *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. Bunlara genellikle sırasıyla kok ve çubuk denir. *S. thermophilus*, *Lb. helveticus* ve *Lb. delbrueckii* subsp. *lactis* İsviçre peyniri üretiminde kullanılırken *S. thermophilus* ve *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* yoğurt üretiminde kullanılır. Çubuk ve kok'un starter kültürleri genellikle peynir üretimi için ayrı ayrı yetiştirilirken yoğurt üretimi için genellikle birlikte yetiştirilirler. Bazı ürünler için, örneğin Mozzarella peyniri için, çubuk:kok oranı önemlidir ve kültürleri ayrı ayrı yetiştirerek bu oranı kontrol etmek çok daha kolaydır. Yoğurt maya organizmaları, yani *S. thermophilus* ve *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, ayrı ayrı yetiştirildiklerinden daha hızlı şekilde birlikte büyürler. Ancak, çubuk ve kokun büyümesini birlikte yetiştirildiklerinde kontrol etmek daha zordur. Bu şekilde büyümenin göstergesi olarak asit üretimi kullanılmıştır. LAB'de asit üretimi hücre sayısındaki artışla doğru

orantılı olduğundan, büyümeyi ölçmenin basit ve doğru bir yoludur. Her iki organizmanın birlikte yetiştirildiklerinde daha iyi büyümesine simbiyozis denir (Sieuwerts ve ark., 2010; Fox ve ark., 2017)

Termofilik starter kültürler, yoğurt, ayran ve bağırsak bakterileri, özellikle laktobasiller ve bifidobakteriler ile yapılan tüm ürünlerin üretiminde kullanılır. Günümüzde, termofilik starter kültürler, yoğurt ve farklı peynir çeşitleri (mozzarella peyniri, provolone, feta, gauda vb.) gibi birçok süt ürününün üretiminde kullanılır. Starter kültürlere ek olarak, farklı amaçlar için tasarlanan farklı enzim türleri de uygulanabilir (Bezie ve Regasa, 2019).

4.2. Kompozisyonuna Göre Starter Kültürler

a. Tanımlanmamış (karışık) suşlu kültürler

Geleneksel fermente bir gıdanın tek kültür fermentasyonu sonucu üretilmesi nadirdir. Geleneksel olarak gıdanın sağladığı özel ortamda mikroorganizmaların kendiliğinden büyümesi ve metabolik aktivitesi ile gerçekleştirilen gıda fermentasyonları, bugün seçilmiş kültürlerin geliştirildiği dikkatlice kontrol edilen mikrobiyal süreçlere dönüşmüştür (Marshall, 1987). Tanımlanmamış karışık starter kültürler LAB'nin tanımlanmamış çok suşlu kültürlerinden oluşur. Doğal olarak çiğ süttten gelen ve üretim bölgesine özgü olan karmaşık mikrobiyota barındırırlar. Ayrıca ürünlerdeki mikroorganizma oranı ürün partileri arasında farklılık gösterebilir. Süt endüstrisinde Tanımlanmamış starter kültürlerin en önemli bakterileri *Lactococcus lactis*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Streptococcus* spp. ve *Lactobacillus* spp.'dir (Saltaji ve ark., 2020; Çiftçi ve Öncül, 2021).

Karmaşık mikrobiyal kültürlerin saf kültürlerle göre daha karmaşık aktiviteler gerçekleştirdiği (çok yönlülük) ve ortamda daha fazla değişikliğe tolerans gösterdiği (dayanıklılık) söylenebilir. Çok yönlülük ve dayanıklılık iki özellik ile açıklanabilir. Birincisi, kültür üyeleri birbirleriyle metabolit alışverişi yaparak veya moleküler sinyaller aktarımında bulunarak iletişim kurarlar. Sonuç olarak karışımdaki her bir hücre, kültürdeki diğer hücrelerin varlığına yanıt verir. İkinci önemli özellik, kültür üyeleri arasındaki iş bölümüdür ve bu da yalnızca bileşen veya alt popülasyonlar tarafından gerçekleştirilen görevlerin birleştirilmesiyle açıklanabilen genel bir çıktıya yol açar. Fermantasyon süreçlerinde karmaşık kültürlerin sağlamlığı, güvenilir starter aktivitesi ve standart kalitede gıda ürünleri sunumu ile açıklanmaktadır. İlginçtir ki, karmaşık kültürler, tanımlanmış tek veya çift suş kültürlerine kıyasla bakteriyofaj saldırısına karşı daha yüksek derecede direnç göstermektedir (Smid ve Lacroix, 2013).

b. Tanımlanmış suşlu kültürler

Tanımlanmış kültürler genellikle bilinen özelliklere sahip bir veya daha fazla suştan oluşur. Bu starterler, tek suşlu (single strain starter – SSS) ve çok suşlu starter kültürler (karışık – mixed strain starter – MSS) olarak sınıflandırılırlar. Genellikle karışık kültürlerden izole edilmişlerdir ve faj direnci, asit üretimi, sitrat kullanımı, aroma ve tat oluşumu gibi önemli özelliklerine göre seçilmişlerdir (Coelho ve ark., 2022; Çiftçi ve Öncül, 2021).

Tanımlanmış suş kültürleri, bilinen ve kararlı fizyolojik özelliklere sahip saf kültürlerdir. Bunlar ilk olarak 1930'larda Yeni Zelanda'da kullanımda olan mezofilik, karışık suş kültürlerinde bulunan Cit+

suşlarının sıtrattan CO₂ üretmesi nedeniyle Cheddar peynirinde açık doku gelişimini engellemek için geliştirilmiştir. Cit- suşları karışık kültürlerden izole edilmiş ve tek kültürler olarak kullanılmıştır; ancak, faj saldırısına karşı hassastırlar ve bu da zayıf asit üretimiyle sonuçlanmıştır (Fox ve ark., 2017). Peynir üretiminde çeşitli tanımlanmış kültürler kullanılmaktadır. Mozzarella peynirindeki kültür *S. thermophilus* tek bir suş içeren tanımlanmış kültürlerden oluşurken, Emmental ve Gruyere peynirlerindeki kültür *S. thermophilus*, *Lb. Helveticus*, *Lb. Delbrueckii* subsp. *lactis*, *Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Propionibacterium shermanii* gibi tanımlanmış karışık kültürlerden oluşmaktadır (Hoier ve ark., 2010; Blaya ve ark., 2018)

Avustralya, Yeni Zelanda, ABD, İngiltere ve İrlanda gibi çoğu Cheddar peyniri üreten ülkelerde tanımlanmış kültürler kullanılırken, Hollanda'da Gouda peynirinin üretiminde ise karışık suşlu kültürler kullanılmaktadır (Fox ve ark., 2017).

5. STARTER KÜLTÜR OLARAK KULLANILAN MİKROORGANİZMALAR

LAB, Firmicutes şubesine ait Enterococcus, Lactobacillus, Pediococcus, Leuconostoc, Oenococcus, Lactococcus, Streptococcus, Weissella vb. gibi birkaç cins (Lactobacillales takımı içinde) ve Actinobacteria şubesine ait anaerobik Bifidobacterium cinsi dahil olmak üzere genetik ve ekolojik olarak çeşitli, hareketsiz, mikroaerofilik Gram-pozitif bakterilerden oluşur. Ticari olarak en çok formüle edilen starter kültürler ve probiyotikler bu gruba aittir (Hatti-Kaul, 2018). Bu şubeye ait olan ve starter kültürlerde yaygın olarak kullanılan bakteriler;

5.1. *Lactobacillus* spp

Lactobacillus cinsi fermente gıda üretiminde yaygın olarak kullanılan ve genel olarak güvenli (GRAS) organizmalar olarak kabul edilen tıp ve gıda uygulamalarında güvenle kullanılabilen, çubuk şeklinde, Gram pozitif, spor oluşturmayan, pigmentless katalaz negatif ve mikroaerofilik ya da kesinlikle anaerobik LAB'den oluşan genetik ve fizyolojik olarak çeşitli bir gruptan oluşur (Hoque ve ark., 2010).

Lactobacillus cinsi, nispeten büyük bir çeşitlilik gösteren çok sayıda farklı türü kapsamaktadır. Aslında, toplamda elliden fazla türle LAB grubundaki en büyük cinsidir. *S. thermophilus*'a benzer şekilde laktobasiller de LAB starter kültürlerinin termofilik grubunun üyeleridir (Bintsis, 2018).

Geleneksel olarak, *Lactobacillus* türleri metabolizmalarına göre üç gruba ayrılabilir.

1. Karbonhidratları fermente ederek laktik asidi ana ve yan ürün olarak üreten zorunlu homofermentatif grup (örn. *L. acidophilus* ve *L. salivarius*),
2. Belirli koşullar altında veya belirli substratlarla karbonhidratları fermente ederek laktik asit, etanol/asetik asit ve karbondioksiti yan ürün olarak üreten fakültatif heterofermentatif grup (örn. *L. casei* ve *L. plantarum*)
3. Karbonhidratları her zaman fermente ederek laktik asit, etanol/asetik asit ve karbondioksiti yan ürün olarak üreten zorunlu heterofermentatif grup (De Angelis ve Gobbetti, 2011). Bu cinse ait birçok tür, *Lactobacillus delbrueckii* ssp.

bulgaricus, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus curvatus* dahil olmak üzere starter kültürlerin üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır (Zarzecka ve ark., 2020).

Lactobacillus delbrueckii subsp. *bulgaricus* önemli bir süt maya kültürü ve yoğurt gibi fermente süt ürünlerinin üretiminde kullanılan ayrılmaz bir bileşendir. Bulgar kökenli yoğurttan izole edilmiştir ve yoğurt üretimi için endüstriyel ölçekte *S. thermophilus* ile birlikte sinerjik olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle, bu bakteri yoğurdun organoleptik ve probiyotik özelliklerinde hayati bir rol oynamaktadır. Ayrıca insan sağlığına çeşitli faydaları olan güvenli bir probiyotik olduğu bildirilmiştir (Ayivi ve ark., 2020).

Lactobacillus plantarum, çubuk morfolojisine sahip, tek başına veya kısa zincirler halinde gruplanmış heterofermentatif mikroaerofilik Gram pozitif bir mikroorganizmadır. Bu tür GRAS statüsünde kabul edilmiş olup et, balık, meyve, sebze, süt ve tahıl ürünleri gibi farklı gıdalarda *L. plantarum* suşu izole edilmiştir. *L. plantarum*, organoleptik özelliklere, lezzete ve dokuya katkıda bulunarak çeşitli gıda fermantasyon süreçlerinde starter kültür olarak kullanılmaktadır. Laktik asit ve diğer antimikrobiyal bileşikler üretmesi nedeniyle *L. plantarum* ayrıca son ürünlerin güvenliğine de katkıda bulunur (Todorov ve Franco, 2010). *L. plantarum*, olgunlaşmış peynirlerden en sık izole edilen starter olmayan LAB türlerinden biridir. Yine Ticari İrlanda Cheddar'ının nonstarter florası, mezofilik laktobasil suşları (örn. *Lactobacillus casei* ssp. *casei*, *Lactobacillus paracasei* ssp. *paracasei*, *Lactobacillus*

plantarum ve *Lactobacillus curvatus*) tarafından domine edilmektedir (Lynch ve ark., 1999; Georgieva ve ark., 2009).

Lactobacillus paracasei subsp. *paracasei* sıklıkla olgunlaşmış peynirden elde edilir ve *Lb. plantarum*, *Lb. curvatus*, *Lb. rhamnosus* ve *Lb. casei* ile birlikte olgunlaşma sürecine katkıda bulunan non-starter LAB'nin çekirdek mikrobiyotasını oluşturur (Bintsis, 2018).

Lactobacillus brevis; süt, peynir, lahana turşusu, ekşi hamur, silaj, inek gübresi, dışkı, insan ve sığanların ağız ve bağırsak yolundan izole edilen heterofermentatif Gram pozitif bir organizmadır. *Lactobacillus* cinsinin bir üyesi olarak ve çeşitli geleneksel olarak fermente edilmiş gıda ürünlerinde uzun süreli kullanımı nedeniyle *L. brevis* GRAS statüsüne sahiptir (Rönkä ve ark., 2003)

Lactobacillus reuteri, insan ve hayvan bağırsağının normal sakini olarak bilinen heterofermentatif bir laktobasildir. Ayrıca fermente ve probiyotik gıdalarda sıklıkla bulunur. *L. reuteri*'nin probiyotik etkileri, bazı suşların gliserolün anaerobik metabolizması sırasında reuterin (β -hidroksipropionaldehit; β -HPA) üretme yeteneği nedeniyle öne çıkmaktadır. Reuterin(β -hidroksipropionaldehit; β -HPA), gliserolün anaerobik biyokonversiyonu sırasında bazı *L. reuteri* suşları tarafından üretilen suda çözünen, ısıya dayanıklı ve geniş bir pH aralığında stabil olan, Gram negatif ve Gram pozitif bakterileri etkisiz hale getiren geniş spektrumlu bir antimikrobiyal maddedir (Martín-Cabrejas ve ark., 2017; Langa ve ark., 2013).

5.2. *Lactococcus* spp

Lactococcus cinsi büyüme ortamlarında tek çift veya kısa zincirli şekilde koklar (0,5-1,5 µm) oluşturur. Optimum büyüme sıcaklıkları 30°C'dir ve 10°C ile 45°C arasında gelişebilmektedir. 40°C'nin üzerinde ve daha yüksek tuz konsantrasyonlarında (>%4 sodyum klorür) üreyebilir ve farklı şekerlerden (arabinoz, laktoz, mannitol ve rafinoz) asit üretebilme yeteneği türe göre değişebilmektedir. %6,5 NaCl varlığında veya pH 9,6'da gelişemezler. Laktozu fermente etme kabiliyetleri, özellikle süt endüstrisinde starter kültür olarak kullanımlarında kritik öneme sahiptir. Gouda, Edam ve Cheddar gibi peynirlerin üretiminde kullanılan starter kültürler genellikle mezofilik LAB'den özellikle de *Lactococcus lactis* spp.'den oluşur. İnsan kökenli laktokok suşlarına ek olarak, starter kültür suşlarının seçiminde çiğ süt, sebzeler ve fermente süt ürünlerinden izole edilen suşların probiyotik özelliklerinin karakterize edilmesi önem taşımaktadır (Ayad ve ark., 2000; Yerlikaya, 2019).

Lc. lactis çoğunlukla çiğ süt ve kefir taneleri gibi süt ürünlerinden izole edilebilir. *Lc. lactis*, hem el yapımı hem de ticari kökenli peynirler, ayran ve ekşi krema gibi fermente sütler de dahil olmak üzere çok sayıda fermente süt ürününün üretiminde dünya çapında kullanılan süt starter kültürü sistemlerinin temel bileşenidir. *Lc. lactis* GRAS (genellikle güvenli olarak kabul edilir) statüsüne sahiptir. *Lc. lactis*, süt starter kültürlerinde laktik asit üretir ve fermantasyon sırasında süt proteinlerinin parçalanmasına yardımcı olur böylece organoleptik özellikler ve mikrobiyal kalite açısından nihai ürüne önemli ölçüde katkıda bulunur (Cavanagh ve ark., 2015).

Laktokoklar, metabolik stabilitelerine, bakteriyofajlara karşı dirençlerine ve genellikle amino asit katabolizmasından kaynaklanan benzersiz bileşikler üretme yeteneklerine göre başlatıcı olarak kullanılmak üzere seçilirler. *Lc. lactis* subsp. *lactis*, starter kültürlerdeki ana bileşenlerden birini oluşturur ve burada en önemli rolleri asit üretimi, faj duyarsızlığı, proteolitik aktivite ve lezzet bileşenleri üretimidir (Ayad ve ark., 2000; Bintsis, 2018).

5.3. Streptococcus spp.

Streptococcus cinsinin tüm türleri, küresel veya oval olabilen ve tipik olarak zincirler veya çiftler halinde düzenlenmiş Gram pozitif koklardır. Ayrıca hareketsizdirler ve spor oluşturmazlar. Çoğu streptokok fakültatif anaeroblardır, ancak bazı suşlar büyümek için CO₂'e ihtiyaç duyarlar. Kemoorganotrofiklerdir, laktik ve diğer asitleri üretmek için karbonhidratları fermente ederler, karmaşık besin gereksinimlerine sahiptirler ve katalaz negatiftirler. Orta derecede termofiliktirler ve %2'den az NaCl'ye tolerans gösterirler (Coelho ve ark., 2022). *S. thermophilus* sıklıkla süt ürünleri ortamlarından izole edilir, ancak son zamanlarda Bulgaristan'daki bitki örneklerinden de suşlar izole edilmiştir. *S. thermophilus* türlerinin tanımlanması, arginin ve eskülinin hidrolizine, amigdalin, selobyoz, inülin, maltoz, mannitol, rafinoz ve N –asetil glukozamin et sularında asit fermantasyonuna ve 45°C'de büyüme yeteneğine dayanmaktadır. *S. thermophilus*, *Lc. lactis* ile ilişkilidir ancak filogenetik olarak viridans grubunun streptokok türlerine daha yakındır (Delorme, 2008).

S. thermophilus, *Lc. lactis*'ten sonra endüstriyel LAB'nin ikinci en önemli türü olarak kabul edilir. *S. thermophilus*, birkaç patojeni içeren

Streptococcus cinsinin (şu anda 40'tan fazla türü olduğu bilinmektedir) bir parçası olmasına rağmen, gıda üretiminde uzun süredir güvenli kullanımı nedeniyle ABD'de GRAS statüsüne ve Avrupa Birliği'nde Nitelikli Güvenlik Varsayımı (QPS) statüsüne sahiptir (Iyer ve ark., 2010). *S. thermophilus*, gıda endüstrisinde kullanılan tek Streptococcus türüdür (Uriot ve ark., 2017).

S. thermophilus ticari açıdan ikinci en önemli starteri kültürdür. *S. thermophilus*, *Lactobacillus* spp. ile birlikte fermente sütler, yoğurt, feta ve mozzarella peynirleri dahil olmak üzere birkaç önemli fermente süt ürününün üretiminde starter kültür olarak kullanılır (Bintsis, 2018). Geleneksel olarak yoğurt ve emmental, gruyère, parmigiano ve grana tipleri mozzarella ve cheddar gibi birçok peynirin üretiminde kullanılır. *S. thermophilus*, çeşitli üretim süreçlerinde gereken yüksek sıcaklıklarda (45 °C) büyüebilir veya yaşayabilir. Peynir yapımında, *S. thermophilus* tek başına veya çeşitli laktobasiller ve mezofilik starterler ile birlikte kullanılır, ancak yoğurt için her zaman *Lactobacillus delbrueckii* spp. *bulgaricus* ile birlikte kullanılır (Auclair ve Accolas, 1983). *S. thermophilus*'un süt fermantasyonundaki rolü, laktozu laktik aside hızla dönüştürmesi, bunun sonucunda pH'ın hızla düşmesi ve teknolojik özellikleri açısından önemli olan metabolitlerin üretilmesidir. *S. thermophilus*, *Lb. bulgaricus*'un büyümesini uyaran CO₂ ve formik asit üretirken *Lb. bulgaricus* süt proteinlerini hidrolize ederek *S.thermophilus*'un büyümesini iyileştiren peptitler ve aminoasitler açığa çıkarır. Peynir endüstrisinde *S. thermophilus*, glutamat dehidrogenaz aktivitesi nedeniyle amino asitlerden aromatik bileşiklerin üretimi

yoluyla sert peynirlerin rafinasyonunda kullanılmaktadır (Uriot ve ark., 2017).

5.4. Leuconostoc spp.

Leuconostoc Gram pozitif, spor oluşturmayan, heterofermentatif, hareketsiz, fakültatif anaerob, ikili veya zincir şeklinde koklardan oluşan çeşitli fermentatif gıdaların üretiminde kullanılan bir heterofermentatif LAB cinsi olup gaz (CO₂), aroma bileşiği (diacetyl, asetoin, asetat, etanol ve 2, 3-butilenglikol) üreticisidir (D'Angelo ve ark., 2017; Çiftçi ve Öncül, 2021). Leuconostoc türleri, glikoz moleküllerini karbondioksit, etanol ve laktata dönüştürebilen gram pozitif ve heterofermentatif bakterilerdir. Leuconostoc türleri sebzelerde, silajda, fermente gıda ürünlerinde, dışkıda ve diğer ortamlarda bulunur. Bu bakteriler besinsel ve organoleptik kaliteyi iyileştirmek ve raf ömrünü uzatmak için gıda ve içecek fermantasyonunda başlatıcı kültür olarak kullanılır. Leuconostoc cinsine ait suşlar, ekonomik ve teknolojik öneme sahip, Ekzopolisakkaritler (dekstran veya levan), oligosakkaritler, mannitol, bakteriyosinler ve vitaminler üretme özelliğine sahiptirler (Shin ve Han, 2015).

Süt endüstrisinde Leuconostoc, genellikle Lactococcus (karışık starterler) ile kombinasyon halinde, tat bileşiği üretiminin uyarılması ve gaz üretimi ile dokunun iyileştirilmesi için kullanılır (D'Angelo ve ark., 2017). Gıda maddelerinin (lahana turşusu, turşu, et ürünleri vb.) fermentasyonu, gözenekli yapıya sahip peynirlerde (özellikle mavi damarlı peynirlerde) gaz (CO₂) üretiminde, çeşitli süt ürünlerinde aroma bileşiklerinin üretiminde, sakkaroz içeren (süt) ürünlerde dekstran üretiminde, endüstriyel-klinik kullanım için yüksek değerli polimerler

olarak veya yağ endüstrisinde biyolojik yardımcı madde olarak kullanılmaktadırlar. Bunların yanı sıra fonksiyonel gıdaların hazırlanmasında da potansiyel rollere sahiptirler (Hemme ve Foucaud-Scheunemann, 2004).

5.5. Enterococcus spp.

Enterokoklar, tek tek, çiftler halinde veya kısa zincirler halinde bulunan Gram pozitif koklardır ve fakültatif anaeroblardır. Spor oluşturmazlar, hareketlidirler ve glikolitik yol üzerinden glikoz fermantasyonunun son ürününün L-laktik asit olduğu homofermentatif bir metabolizmaya sahiptirler. Katalaz negatiftirler, ancak bazı suşlar bir psödokatalaz üretir ve yüksek besin gereksinimleri vardır. Enterokoklar ayrıca tuza ve ısıya dayanıklıdır ve genellikle 10°C ile 45°C arasındaki sıcaklıklarda %6,5 NaCl varlığında büyüyebilirler. Ayrıca 9,6 pH'da ve %40 safra varlığında da gelişebilirler (Coelho ve ark., 2022).

Enterokoklar gıda bozulmaları, fermantasyonlarındaki rolleri ve probiyotik olarak kullanılmaları nedeniyle insan sağlığı ve gıda teknolojisi açısından önemlidirler. Bununla birlikte, bakteriyemi, endokardit ve diğer enfeksiyonlara neden olan önemli hastane patojenlerindedir (Franz, 2011). Bu organizmaların edindiği çok sayıda antibiyotik direnç mekanizması nedeniyle (adhezinler, invasinler, pili ve hemolizin gibi virülans faktörler) giderek daha fazla sorun haline gelen bir dizi enfeksiyona neden oldukları bilinmektedir (Bintsis, 2018).

Enterokokların hastalığındaki ve gıda bozulmalarındaki rolü, gıdalarda veya probiyotik olarak kullanılmalarının güvenliği konusundaki soruları da gündeme getirmiştir. Gıdalardan izole edilen enterokok

suşları arasında virulans özelliklerinin sıklığı üzerine yapılan çalışmalar, bazılarının virulans özellikleri barındırabileceğini göstermiştir, ancak virulansın yalnızca belirli virulans belirleyicilerinin varlığının bir sonucu olmadığı, daha karmaşık bir süreç olduğu da düşünülmektedir. Enterokoklar belirli fermente peynir ve sosis türlerinde yüksek sayılarda bulunsun da, bunlar kasıtlı olarak starter kültürler olarak eklenmez. Bazı *E. faecium* ve *E. faecalis* suşları probiyotik olarak kullanılır ve genellikle farmasötik preparatlar şeklinde yüksek sayılarda kullanılır. Bu tür probiyotikler, ishal, antibiyotik ilişkili ishal veya irritabl bağırsak sendromunu tedavi etmek, kolesterol seviyelerini düşürmek veya konakçı bağışıklığını güçlendirmek amacı ile uygulanmaktadır. Gıda mikrobiyolojisi açısından, probiyotik olarak kullanılan bakterilerin güvenliği sağlanmalıdır ve şu ana kadar kullanılan başlıca suşlara ilişkin veriler bunların güvenli olduğunu göstermektedir (Franz, 2011).

5.6. *Pediococcus* spp.

Pediococcus, tek bir düzlemde iki dik yönde dönüşümlü olarak bölünerek kendine özgü tetradlar oluşturan önemli LAB'lardan biridir. *Pediococci* mikroskobik olarak kokoidal veya oval görünür, Gram pozitif, hareketsiz, spor oluşturmeyen ve anaerobik- mikroaerofilik, katalaz negatif, kemo-organotrof ve homofermentatif olarak karakterize edilirler. *Pediococcus pentosaceus* ve *Pediococcus acidilactici*, gıda ve süt ürünleri ortamlarında en yaygın bulunan iki tür arasındadır. Antimikrobiyal aktivite, fitaz aktivitesi, galaktoz fermentasyon yeteneği, ekzopolisakkarit (EPS) üretimi ve lezzet üretimi gibi çeşitli teknolojik yönleri bu mikroorganizmaları endüstriyel açıdan önemli hale getirmiştir. Bu özel cins tarafından üretilen anti-listerian antimikrobiyal

peptit olan pediocin, bu organizmanın gıda ve süt endüstrisinde biyokoruyucu olarak kullanılmasını sağlayan en önemli özelliğidir (Singla ve ark., 2018; Wade ve ark., 2019).

Pediosinler, bazı LAB tarafından sentezlenebilen ve Gram pozitif bakterilere karşı geniş spektrumlu antimikrobiyal aktivite gösteren biyomoleküllerdir. *Listeria monocytogenes* gibi patojenik bakterilere karşı bakterisidal etkiye sahiptirler. Bu mikroorganizmanın süt ürünlerinde, ezmelerde, sosislerde ve sebzelerde bulunması, bağışıklık sistemi baskılanmış hastalar ve hamile kadınlar için zararlı olabilir. *P.pentosaceus* ve *P. acidilactici*,

- a) Pediosin üretiminde,
- b) Kontaminasyonu önlemek için starter kültür olarak fermantasyon süreçlerinde,
- c) Hayvanlar ve insanlar için probiyotik takviyelerinde kullanılan temel türlerdir (Porto ve ark., 2017).

Pediococcus, birçok yiyecek ve içeceğin kalitesini iyileştirebilir veya azaltabilir. Pediococci, birçok fermente etin ve sebzenin üretiminde starter kültürü görevi görür ve bazı peynirlerin olgunlaşmasında ve lezzet gelişiminde ve birçok kırmızı şarabın ve bazı beyaz şarabın vinifikasyonunda rol oynar (Wade ve ark., 2019). Laktobasiller gibi *Pediococcus* spp., özellikle et fermantasyonu için starter kültürü olarak birçok fermente gıdaya ve ayrıca peynirlere dahil edilir. Hem pediokoklar hem de laktobasiller fermente gıdalarda ham maddeleri, istenen ve organoleptik olarak hoş özelliklere sahip ürünlere dönüştürmek hem de organik asitler, hidrojen peroksit, karbondioksit, diasetil, reuterin ve bakteriyosinler gibi antimikrobiyal bileşiklerin

üretimi yoluyla gıdaların raf ömrünü ve mikrobiyolojik güvenliğini artırmak gibi çeşitli işlevsel özelliklerde sahiptirler. Gıda raf ömrünü ve güvenliğini artırmanın yanı sıra kimyasal koruyucuların kullanımını azaltmak için LAB biyokoruyucu kültürler olarak geliştirilmekte ve kullanılmaktadırlar (Lačanin ve ark., 2017).

5.7. *Bifidobacterium* spp.

Bifidobakteriler ilk olarak 1899-1900 yıllarında Tissier tarafından araştırılmıştır. Tissier, anne sütü ile beslenen bebeklerin dışkılarından izole ettiği, bifid morfolojiye sahip, çubuk şeklinde, gaz üretmeyen, anaerobik mikroorganizmaları tanımlamıştır ve bunlara *Bacillus bifidus* adını vermiştir. Bifidobakteriler genellikle Gram pozitif, spor oluşturmeyen, hareketsiz ve katalaz negatif anaeroblar olarak tanımlanır. Kısa, kavisli çubuklar, topuz şeklinde çubuklar ve çatallı Y şeklinde çubuklar dahil olmak üzere çeşitli şekilleri vardır. Şu anda *Bifidobacterium* cinsinde 30 tür bulunmaktadır; bunların 10'u insan kaynaklarından (diş çürükleri, dışkı ve vajina), 17'si hayvan bağırsak yollarından veya rumenden, ikisi atık sudan ve biri fermente süt kaynaklıdır (Gomes ve Mlacata, 1999).

Bifidobakteriler, yetişkinlerde mikrobiyotanın yaklaşık %3-7'sini ve bazı araştırmalara göre yenidoğanlarda %91'e kadarını oluşturan önemli bir insan bağırsağı komensal bakteri grubudur. *Bifidobacterium*'un bazı suşları, probiyotik olarak kullanılmasına yol açan özelliklere sahiptir. Bifidobakterilere atfedilen birçok probiyotik özellik arasında;

- a) İmmünoglobulin üretiminin indüklenmesi,

- b) Konak tarafından metabolize edilmeyen substratların asimilasyonu yoluyla gıda besin değerinin iyileştirilmesi,
- c) Antikarsinojenik aktivite ve
- d) Folik asit sentezi yer almaktadır (Bevilacqua ve ark., 2003; Gomes ve Malcata, 1999; Touré ve ark., 2003).

Bifidobakterilerin bildirilen sağlık yararları arasında bağırsak mukozal bariyerini stabilize etme, bağışıklık tepkisini regüle etme, bağırsak mikrobiyotasını düzenleme, çocuklarda seyahat ishalini önleme, yenidoğanlarda nekrotizan endokarditi azaltma, çocuklarda atopik dermatit semptomlarını hafifletme, kabızlığı iyileştirme ve antibakteriyel ve antikarsinojenik aktiviteler yer almaktadır (Martínez ve Gomez, 2007).

Bifidobacterium suşları süt ürünlerinde hâlihazırda kullanılmasına rağmen, fermente süt ürünlerinde kullanılan geleneksel LAB'ne kıyasla bazı yetersiz davranışsal özelliklere sahiptirler ve bu da olası uygulamalarını engellemektedir. Daha spesifik olarak, inek sütünde daha zayıf büyüme ve asit üretimi gösterirler ve gelişmeleri için uzun fermantasyon süreleri, anaerobik koşullar ve düşük redoks potansiyeline ihtiyaç duyarlar (Gomes ve Malcata, 1999; Janer ve ark., 2004; Lourens ve Viljoen, 2001). Bu nedenle, probiyotik süt ürünlerine ilave edilecek uygun suşların seçilmesi çok önemlidir. Bunlar arasında sütte hızlı büyüyen ve bu sayede işlem maliyetini ve kontaminasyon riskini azaltan suşlar, geleneksel maya kültürleriyle birlikte büyüeyebilen suşlar ve hoş olmayan tatlar veya dokular üretmeyen ancak ürünün organoleptik özelliklerini iyileştiren aroma bileşikleri ve/veya biyopolimerler gibi

bileşikler üretme potansiyeline sahip suşlar tercih edilmelidir (Janer ve ark., 2004; Lourens ve Viljoen, 2001).

5.8. *Propionibacterium* spp.

Propionibakteriler, yüksek Guanin + Citozin (G + C) içeriğine sahip (%64-68) Actinobacteria sınıfına aittir mezofilik, Gram pozitif, katalaz pozitif, hareketsiz pleomorfik çubuklar, spor oluşturmeyen ve anaerobik ila aerotolerant bakterilerdir. 15-40°C'de ve pH 5,1-8,5'te büyürler; büyüme için optimum sıcaklık ihtiyaçları ise 30 °C'dir (Campaniello ve ark., 2015).

Propionibacterium cinsinden bakteriler habitatlarına göre iki gruba ayrılır: cilt grubu (sivilceler) ve klasik grup (süt). İlk grup, insan cildinde, ağız ve gastrointestinal mukozada bulunan patojen olan *Propionibacterium acnes*, *Propionibacterium avidum*, *Propionibacterium propionicum*, *Propionibacterium granulorum* ve *Propionibacterium lymphophilum* gibi türleri içerir. İkinci filogenetik gruba ait mikroorganizmalar ise klasik suşları içerir: kalsik suşların ilk grubu *Propionibacterium acidipropionici*, *Propionibacterium jensenii* ve *Propionibacterium thoenii* türlerinden bakterileri içerir; ikinci grup ise *Propionibacterium freudenreichii* içindeki alt türleri içerir (subsp. *Shermanii*, subsp. *Freudenreichii*) (Meile ve ark., 1999). *Propionibacterium* cinsinden tüm klasik bakteriler fermantasyon yeteneğine sahiptir ve propiyonik asit, B12 vitamini, bakteriyosin ve trehaloz gibi değerli metabolitlerin başlıca kaynaklarıdır. Propiyonik asit bakterileri (PAB), peynir (İsviçre peynirleri ve İsviçre tarzı Hollanda peynirleri için aşı bileşenleri), turşu, silaj ve hayvan beslenmesinde

probiyotik olarak kullanılır. PAB'den elde edilen metabolitler koruyucu olarak da kullanılmaktadır (Piwowarek ve ark., 2018).

P. freudenreichii çoğunlukla sert tip peynirlerde peynir olgunlaştırma aşamasında starter kültür olarak kullanılır. "İsviçre tipi" peynirlerin (veya açık gövdeli peynirlerin) üretimi sırasında, teknolojik süreç propionibakterilerin büyümesini ve bunun sonucu oluşan propionik fermantasyonu destekler. Sonuç olarak kısa zincirli yağ asitlerinin salınması ve lipoliz yoluyla bu peynirlerin karakteristik lezzetine ve ayrıca özel dokuların oluşmasına yol açar. Bu olgunlaşmayı sağlamak için, peynir yapımından önce büyük miktarlarda propionibakteri endüstriyel olarak üretilir, kurutulur ve depolanır. Dahası, *P. freudenreichii*, faydalı metabolitler (kısa zincirli yağ asitleri, vitaminler) ve immünomodülatör bileşikler üretme kabiliyetine uygun olarak bağırsak sağlığını ve konforunu korumayı amaçlayan çeşitli probiyotik gıda takviyelerinin ticari üretiminde de kullanılmaktadır. *P. freudenreichii*'nin diğer endüstriyel uygulamaları arasında B grubu vitaminlerin, trehaloz, konjuge linoleik asit ve biyokoruyucuların üretimi yer alır. Bu farklı uygulamalar için, üretim, kurutma, depolama ve son olarak uygulama sırasında propionibakterilerin hayatta kalması ve aktivitesini sürdürmesi hayati önem taşır (Jeantet ve Jan, 2021).

Propionibakteriler, antimikrobiyal aktiviteleri nedeniyle çeşitli gıda ürünlerinin teknolojik özelliklerini geliştirmek için kullanılırlar. Örneğin küf ve bozulma mikroorganizmalarının büyümesini baskıladığı için ekmek, kek, peynir, meyve, sebze ve tütünün raf ömrünü uzatmak amacıyla da uygulanırlar (Campaniello ve ark., 2015).

6. STARTER KÜLTÜRLERİN FERMENTE SÜT ÜRÜNLERİNDE KULLANIM AMAÇLARI

6.1. Gıda muhafazası ve güvenliği

Fermantasyon, bir karbon kaynağının mikroorganizmalar tarafından net oksidasyon olmaksızın enerji üreterek dağıtıldığı bir işlemdir. Mikrobiyal fermantasyonun birincil son ürünleri genellikle alkoller ve laktik asit, asetik asit ve propiyonik asit gibi organik asitlerdir. Gıda fermantasyonu, gıdaları koruyabilen ve bozulmayı önleyebilen laktik asit bakterileri kullanılarak gıda güvenliğinin sağlandığı yaygın bir muhafaza yöntemidir. Tüketici gıda tercihleri artık beslenme ve sağlık yararları açısından değerlendirilmekte ve bu da kimyasallar yerine koruyucu olarak doğal bileşenlerin sürdürülebilir kullanımına doğru giderek daha fazla eğilim gösteren tercihlerle sonuçlanmaktadır. Tercihlerdeki bu değişimin bir sonucu olarak, gıda uygulamalarında laktik asit bakterilerinin kullanımı daha önemli hale gelmiştir. Nitrit, sülfite, propiyonik asit, sorbik asit ve benzoik asit gibi kimyasal gıda katkı maddeleri gıda koruma teknolojisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu kimyasallara alternatif olarak, LAB suşlarının gösterdiği antimikrobiyal aktivite mikrobiyal kontaminasyonla mücadeleye yardımcı olabilir. Bununla birlikte laktik asit bakterileri organik asitler (laktik asit, asetik asit, formik asit, fenillaktik asit, kaproik asit), karbondioksit, hidrojen peroksit, diasetil, etanol, bakteriyosinler, reuterin ve reuterisiklin dahil olmak üzere çeşitli doğal antimikrobiyaller üreterek gıdalarda mikrobiyal bozulmayı önlemeye yardımcı olmaktadır. Laktik asit bakterileri, ribozomlardan bakteriyosin adı verilen küçük proteinler sentezler ve bu bakteriyosinler, gıda kaynaklı

patojenlere karşı inhibitör etkiye sahiptir böylece gıda güvenliği sağlanır. LAB'den elde edilen bakteriyosinler, Gram pozitif bakterilere karşı antibakteriyel etki mekanizmasına sahip düşük moleküler ağırlıklı peptitler veya proteinlerdir. Laktik asit fermantasyonu fermantasyon süreci sırasında üretilen çeşitli antimikrobiyal metabolitlerin etkileri nedeniyle fermente ürünlerin raf ömrünü uzatmaktadır (Soro-Yao ve ark., 2014). Özellikle bakteriyosin üreten LAB, mikrobiyolojik, fizyolojik ve teknolojik avantajları nedeniyle gıda muhafazası için kullanılabilir. Dahası, bakteriyosinojenik laktik asit bakterileri, gıda uygulama süreçlerinde önemli bir rol oynayan süt starter kültürleri olarak da iyi adaylardır. Bu nedenle LAB ile fermente edilmiş gıdalar tüketildiğinde insanlara sağladıkları sağlık yararları ile birlikte koruyucu özelliklerinin bir sonucu olarak gıda işlemede ve birçok fermente gıda üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır (Ayivi ve ark., 2020; Leroy ve De Vuyst, 2004; Messens ve De Vuyst, 2002).

LAB tarafından üretilen organik asitlerin pH değerini düşürmeleri ve antibakteriyel aktivitesi, fermente gıdaların biyoprezervasyonu için ana mekanizmalardır. LAB, laktik, asetik, süksinik, propiyonik, formik ve bütirik asitler gibi bir dizi organik asit üretebilir. Ek olarak, LAB, substratın pH değerini düşüren organik asitler üretmek için şekerin fermantasyonunu gerçekleştirir. Düşük pH, organik asitleri yağda çözünür hale getirir ve hücre zarı korumasını aşmalarına olanak tanır. Bu, aktif taşımayı engellemelerine, hücre zarını aşmalarına ve sitoplazmaya ulaşmalarına neden olur, bu da hücre içi pH'ın azalmasına ve patojenlerin çeşitli metabolik fonksiyonlarının inhibisyonuna neden

olur. Bu inhibe edici etki, Gram pozitif ve Gram negatif bakterilerin yanı sıra maya ve küfleri de kapsamaktadır (De Souza ve Dias, 2017).

LAB, süt endüstrisinde peynir ve yoğurt üretimi için kullanılan ana starter kültürlerdir. Starter kültürlerin kullanımı, üreticilerin son ürüne belirli özellikler kazandırmayı amaçlayan fermantasyon süreçlerini kontrol etmelerine ve optimize etmelerine olanak tanır. Bu nedenle, starter kültürler lezzet ve aroma özellikleri, proteolitik ve lipolitik aktiviteler ve patojenik mikroorganizmaların inhibisyonu ile ilişkilidir (García-Díez ve Saraiva, 2021).

Laktik asit bakterileri peynir yapım sürecinde farklı roller oynar. Bazı türler fermantasyona daha fazla katılırken diğerleri esas olarak olgunlaşmaya katılır. Gıda güvenliği açısından LAB'nin önemi, organik asitlerin üretimi, rekabetçi etki ve antimikrobiyal maddelerin üretimi boyunca gıda kaynaklı ve bozulma bakterilerine karşı antimikrobiyal etki sağlamalarına dayanmaktadır (Parente ve Cogan, 2004).

Gıda kaynaklı patojenler açısından, peynir kaynaklı salgınlarında en sık görülenler mikroorganizmalar Enteropatojenik *E. coli* 0157:H7, *Salmonella* spp., *S. aureus* ve *L. monocytogenes*'tir. Özellikle *L. monocytogenes* üretim, olgunlaşma ve depolama (hatta soğuk depolamada) sırasında çok çeşitli koşullarda yaşayabildiği için en endişe verici patojendir. Peynirde *L. monocytogenes*'i kontrol etmek için starter kültürlerin kullanımı esas olarak starter kültürlerin bakteriyosinjenik özelliklerine dayanmaktadır. Bu nedenle, sakacin, nisin, pediocin veya enterocin bakteriyosinjenik starter kültürlerinin kullanımı, peynirde *L. monocytogenes*'i kontrol etmek için en önemli aracı temsil eder. Taze peynire starter olarak *Lactococcus lactis* eklenmesi *L. monocytogenes*

sayılarında mütevazı bir azalmaya neden olmuştur (García-Díez ve Saraiva, 2021).

6.2. Doku iyileştirme

Yoğurda istenilen doku ve ağız hissini vermek için süte sıklıkla yağsız süt tozu veya peynir altı suyu eklenir. Tüketici bunu doğal bileşen olarak görmese de üretici için ekstra bir maliyet oluşturmaktadır. Ancak bazı ülkelerde jelatin veya bitki (örneğin nişasta, pektin, guar zamkı ve aljinat) ve mikrobiyal polisakkaritler (örneğin ksantan ve gellan) eklemektedir. Polisakkaritler viskoziteyi ve sertliği artırır, dokuyu iyileştirir, sinerezise duyarlılığı azaltır ayrıca düşük yağlı ürünlerin ağız hissine katkıda bulunur. Ancak modifiye edilmiş bu moleküller tüketici tarafından doğal olmayan olarak algılanır ve bazı Avrupa ülkesinin yönetmeliklerine göre, yoğurtta katkı maddelerinin kullanımı yasaktır. Son zamanlarda, yoğurt, ekşi krema ve çırpılmış soslar, dondurma ve mozzarella gibi ürünlerin üretimi için LAB tarafından üretilen doğal doku iyileştirici şeker polimerlerinin (ekzopolisakkaritlerin) kullanım olanakları artmaktadır (Leroy ve De Vuyst, 2004).

Lactobacillus, Lactococcus, Latilactobacillus, Fructilactobacillus, Lentilactobacillus, Leuconostoc, Limosilactobacillus, Lacticasebacillus, Pediococcus, Streptococcus ve Weissella cinslerine ait birçok LAB türü, fermente süt ürünlerinin reolojik niteliklerini iyileştirmede yararlı olabilecek ekstraselüler polisakkaritleri (EPS) doğal olarak üretme yeteneğine sahiptirler (Ripari, 2019). EPS üreten kültürlerin yoğurt, kefir, süt bazlı tatlılar, peynir, krema vb. gibi fermente süt ürünlerinin üretiminde avantajlı olduğu belirtilmiştir. LAB ve diğer bakteriler tarafından üretilen EPS, ürünlerin reolojik özelliklerini ve dokularını

değiştirmek için viskozite artırıcı, stabilizatör, emülgatör veya jelleştirici madde olarak kullanılır. LAB'den elde edilen EPS, fermente sütün emülsifikasyonu, koyulaştırma, sinerez azaltımı ve sertlik gibi belirli niteliklerini iyileştirmek için süt endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Ruas-Madiedo ve ark., 2002; Ale ve ark., 2016). Yoğurta EPS kullanımının ayrıca viskozitesini, depolama stabilitesini (azaltılmış peynir altı suyu sinerezisi) ve ağız hissi, tat, kremamsılık gibi duyu kalitesini artırdığı bildirilmiştir. Bunlar, suyun süt proteinleri ve misel afinitesini artırarak dokulandırıcı ve dengeleyici olarak etki eder ve böylece kazein ağının sıkılığını güçlendirir (Ripari, 2019). Peynirdeki EPS'nin varlığı ile ağız hissi ve peynir verimi üzerinde olumlu etki gözlenirken, düşük yağ etkisinin maskelenmesi, starter kültürle sağlanan EPS sayesinde keçi yoğurdunun duyu kalitesinin artması ve daha yüksek viskoziteye sahip olması mümkün olmuştur (Madhubasani ve ark., 2020; Tidona ve ark., 2016).

6.3. Aroma ve lezzet bileşenleri üretimi

LAB, laktozu laktik aside fermente eder. Şekerin fermantasyonu sırasında asit biriktikçe pH seviyesi giderek azalır. pH kazeinin izoelektrik noktasına düştüğünde kazein çöker ve bir pıhtı oluşur. Bu süreçte kültür, asetaldehit, diasetil, asetik asit ve etanol gibi diğer küçük organik molekülleri üretebilir ve bunların hepsi de son ürünün genel lezzet profiline katkıda bulunur (Hernández ve ark., 2005; Chandan ve O'Rell, 2013). LAB, karbonhidrat metabolizmaları ve bunun sonucunda oluşan asitlenme nedeniyle lezzete katkıda bulunur ve genellikle güçlü proteolitik ve lipolitik aktiviteler göstermez. Endojen proteazlardan kaynaklanan amino asitlerin parçalanması nedeniyle bakteriyel lezzet

bileşiklerinin büyük kısmından sorumludur. Genel olarak, aminotransferazlar amino asitlerin (dallı zincirli amino asitler, aromatik amino asitler ve kükürt içeren amino asitler) karşılık gelen α -keto asitlere dönüştürülmesinde ve ardından aldehitlere dekarboksilasyonunda rol oynar (Ravyts ve ark., 2012).

Fermente ürünlerde oluşan aroma bileşikleri substrat, enzimatik ve starter kültür kökenli olabirse de starter kültürlerin büyük bir katkı yaptığı bilinmektedir. Laktik asit bakterileri, genetik özelliklerine bağlı olarak yoğurda özgü tam aromanın oluşumuna katkıda bulunan bireysel karakteristik aroma bileşiklerini sentezleyen sorumlu mikroorganizmalar olarak kabul edilir. Starter kültürler, tipik yoğurt aromasından sorumlu olan asetaldehit, aseton, asetoin ve diasetil gibi karbonil bileşiklerinin potansiyel üreticileri olabilir. Bu nedenle, günümüzde üreticiler, geleneksel yoğurtlara kıyasla daha az aromatik olduğu bilinen endüstriyel yoğurtlara lezzet katmak için yüksek aroma üretim kapasitesine sahip starter kültürleri tercih etmektedir (Çelik ve Temiz, 2022).

L.lactis subsp. cremoris veya *L. lactis subsp. lactis* suşları formundaki LAB, peynir üretimi sırasında eklenen ana starter tipleridir. Bunlar, ekstraselüler hücre zarfı proteinazına (CEP I veya CEP III) ve olgunlaşma sırasında kimoziin türevi kazein parçalarını hidrolize ederek daha düşük moleküler kütleli peptitler ve serbest amino asitler (FAA) üretebilen bir dizi hücre içi proteolitik/peptidolitik enzime sahiptir; bunlar olgun Cheddar peynirinin karakteristik lezzetinin ve aromasının gelişimine doğrudan veya dolaylı olarak katkıda bulunurlar (Yanachkina ve ark., 2016).

6.4. Hızlı olgunlaştırma

Peynirin olgunlaşması yavaş ve dolayısıyla pahalı bir işlemdir. Daha kısa sürelerde daha yoğun peynir aromasının hızla oluşturulması ekonomik olarak avantaj sağlamaktadır. Laktik asit bakterileri olgunlaşma sırasında önemli bir rol oynar ve bu nedenle hızlandırıcı maddeler olarak kullanılabilir. Peynir olgunlaşması sırasında, endojen süt enzimlerinin etkisi ve peynirde bulunan LAB'nin proteolitik ve lipolitik aktiviteleri nedeniyle çeşitli aromatik bileşikler üretilir. Olgunlaşma aşaması zaman ve yer işgal eder bu nedenle hızlandırılmış olgunlaşma teknikleri aranmaktadır (Hati ve ark., 2013).

Peynir olgunlaşması glikoliz, lipoliz ve esas olarak proteoliz gibi birçok biyokimyasal değişimi içeren karmaşık bir süreçtir. Peynirlerdeki proteoliz iki aşamada gerçekleşir. Birincil proteolizde, artık rennet enzimleri, endojen süt proteazlarıyla birlikte kazeini hidrolize ederek oldukça büyük veya orta büyüklükte peptitler üretir. İkincil proteolizde, proteinler ve büyük peptitler starter kültürlerin veya diğer peynir mikroorganizmalarının hücre içi ve hücre dışı enzimlerinin etkisi nedeniyle kademeli olarak daha küçük peptitlere ve amino asitlere hidrolize edilir. Bu nedenle, peynir olgunlaşması sırasındaki proteinaz ve peptidaz aktivitelerinin bir kısmı starter kültürlerden gelir. Çeşitli araştırma bulgularına göre, bu peptidazların aktivitesinin artması, peynir üretiminin olgunlaşma adımını hızlandırmaktadır, bu da peynirlerin depolanma maliyetini azaltarak üreticilere ekonomik ve teknolojik avantajlar sağlayabilmektedir (Giannoglou ve ark., 2016).

Starter kültür bakterilerinden gelen enzimler peynirin olgunlaşmasında ve peynir aromasının gelişmesinde önemli bir rol

oyunyor gibi görünmektedir. Ancak, spesifik olmayan starter kültürlerle yapılan peynirlerde yetersiz lezzet ve doku kusurları gözlenmektedir. Starter kültür iyi bir peynirin vazgeçilmez unsurudur diğer bileşen ne kadar mükemmel olursa olsun, kötü bir starter kültürün kesinlikle kötü bir peynire yol açacağı bilgisi paylaşılmıştır (Hayaloglu, 2007).

Peynirlerin uzun olgunlaşma süresi ürüne yüksek bir maliyet ekler. Enzimler ve yüksek sıcaklıklar kullanılarak ve özelleştirilmiş proteolitik enzim sistemlerine sahip starter suşları kullanılarak olgunlaşma süresini kısaltmak için girişimlerde bulunulmuştur. *Lc. lactis* ssp. *cremoris* ile birlikte yardımcı starter olarak bakteriyosin üreten *Lc. lactis* ssp. *lactis* DPC3286 suşuyla suşu ile hazırlana starter kültür ile üretilen Peynir, hücrelerin lizisi artırıp daha yüksek serbest amino asit konsantrasyon daha düşük acılık ve daha yüksek derecelendirme puanlarıyla ilişkilendirilmiştir (Saikia ve ark., 2022).

Starter kültürler, Türk Beyaz Tuzlu Peyniri de dahil olmak üzere Türkiye'de yapılan birçok peynir için kullanılmaz. El yapımı peynir üretiminde, peynir kasıtlı olarak starter kültür eklenmeden yapılır; sütün yerel florası olgunlaşmaya katkıda bulunur (Hayaloglu ve ark., 2005). Ancak son zamanlarda Beyaz peynir, laktokok, laktobasil, enterokok ve *Leuconostoc* oluşan ticari karışık suşlu starter kültürlerle aşılınmış pastörize süttten üretilmektedir. Bu organizmalardan *Lc. lactis* subsp. *lactis* ve *Lc. lactis* subsp. *cremoris* en önemlileridir ve genellikle Beyaz peynir üretiminde her starter kültür kombinasyonunda bulunmaktadır (Hayaloglu, 2007).

7. SONUÇ

Sürdürülebilir fermantasyon süreçleri boyunca, gıda ürünlerinin güvenliği artırabilir ve raf ömürleri iyileştirebilir, aynı zamanda gıdanın besinsel, organoleptik, teknolojik ve fonksiyonel özellikleri de geliştirilebilir. Mikrobiyal kültürlerin uygun şekilde kullanılması, belirli fermente gıdaların değerini artırabilir, biyoaktif bileşiklerin (antioksidan bileşikler, fonksiyonel peptitler, doymamış uzun zincirli yağ asitleri vb.) biyoyararlanımını artırabilir ve insan sağlığı üzerinde olumlu bir biyolojik role sahip olabilir. Öte yandan, özel olarak hazırlanmış starter ve fonksiyonel kültürlerin seçimi, belirli tüketici kategorisi için belirli gıdaların üretilmesine olanak sağlar. Bu nedenle, starter veya fonksiyonel katkı maddeleri olarak kullanılan LAB'nin uygulanabilir potansiyelleri iyi araştırılmalı fermente süt ürünleri ve içeceklerin işlevselliğini artırmalı ve bu konuda tüketici bilinci oluşturulmalıdır.

LAB metabolizmasına ilişkin yeni bakış açıları, yeni nesil yeni starter kültürlerin uygulanması için perspektifler sağlar. İşlevsel LAB starterleri çeşitli sağlık, pazarlama ve teknolojik avantajlar sunabilir. Starter kültürü geliştirmenin odak noktası bu kültürleri güvenli, yeniden üretilebilir ve ekonomik olarak verimli bir şekilde yaymak ve üretmek için kaçınılmaz olarak yenilikçi teknolojiler ve yaklaşımlar gerekir. Endüstriyel ölçekte yüksek verimlilik ve kontrol ile düşük işletme maliyeti için gerekli olan yarı sürekli veya sürekli süreçlerin uygulanması ve proses ölçeklendirmesi için hala yenilikçi mühendislik çözümlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

- Accolas, J. P., & Auclair, J. (1983). Thermophilic lactic starters. *Irish Journal of Food Science and Technology*, 7(1), 27-38.
- Adams, M. R., & Nicolaidis, L. (1997). Review of the sensitivity of different foodborne pathogens to fermentation. *Food control*, 8(5-6), 227-239.
- Admassie, M. (2018). A review on food fermentation and the biotechnology of lactic acid bacteria. *World Journal of Food Science and Technology*, 2(1), 19-24.
- Ale, E. C., Perezlindo, M. J., Pavón, Y., Peralta, G. H., Costa, S., Sabbag, N., ... & Binetti, A. G. (2016). Technological, rheological and sensory characterizations of a yogurt containing an exopolysaccharide extract from *Lactobacillus fermentum* Lf2, a new food additive. *Food Research International*, 90, 259-267.
- Auclair, J., & Accolas, J. P. (1983). Use of thermophilic lactic starters in the dairy industry. *Antonie van Leeuwenhoek*, 49, 313-326.
- Axelsson, L. (2004). Lactic acid bacteria: classification and physiology. *Food Science and Technology-New York-Marcel Dekker-*, 139, 1-66.
- Ayad, E. H., Verheul, A., Wouters, J. T., & Smit, G. (2000). Application of wild starter cultures for flavour development in pilot plant cheese making. *International Dairy Journal*, 10(3), 169-179.
- Ayivi, R. D., Gyawali, R., Krastanov, A., Aljaloud, S. O., Worku, M., Tahergorabi, R., ... & Ibrahim, S. A. (2020). Lactic acid bacteria: Food safety and human health applications. *Dairy*, 1(3), 202-232.
- Bevilacqua, L., Ovidi, M., Di Mattia, E., Trovattelli, L. D., & Canganella, F. (2003). Screening of *Bifidobacterium* strains isolated from human faeces for antagonistic activities against potentially bacterial pathogens. *Microbiological research*, 158(2), 179-185.

- Bezie, A., & Regasa, H. (2019). The role of starter culture and enzymes/rennet for fermented dairy products manufacture—a review. *Nutr. Food Sci. Int.* J, 9, 21-27.
- Bintsis, T. (2018). Lactic acid bacteria as starter cultures: An update in their metabolism and genetics. *AIMS microbiology*, 4(4), 665.
- Blaya, J., Barzideh, Z., & LaPointe, G. (2018). Symposium review: Interaction of starter cultures and nonstarter lactic acid bacteria in the cheese environment. *Journal of Dairy Science*, 101(4), 3611-3629.
- Campaniello, D., Bevilacqua, A., Sinigaglia, M., & Altieri, C. (2015). Screening of *Propionibacterium* spp. for potential probiotic properties. *Anaerobe*, 34, 169-173.
- Cavanagh, D., Fitzgerald, G. F., & McAuliffe, O. (2015). From field to fermentation: the origins of *Lactococcus lactis* and its domestication to the dairy environment. *Food microbiology*, 47, 45-61.
- Celik, O. F., & Temiz, H. (2022). Lactobacilli isolates as potential aroma producer starter cultures: Effects on the chemical, physical, microbial, and sensory properties of yogurt. *Food Bioscience*, 48, 101802.
- Chandan, R., & O'Rell, K. (2013). Starter cultures for yogurt and fermented milks. *Manufacturing Yogurt and Fermented Milks*; Chandan, R., Ed.; Blackwell Publishing: Oxford, UK, 89-116.
- Coelho, M. C., Malcata, F. X., & Silva, C. C. (2022). Lactic acid bacteria in raw-milk cheeses: From starter cultures to probiotic functions. *Foods*, 11(15), 2276.
- Collograi, K. C., da Costa, A. C., & Ienczak, J. L. (2022). Fermentation strategies to improve propionic acid production with *propionibacterium* ssp.: a review. *Critical Reviews in Biotechnology*, 42(8), 1157-1179.
- Çiftçi, M., & Öncül, N. (2021). Starter Kültürler. *Journal of New Results in Engineering and Natural Sciences*, (14), 1-16.

- D'Angelo, L., Cicotello, J., Zago, M., Guglielmotti, D., Quiberoni, A., & Suárez, V. (2017). Leuconostoc strains isolated from dairy products: response against food stress conditions. *Food microbiology*, 66, 28-39.
- De Angelis, M., & Gobbetti, M. (2011). Lactobacillus spp.: general characteristics. In *Encyclopedia of Dairy Science*, 2nd Edition (Vol. 3, pp. 78-90). Academic Press.
- De Souza, J. V., & Dias, F. S. (2017). Protective, technological, and functional properties of select autochthonous lactic acid bacteria from goat dairy products. *Current Opinion in Food Science*, 13, 1-9.
- De Vuyst, L., & Tsakalidou, E. (2008). Streptococcus macedonicus, a multi-functional and promising species for dairy fermentations. *International dairy journal*, 18(5), 476-485.
- Delorme, C. (2008). Safety assessment of dairy microorganisms: Streptococcus thermophilus. *International journal of food microbiology*, 126(3), 274-277.
- Dempsey, E., & Corr, S. C. (2022). Lactobacillus spp. for gastrointestinal health: current and future perspectives. *Frontiers in immunology*, 13, 840245.
- Fondén, R., Saarela, M., Matto, J., & Mattila-Sandholm, T. (2003). Lactic acid bacteria (LAB) in functional dairy products. *Functional dairy products*, 1, 244-257.
- Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., McSweeney, P. L., Fox, P. F., Guinee, T. P., ... & McSweeney, P. L. (2017). Starter cultures. *Fundamentals of cheese science*, 121-183.
- Franz, C. M., Huch, M., Abriouel, H., Holzapfel, W., & Gálvez, A. (2011). Enterococci as probiotics and their implications in food safety. *International journal of food microbiology*, 151(2), 125-140.

- Gänzle, M. G., Monnin, L., Zheng, J., Zhang, L., Coton, M., Sicard, D., & Walter, J. (2023). Starter culture development and innovation for novel fermented foods. *Annual Review of Food Science and Technology*, 15.
- García-Burgos, M., Moreno-Fernández, J., Alférez, M. J., Díaz-Castro, J., & López-Aliaga, I. (2020). New perspectives in fermented dairy products and their health relevance. *Journal of Functional Foods*, 72, 104059.
- García-Díez, J., & Saraiva, C. (2021). Use of starter cultures in foods from animal origin to improve their safety. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(5), 2544.
- Georgieva, R., Iliev, I., Haertlé, T., Chobert, J. M., Ivanova, I., & Danova, S. (2009). Technological properties of candidate probiotic *Lactobacillus plantarum* strains. *International Dairy Journal*, 19(11), 696-702.
- Giannoglou, M., Karra, Z., Platakou, E., Katsaros, G., Moatsou, G., & Taoukis, P. (2016). Effect of high pressure treatment applied on starter culture or on semi-ripened cheese in the quality and ripening of cheese in brine. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 38, 312-320.
- Gomes, A. M., & Malcata, F. X. (1999). Bifidobacterium spp. and Lactobacillus acidophilus: biological, biochemical, technological and therapeutical properties relevant for use as probiotics. *Trends in food science & technology*, 10(4-5), 139-157.
- Hati, S., Mandal, S., & Prajapati, J. B. (2013). Novel starters for value added fermented dairy products. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 1(1), 83-91.
- Hatti-Kaul, R., Chen, L., Dishisha, T., & Enshasy, H. E. (2018). Lactic acid bacteria: from starter cultures to producers of chemicals. *FEMS Microbiology Letters*, 365(20), fny213.
- Hayaloglu, A. A. (2007). Comparisons of different single-strain starter cultures for their effects on ripening and grading of Beyaz cheese. *International journal of food science & technology*, 42(8), 930-938.

- Hayaloglu, A. A., Guven, M, Fox, P. F., & McSweeney, P. L. H. (2005). Influence of starters on chemical, biochemical, and sensory changes in Turkish white-brined cheese during ripening. *Journal of dairy science*, 88(10), 3460-3474.
- Hemme, D., & Foucaud-Scheunemann, C. (2004). Leuconostoc, characteristics, use in dairy technology and prospects in functional foods. *International Dairy Journal*, 14(6), 467-494.
- Hernández, D., Cardell, E., & Zarate, V. (2005). Antimicrobial activity of lactic acid bacteria isolated from Tenerife cheese: initial characterization of plantaricin TF711, a bacteriocin-like substance produced by *Lactobacillus plantarum* TF711. *Journal of applied microbiology*, 99(1), 77-84.
- Høier, E., Janzen, T., Rattray, F., Sørensen, K., Børsting, M. W., Brockmann, E., & Johansen, E. (2010). The production, application and action of lactic cheese starter cultures. *Technology of cheesemaking*, 166-192.
- Hoque, M. Z., Akter, F., Hossain, K. M., Rahman, M. S. M., Billah, M. M., & Islam, K. M. D. (2010). Isolation, identification and analysis of probiotic properties of *Lactobacillus* spp. from selective regional yoghurts.
- Hutkins, R. W. (2006). Fermentation of foods in the Orient. *Microbiology and Technology of Fermented Foods*. Oxford: Blackwell Publishing Ltd, 419-55.
- Iyer, R., Tomar, S. K., Maheswari, T. U., & Singh, R. (2010). Streptococcus thermophilus strains: Multifunctional lactic acid bacteria. *International Dairy Journal*, 20(3), 133-141.
- Jalalova, V. Z., Akramova, F. A., Hashimova, S. A., Zokirova, G., Komilov, A. Q., Ishmamat, T., ... & Saporbaev, K. O. (2024). Impacts of environmental factors on milk starter culture performance in sustainable dairy production. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 1-15.

- Janer, C., Peláez, C., & Requena, T. (2004). Caseinomacropeptide and whey protein concentrate enhance *Bifidobacterium lactis* growth in milk. *Food Chemistry*, 86(2), 263-267.
- Jeantet, R., & Jan, G. (2021). Improving the drying of *Propionibacterium freudenreichii* starter cultures. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 105(9), 3485-3494.
- Johansen, E. (2018). Use of natural selection and evolution to develop new starter cultures for fermented foods. *Annual Review of Food Science and Technology*, 9(1), 411-428.
- Kailasapathy, K., & Chin, J. (2000). Survival and therapeutic potential of probiotic organisms with reference to *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium* spp. *Immunology and cell biology*, 78(1), 80-88.
- Kim, M., Ahn, Y. H., & Speece, R. E. (2002). Comparative process stability and efficiency of anaerobic digestion; mesophilic vs. thermophilic. *Water research*, 36(17), 4369-4385.
- Kojic, M., Vujcic, M., Banina, A., Cocconcelli, P., Cerning, J., & Topisirovic, L. (1992). Analysis of exopolysaccharide production by *Lactobacillus casei* CG11, isolated from cheese. *Applied and Environmental Microbiology*, 58(12), 4086-4088.
- Lačanin, I., Mounier, J., Pawtowski, A., Dušková, M., Kameník, J., & Karpíšková, R. (2017). Assessment of the antifungal activity of *Lactobacillus* and *Pediococcus* spp. for use as bioprotective cultures in dairy products. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 33, 1-8.
- Langa, S., Landete, J. M., Martín-Cabrejas, I., Rodríguez, E., Arqués, J. L., & Medina, M. (2013). In situ reuterin production by *Lactobacillus reuteri* in dairy products. *Food Control*, 33(1), 200-206.

- Leroy, F., & De Vuyst, L. (2004). Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry. *Trends in Food Science & Technology*, 15(2), 67-78.
- London, L. E., Chaurin, V., Auty, M. A., Fenelon, M. A., Fitzgerald, G. F., Ross, R. P., & Stanton, C. (2015). Use of *Lactobacillus mucosae* DPC 6426, an exopolysaccharide-producing strain, positively influences the techno-functional properties of yoghurt. *International Dairy Journal*, 40, 33-38.
- Lourens-Hattingh, A., & Viljoen, B. C. (2001). Yogurt as probiotic carrier food. *International dairy journal*, 11(1-2), 1-17.
- Lynch, C. M., Muir, D. D., Banks, J. M., McSweeney, P. L. H., & Fox, P. F. (1999). Influence of adjunct cultures of *Lactobacillus paracasei* ssp. *paracasei* or *Lactobacillus plantarum* on Cheddar cheese ripening. *Journal of Dairy Science*, 82(8), 1618-1628.
- Madhubasani, G. B. L., Prasanna, P. H. P., Chandrasekara, A., Gunasekara, D. C. S., Senadeera, P., Chandramali, D. V. P., & Vidanarachchi, J. K. (2020). Exopolysaccharide producing starter cultures positively influence on microbiological, physicochemical, and sensory properties of probiotic goats' milk set-yoghurt. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(3), e14361.
- Marshall, V. M. (1987). Lactic acid bacteria: starters for flavour. *FEMS Microbiology Reviews*, 3(3), 327-336.
- Martín-Cabrejas, I., Langa, S., Gaya, P., Rodríguez, E., Landete, J. M., Medina, M., & Arqués, J. L. (2017). Optimization of reuterin production in cheese by *Lactobacillus reuteri*. *Journal of food science and technology*, 54, 1346-1349.
- Martinez, F. A. C., Balciunas, E. M., Converti, A., Cotter, P. D., & de Souza Oliveira, R. P. (2013). Bacteriocin production by *Bifidobacterium* spp. A review. *Biotechnology advances*, 31(4), 482-488.

- Martínez-Villaluenga, C., & Gómez, R. (2007). Characterization of bifidobacteria as starters in fermented milk containing raffinose family of oligosaccharides from lupin as prebiotic. *International Dairy Journal*, 17(2), 116-122.
- Meile, L., Dasen, G., Miescher, S., Stierli, M., & Teuber, M. (1999). Classification of propionic acid bacteria and approaches to applied genetics. *Le Lait*, 79(1), 71-78.
- Messens, W., & De Vuyst, L. (2002). Inhibitory substances produced by Lactobacilli isolated from sourdoughs—a review. *International journal of food microbiology*, 72(1-2), 31-43.
- Nomura, M., Kimoto, H., Someya, Y., & Suzuki, I. (1999). Novel characteristic for distinguishing *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* from subsp. *cremoris*. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 49(1), 163-166.
- Oğuz, Ş., & Andiç, S. (2019). Peynir üretiminde kullanılan starter kültürler. *Gıda*, 44(6), 1174-1196.
- Papademas, P. (Ed.). (2014). *Dairy microbiology: a practical approach*. CRC Press.
- Parente, E., & Cogan, T. M. (2004). Starter cultures: general aspects. *Cheese: chemistry, physics and microbiology*, 1, 123-148.
- Parmjit, S. (2011). *Fermented dairy products: starter cultures and potential nutritional benefits*. Food and Nutrition Sciences, 2011.
- Piwożarek, K., Lipińska, E., Hać-Szymańczuk, E., Kieliszek, M., & Ścibisz, I. (2018). *Propionibacterium* spp.—source of propionic acid, vitamin B12, and other metabolites important for the industry. *Applied microbiology and biotechnology*, 102, 515-538.
- Porto, M. C. W., Kuniyoshi, T. M., Azevedo, P. O. S., Vitolo, M., & Oliveira, R. S. (2017). *Pediococcus* spp.: An important genus of lactic acid

- bacteria and pediocin producers. *Biotechnology Advances*, 35(3), 361-374.
- Rakib, M. R. H., Kabir, A., & Amanullah, S. M. (2017). Starter cultures used in the production of probiotic dairy products and their potential applications: A Review. *Chemical and Biomolecular Engineering*, 2(2), 83-89.
- Ravyts, F., Vuyst, L. D., & Leroy, F. (2012). Bacterial diversity and functionalities in food fermentations. *Engineering in Life Sciences*, 12(4), 356-367.
- Ray, R. C., & Joshi, V. K. (2014). Fermented foods: past, present and future. *Microorganisms and fermentation of traditional foods*, 1-36.
- Ripari, V. (2019). Techno-functional role of exopolysaccharides in cereal-based, yogurt-like beverages. *Beverages*, 5(1), 16.
- Rönkä, E., Malinen, E., Saarela, M., Rinta-Koski, M., Aarnikunnas, J., & Palva, A. (2003). Probiotic and milk technological properties of *Lactobacillus brevis*. *International journal of food microbiology*, 83(1), 63-74.
- Ruas-Madiedo, P., Hugenholtz, J., & Zoon, P. (2002). An overview of the functionality of exopolysaccharides produced by lactic acid bacteria. *International dairy journal*, 12(2-3), 163-171.
- Saikia, R. R., Borpuzari, R. N., & Borpuzari, T. (2022). Recent advances in dairy starter cultures: A review. *Indian J Anim Health*, 61(2), 242-249.
- Saltaji, S., Rué, O., Sopena, V., Sablé, S., Tambadou, F., Didelot, S., & Chevrot, R. (2020). *Lactococcus lactis* diversity revealed by targeted amplicon sequencing of *purR* gene, metabolic comparisons and antimicrobial properties in an undefined mixed starter culture used for soft-cheese manufacture. *Foods*, 9(5), 622.
- Samaržija, D., Lukač Havranek, J., Antunac, N., & Sikora, S. (2001). Characteristics and role of mesophilic lactic cultures. *Agriculturae conspectus scientificus*, 66(2), 113-120.

- Sharma, H., Ozogul, F., Bartkiene, E., & Rocha, J. M. (2023). Impact of lactic acid bacteria and their metabolites on the techno-functional properties and health benefits of fermented dairy products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(21), 4819-4841.
- Shin, S. Y., & Han, N. S. (2015). *Leuconostoc* spp. as starters and their beneficial roles in fermented foods. *Beneficial microorganisms in food and nutraceuticals*, 111-132.
- Sieuwert, S., Molenaar, D., van Hijum, S. A., Beerthuyzen, M., Stevens, M. J., Janssen, P. W., ... & van Hylckama Vlieg, J. E. (2010). Mixed-culture transcriptome analysis reveals the molecular basis of mixed-culture growth in *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgaricus*. *Applied and environmental microbiology*, 76(23), 7775-7784.
- Singla, V., Mandal, S., Sharma, P., Anand, S., & Tomar, S. K. (2018). Antibiotic susceptibility profile of *Pediococcus* spp. from diverse sources. *3 Biotech*, 8, 1-17.
- Smid, E. J., & Lacroix, C. (2013). Microbe–microbe interactions in mixed culture food fermentations. *Current opinion in biotechnology*, 24(2), 148-154.
- Smit, G., Smit, B. A., & Engels, W. J. (2005). Flavour formation by lactic acid bacteria and biochemical flavour profiling of cheese products. *FEMS microbiology reviews*, 29(3), 591-610.
- Soro-Yao, A. A., Brou, K., Amani, G., Thonart, P., & Djè, K. M. (2014). The use of lactic acid bacteria starter cultures during the processing of fermented cereal-based foods in West Africa: a review. *Tropical life sciences research*, 25(2), 81.
- Tamime, A. Y. (2002). Fermented milks: a historical food with modern applications—a review. *European journal of clinical nutrition*, 56(4), S2-S15.

- Tidona, F., Zago, M., Corredig, M., Locci, F., Contarini, G., Giraffa, G., & Carminati, D. (2016). Selection of *Streptococcus thermophilus* strains able to produce exopolysaccharides in milk. *International journal of dairy technology*, 69(4), 569-575.
- Todorov, S. D., & Franco, B. D. G. D. M. (2010). *Lactobacillus plantarum*: Characterization of the species and application in food production. *Food Reviews International*, 26(3), 205-229.
- Touré, R., Kheadr, E., Lacroix, C., Moroni, O., & Fliss, I. (2003). Production of antibacterial substances by bifidobacterial isolates from infant stool active against *Listeria monocytogenes*. *Journal of Applied Microbiology*, 95(5), 1058-1069.
- Uriot, O., Denis, S., Junjua, M., Roussel, Y., Dary-Mouro, A., & Blanquet-Diot, S. (2017). *Streptococcus thermophilus*: from yogurt starter to a new promising probiotic candidate?. *Journal of Functional Foods*, 37, 74-89.
- Wade, M. E., Strickland, M. T., Osborne, J. P., & Edwards, C. G. (2019). Role of *Pediococcus* in winemaking. *Australian journal of grape and wine research*, 25(1), 7-24.
- Yanachkina, P., McCarthy, C., Guinee, T., & Wilkinson, M. (2016). Effect of varying the salt and fat content in Cheddar cheese on aspects of the performance of a commercial starter culture preparation during ripening. *International Journal of Food Microbiology*, 224, 7-15.
- Yerlikaya, O. (2019). Probiotic potential and biochemical and technological properties of *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* strains isolated from raw milk and kefir grains. *Journal of dairy science*, 102(1), 124-134.
- Zarzecka, U., Zadernowska, A., & Chajęcka-Wierzchowska, W. (2020). Starter cultures as a reservoir of antibiotic resistant microorganisms. *Lwt*, 127, 109424.
- Zheng, J., Wittouck, S., Salvetti, E., Franz, C. M., Harris, H. M., Mattarelli, P., ... & Lebeer, S. (2020). A taxonomic note on the genus *Lactobacillus*:

Description of 23 novel genera, emended description of the genus *Lactobacillus* Beijerinck 1901, and union of Lactobacillaceae and Leuconostocaceae. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 70(4), 2782-2858.

BÖLÜM 3

SÜT ÜRÜNLERİ VE MİKROBİYOTA

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Çağlar FIRAT¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14585388>

¹ Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Turizm ve Otelcilik Meslek Yüksekokulu, Otel, Lokanta ve İkram Hizmetleri Bölümü, Aşçılık Programı, Erzincan, Türkiye. mcfirat@erzincan.edu.tr, Orcid ID: 0000-0003-4920-4920

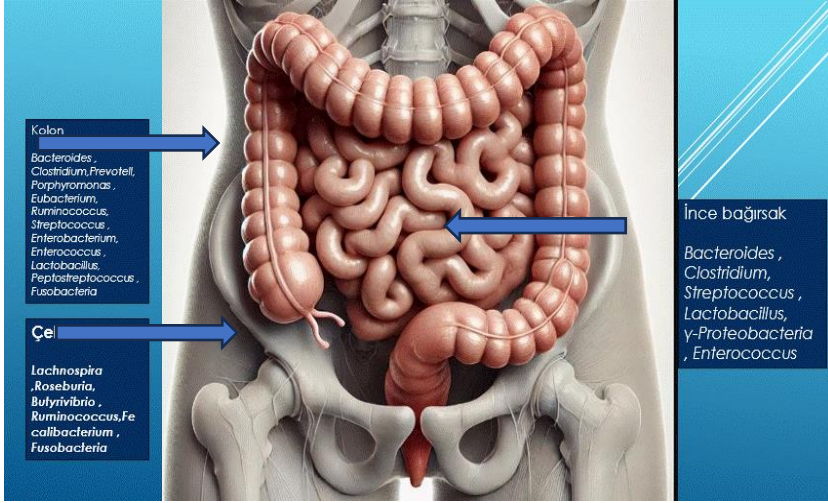
1. GİRİŞ

İnsan vücudunda ortalama 10-20 trilyon vücut hücresi bulunmaktadır ancak toplam hücre bunun iki katından fazladır (Jandhyala ve ark., 2015, Hou ve ark., 2022). Çünkü insan ağız boşluğu sindirim sistemi gibi bölgelerde insan sağlığı üzerinde önemli etkilere sahip olan mikroorganizmalar bulunur. Normal doğum anında doğum kanalından, sezaryenle doğumda ise deriden bulaşmalar ile başlayan bu süreç, sindirim kanalına bu bakterilerin yerleşmesi ile yüksek sayılara çıkmaktadır (Ryan ve ark., 2021). Bu mikroorganizmalar, sindirim sistemi, cilt, ağız ve diğer vücut bölgelerinde bulunur ve insan sağlığını etkileyen birçok biyolojik süreçte rol oynar. Özellikle bağırsak mikroflorası, sindirim, bağışıklık yanıtı ve metabolizma gibi temel işlevlerde kritik bir rol oynamaktadır (Jie ve ark., 2019). Son yıllarda yapılan çalışmalarla bağırsak mikroflorasının sağlıklı bir yaşam tarzı ile doğrudan ilgili olduğu anlaşılmış ve yeni tanımlamalar ihtiyacı hasıl olmuştur.

2. MİKROBİYOTA VE MİKROBİYOM

Bu iki tanım birbirleri yerine kullanılsa da aslında farklılıkları bulunmaktadır. Mikrobiyota bir canlının belirli bir bölgesinde yaşayan canlılar olarak tanımlanmaktadır. Ağız mikrobiyotası ve bağırsak mikrobiyotası bunlara örnek olarak verilebilir. Mikrobiyom terimi ise çevredeki tüm mikroorganizmaların genomlarının toplandığı, mikrobiyal popülasyonun yanı sıra metabolitleri, yapısal bileşenleri ve çevresel faktörleri de kapsayan bir kavramdır (Hou ve ark., 2022). Mikrobiyotayı oluşturan bakteri ve mayalar ile konakçı arasında sürekli etkileşim bulunmaktadır. Bu bağlamda mikrobiyota, insandaki hücre

sayısından 10 kat fazla mikroorganizmayı ve 150 kat fazla genomik bilgiyi de içeren bir hücre topluluğu olarak insan vücudunda yeni keşfedilmiş bir organ olarak tanımlanmaktadır (Hou ve ark., 2022).



Şekil 1. Normal bağırsak mikroflorası (Jandhyala ve ark., 2015)

Bağırsak mikrobiyotası; doğum şekline, yaşanılan bölgeye, beslenme biçimine, yaşa, cinsiyete, antibiyotik kullanım durumuna ve konak fizyolojisine göre değişkenlik göstermektedir (Kim ve ark., 2021). Bağırsak saprofit florası, besin emilimi, konak bağışıklık sisteminin düzenlenmesi ve patojenik mikroorganizmalara karşı savunma ve psikolojik durumların etkilenmesi dahil olmak üzere çeşitli işlevlerin düzenlenmesinde temel bir rol oynar (Gebrayel ve ark., 2022). Dolayısıyla mikrobiyotanın sağlıklı ve dengede olması sağlıklı insanlar için kritik bir durumdur. Çeşitli türlerin azlığı veya fazlalığı ile bazı hastalıklar ilişkilendirilmektedir.

Yapılan çalışmalarda sağlıklı yetişkin bir insanın mikrobiyotasında bini aşkın türde bakteri bulunduğu anlaşılmaktadır. Ağız, yemek borusu,

mide ince bağırsak, kalın bağırsak, deri hatta steril olduğu düşünülen bazı iç organlarda dahi çeşitli sayılarda mikroflora mevcuttur. Yaygın olarak karşımıza çıkan cinsler *Bacteroides*, *Clostridium*, *Faecalibacterium*, *Eubacterium*, *Ruminococcus*, *Peptidococcus*, *Peptidostreptococcus* ve *Bifidobacterium*'dur. Buna karşın üzerlerinde en çok çalışma yapılan ve ön plana çıkan *Lactobacillus* ve *Escherichia* türleri diğerlerine oranla daha az bulunur.

Mikrobiyotanın belirli bir denge içinde bulunması gerekmektedir. Çeşitli grupların sayıları sabittir. Belirli gıdalarla baskın bir diyet, yoğun antibiyotik kullanımı veya çeşitli hastalıklar gibi sebeplerle bu denge bozulabilmektedir. Disbiyoz denilen bu durumda kalp hastalıkları, kanser, karaciğer hastalıkları, IBS, astım bronşit, diyabet ve beyinsel rahatsızlıklar gibi birçok metabolik hastalık ortaya çıkabilmektedir (Hou ve ark., 2022; Belkacemi ve ark., 2020; Pimpin ve ark., 2016). Dengenin yeniden kurulması yine en başta beslenme ve diyet şeklinin düzenlenmesi ile olabilmektedir. Bu nedenle, diyetin mikrobiyota üzerindeki etkilerini anlamak, sağlıklı bir yaşam tarzı geliştirmek için kritik öneme sahiptir.

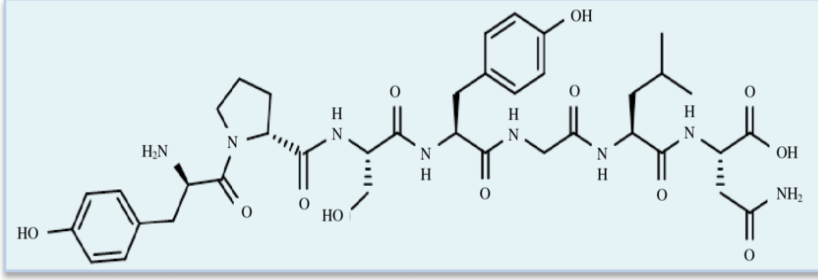
2.1. Süt ürünleri tüketimi ve mikrobiyota

Diyetin mikrobiyota üzerindeki etkileri, özellikle süt ürünleri gibi fermente gıdaların tüketimi ile ilgili olarak dikkat çekmektedir. Süt ürünlerinin, probiyotik mikroorganizma içerikleri sayesinde bağırsak mikrobiyotasını olumlu yönde etkilediği ve bunun da genel sağlık üzerinde faydalı sonuçlar doğurabildiği görülmektedir (Azcárate-Peril ve ark., 2017; González ve ark., 2019).

Süt ürünleri, laktik asit bakterileri gibi yararlı mikroorganizmalar içerir ve bu mikroorganizmalar, bağırsak florasının dengelenmesine yardımcı olabilir. Fermente süt ürünleri, bağırsak sağlığını destekleyen ve sindirim sistemini düzenleyen probiyotikler açısından zengindir. Örneğin, yoğurt ve kefir gibi ürünler, sindirim sistemindeki yararlı bakterilerin gelişmesini teşvik ederken, zararlı bakterilerin çoğalmasını engelleyebilir (Abreu ve ark., 2019; Aslam ve ark., 2020). Bunun yanı sıra, süt ürünlerinin içerdiği besin maddeleri, bağırsak mikrobiyotasının çeşitliliğini artırabilir ve bu da genel sağlık durumunu iyileştirebilir (Shuai ve ark., 2021). Ancak, süt ürünlerinin etkileri kişiden kişiye değişebilir ve bazı bireylerde laktoz intoleransı gibi durumlar, bu ürünlerin tüketimini zorlaştırabilir (Baranowski & Motil, 2021). Süt ürünlerinin mikrobiyota üzerindeki etkileri üzerine yapılan çalışmalar, bu ürünlerin bağırsak sağlığını nasıl etkilediğine dair önemli bilgiler sunmaktadır (Eelderink ve ark., 2019; Ulven ve ark., 2019). Bağırsak sağlığı, genel sağlık üzerinde önemli bir etkiye sahiptir ve mikrobiyotanın dengesi, birçok hastalığın gelişiminde rol oynayabilir. Örneğin, obezite, diyabet ve inflamatuvar bağırsak hastalıkları gibi durumlar, mikrobiyota dengesizliği ile ilişkilendirilmiştir.

2.2. Süt metabolitleri ile mikrobiyota ilişkisi

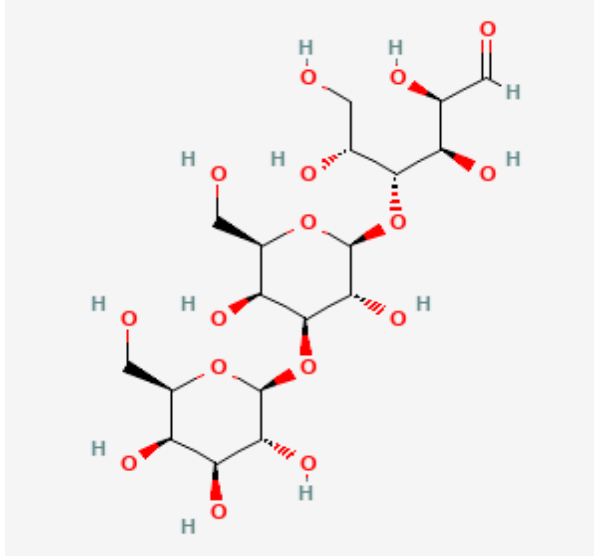
Süt elbette içerdiği esansiyel aminoasitler ile içine girdiği gıdaları besin değerini arttırmaktadır. Sütün fermente olması ise bu proteinlerin daha fonksiyonel bir yapıya dönüşmesine sebep olmaktadır. Yani fermente süt ürünleri içerdikleri LAB ve probiyotik mikroorganizmalar ile ön plana çıkarırken aynı zamanda süt starter kültürleri proteinleri özellikle kazeini parçalayacak proteolitik enzimlere sahiptir.



Şekil 2. Casoxin A biyoaktif peptidi (Rebouillat ve Ortega-Requena, 2015)

Küçük parçalara bölünen peptitler 15-18 aminoasit uzunluğundaki oligopeptitlere dönüştüğünde dolaşım sistemlerine geçebilir ve hücre içine alınabilir (Pihlanto-Leppälä ve ark., 2000). Dolayısıyla vücudun gerekli yerlere iletebilir. Küçük boyutlardaki bu oligopeptitlerin birçok fonksiyonel etkileri bulunabilir. Biyoaktif peptitler denilen bu fonksiyonel bileşikler içinde ACE-inhibitörü peptitler, antimikrobiyal maddeler, opioid benzeri etki eden maddeler, antioksidan maddeler gösterilebilir.

Oligopeptitler gibi oligosakkaritler de mikrobiyota için son derece önemli fonksiyonel bileşiklerdendir. 5-30 monosakkarit büyüklüğündeki bu karbonhidratlar esasında prebiyotik işlev sergiler (Şekil 4). Anne sütü oligosakkaritleri inek sütü oligosakkaritlerinden miktar olarak katlarca fazladır (Zhao ve ark., 2017; Wang ve Yu, 2021).



Şekil 3. 3'-Galactosyllactose (Pubchem, 2024)

Bebek formülasyonları da anne sütüne benzetilmeye çalışıldığından modern bebek mamalarında canlı bakteri kültürleri yanında bu oligosakkaritleri de görmek mümkündür. *Bifidobacterium* bu oligosakkaritleri seçici olarak kullanmaktadır (Yao ve ark., 2024). Bu da gelişimlerini olumlu etkilemektedir.

Mikrobiyota ve süt ürünlerinin ilişkilerinden biri de yetişkin insanların çeşitli vücut örneklerinden ve özellikle dışkılarından izole edilen *Geotrichum candidum*, bazı olgunlaştırılan yumuşak ve yarı sert peynirlerde starter kültür olarak kullanılan maya benzeri bir küf türü olmasıdır (Kamilari ve ark., 2023; Boutrou & Guéguen, 2005). Güvenli uygulama geçmişi olan mikroorganizmalar arasında kabul edilen *G. candidum* (Zaman ve ark., 2022) Son zamanlarda probiyotik özelliklerinin ile ön plana çıkmıştır (Çetin ve ark., 2023).

2.3. Yapılan çalışmalar

Süt ürünlerinin mikrobiyom üzerindeki etkilerini inceleyen birçok çalışma, bu ürünlerin bağırsak sağlığına olumlu katkılar sağladığını göstermektedir. Örneğin, Azcárate-Peril ve ark. (2017), laktoz intoleransı olan bireylerde kısa zincirli galaktooligosakaritlerin (GOS) mikrobiyom üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Bu çalışmada, GOS tüketimi sonrası bağırsak mikrobiyomunda *Bifidobacterium* ve *Lactobacillus* gibi yararlı bakterilerin artış gösterdiği ve bu değişimlerin laktoz intoleransı semptomlarının iyileşmesi ile ilişkili olduğu bulunmuştur.

González ve ark. (2019), fermente süt ürünlerinin bağırsak mikrobiyotasını ve sağlıkla ilişkili biyomarkerleri incelemişlerdir. Araştırma, fermente süt ürünlerinin düzenli tüketiminin bağırsak mikrobiyal profili üzerinde olumlu etkiler yarattığını ve bu durumun sağlıkla ilişkili biyomarkerlerde iyileşmelere yol açtığını göstermiştir. Ayrıca, araştırmacılar, süt ürünleri tüketiminin metabolik ve inflamatuvar biyomarkerler üzerindeki etkilerini incelemiş ve belirli süt yağlarının ve proteinlerinin inflamatuvar biyomarkerleri azaltabileceğini öne sürmüşlerdir.

Shuai ve ark. (2021), süt tüketimi ile bağırsak mikrobiyomu ve kardiyometabolik sağlık arasındaki ilişkileri incelemiş ve süt tüketiminin bağırsak mikrobiyal çeşitliliğini artırdığını bulmuşlardır.

Fermente süt ürünlerinin inflamatuvar yanıt üzerindeki etkilerini araştıran Rundblad ve ark. (2020), fermente süt ürünlerinin, fermente

edilmemiş süt ürünlerine göre daha az inflamatuvar bir yanıt oluşturduğunu göstermiştir. Bu durum, fermente süt ürünlerinin bağırsak mikrobiyotasını değiştirmesi ve bu değişikliklerin inflamatuvar yanıtı modüle etmesi ile ilişkilidir. Ayrıca, Eelderink ve ark. (2019), yüksek ve düşük süt tüketiminin glukoz metabolizması, insülin duyarlılığı ve metabolik esneklik üzerindeki etkilerini karşılaştırmış ve süt tüketiminin olumlu etkilerini vurgulamıştır.

Son dönemlerde yapılan çalışmalarda ön plana çıkan mikrobiyom üyelerinden biri de *Akkermansia muciniphila*'dır. *Akkermansia muciniphila* (*A. muciniphila*), insan ve hayvan dışkısından izole edilen ve bağırsakların mukus tabakasında bulunan bir bağırsak bakterisidir. Bu bakteri, Verrucomicrobia filumuna aittir ve oval şekilli, zorunlu anaerob, sporsuz, hareketsiz ve gram negatif özelliklere sahiptir. *A. muciniphila*'nın çeşitli hastalıklar ve metabolik bozukluklarla bağlantısı olduğu rapor edilmiştir. Bu hastalıklar arasında bağırsak rahatsızlıkları, kanser, obezite, diyabet, otizm, Alzheimer ve astım bulunmaktadır. Yapılan araştırmalar, otizm ve diyabet hastalarında *A. muciniphila* tedavisinin kayda değer başarılar elde ettiğini göstermektedir. Ancak, diğer hastalıklarla olan ilişkisini tam olarak anlayabilmek için daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir (Kadiroğlu ve Çetin, 2023). Fonseca ve ark. (2024), *A. muciniphila* eklenerek üretilen lor ve yoğurtların bazı özelliklerini incelemiş ve probiyotik peynirin kayda değer bir antidiyabetik ve antihipertansif aktivite gösterdiğini, yine peynirde depolama süresince yüksek düzeyde *A. muciniphila* varlığının devam ettiğini, peynirin dokusunun, renginin, su aktivitesinin ve pH'sının etkilenmediğini belirtmiş ayrıca lor ve yoğurdun *A. muciniphila* için iyi

bir taşıyıcı olabileceğini belirtmiştir. İnsan mikrobiyotasında doğal olarak bulunan bu bakterinin gıdaların yapı ve duyuşal özelliklerine olumsuz etki yapmamış olması olumlu bir sonuç olarak değerlendirilebilir.

Nilsson ve ark. (2019), yüksek peynir tüketimi ile prostat kanserine yakalanma arasında bir bağlantı bulurken, kadınların peynir tüketiminin ise tüm kanser türlerinde azalmaya sebep olduğunu ifade etmiştir. Beslenme açısından birçok faydası bulunan peynirin gıda matriksi, olgunlaşma esnasında çoğalan bakteri ve mayalar ile ilgili karmaşık bir durumu olduğu görülmektedir.

Kim ve ark. (2021), 28 sağlıklı erkeğin fermente süt ürünleri tüketimlerini 19 gün boyunca sınırlamaları sonucu oluşan değişiklikleri inceledikleri bir çalışmada *Akkermansia muciniphila*'nın arttığını Clostridiales takımına ait bakterilerin ve *Streptococcus thermophilus*'un ise azaldığını ifade etmiştir.

Swarte ve ark. (2020), diyetinde yüksek oranda fermente süt ürünü (Y) ve düşük oranda fermente süt ürünü (D) alan grupları karşılaştırdıkları bir çalışma yapmışlardır. Y grubunda *Streptococcus*, *Leuconostoc*, and *Lactococcus* cinsleri ile *Streptococcus thermophilus*, *Erysipelatoclostridium ramosum* ve *Leuconostoc mesenteroides* türlerinin arttığını bildirmişlerdir. Ayrıca insan Y grubunda 8 katılımcının gaitalarının sertleştiği ve sindirim sisteminde yüksek sayılarda bulunan ve antiinflamatuvar etki gösteren *F. prausnitzii*'nin sayısının az olduğunu bildirmişlerdir.

Volokh ve ark. (2019), fermente süt ürünlerinin mikrobiyotaya etkisini inceledikleri bir çalışmada *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB-12 ile zenginleştirilmiş yoğurtları yedirdikleri kişilerde *Bifidobacterium* genus, *Adlercreutzia equolifaciens* ve *Slackia isoflavoniconvertens* gibi yararlı türlerin arttığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca fermente süt ürünlerinin bir ay boyunca düzenli tüketilmesinin sadece bağırsak değil aynı zamanda bütün olarak fizyolojisine olumlu etkilerinin olabileceğini ifade etmiştir.

Fin yetişkinlerin bitki bazlı gıdalar, kırmızı ve işlenmiş et ve süt ürünleri tüketimlerinin mikrobiyotaya etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada (Maukonen ve ark., 2024), süt ürünlerini ağırlıklı tüketen kişilerde *Lactobacillus delbrueckii* ve fırsatçı patojen *Citrobacter freundii*'nin arttığını ve bitki bazlı gıdalar ile süt ürünleri veya bunların alt grupları arasında mikrobiyal çeşitlilik ölçümleri açısından potansiyel bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir.

Lacticaseibacillus rhamnosus CNCM I-3690, *Streptococcus thermophilus* CNCM I-1630 ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* CNCM I-1519 gibi LAB türleri ile fermente edilmiş sütlerin ileostomili hastaların bağırsaklarına olan çeşitli etkilerinin incelendiği bir çalışmada (Zaccaria ve ark., 2023), ürünlerin bağırsak mikrobiyotasının kompozisyonunu ve işlevselliğini etkilediğini ve *Peptostreptococcaceae*'nin arttığını belirtmişlerdir.

Veiga ve ark. (2014), *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* CNCM I-2494, *Streptococcus thermophilus* CNCM I-1630 *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* CNCM I-1632 ve CNCM I-

1519 ve *Lactococcus lactis* CNCMI-163 ile fermente edilmiş sütleri tüketen deneklerde kısa zincirli yağ asitleri üretiminin arttığını ve irritabl bağırsak sendromu olan deneklerde kontrol süt ürünüyle karşılaştırıldığında patojen *Bilophila wadsworthia*'nın azaldığını ifade etmişlerdir.

Süt ürünlerinin mikrobiyom üzerindeki etkileri üzerine yapılan çalışmalar genel olarak, bu ürünlerin bağırsak sağlığını destekleyici özellikler taşıdığını göstermektedir. Süt ve fermente süt ürünlerinin, bağırsak mikrobiyotasını olumlu yönde etkileyerek sağlık üzerinde faydalı sonuçlar doğurabileceği anlaşılmaktadır. Bu sadece içerdikleri yararlı bakterilerin bağırsakla çoğalıp kolonize olmasıyla değil, ürettikleri metabolitlerin diğer yararlı mikrobiyota üyelerinin sayısını arttırmasıyla da oluşmaktadır. Ancak, bireylerin süt ürünlerine karşı toleransları ve bu ürünlerin etkileri kişiden kişiye değişebileceğinden, daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Bunun yanında diyetle çeşitlilik sağlanması ve çok yönlü beslenmenin önemi de unutulmamalıdır. Gelecekte hızlı mikrobiyota testleri sayesinde düzeni bozulan sindirim sistemleri takviye gıdalar vasıtasıyla düzeltilebilecektir. Bu bağlamda, süt ürünlerinin mikrobiyota üzerindeki etkilerini anlamak, sağlıklı bir diyetin oluşturulmasında önemli bir adım olacaktır.

3. SONUÇ

Mikrobiyota, insan sağlığı üzerinde önemli bir etkiye sahip olan karmaşık bir ekosistemdir. Süt ürünleri, bu ekosistemi olumlu yönde etkileyebilecek potansiyele sahip olan besin maddeleridir. Yapılan çalışmalar, süt ve fermente süt ürünlerinin bağırsak mikrobiyotasını

zenginleştirerek sağlık üzerinde olumlu etkiler yarattığını göstermektedir. Özellikle, probiyotik özellikleri sayesinde bu ürünler, sindirim sistemi sağlığını destekleyebilir ve inflamatuvar yanıtları modüle edebilir. Bununla birlikte, bireylerin süt ürünlerine karşı toleransları ve bu ürünlerin etkileri kişiden kişiye değişiklik gösterebilir. Dolayısıyla, süt ürünlerinin mikrobiyom üzerindeki etkilerini daha iyi anlamak için daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. Bu alandaki ilerlemeler, sağlıklı bir yaşam tarzının benimsenmesine ve hastalıkların önlenmesine katkıda bulunabilir.

KAYNAKLAR

- Abreu, S., Agostinis-Sobrinho, C., Santos, R., Moreira, C., Lopes, L., Gonçalves, C., ... & Rosário, R. (2019). Association of dairy product consumption with metabolic and inflammatory biomarkers in adolescents: a cross-sectional analysis from the LabMed study. *Nutrients*, *11*(10), 2268.
- Aslam, H., Marx, W., Rocks, T., Loughman, A., Chandrasekaran, V., Ruusunen, A., ... & Jacka, F. (2020). The effects of dairy and dairy derivatives on the gut microbiota: a systematic literature review. *Gut Microbes*, *12*(1), 1799533. <https://doi.org/10.1080/19490976.2020.1799533>
- Azcarate-Peril, M. A., Ritter, A. J., Savaiano, D., Monteagudo-Mera, A., Anderson, C., Magness, S. T., & Klaenhammer, T. R. (2017). Impact of short-chain galactooligosaccharides on the gut microbiome of lactose-intolerant individuals. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *114*(3), E367-E375.
- Baranowski and Motil (2021). "Simple Energy Balance or Microbiome for Childhood Obesity Prevention?" *Nutrients* *13*(8), 2730 doi:10.3390/nu13082730
- Belkacemı, S., Alou, M. T., Million, M., Levasseur, A., Khelafia, S., & Raoult, D. (2020). Prevalence of *Treponema* species in the Gut Microbiome is Linked to *Bifidobacterium* sp. and *Bacteroides* sp.
- Boutrou, R., & Guéguen, M. (2005). Interests in *Geotrichum candidum* for cheese technology. *International journal of food microbiology*, *102*(1), 1-20.
- Butler, M., Bastiaanssen, T., Long-Smith, C., Berding, K., Mörkl, S., Cusack, A., ... & Dinan, T. (2020). Recipe for a healthy gut: intake of unpasteurised milk is associated with increased lactobacillus abundance

- in the human gut microbiome. *Nutrients*, 12(5), 1468. <https://doi.org/10.3390/nu12051468>
- Çetin, B., Güler, MA., Meral Aktaş, H., (2023) İnsan Orijinli *Geotrichum candidum* M1 Suşunun Bazı in vitro Probiyotik Özelliklerinin İncelenmesi *Türkiye 1. Gıda Mikrobiyolojisi Kongresi Bildiri Kitabı*. S 35 Erzurum.
- Eelderink, C., Rietsema, S., van Vliet, I. M., Loeff, L. C., Boer, T., Koehorst, M., ... & Bakker, S. J. (2019). The effect of high compared with low dairy consumption on glucose metabolism, insulin sensitivity, and metabolic flexibility in overweight adults: a randomized crossover trial. *The American journal of clinical nutrition*, 109(6), 1555-1568.
- Fonseca, M., Vedor, R., Barbosa, J. C., Gomes, A. M., & Machado, D. (2024). Can a functional cheese spread incorporating *Akkermansia muciniphila* deliver beneficial physicochemical and biological properties while enhancing probiotic stability and viability during aerobic storage and in vitro digestion. *LWT*, 200, 116187.
- Gebrayel, P., Nicco, C., Al Khodor, S., Bilinski, J., Caselli, E., Comelli, E. M., ... & Edeas, M. (2022). Microbiota medicine: towards clinical revolution. *Journal of translational medicine*, 20(1), 111.
- González, S., Fernández-Navarro, T., Arbolea, S., Reyes-Gavilán, C., Salazar, N., & Gueimonde, M., (2019). Fermented dairy foods: impact on intestinal microbiota and health-linked biomarkers. *Frontiers in Microbiology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01046>
- Hou, K., Wu, Z. X., Chen, X. Y., Wang, J. Q., Zhang, D., Xiao, C., ... & Chen, Z. S. (2022). Microbiota in health and diseases. *Signal transduction and targeted therapy*, 7(1), 1-28.
- Jandhyala, S. M., Talukdar, R., Subramanyam, C., Vuyyuru, H., Sasikala, M., & Reddy, D. N. (2015). Role of the normal gut microbiota. *World journal of gastroenterology: WJG*, 21(29), 8787.

- Jie, Z., Liang, S., Ding, Q., Li, F., Tang, S., Wang, D., ... & Xu, X. (2019). "A multi-omic cohort as a reference point for promoting a healthy human gut microbiome" *Biorxiv* doi:10.1101/585893
- Kadiroğlu H, Çetin B., (2023). Yeni Bir Probiyotik Olarak Akkermansia muciniphila ve Sağlık Üzerine Etkileri. *Türkiye 1. Gıda Mikrobiyolojisi Kongresi Bildiri Kitabı*. S:14 Erzurum.
- Kamilari, E., Stanton, C., Reen, F. J., & Ross, R. P. (2023). Uncovering the Biotechnological Importance of *Geotrichum candidum*. *Foods*, 12(6), 1124. <https://doi.org/10.3390/foods12061124>
- Kim, J., Burton-Pimentel, K. J., Fleuti, C., Blaser, C., Scherz, V., Badertscher, R., ... & Vergères, G. (2021). Microbiota and metabolite modifications after dietary exclusion of dairy products and reduced consumption of fermented food in young and older men. *Nutrients*, 13(6), 1905.
- Kim, J., Burton-Pimentel, K., Fleuti, C., Blaser, C., Scherz, V., Badertscher, R., ... & Vergères, G. (2021). Microbiota and metabolite modifications after dietary exclusion of dairy products and reduced consumption of fermented food in young and older men. *Nutrients*, 13(6), 1905. <https://doi.org/10.3390/nu13061905>
- Li, X., Yin, J., Zhu, Y., Wang, X., Hu, X., Bao, W., ... & Liu, L. (2018). Effects of whole milk supplementation on gut microbiota and cardiometabolic biomarkers in subjects with and without lactose malabsorption. *Nutrients*, 10(10), 1403. <https://doi.org/10.3390/nu10101403>
- Maukonen, M., Koponen, K. K., Havulinna, A. S., Kaartinen, N. E., Niiranen, T., Méric, G., ... & Männistö, S. (2024). Associations of plant-based foods, red and processed meat, and dairy with gut microbiome in Finnish adults. *European Journal of Nutrition*, 1-14.
- Nilsson, L. M., Winkvist, A., Esberg, A., Jansson, J. H., Wennberg, P., Van Guelpen, B., & Johansson, I. (2020). Dairy products and cancer risk in a Northern Sweden population. *Nutrition and cancer*, 72(3), 409-420.

- Pihlanto-Leppälä, A. N. N. E., Koskinen, P., Piilola, K. A. T. I., Tupasela, T., & Korhonen, H. (2000). Angiotensin I-converting enzyme inhibitory properties of whey protein digests: concentration and characterization of active peptides. *Journal of Dairy Research*, 67(1), 53-64.
- Pimpin, L., Wu, J. H., Haskelberg, H., Del Gobbo, L., & Mozaffarian, D. (2016). "Is Butter Back? A Systematic Review and Meta-Analysis of Butter Consumption and Risk of Cardiovascular Disease, Diabetes, and Total Mortality" *Plos One*. doi: 10.1371/journal.pone.0158118
- Pubchem (2024). <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/3-Galactosyllactose>. Erişim tarihi: 20.12.2024
- Rebouillat, S., & Ortega-Requena, S. (2015). Potential applications of milk fractions and valorization of dairy by-products: A review of the state-of-the-art available data, outlining the innovation potential from a bigger data standpoint. *Journal of Biomaterials and Nanobiotechnology*, 6(03), 176.
- Rundblad, A., Holven, K. B., Øyri, L. K., Hansson, P., Ivan, I. H., Gjevestad, G. O., ... & Ulven, S. M. (2020). "Intake of Fermented Dairy Products Induces a Less Pro-Inflammatory Postprandial Peripheral Blood Mononuclear Cell Gene Expression Response than Non-Fermented Dairy Products: A Randomized Controlled Cross-Over Trial" *Molecular Nutrition & Food Research* 64(21), 2000319 doi:10.1002/mnfr.202000319
- Ryan, M. J., Schloter, M., Berg, G., Kostic, T., Kinkel, L. L., Eversole, K., ... & Sessitsch, A. (2021). Development of microbiome biobanks—challenges and opportunities. *Trends in Microbiology*, 29(2), 89-92.
- Schwingshackl, L., Hoffmann, G., Schwedhelm, C., Kalle-Uhlmann, T., Missbach, B., Knüppel, S., ... & Boeing, H. (2016). Consumption of dairy products in relation to changes in anthropometric variables in adult populations: a systematic review and meta-analysis of cohort studies.

- Plos One*, 11(6), e0157461.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0157461>
- Shuai, M., Zuo, L., Miao, Z., Gou, W., Xu, F., Jiang, Z., ... & Zheng, J. (2021). Multi-omics analyses reveal relationships among dairy consumption, gut microbiota and cardiometabolic health. *Ebiomedicine*, 66, 103284. <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2021.103284>
- Smith, C. J., Dethlefsen, L., Gardner, C., Nguyen, L., Feldman, M., Costello, E. K., ... & Relman, D. A. (2021). Short-Term Dairy Elimination and Reintroduction Minimally Perturbs the Gut Microbiota in Self-Reported Lactose Intolerant Adults. *bioRxiv*, 2021-10.
- Suzuki, Y., Ikeda, K., Sakuma, K., Kawai, S., Sawaki, K., Asahara, T., ... & Yamashiro, Y. (2017). Association between yogurt consumption and intestinal microbiota in healthy young adults differs by host gender. *Frontiers in Microbiology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00847>
- Swarte, J. C., Eelderink, C., Douwes, R. M., Said, M. Y., Hu, S., Post, A., ... & Harmsen, H. J. (2020). Effect of high versus low dairy consumption on the gut microbiome: Results of a randomized, cross-over study. *Nutrients*, 12(7), 2129.
- Ulven, S. M., Holven, K. B., Gil, A., & Rangel-Huerta, O. D. (2019). Milk and dairy product consumption and inflammatory biomarkers: an updated systematic review of randomized clinical trials. *Advances In Nutrition*, 10, S239-S250.
- Veiga, P., Pons, N., Agrawal, A., Oozeer, R., Guyonnet, D., Brazeilles, R., ... & Kennedy, S. P. (2014). Changes of the human gut microbiome induced by a fermented milk product. *Scientific reports*, 4(1), 6328.
- Volokh, O., Klimentko, N., Berezhnaya, Y., Tyakht, A., Nesterova, P., Popenko, A., & Alexeev, D. (2019). Human gut microbiome response induced by fermented dairy product intake in healthy volunteers. *Nutrients*, 11(3), 547.

- Wang, Y., & Yu, J. (2021). Membrane separation processes for enrichment of bovine and caprine milk oligosaccharides from dairy byproducts. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(4), 3667-3689.
- Yao, Q., Gao, Y., Zheng, N., Delcenserie, V., & Wang, J. (2024). Unlocking the mysteries of milk oligosaccharides: Structure, metabolism, and function. *Carbohydrate Polymers*, 121911.
- Zaccaria, E., Klaassen, T., Alleleyn, A. M., Boekhorst, J., Smokvina, T., Kleerebezem, M., & Troost, F. J. (2023). Endogenous small intestinal microbiome determinants of transient colonisation efficiency by bacteria from fermented dairy products: a randomised controlled trial. *Microbiome*, 11(1), 43.
- Zaman, S., Gohar, M., Kanwal, H., Chaudhary, A., & Imran, M. (2022). Impact of probiotic *Geotrichum candidum* QAUGC01 on health, productivity, and gut microbial diversity of dairy cattle. *Current Microbiology*, 79(12), 376.
- Zhao, C., Wu, Y., Liu, X., Liu, B., Cao, H., Yu, H., ... & Xiao, J. (2017). Functional properties, structural studies and chemo-enzymatic synthesis of oligosaccharides. *Trends in Food Science & Technology*, 66, 135-145.

BÖLÜM 4

FERMENTE SÜT ÜRÜNLERİ

Öğr. Gör. Dr. Bahattin TABAR¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14585394>

¹ Iğdır Üniversitesi, Iğdır Meslek Yüksekokulu, Otel, Lokanta ve İkram Hizmetleri Bölümü, Aşçılık Programı, Iğdır, Türkiye. bahattin.tabar@igdir.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001-9632-2060

1. GİRİŞ

Fermantasyon, gıdaları korumak, raf ömrünü uzatmak ve lezzeti iyileştirmek için kullanılan, kökeni eskilere dayanan, bir gıda işleme teknolojisidir. Fermantasyon sırasında, mikroorganizmaların ürettiği enzimlerin etkisiyle, gıdalarda kimyasal ve fiziksel değişimler meydana gelir.

Geleneksel fermantasyon, doğal olarak ortamda bulunan mikroorganizmalar tarafından gerçekleşirken, günümüzde fermantasyon ise, modern tesislerde nihai üründe tutarlılık ve kaliteyi sağlaması için başlatıcı starter mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilir. Bu mikroorganizmalar salgılamış oldukları farklı enzimler sayesinde; organik asitler, diasetil, CO₂, vitamin, mineraller ve antibiyotikler de dahil olmak üzere birçok primer ve sekonder metabolitler üretebilirler.

Sütün yapısında bulunan proteinler; α -kazein, β -kazein, κ -kazein ile peynir altı suyu proteinleri olan, β -laktoglobulin, α -laktoalbumin, laktoferrin, immünoglobulin ve glukomakropeptit'den oluşur.

Laktik asit bakterileri (LAB)'nin sütün yapısında bulunan proteinleri proteolizi sırasında çeşitli peptitler ortama salınır. Bu peptitler biyoaktif özellikte olup immünomodülatör, antifungal, antimikrobiyal, antioksidan ve antikarsinojenik gibi çeşitli aktivitelere sahiptirler (Fernandez ve ark., 2017). LAB'lerinin salgıladıkları proteolitik enzimlerin etkisiyle, süt ürünlerinin sindirim sürecinde proteinlerin sindirilebilirliğinden dolayı ürünlerin biyolojik değerini artırır (Tojo ve ark., 2006). Ayrıca, bakteriyosin olarak tanımlanan protein yapısındaki bakteriyostatik

aktiviteye sahip metabolitler diğer bakterilere karşı etki ederek, çok faydalı yeni fırsatlar sunabilirler (Hill ve ark., 2017).

Süt ürünlerinin fermantasyonu sırasında ortamda bulunan mikroorganizmalar tarafından salgılanan lipaz enzimleri yağ türevlerini parçalayarak aromaya katkıda bulunurlar (Tojo ve ark., 2006). Sütün kökenine ve üretim sürecine bağlı olarak lipit içeriği miktar olarak değişebilir. Trigliseritler, süt lipitlerinin %95'inden fazlasını oluşturur. Ayrıca, süt ürünleri yüksek düzeyde konjuge linoleik asit içerir (Fernandez ve ark., 2016).

Laktoz, süt ürünlerinde laktik asit oluşturan ana karbonhidrattır. Ürün türüne ve endüstriyel katkı maddelerine bağlı olarak, bu disakkarit doğal yoğurttaki toplam karbonhidratların %98'ine kadar ulaşabilir. Laktozun, glikoz ve galaktoz olarak hidrolizi sindirim sisteminde β -galaktozidaz enzimi tarafından gerçekleşir (Fernandez ve ark., 2016).

Fermente süt ürünleri, vitamin ve mineraller açısından zengindir (Fernandez ve ark., 2016). A, B₁, B₂, B₆, B₁₂, niasin, pantotenik asit, folik asitin ve D vitamini dışında kalsiyum, fosfor, potasyum, magnezyum, çinko ve potasyum açısından oldukça zengindir (Moreno-Montoro, 2015). Bu mikro besinlerin çoğu, fermantasyon sürecinde fermente süt ürünlerinde çiğ süte göre daha yüksek bir biyoyararlılığa sahiptir (Fernandez ve ark., 2016). Ek olarak, süt ürünlerinde bulunan laktik asit, kalsiyum emiliminde, patojenik mikrobiyotanın inhibisyonunda ve bağırsak salgısının uyarılmasında önemli bir rol oynamaktadır (Tojo ve ark., 2006).

Prebiyotik ve probiyotik içeren fonksiyonel gıdalar (yoğurt ve kefir gibi) olumlu yararlarından dolayı süt endüstrisinin ilgisini çekmiştir (Bourrie ve ark., 2016; Chen ve ark., 2019). Bu anlamda, Laktik asit bakterileri çeşitli yenilikçi ve sağlık geliştirici ürünler geliştirmek için başvurulan kaynaklardandır (Lampe, 2011; Vaughn ve Sivamani, 2015; Ortiz ve ark., 2017).

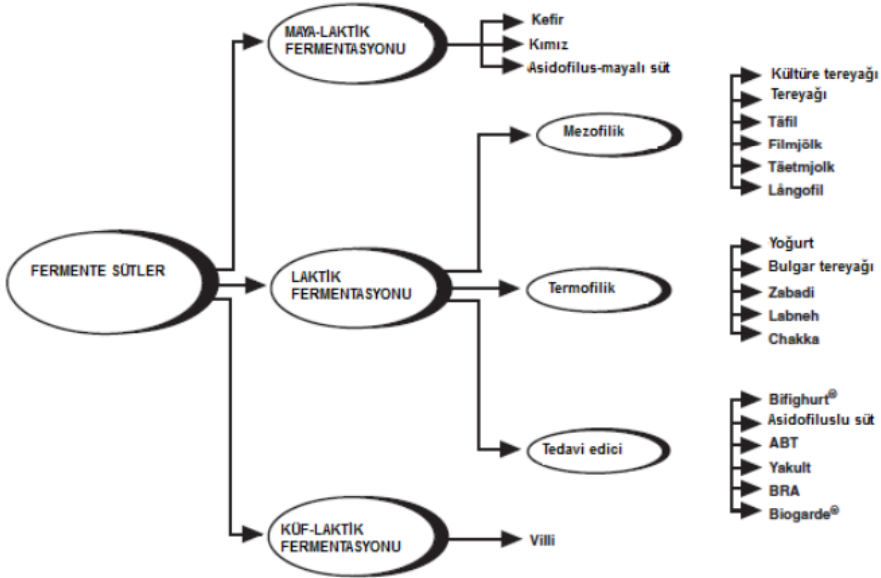
Fermentasyon sırasında üretilen bileşenlerin bağırsak mikrobiyotasına önemli faydaları vardır (Granier ve ark., 2013). Yapılan çalışmalarda; fermente süt bazlı mama ile beslenen çocukların dışkıında, fermente edilmemiş standart mama ile beslenen çocuklara kıyasla daha yüksek ortalama bifidobakteri oranı olduğu görülmüştür (Mullié ve ark., 2004). Fermente ürünlerin biyo-yararıyla alakalı bilimsel çalışmaların artmasıyla birlikte, birçok kültürde fermente gıdalara olan ilgi artarak beslenmenin önemli bir parçası haline gelmiştir.

2. FERMANTASYONDA ROL ALAN MİKROORGANİZMALAR

Süt ürünlerinin fermentasyonu sırasında birçok mikroorganizma rol oynamakla beraber çoğunlukla *Enterococcus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc*, *Lactobacillus* ve *Pediococcus* gibi laktik asit bakterileri yanında *Debaryomyces*, *Kluyveromyces*, *Saccharomyces*, *Geotrichium*, *Mucor*, *Penicillium* ve *Rhizopus* gibi maya ve küfler türleri de rol oynar.

Laktik asit bakterileri homofermantatif ve heterofermantatif olmak üzere üretmiş oldukları metabolitler yönünden ikiye ayrılırlar. Sütün fermentasyonu için kullanılan en yaygın LAB suşları, genellikle

Bifidobacterium breve C50, *Bifidobacterium lactis*, *Bifidobacterium longum* ve *Bifidobacterium animalis* gibi Bifidobacteria'larla veya *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus johnsonii* ve *Lactobacillus casei* gibi Lactobacilli'lerle birlikte olan *Streptococcus thermophilus*'tur (Granier ve ark., 2013).



Şekil 1. Fermente Süt Ürünlerinin Sınıflandırılması (Tamime ve Robinson, 1999)

Fermente süt ürünlerinin geleneksel üretiminin benzersiz bir özelliği, tahılda ve fermente sütte büyük miktarda maya bulunmasıdır. Pazarlanan mikroorganizma probiyotiklerinin çoğu laktobasiller ve bifidobakteriler gibi bakteriler olsa da, *Saccharomyces boulardii* (Bourrie ve ark., 2016) gibi başkaları da vardır.

S. boulardii'nin *Clostridium difficile* ile ilişkili ishal semptomlarını iyileştirdiği, ayrıca iltihabı azalttığı ve bağırsaktaki bağışıklık durumunu

ve reaksiyonları değiştirdiği gösterilmiştir. Kefirin bazı mayaları immünomodülatör özelliklere sahiptir (Maccaferri ve ark., 2012).

3. FERMENTE SÜT ÜRÜNLERİ

Süt ürünleri ve özellikle fermente edilmiş çeşitleri, son birkaç on yılda sağlık destekleyici yönleri nedeniyle popülerlik kazanmış olup, bunlar nutrasötikler, fonksiyonel veya tasarımcı gıdalar olarak sınıflandırılmaktadır (Granato ve ark., 2010). Tüketici taleplerini karşılamak için yeni ürünler çıkarılmaktadır. Bu ürünlerin faydalı nitelikleri daha çok özellik atfedilen tekli veya çoklu bakteri türlerinden oluşur (Pinto ve ark., 2017). Bu ürünler için kullanılan popüler etiketler; prebiyotikler, probiyotikler ve sinbiyotiklerdir (Gibson ve ark., 2017).

Prebiyotikler, vücut mikrobiyomunu geliştirip büyüten ürünler olarak tanımlanır (Gibson ve ark., 2017). Probiyotikler ise doğru miktarlarda tüketildiğinde konakçıya faydalı bir sağlık etkisi sağlayan canlı mikroorganizmalar olarak tanımlanır (Hill ve ark., 2014). Sinbiyotikler ise sinerjik fayda üreten hem prebiyotikleri hem de probiyotikleri oluşturan ürünlerdir (Schrezenmeir ve Vrese, 2001).

Süt ürünlerinde arzu edilen duyuşal özellikler farklı probiyotikler kullanarak fermantasyon yoluyla elde edilebilir (La Torre ve ark., 2003).

3.1 Kefir

Kefir adı muhtemelen Türkçe'deki 'keyif' kelimesinden türemiştir (Kabak ve Dobson, 2011). Kefir, 'kefir tanesi' olarak bilinen bakteri ve mayanın karmaşık eylemleriyle üretilen esnek, protein ve polisakkarit

matrisine gömülü çözünmeyen asidik, viskoz, hafif köpüren, hafif alkollü bir süt içeceğidir (Marshall ve ark., 1984).

Geleneksel bir içecek olan kefir, Orta Asya'daki Kafkas dağlarında binlerce yıl önce ortaya çıkmıştır (Otle ve Cagindi, 2003). Efsaneye göre, orijinal kefir taneleri Kafkasya bölgesindeki Ortodoks Hıristiyanlara Hz. Muhammed tarafından ve asla kimse ile paylaşmamaları yönündeki katı talimatlarla verilmiştir (Nielsen ve ark., 2014). Efsane bu şekilde olsa bile günümüzde ticari ve ev tipi kefir taneleri dünyanın birçok yerinde bulunabilmektedir.

Günümüzde özellikle Avrupa'da sağlığa olan faydalarından dolayı hastanelerdeki hastalara yanında bebeklere dahi kefir tüketmeleri önerilmektedir.

Kefir taneleri yaklaşık olarak 30 türden fazla LAB ve mayadan oluşan karmaşık bir mikroorganizma topluluğudur (Koşakowski ve Ozimkiewicz, 2012).

Kefir tanelerinden, biyokimyasal profiller kullanılarak *Saccharomyces sp.*, *Kluyveromyces sp.*, *Candida sp.*, *Mycotorula sp.*, *Torulaspota sp.*, *Cryptococcus sp.*, *Pichia sp.*, *Lactobacillus sp.*, *Lactococcus sp.*, *Leuconostoc sp.*, vb. izole edilmiş ve tanımlanmıştır.

Geleneksel kefir, taze sütün, kefir tanesiyle aşılansak fermantasyonuna dayalı olarak gerçekleştirilmektedir (Farnworth, 2006). Kefir taneciğindeki mikroorganizmalar arasındaki karmaşık simbiyotik etkileşimler farklı mikrobiyal bir profile sahip içecek oluşturmaktadır.

(Dobson ve ark., 2011). Kefir taneleri fermantasyondan sonra, bir sonraki kefir partisinin üretilmesi için aşı olarak kullanılmak üzere filtrelendirilir.

Kefir için, inek sütü yaygın olarak kullanılıyor olsa da, kefir her türlü süttten yapılabilir. Genel olarak kefir için inek, keçi veya koyun sütü yaygın olarak kullanılmaktadır (Otlés ve Cagindi, 2003). En iyi Kefir yağlı süttten yapılmaktadır.

Kefir; pirinç sütü, hindistan cevizi sütü, ceviz sütü (Cui ve ark., 2013), kakao posası içeceği (Schwan, 2012), soya sütü (Nielsen ve ark., 2014), fıstık sütü (Bensmira ve Jiang, 2011) gibi süt ürünü olmayan içecekler kullanılarak da hazırlanabilir. Fakat, süt ürünü olmayan bir üründe birkaç fermantasyon döngüsünden sonra, tahılları güçlendirmek için yağ içeren bir süte geri konulmalıdır.

ABD’de sağlıklı bir probiyotik içecek olarak, çoğunlukla evde hazırlanan tahıllardan fermente edilmiş bir zanaatkar içecek olarak tüketilen ancak son zamanlarda perakende kuruluşlarının raflarında ticari bir ürün olarak yer edinmeye başlayan kefir, yeni bir ticari ürün olarak 1970’lerdeki yoğurdun durumuna benzemektedir.

3.2 Yoğurt

Yoğurt ve diğer fermente gıdaların tüketiminin çeşitli hastalıkların veya sağlık sonuçlarının görülme sıklığı üzerinde etkisi olduğu ve birçoğunun hastalık riskinin azaldığı veya sağlıkta iyileşmeler olduğu yapılan bilimsel çalışmalar ile gösterilmiştir.

80.000’den fazla İsveçli yetişkin üzerinde yapılan bir araştırmaya göre, fermente süt ürünlerinin yüksek tüketiminin mesane kanseri

geliştirme riskini azalttığı bildirilmiştir (Larsson ve ark., 2008). Yine İsveç’de yapılan başka bir çalışmada; günlük diyet içerisinde yüksek miktarda fermente süt tüketen bireylerde kardiyovasküler hastalık risklerinin azaldığı bildirilmiştir (Sonestedt ve ark., 2011). Yine, probiyotik yoğurtların çeşitli sağlık sonuçlarının geleneksel yoğurtlardan genellikle daha etkili olduğu görülmüştür (Ejtahed ve ark., 2012).

3.3 Asidofiluslu Süt

Asidofiluslu süt, bağırsaklarda yaşayan yararlı bakteri türlerinden biri olan *Lactobacillus acidophilus* ile zenginleştirilmiş süttür. Asidofiluslu sütlerin tüketiminin etki göstermesini sağlar; ayrıca Asidofiluslu süt, laktoz intoleransı tedavisinde kullanılmaktadır.

Asidofiluslu süt, gastrointestinal sistemde tedavi edici faydaları olduğu düşünülen Laktik asit bakterileri ile fermente edilmiş geleneksel bir süt ürünüdür. Asidofiluslu süt üretmek için yağsız veya tam yağlı süt kullanılabilir. Süt içerisinde bulunan mikrobiyal yükü azaltmak ve yavaş büyüyen laktik asit bakterilerinin kültürünü desteklemek için sütler yaklaşık olarak 1 saat boyunca 95°C gibi yüksek bir sıcaklığa kadar ısıtılır. Isıtma işlemi bittikten sonra sütler %2-5 seviyesinde aşılır ve pıhtılaşmaları için 37°C’de inkübasyona bırakılır.

4. SONUÇ

Bağırsaklarımızın sahip olduğu hücre yapısı, reseptörler bakımından beynimizle ciddi benzerlikler göstermesinden dolayı ‘ikinci beyin’ olarak tanımlanmaktadır. Bağırsaklarımızın, tıpkı beynimiz gibi hatırlayabileceğini, karar verme sürecimizi etkileyebileceği göz önünde

bulundurulduğunda bağırsaklarımızın sadece yararlı maddelerin sindirimi ve zararlı maddelerin vücuttan atılmasını sağlamak işiyle ilgilenmediği bunların dışında sağlığımızın hayatımızın kalitesine doğrudan etki edebileceği anlaşılmaktadır. Yaklaşık yüz yıl kadar önce beslenme üzerinde çalışmalar yapan, Nobel ödüllü İlya Meçnikof, fermente süt ürünleri tüketen insanların 120 yaşına kadar yaşayabileceğini savunmuştur. Gıdalar sayesinde, vücudumuzdaki zararlı mikroorganizmalar ile yararlı olanları değiştirmek mümkün görünmektedir. Gıdalar sayesinde bireylerin günde 10^9 ila 10^{12} kob arasında mikroorganizmayı vücutlarına aldıkları tahmin edilmektedir. Bu miktar mikroorganizmaların bağırsak florasına uygun floradan alınması çok önemlidir (Lang ve ark., 2014). Bu anlamda söz konusu mikroorganizmaların faydaları birçok çalışma ile ortaya çıkarılmış ve fermente süt ürünleri ile vücuda alınmaları da oldukça önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

- Bourrie, B. C., Willing, B. P., & Cotter, P. D. (2016). The microbiota and health promoting characteristics of the fermented beverage kefir. *Frontiers in microbiology*, 7, 196946.
- Bensmira, M., & Jiang, B. (2011). Organic acids formation during the production of a novel peanut-milk kefir beverage. *British Journal of Dairy Sciences*, 2(1), 18-22.
- Chen, M., Ye, X., Shen, D., & Ma, C. (2019). Modulatory effects of gut microbiota on constipation: The commercial beverage yakult shapes stool consistency. *Journal of neurogastroenterology and motility*, 25(3), 475.
- Cui, X. H., Chen, S. J., Wang, Y., & Han, J. R. (2013). Fermentation conditions of walnut milk beverage inoculated with kefir grains. *LWT-Food Science and Technology*, 50(1), 349-352.
- Druart, C., Bindels, L. B., Schmaltz, R., Neyrinck, A. M., Cani, P. D., Walter, J., ... & Delzenne, N. M. (2015). Ability of the gut microbiota to produce PUFA-derived bacterial metabolites: Proof of concept in germ-free versus conventionalized mice. *Molecular nutrition & food research*, 59(8), 1603-1613.
- Ebringer, L., Ferencik, M., & Krajčovič, J. (2008). Beneficial health effects of milk and fermented dairy products. *Folia microbiologica*, 53, 378-394.
- Granier, B., Clavel, B., Moullade, M., Busnardo, R., Charollais, J., Tronchetti, G., & Desjacques, P. (2013). L'Estellon (Baronnies, France), a "Rosetta Stone" for the Urganian biostratigraphy. *Carnets de Géologie/Notebooks on Geology*, (A04), 163-207.
- Dobson, A., O'Sullivan, O., Cotter, P. D., Ross, P., & Hill, C. (2011). High-throughput sequence-based analysis of the bacterial composition of kefir and an associated kefir grain. *FEMS microbiology letters*, 320(1), 56-62.

- Ejtahed, H. S., Mohtadi-Nia, J., Homayouni-Rad, A., Niafar, M., Asghari-Jafarabadi, M., & Mofid, V. (2012). Probiotic yogurt improves antioxidant status in type 2 diabetic patients. *Nutrition*, 28(5), 539-543.
- Farnworth, E. R. (2006). Kefir—a complex probiotic. *Food Science and Technology Bulletin: Fu*, 2(1), 1-17.
- Fernandez, M. A., Picard-Deland, É., Le Barz, M., Daniel, N., & Marette, A. (2017). Yogurt and health. In *Fermented foods in health and disease prevention* (pp. 305-338). Academic Press.
- Gibson, G. R., Hutkins, R., Sanders, M. E., Prescott, S. L., Reimer, R. A., Salminen, S. J. & Reid, G. (2017). Expert consensus document: The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. *Nature reviews Gastroenterology & hepatology*, 14(8), 491-502.
- Granato, D., Branco, G. F., Cruz, A. G., Faria, J. D. A. F., & Shah, N. P. (2010). Probiotic dairy products as functional foods. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 9(5), 455-470.
- Hernández, S., & Verdalet Guzmán, I. (2003). Revisión: alimentos e ingredientes funcionales derivados de la leche. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 53(4), 333-347.
- Hill, Q. A., Stamps, R., Massey, E., Grainger, J. D., Provan, D., & Hill, A. (2017). Guidelines on the management of drug-induced immune and secondary autoimmune, haemolytic anaemia. *Br J Haematol*, 177(2), 208-20.
- Hill, C., Guarner, F., Reid, G., Gibson, G. R., Merenstein, D. J., Pot, B., ... & Sanders, M. E. (2014). Activity of cecropin P1 and FA-LL-37 against urogenital microflora. *Nature Reviews Gastroenterology and Hepatology*, 11(8), 506.

- Kabak, B., & Dobson, A. D. (2011). An introduction to the traditional fermented foods and beverages of Turkey. *Critical reviews in food science and nutrition*, 51(3), 248-260.
- Koşakowski, P., & Ozimkiewicz, M. (2012). Restoration of kefir grains subjected to different treatments. *International journal of dairy technology*, 65(1), 140-145.
- Lampe, J. W. (2011). Dairy products and cancer. *Journal of the American college of nutrition*, 30(sup5), 464S-470S.
- Lang, J. M., Eisen, J. A., & Zivkovic, A. M. (2014). The microbes we eat: abundance and taxonomy of microbes consumed in a day's worth of meals for three diet types. *PeerJ*, 2, e659.
- Larsson, S. C., Andersson, S. O., Johansson, J. E., & Wolk, A. (2008). Cultured milk, yogurt, and dairy intake in relation to bladder cancer risk in a prospective study of Swedish women and men. *The American journal of clinical nutrition*, 88(4), 1083-1087.
- Maccaferri, S., Klinder, A., Brigidi, P., Cavina, P., & Costabile, A. (2012). Potential probiotic *Kluyveromyces marxianus* B0399 modulates the immune response in Caco-2 cells and peripheral blood mononuclear cells and impacts the human gut microbiota in an in vitro colonic model system. *Applied and environmental microbiology*, 78(4), 956-964.
- McFarland, L. V. (2015). From yaks to yogurt: the history, development, and current use of probiotics. *Clinical Infectious Diseases*, 60(suppl_2), S85-S90.
- Moreno Montoro, M. (2016). Design and development of a fermented goat milk as functional food. Bioactive peptides.
- Mullié, C., Yazourh, A., Thibault, H., Odou, M. F., Singer, E., Kalach, N., ... & Romond, M. B. (2004). Increased poliovirus-specific intestinal antibody response coincides with promotion of *Bifidobacterium longum-infantis*

- and *Bifidobacterium breve* in infants: a randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Pediatric research*, 56(5), 791-795.
- Marshall, V. M., Cole, W. M., & Brooker, B. E. (1984). Observations on the structure of kefir grains and the distribution of the microflora. *Journal of Applied Microbiology*, 57(3), 491-497.
- Nielsen, B., Gürakan, G. C., & Ünlü, G. (2014). Kefir: a multifaceted fermented dairy product. *Probiotics and antimicrobial proteins*, 6, 123-135.
- Ortiz, Y., García-Amézquita, E., Acosta, C. H., & Sepúlveda, D. R. (2017). Functional dairy products. *Global food security and wellness*, 67-103.
- Otles, S., & Cagindi, O. (2003). Kefir: A probiotic dairy-composition, nutritional and therapeutic aspects. *Pakistan journal of nutrition*, 2(2), 54-59.
- Pinto, J. M., Sousa, S., Rodrigues, D. M., Malcata, F. X., Duarte, A. C., Rocha-Santos, T. A., ... & Gomes, A. M. (2017). Effect of probiotic co-cultures on physico-chemical and biochemical properties of small ruminants' fermented milk. *International Dairy Journal*, 72, 29-35.
- Shiby, V. K., & Mishra, H. N. (2013). Fermented milks and milk products as functional foods—A review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 53(5), 482-496.
- Schwan, R. F. (2012). New cocoa pulp-based kefir beverages: Microbiological, chemical composition and sensory analysis.
- Sonestedt, E., Wirfält, E., Wallström, P., Gullberg, B., Orho-Melander, M., & Hedblad, B. (2011). Dairy products and its association with incidence of cardiovascular disease: the Malmö diet and cancer cohort. *European journal of epidemiology*, 26, 609-618.
- Schrezenmeir, J., & de Vrese, M. (2001). Probiotics, prebiotics, and synbiotics—approaching a definition. *The American journal of clinical nutrition*, 73(2), 361s-364s.

- Tojo Sierra, R., Leis Trabazo, R., Barros Velázquez, J., & Prado Rodríguez, M. (2006). Productos lácteos fermentados. *An. pediatri.(2003, Ed. impr.)*, 54-56.
- Vaughn, A. R., & Sivamani, R. K. (2015). Effects of fermented dairy products on skin: a systematic review. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 21(7), 380-385.
- Verruck, S., Dantas, A., & Prudencio, E. S. (2019). Functionality of the components from goat's milk, recent advances for functional dairy products development and its implications on human health. *Journal of functional foods*, 52, 243-257.
- Zaiss, M. M., Jones, R. M., Schett, G., & Pacifici, R. (2019). The gut-bone axis: how bacterial metabolites bridge the distance. *The Journal of clinical investigation*, 129(8), 3018-3028.

BÖLÜM 5

SÜTLÜ TATLILARIN ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Fadime SEYREKOĞLU^{1*}

Dr. Öğr. Üyesi Sultan ACUN²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14585400>

¹ Amasya Üniversitesi, Suluova Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Amasya, Türkiye. fadime.tokatli@amasya.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001-9787-4115, *Sorumlu yazar: Fadime SEYREKOĞLU

² Amasya Üniversitesi, Suluova Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Amasya, Türkiye. sultan.acun@amasya.edu.tr, Orcid ID: 0000-0003-1954-6102

1. GİRİŞ

Sütlü tatlılar, Türk mutfağının önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Bu tatlıların hazırlanmasında süt, şeker ve nişasta gibi temel bileşenlerin yanı sıra çeşitli aromalar ve kıvam artırıcı maddeler kullanılmaktadır. Geleneksel Türk mutfağında sütlaç, kazandibi, muhallebi ve tavuk göğsü gibi birçok sütlü tatlı çeşidi bulunmaktadır. Bu tatlılar, sadece lezzetleri ile değil, aynı zamanda kültürel değerleri ile de öne çıkmaktadır. Son dönemde, tüketicilerin sağlıklı beslenme konusundaki bilinç düzeyinin artmasıyla birlikte, sütlü tatlıların besin değerini yükseltmek ve fonksiyonel özelliklerini geliştirmek amacıyla zenginleştirme çalışmaları önem kazanmıştır (Acun ve Gül, 2014). Bu trend, gıda endüstrisinde yeni ürün geliştirme stratejilerini etkilemekte ve tüketici taleplerini şekillendirmektedir. Sağlık odaklı bu yaklaşım, geleneksel tariflerin modern beslenme anlayışına uyarlanmasını gerektirmektedir. Bu bağlamda, sütlü tatlılara eklenen fonksiyonel katkı maddeleri, ürünlerin besleyici değerini artırmanın yanı sıra, duyuusal özelliklerini ve kalitesini de etkilemektedir. Prebiyotikler, probiyotikler, diyet lifleri, antioksidanlar ve omega-3 yağ asitleri gibi fonksiyonel bileşenlerin sütlü tatlılara ilave edilmesi, ürünlerin besin değerini yükseltirken, aynı zamanda tekstür, tat, aroma ve raf ömrü gibi kalite parametrelerini de olumlu yönde etkilemektedir (Buriti ve ark., 2016). Örneğin, probiyotiklerin eklenmesi bağışıklık sistemini güçlendirirken, diyet liflerinin ilavesi sindirim sisteminin sağlığını desteklemektedir. Fonksiyonel bileşenlerin sütlü tatlılara eklenmesi, ürün formülasyonunda ve üretim süreçlerinde bazı değişiklikleri gerektirebilmektedir. Bu nedenle, gıda mühendisleri ve beslenme

uzmanları, geleneksel lezzetleri korurken aynı zamanda sağlık faydalarını artıran yenilikçi çözümler geliştirmek için işbirliği yapmaktadır. Bu çalışmalar, tüketicilere daha sağlıklı alternatifler sunarken, aynı zamanda Türk mutfak kültürünün zenginliğini ve çeşitliliğini korumayı amaçlamaktadır. Sonuç olarak, sütlü tatlıların fonksiyonel özelliklerinin geliştirilmesi, geleneksel lezzetlerin modern beslenme anlayışıyla buluşmasını sağlamakta ve gıda endüstrisinde yeni fırsatlar yaratmaktadır. Bu gelişmeler, tüketicilerin hem damak zevklerini tatmin eden hem de sağlık beklentilerini karşılayan ürünlere erişimini kolaylaştırmaktadır.

Bu çalışmada geleneksel süt tatlılarının zenginleştirilmesi, zenginleştirilen tatlıların besinsel kompozisyonu ve teknolojik özellikleri üzerindeki etkileri, yapılan araştırmalardan elde edilen bulgular ışığında incelenecektir. Ayrıca, zenginleştirme işleminin gıdaların duyu özellikleri, raf ömrü ve işleme karakteristikleri üzerindeki etkileri de açıklanacaktır.

2. Sütlü tatlılar

Sütlü tatlılar, Türkiye ve dünya genelinde çeşitli mutfak geleneklerini ve besin değerlerini yansıtan önemli kültürel ve ekonomik öneme sahip besin maddeleridir. Türkiye'de, süt ürünleri sektörü hem beslenme hem de ekonomik istikrar için hayati öneme sahiptir ve tarımsal üretim değerinin %25-30'una katkıda bulunmaktadır (Goenenc ve Tanrivermis, 2008). Sütlü tatlılar, genellikle çeşitli süt ürünlerinden elde edilir ve yerel lezzetleri ve geleneksel yöntemleri sergileyen Türk mutfağının ayrılmaz bir parçasıdır. Süt ve süt ürünlerinin üretimi ve tüketimi sürekli artmaktadır ve Türkiye bu sektörde büyük ölçüde kendi

kendine yeterlidir (Kart Örmeci ve Demircan, 2014). Süt ürünleri endüstrisi önemli bir iş gücü istihdam etmekte ve küçük çiftçileri desteklemektedir (Erdem ve Türkyılmaz, 2021). Düşük ihracat oranlarına rağmen, sektörün iç tüketim tarafından yönlendirilen büyümesi beklenmektedir (Kart Örmeci ve Demircan, 2014).

Geleneksel süt bazlı tatlılar, dünya mutfağının önemli bir parçasıdır. Türkiye'de en iyi bilinenleri, çoğunlukla süt veya taze peynirden yapılan ve un, nişasta, ceviz, fındık ve meyve dilimleri eklenerek yapılan supangle, keşkül, fırın sütlaç, kazandibi, tavuk göğsü ve profiteroldür (Gucukoglu ve ark., 2020).

Dünya genelinde sütlü tatlılar, her kültürün tarifleri yerel tatlara ve malzemelere uyarlanmasıyla büyük ölçüde farklılık gösterir. Türkiye geleneksel süt ürünlerinde öne çıkarken, diğer ülkeler de süt ürünleri sektörlerinde sürdürülebilirliği ve yeniliği vurgulayarak daha geniş bir sağlık bilincine sahip tüketim trendini yansıtmaktadır. Sütlü tatlılar, çeşitli mutfaklarda temel bir gıda maddesi olarak önemli bir kültürel ve besinsel öneme sahiptir. Sadece bir zevk kaynağı değil, aynı zamanda besin profilini artıran yenilikçi üretim yöntemleri sayesinde sağlık yararları da sunarlar. Üretim yöntemlerindeki son gelişmeler, şeker içeriği azaltılmış ve raf ömrü uzatılmış sütlü tatlıların üretilmesine yol açmıştır. Örneğin, tadı bozmadan daha sağlıklı bir ürün elde etmek için pekmez ve düşük kalorili tatlandırıcılar kullanan bir yöntem geliştirilmiştir (Omarovich ve ark., 2018). Bir başka teknik ise isomalt ve süt tozu karıştırılarak, diyabetik tüketiciler için uygun diyet özellikleri olan tatlılar elde edilmesini sağlar (Nikolaevna ve ark., 2012). Düşük kalorili ve diyabet dostu seçeneklerin geliştirilmesi, sağlık bilincine

sahip tüketicilere hitap ederek daha sağlıklı bir beslenme eğilimini yansıtmaktadır (Nikolaevna ve ark., 2012). Sütlü tatlılar çeşitli kültürel kutlamaların ve ritüellerin ayrılmaz bir parçasıdır ve mutfak geleneklerini korur. Bu tatlıların teknoloji yoluyla sınıflandırılması, bu mirası koruyarak genç nesillere ulaşmasını sağlar (Sindha ve ark., 2023).

Sütlü tatlılar, tadı ve kültürel önemiyle her geçen gün artan tüketime sahiptir fakat, şeker içeriği ve sağlık etkileri konusunda artan bir endişe bulunmaktadır. Bu durum, beslenme bilinciyle dengelenen daha sağlıklı formülasyonların ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Sütlü tatlılar, hem tüketici memnuniyetine hem de besinsel çeşitliliğe katkıda bulunarak gıda endüstrisinde önemli bir rol oynar. Keyif ve sağlık bilincini birleştiren yenilikler sayesinde süt bazlı tatlıların pazarı genişlemektedir. Bu büyüme, benzersiz formülasyonları ve işleme yöntemleriyle karakterize edilen çeşitli sütlü tatlılarda belirgindir. Sütlü tatlılar, kremalı tatlılar, kremalar, pudingler ve cheesecake'ler gibi çeşitli ürünleri kapsar (Saunders, 2011). Azaltılmış şeker içeriği ve düşük kalorili tatlandırıcıların kullanımı gibi formülasyonlardaki yenilikler yaygınlaşmaktadır (Omarovich ve ark., 2018). Süt ürünleri, temel proteinler, vitaminler ve mineraller sağlayarak tatlıların besin profilini artırır (Stathopoulos, 2008). Probiyotik özellikler de sütlü tatlılara entegre edilerek bağırsak sağlığını ve genel gıda değerini artırmaktadır (Aleksandrovich, 2019). Ayrıca gluten içermeyen ürünlerde yapısal destek sağlayarak glutensiz ürünlerde kullanılırlar (Stathopoulos, 2008).

Araştırmalar, aroma ve dokunun süt ürünlerinin tüketici algısını önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir. Daha yüksek tatlılık seviyeleri, aroma yoğunluğunu artırarak genel memnuniyete katkıda

bulunur (Tournier ve ark., 2006). Sütlü tatlılar genel olarak iyi karşılanırken, bazı tüketiciler diyet kısıtlamaları veya sağlık endişeleri nedeniyle sütlü olmayan alternatifleri tercih edebilir. Bu değişim, süt üreticilerinin çeşitli tüketici tercihlerini karşılamak için sürekli olarak yenilik yapma ihtiyacını vurgulamaktadır.

Süt ürünleri endüstrisi, tat ve fiyat gibi temel niteliklerin yanı sıra, tüketicilerin değişen beklentilerini karşılamak için yenilikler yapmaktadır. Tüketiciler azaltılmış şeker ve eklenmiş besinler gibi sağlık faydaları sunan ürünleri daha çok tercih etmektedir (Kumari ve ark., 2020). Bir araştırma, katılımcıların %20'sinin günlük olarak klasik yoğurt tükettiğini, ancak probiyotikler ve vitaminler gibi fonksiyonel içeriklere yönelik tercihlerin arttığını göstermiştir (Biletska ve ark., 2020). Probiyotikler ve prebiyotikler gibi biyoaktif bileşenlerin dahil edilmesi gibi süt ürünlerindeki yenilikler, yoğurt ve peynir gibi ürünlerin sağlık destekleyici özelliklerini artırır (Martins ve ark., 2018). Fonksiyonel süt ürünlerinin geliştirilmesi, sağlık bilincine sahip tüketicilere hitap eden sürdürülebilir bir trend olarak görülmektedir (Geetha ve Bharathy, 2013).

Süt endüstrisi, sağlık odaklı ürünlere yönelik trendden yararlanarak, tüketici taleplerini karşılamak için reformülasyon ve yeni ürün geliştirme fırsatları yaratmaktadır (Geetha ve Bharathy, 2013). Öte yandan, sağlık odaklı yenilikler hız kazanırken, bazı tüketiciler hala tat ve gelenekselliği sağlık faydalarının önüne koyabilir, bu da geleneksel süt ürünlerine değer veren potansiyel bir pazar segmentini göstermektedir.

Probiyotikler ve antioksidanlar gibi biyoaktif bileşikleri içeren sağlık bilincine sahip tüketicilere hitap eden fonksiyonel süt ürünlerinin geliştirilmesinde önemli bir artış vardır (Mohammad ve ark., 2024; Raddatz ve ark., 2022). Birçok üretici, tüketicilerin sağlık etkileri hakkındaki endişelerini gidermek için katkı maddelerini azaltmak ve besin profillerini artırmak için mevcut ürünleri yeniden formüle etmektedir (Afanasjeva, 2022). Organik ve bitki bazlı seçeneklere yönelik tüketici ilgisindeki artış, süt üreticilerini rekabetçi kalmak için yenilik yapmaya ve ürünlerini çeşitlendirmeye teşvik etmektedir (Singh ve ark., 2024). Öte yandan, süt üreticileri sağlık trendlerine uyum sağlarken, bitki bazlı alternatiflerin artan popülaritesi önemli bir meydan okuma oluşturmaktadır, çünkü tüketiciler algılanan sağlık faydaları ve etik hususlar nedeniyle bu seçenekleri geleneksel süt ürünlerine tercih edebilir (Singh ve ark., 2024; Afanasjeva, 2022).

Sütlü tatlılar, besin değerlerini ve duyuşal özelliklerini artırmak için süt ürünleriyle çeşitli zenginleştirici bileşenlerin birleştirildiği çeşitli bir ürün kategorisidir. Sütlü tatlı formülasyonlarındaki son yenilikler, fonksiyonel bileşenlerin dahil edilmesine, dokuyu iyileştirmeye ve sağlık yararlarını artırmaya odaklanmıştır. Liofilize edilmiş laktik asit bakterileri ve bifidobakteriler gibi bileşenler, bağırsak sağlığını iyileştirmek ve sütlü tatlıların probiyotik özelliklerini artırmak için eklenir (Aleksandrovich, 2019). Nohut ununun, daha iyi doku ve besin değeri sağlamak için sütlü tatlıların fizikokimyasal özelliklerini iyileştirdiği gösterilmiştir (Aguilar-Raymundo ve Vélez-Ruiz, 2018). Süt şekerlemelerine vinasse proteinleri ve biyolojik olarak aktif peptitlerin dahil edilmesi, besin profilini ve fonksiyonel faydalarını

artırır (Xiu, 2017). İnulin, bağırsak florasını düzenleyerek sindirim sağlığını desteklemek için sütlü pudinglerde kullanılır (Guangyu, 2012). Sütlü tatlı pazarı, sağlık bilincine sahip tüketicilere hitap eden düşük yağlı ve düşük şekerli seçeneklerdeki yenilikler sayesinde, keyif ve sağlığı dengeleyen ürünlere doğru evrilmektedir (Saunders, 2011).

3. Sütlü Tatlıların Zenginleştirilmesi

Son yıllarda bireylerin yaşam tarzı, yetersiz beslenme ve hareketsiz yaşam alışkanlıkları, sağlık-hastalık ilişkisini doğrudan etkileyen temel faktörler arasında yer almaktadır. Bu doğrultuda, bilimsel araştırmaların bulguları, günlük diyet planlarının sağlık üzerindeki etkilerinin önemini giderek daha fazla vurgulamaktadır. Endüstrileşmiş dünyada hastalıkların önlenmesi ve sağlığın korunması, bireylerin besin değeri yüksek ve biyoaktif bileşikler içeren bir beslenme modeli benimsemelerini gerektirmektedir. Özellikle fonksiyonel gıdalar, yüksek besin içerikleri ve sağlığa olumlu etkileriyle bu ihtiyacı karşılayan bir çözüm olarak ön plana çıkmaktadır (Mehmetoğlu ve ark., 2017; Camacho-Bernal ve ark. 2021; Nakilcioğlu ve Nurko., 2022).

Fonksiyonel gıdalar ve gıda zenginleştirme uygulamaları, toplum sağlığını desteklemek amacıyla geliştirilmiş önemli bir yaklaşımdır. Bu yöntemler, işlenmiş gıdalara vitaminler, mineraller, diyet lifleri ve antioksidanlar gibi mikro besinlerin eklenmesini sağlayarak, eksikliklerin giderilmesine ve bireylerin sağlıklı bir yaşam sürmesine katkıda bulunmaktadır (Mete ve Altınır, 2018). İnsan vücudunun sağlıklı bir şekilde işleyebilmesi için yaklaşık 70 ‘ten fazla besin ögesine ihtiyacı olduğu göz önüne alındığında, bu öğelerin eksik alınması durumunda büyüme ve gelişme bozuklukları ile çeşitli hastalıkların

ortaya çıkması kaçınılmaz hale gelmektedir. Bu bağlamda, gıda zenginleştirme çalışmaları, mikro besin eksikliklerinin önlenmesi, bağışıklık sisteminin desteklenmesi ve kronik hastalıkların riskinin azaltılması gibi sağlık üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle büyük bir öneme sahiptir (Anonim, 2004).

Zenginleştirme (fortification) terimi, fonksiyonel gıda teknolojisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu işlem, gıdaların üretim, depolama ve işleme süreçlerinde kaybolan besin öğelerinin yeniden ilave edilmesini veya belirli besin öğeleri bakımından gıdaların zenginleştirilmesini kapsamaktadır. Günümüzde, gıda zenginleştirme çalışmaları özellikle mikro besin öğesi eksikliklerinin önlenmesine odaklanmaktadır (Aslan ve Köksel, 2003) Gıdalarda besin değerinin artırılması üç ana kategoriye ayrılmaktadır: Zenginleştirme (fortification), güçlendirme (enrichment) ve yerine koyma (restoration) (Özer ve Güner 2008). Son yıllarda, tüketiciler sağlık açısından faydalı gıdalara, özellikle besinsel lif ve antioksidanlarca zenginleştirilmiş fonksiyonel gıdalara artan bir ilgi göstermektedir. Bu talep doğrultusunda, gelişen teknolojiyle birlikte fonksiyonel gıdalar üzerine yapılan araştırmalar artmakta, gıdaların vitamin, protein, mineral madde, diyet lif ve antioksidan içeriğinin artırılması ile tekstürel ve duyuşal özelliklerinin geliştirilmesi konularına odaklanılmaktadır (Mete ve Altınar 2018).

Türk mutfağının önemli ürünlerinden olan sütlü tatlıların zenginleştirilmesi ve farklı katkıları ile fonksiyonel bir ürün haline getirilmesi hem ürünün besin bileşiminin iyileştirilmesine hem de ürün çeşitliliğinin artmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca kullanılan

antimikrobiyal etkiye sahip doğal katkıları ile ürünlerin raf ömrünün uzaması sağlanabilmektedir. Sütlü tatlıların fonksiyonel bileşenlerle zenginleştirilmesi, hem bireysel sağlık yararları hem de gıda endüstrisinin sürdürülebilir büyümesi açısından önemli fırsatlar sunmaktadır. Probiyotik kültürler, prebiyotik lifler, omega-3 yağ asitleri, vitamin ve mineral takviyeleri gibi bileşenlerin entegrasyonu sayesinde sindirim sistemi sağlığının desteklenmesi, kardiyovasküler risklerin azaltılması, tokluk hissinin artırılması ve hücre hasarının önlenmesi gibi çok yönlü faydalar elde edilebilir. Bu zenginleştirme süreçlerinin başarılı olabilmesi, ürünün organoleptik özelliklerinin korunması, tüketici kabulünün sağlanması ve fonksiyonel bileşenlerin stabilitesinin garanti altına alınmasıyla mümkündür. Mikroenkapsülasyon gibi yenilikçi teknikler ve uygun ambalajlama çözümleri, bu bileşenlerin etkinliğini ve ürün raf ömrünü optimize ederken, gıda mühendisliği alanındaki ilerlemeler lezzet profilinin korunmasını mümkün kılmaktadır. Tüketici beklentileri ve bilimsel yenilikler arasında kurulan bu denge, sütlü tatlıların sadece lezzetli birer atıştırmalık olmaktan çıkarak, sağlığı destekleyen fonksiyonel gıdalar olarak konumlandırılmasını sağlar. Böylece, beslenme biliminin rehberliğinde geliştirilen bu ürünler, hem bireylerin sağlıklı yaşam hedeflerine katkıda bulunur hem de gıda endüstrisi için katma değer yaratan yenilikçi çözümler sunabilmektedir.

4. Sütlü Tatlı Çeşitleri ve Zenginleştirilmesi

4.1. Sütle

Sütle, kısa taneli pirincin sütle yavaşça pişirilmesiyle hazırlanan, nişastanın jelatinleşmesi sonucunda kremi ve belirgin tanecikli bir yapı kazanan geleneksel bir sütlü tatlıdır. Pişirme sürecinde pirinçteki

nişastanın sütte çözünmesiyle karakteristik kıvam elde edilirken, tatlandırıcı olarak şeker ve çeşitli baharatlar kullanılmaktadır. Türkiye’de “sütlaç”, Almanya’da “Milchreis” ve Hindistan’da “Kheer” olarak adlandırılan bu tatlı, kültürel farklılıklarla dünya genelinde yaygın şekilde tüketilmektedir (Sattar ve ark., 2017; Güldemir ve ark., 2018; Sompolski and Hefft, 2022). Ticari sütlaç üretiminde, genellikle kapalı plastik kaplarda soğuk zincir şartlarında muhafaza edilen ve bazı formlarda pişirme gerektirmeyen hazır karışımlar da bulunmaktadır. Ancak, yüksek nem içeriği (%75’e kadar) ve yaklaşık 6,5 pH değerine sahip süt bazlı tatlılar, mikroorganizmaların çoğalması için uygun bir ortam sunduğundan 4 °C’nin altında saklanmaları gerekmektedir (Papageorgiou ve ark., 2003). Tüketicilerin katkısız gıdalara olan talebi doğrultusunda, yapay koruyucu maddelere alternatif olarak bitki ve baharat özlerinin kullanımı giderek önem kazanmaktadır. Ancak bu doğal özütlerin sütlü tatlılarda antimikrobiyal etkileri yeterince araştırılmamış olup, mevcut çalışmalar büyük ölçüde in vitro düzeyde sınırlı kalmaktadır (Değirmenci ve Erkurt, 2020).

Besleyici içeriğiyle öne çıkan pirincin kullanıldığı sütlaç, özellikle büyüme çağındaki çocukların besin yetersizliğine bağlı dikkat eksikliği gibi sorunlarının giderilmesine katkı sağlamakta, böylece sağlıklı büyüme ve gelişimi desteklemektedir (Acharya ve ark., 2018). Ayrıca, ürün formülasyonunda şeker miktarının azaltılması, diyabet hastalarının günlük diyetlerinin zenginleştirilmesine olanak tanımaktadır (Nicklas ve ark., 2014; Suttireung ve ark., 2019). Antioksidan ve antimikrobiyal özelliklere sahip doğal bileşenlerin sütlaç üretiminde kullanımı ise yalnızca besin değerini artırmakla kalmamakta, aynı zamanda

mikroorganizma gelişimini engelleyerek ürünün raf ömrünü uzatmaktadır (Papageorgiou ve ark., 2003). Bu bağlamda, sütlacın geleneksel lezzetini korurken besin içeriğini ve mikrobiyal stabilitesini iyileştiren yenilikçi yaklaşımlar, tüketici sağlığı ve gıda güvenliği açısından önemli bir potansiyel sunmaktadır.

Sütlacın zenginleştirilmesi amacıyla sarı hardal müsilajı, keten tohumu, çemen otu, patlıcan kabuğu ekstraktı gibi katkılar kullanılabilir (Kay ve ark., 2017; Yazıcıoğlu, 2023). İlave edilen katkılar besin bileşiminin iyileştirilmesinin yanı sıra ürünün renginin ve tadının iyileşmesine de yardımcı olmaktadır. Örneğin avokado ilave edilerek üretilen sütlaçlar tat ve renk bakımından tüketicilerin ilgisini çekmekle beraber avokadonun sütlaca kremi bir doku kazandırmasıyla tekstürünün de iyileşmesine yardımcı olmuştur. Ayrıca avokadonun yapısında bulunan lif ile gastrointestinal sistem desteklenmiş, tekli doymamış yağlar ile de kardiyovasküler sisteme olumlu yönde katkı sağlanmıştır (Manurung ve ark., 2023).

Glutensiz bir ürün olması nedeniyle de sevilerek tüketilen sütlaç yulaf, inulin gibi farklı katkılar ile de zenginleştirilebilmektedir. Bunun yanı sıra probiyotiklerin kullanımı ile de sütlacın zenginleştirilmesi mümkündür. Üriner sistem üzerine etkisi olan *Lactobacillus rhamnosus* GR-1 ile probiyotik katkısı yapılan sütlaçlarda 21 günlük depolama sonunda 1×10^8 CFU/ml bakteriye rastlandığı ve %4 oranında kısa zincirli inulin ilave edilen sütlaçların genel kabul edilebilirliğinin daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Williams ve Hekmat, 2017). Benzer şekilde sütlacın sağlığa yararını ve duyuşal çekiciliğini artırmak amacıyla *Lactobacillus acidophilus* LA-5 ve *Bifidobacterium bifidum* BB-12 gibi

mikroorganizmalar ilave edilmiştir (Ozcan ve ark., 2010). Yapılan katkılarda depolama süresince yeterli canlı hücre konsantrasyonunu koruduğu ve terapötik etki sağladığı bildirilmiştir. Tüm bu olumlu katkılara rağmen tüketici tercihlerinin lezzet ve dokuya bağlı farklılıklar göstermekte ve geniş kabul edilebilirlik için optimizasyona ihtiyaç duyulmaktadır.

Probiyotik bakterilerin ilavesi, sütlac gibi süt bazlı tatlılarda sindirim sağlığını desteklerken, prebiyotik lifler ve düşük glisemik indeksli tatlandırıcıların kullanımı, kan şekeri kontrolü üzerinde olumlu etkiler yaratmaktadır. Omega-3 yağ asitleri, vitaminler, mineraller ve antioksidan bileşiklerin entegrasyonu, sütlacın besin değerini artırarak büyüme çağındaki bireyler ve özel diyet ihtiyacı olan tüketiciler için önemli bir alternatif sunmaktadır. Bununla birlikte, fonksiyonel bileşenlerin eklenmesi, ürünün organoleptik özelliklerinin korunması açısından dikkatle yönetilmelidir; tüketici kabulünü sağlamak için lezzet, kıvam ve görünüm gibi faktörlerin optimum düzeyde tutulması büyük önem taşır. Ayrıca, antimikrobiyal özellik gösteren doğal özütlerin kullanımı, mikrobiyal yükü azaltarak raf ömrünü uzatmakta ve ürün güvenliğini iyileştirmektedir. Bu bağlamda, sütlacın hem geleneksel özelliklerini koruyan hem de fonksiyonel gıda niteliği kazanan formülasyonlarının geliştirilmesi, tüketici sağlığını desteklerken gıda endüstrisi için de yenilikçi ve sürdürülebilir çözümler sunmaktadır.

4.2. Kazandibi

Blanc mange veya kahverengi puding olarak bilinen "Kazandibi", bir tür süt pudingidir. Temel malzemeler, gece boyunca suda bekletilen pirinç öğütülerek sütlü bir sıvı elde edilmesiyle hazırlanan tam yağlı süt, şeker (sukroz), nişasta ve pirinç unu veya pirinç sütü (subye) ve vanilyadır. Kazandibi üretiminde tam yağlı standardize süt (%4,5 yağ), sukroz, vanilya, pirinç sütü ve nişasta paslanmaz çelik bir kazanda karıştırılır ve 85 °C'ye ısıtılır. Karışım, kıvam alana kadar 85 °C'de 20 dakika bekletilir. Yuvarlak düz bir teflon tepsiye şeker serpilir ve kıvamlanmış karışım dökülür. Tepsi, alt katmanın rengi kahverengiye dönene kadar ısıtılır. Tepsi oda sıcaklığına soğutulur ve servis edilmeden önce en az 3-4 saat buzdolabında bekletilir. Tatlı kareler halinde kesilir; her kare, kahverengi kısmı dış katman olacak şekilde yuvarlanır ve tarçın serpilerek servis edilir. Kazandibi'nin enerji değeri esas olarak süt yağı, sukroz ve pirinç sütü veya unundaki nişastadan gelir ve bir porsiyon (150 g) yaklaşık 295 kcal içerir (Akpınar-Bayizit ve ark., 2009).

Yarı katı sütlü tatlıların formülasyonu, süt, kalınlaştırıcılar (nişasta ve diğer hidrokolloidler), şeker ve aroma ve renklendirici gibi diğer bileşenlerden oluşur. Ticari ürünlerin fiziksel ve duyuşal özellikleri, süt yağı içeriği, nişasta tipi ve konsantrasyonu, hidrokolloid tipi ve konsantrasyonu, aroma, renklendirici ve bu bileşenler arasındaki etkileşimlerden etkilenir (Bayarri ve ark., 2011). Yüksek moleküler ağırlıklı polisakkaridler olarak bilinen hidrokolloidler, viskoziteyi artırma, jel oluşturma özellikleri ve fiziksel stabiliteyi artıran bir faktör olarak gıdaların tekstürel özelliklerinde önemli bir rol oynar (Şahin ve Özdemir, 2007). Sütlü tatlılar, nişasta ve karragenan gibi hidrokolloidler

kullanılarak jel haline getirilir. Kırmızı alglerden elde edilen karragenan, sülfatlı bir polisakkarittir. Anyonik bir hidrokolloid olan karragenan, kazein üzerindeki pozitif yüklerle etkileşime girer. Nişasta, diğer hidrokolloid ajanların jelasyonuna yardımcı olur (Tasneem ve ark., 2014). Farklı kaynaklardan elde edilen nişasta, gıda endüstrisinde kalınlaştırıcı ve jelleştirici ajan olarak kullanılır (Buriti ve Saad, 2014). Gıda üretiminde iki veya daha fazla sakızın birlikte kullanılması sinerjik bir etki oluşturur (Morais ve ark., 2014). Sakızların birlikte kullanımı, ürün kalitesini artırabilir ve sakız kullanım ihtiyacını azalttığı için ekonomik faydalar sağlayabilir (Toker ve ark., 2013). Farklı süt ürünlerine karıştırılan sakız kullanımı üzerine çalışmalar yapılmıştır (Dogan ve ark., 2014; Morais ve ark., 2014; Toker ve ark., 2013). Morais ve ark., (2014) guar ve xanthan gum kombinasyonu ekleyerek çikolatalı bir sütlü tatlı hazırlamıştır. Toker ve ark., (2013) çeşitli sakız kombinasyonları ile hazırlanan pudinglerin reolojik özelliklerini incelemiştir. Demirag ve ark. (1999), tarafından farklı sakızlar ve yapay tatlandırıcılar ile diyet kazandibi üretilmiş ve farklı katkı maddelerinin enerji değeri, tekstürel, duyuusal ve kimyasal özelliklere etkileri incelenmiştir.

Bu çalışmada, farklı hidrokolloid kombinasyonları kullanılarak kazandibi üretilmiştir. Kazandibi'nin kimyasal, tekstürel ve duyuusal özellikleri depolama sürecinde 1., 5. ve 10. günlerde izlenmiştir. Renk analizi, formülasyon ve depolama süreleri arasındaki L ve b değerlerindeki farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermiştir. Karragenan ve guar gum kombinasyonunun kullanılması, sineresis değerinde daha anlamlı bir azalmaya yol açmıştır. Genel olarak,

kontrol numunesinin tekstürel özellikleri, hidrokolloid içeren numunelere göre daha düşük bulunmuştur. Sakızlar ve süt proteinleri arasındaki etkileşimler, sertlik, esneklik, sakızlılık ve kohezyon değerlerinde artışa yol açabilir. Duyusal özellikler depolama süresi boyunca sürekli olarak azalmıştır. Sütlü tatlı üretiminde hidrokolloidlerin eklenmesi, duyusal özellikler üzerinde olumlu etkilere bağlanmıştır. Sonuçlar, hidrokolloid kombinasyonlarının kazandibi üretiminde başarıyla kullanılabileceğini göstermiştir (Kadagan ve Arslan, 2021).

Kazandibi tatlısının besin değerini artırmak için, fonksiyonel tatlılar ve şekerlemeler üzerine yapılan son araştırmalardan yararlanılarak çeşitli stratejiler uygulanabilir. Bu stratejiler, besin açısından zengin malzemelerin dahil edilmesi, sağlıksız bileşenlerin azaltılması ve genel sağlık yararlarını artırmak için yenilikçi formülasyonların kullanılmasına odaklanır. Aşağıda bu alanda yapılan bazı çalışmalar belirtilmiştir.

Bu çalışma, meyve tozları ve arı ürünlerinin kullanımı sayesinde tatlılarda biyolojik değerin artırılma olasılığını ele almaktadır (Antonenko ve ark., 2023). Bu bileşenler, önemli vitaminler, mineraller ve diyet lifleri sağlayarak tatlıların biyolojik değerlerini artırır ve diyetlerdeki besin eksikliklerini giderir. Günlük diyetlerde mineraller, vitaminler ve özellikle diyet lifleri alımında eksiklikler vardır. Bu sorunu çözenin yollarından biri, özellikle diyet takviyeleri ve bitkisel hammaddeler kullanılarak fonksiyonel gıda ürünleri, özellikle fonksiyonel tatlılar geliştirmektir. Tatlılarda kullanılacak alternatif hammaddeler, önemli miktarda vitamin, mineral ve diyet lifi içeren

meyve tozu ve arı ürünleridir. Bal ve propolis gibi arı ürünleri de antioksidan özellikleri ve bağışıklık desteği dahil olmak üzere sağlık yararları için eklenebilir. Tatlıları diyetlere sağlıklı, terapötik ve koruyucu gıdalar olarak dahil etmek tavsiye edilir. Bu araştırmanın sonuçlarına dayanarak, temel besin maddelerinin içeriği artırılmış fonksiyonel tatlıların teknolojisi geliştirilmiştir. Elde edilen verilere dayanarak, geliştirilen tatlıların insan diyetini eksik besinlerle zenginleştirdiği ve kolay sindirilebilir karbonhidrat miktarını azalttığı sonucuna varılmaktadır. Geliştirilen tatlılar, diyabeti önlemek, sindirimi iyileştirmek ve bağışıklığı güçlendirmek için diyetlerde önerilebilir. Geliştirilen tatlı ürünleri, çocuk beslenmesi, ağır sanayide çalışanların günlük diyetlerinde, ekolojik olarak kirli bölgelerde yaşayanların ve tüm nüfus kesimlerinin tüketici talebini karşılamak için fonksiyonel gıda ürünleri olarak ve ayrıca diyabetli insanlar için önerilebilir. Ayrıca nüfusun beslenme kalitesini ve sağlığını iyileştirmeye katkıda bulunacaktır (Antonenko ve ark., 2023).

Farklı bir çalışma; rafine şeker yerine melas gibi doğal tatlandırıcıların kullanım potansiyelini değerlendirmiştir. Melas sadece bir tatlandırıcı olarak kullanılmaz, aynı zamanda tatlı ürünlerin antioksidan kapasitesini artırabilecek faydalı mineraller ve fitokimyasallar içerir. Bu, karaciğer hücrelerinde oksidatif stresi azaltmadaki etkinliği gösteren deneylerle doğrulanmıştır. Ayrıca şekerlemelerin sağlık profilini iyileştirmek için yumuşak ve sert buğdaydan elde edilen buğday yan ürünlerinin kullanımı araştırılmıştır. Bu yan ürünlerden izole edilen oligosakkaritlerin, onları daha sağlıklı tatlı ürünler için değerli bileşenler haline getiren yüksek diyet lifi ve

antioksidan içeriğine sahip olduğunu göstermiştir. Araştırmada ayrıca, tatlı fırın ürünlerine Kamut® khorasan gibi antik tahılların dahil edilmesinin faydalı bir strateji olabileceği vurgulanmıştır. Bu tahılların antioksidan ve anti-inflamatuar özellikleri değerlendirilmiş olup, sütlü tatlılarda besin kalitesini artırma potansiyeline sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışma, sütlü tatlılar sektöründe, ürün çekiciliğini korurken sağlık yararlarına odaklanan inovasyonun önemini vurgulamaktadır (Valli, 2014).

Diğer bir çalışma ise nişasta bazlı tatlıların besin değerini artırmak için elma suyu ve karabuğday lifi eklenmesinin etkilerini araştırmıştır. Karabuğday kabukları, gıda ürünlerinin besin değerini artırmak için faydalı olan zengin bir lif kaynağı olarak vurgulanmaktadır. Bu çalışma özellikle bu katkı maddelerinin normal ve mumlu tiplerde olmak üzere patates ve mısır nişastalarını nasıl etkilediğini araştırmaktadır. Çalışma lif ve elma suyu eklemenin nişasta bazlı tatlıların özelliklerine etkisini değerlendirmiştir. Reolojik özelliklerini belirlemek için nişasta karışımlarının yapıştırma özellikleri ölçülmüştür. Ayrıca elde edilen jellerin doku, renk ve toplam polifenol içeriği dahil olmak üzere çeşitli kalite parametrelerini değerlendirmişlerdir. Çalışma, karabuğday kabuğu ve elma suyu eklemenin, tatlıların besin profilini iyileştirmenin yanı sıra teknolojik özelliklerini de değiştirdiğini tespit etmiştir. Özellikle, patates nişastasını karışımlarının başlangıç sıcaklığını yaklaşık 9 °C arttırdığı, soğuk tatlıların viskozitesini %8 - %55 azalttığını ve son ürünün sertliğini yedi katından fazla önemli ölçüde arttırdığını tespit etmiştir. Sonuç olarak, araştırma, karabuğday kabuğu ve elma suyunun nişasta bazlı tatlılara dahil edilmesinin, özellikle patates nişastasını bazlı

ürünlerde fiziksel özelliklerini etkilerken besin değerini artırabileceğini göstermektedir. (Adamczyk ve ark., 2023).

4.3. Dondurma

TS 4265'e göre dondurma "krema ve diğer uygun süt ürünleri, içilebilir su, yumurta, sakaroz ile çeşni maddeleri ve katkı maddelerinin belirli oranda karıştırılması ve pastörize edilmesinden sonra tekniğine uygun olarak hazırlanan bir ürün." şeklinde tanımlanmaktadır (Türkmen ve Gürsoy, 2017; Beşir ve ark., 2019).

Dondurmanın zenginleştirilmesi, geleneksel dondurma formülasyonlarının besin değerini artırmayı ve tüketici sağlığına olumlu katkılar sağlamayı amaçlayan kapsamlı bir süreçtir. Bu bağlamda, probiyotikler, prebiyotikler, diyet lifleri, vitaminler, mineraller ve antioksidanlar gibi çeşitli fonksiyonel bileşenler dondurma bileşimine dahil edilmektedir. Bu zenginleştirme işlemi, dondurmanın lezzet, tekstür ve aroma gibi temel duyusal özelliklerini muhafaza ederken aynı zamanda sağlık yararlarını optimize etmeyi hedeflemektedir. Örneğin, probiyotik bakterilerin ilavesi bağırsak sağlığını desteklerken, sindirim sisteminin dengesini iyileştirir ve bağırsıklık sistemini güçlendirir (Kerry ve ark., 2018). Diyet liflerinin eklenmesi ise sindirim sistemini olumlu yönde etkilemekte, bağırsak hareketlerini düzenlemekte ve tokluk hissini artırmaktadır (Akhlaghi, 2024). Prebiyotikler, probiyotiklerin etkinliğini artırarak sindirim sistemi sağlığına katkıda bulunur (Chandrasekaran ve ark., 2024). Vitaminler ve mineraller, vücudun temel işlevlerini destekler ve genel sağlığı iyileştirir (Janciauskiene, 2020). Antioksidanlar ise serbest radikallerle mücadele ederek hücre hasarını önler ve yaşlanma sürecini yavaşlatır (Al-Ani ve ark., 2022).

Gıdaların zenginleştirme yaklaşımı, tüketicilerin artan sağlıklı beslenme eğilimlerine cevap verirken, gıda endüstrisine de yenilikçi ürün geliştirme fırsatları sunmaktadır. Dondurma üretiminde farklı fonksiyonel bileşenleri kullanarak çeşitli sağlık faydaları sunan özel ürünler geliştirilebilmektedir. Bu, hem tüketici talebini karşılamak hem de rekabet avantajı elde etmek açısından önemlidir.

Zenginleştirilmiş dondurma üretiminde, bileşenlerin stabilitesi, ürünün raf ömrü ve dondurma üretim sürecinin her aşamasında fonksiyonel özelliklerin korunması gibi teknik zorluklar da göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle, uygun formülasyon ve üretim teknikleri geliştirmek için sürekli araştırma ve geliştirme çalışmaları yapılmalıdır.

Çeşitli gıdaların ya da katkıların dondurmanın zenginleştirilmesi amacıyla kullanımı besin bileşimini ve kalitesini etkilemektedir. Örneğin kırmızı pancar ilave edilerek üretilen dondurmalarda toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite artarken lezzet profilini ve rengini de olumlu yönde etkilenmiştir (Hacıbektaşoğlu ve Gündoğdu, 2024). Benzer şekilde üvez posası kullanılarak üretilen dondurmalarda da antioksidan aktivite artmıştır. Ayrıca, *L. rhamnosus* kullanımı ile 120 sonunda hala yüksek seviyede canlı mikroorganizma bulunmasının sindirimi desteklediği bildirilmiştir (Goktas, 2023).

Dondurma çok sevilerek tüketilen bir süt ürünü olması nedeniyle çeşitli şekillerde zenginleştirilerek fonksiyonel özellik kazandırılmaya çalışılmıştır. Özellikle antioksidan aktivitesi yüksek ürünler ile zenginleştirerek fonksiyonel gıda üretimi amaçlanmaktadır. Antioksidan aktivitesi bakımından zengin olan ürünlerden bir diğeri de propolis ve arı polenidir. Bu ürünlerin dondurma üretiminde kullanılmasıyla

dondurmanın fonksiyonel bir gıda olması hedeflenmektedir. Propolis ve arı poleni ilave edilerek üretilen dondurmalarda %0.6 propolis ve %1 oranında arı poleni kullanımının organoleptic özellikleri olumsuz etkilemediği bildirilmiştir (Mironova ve ark., 2020).

Özellikle çocukların severek tükettiği dondurmanın vitamin bakımından zenginleştirilmesi bu ürünün daha sağlıklı hale gelmesine yardımcı olmaktadır. Dondurmanın biyoyararlılığını artırmak amacıyla D vitamini ve enkapsüle C vitamini ilavesi, önemli bir fonksiyonel zenginleştirme stratejisi olarak değerlendirilmektedir. Yapılan çalışmalar, 1500 IU/L seviyesinde D vitamini ilavesinin dondurmanın duyuşsal kabul edilebilirliğini ve doku profilini optimize ettiğini ortaya koymuştur (Rajarajan ve ark., 2020). Diğer yandan, enkapsüle formda C vitamini ilavesi, dondurmanın yapısal özelliklerini olumlu yönde etkileyerek daha yumuşak bir doku sağlamak ve biyoyararlılığını artırmaktadır. Özellikle çocukların günlük C vitamini ihtiyacını karşılamaya yönelik olarak geliştirilen bu zenginleştirilmiş dondurmanın, 100 gramlık bir porsiyonunda 46.8 mg C vitamini içerdiği bildirilmiştir (Tsyrendorzhieva ve ark., 2021).

Kalsiyum eksikliği, küresel ölçekte önemli bir halk sağlığı sorunu olarak karşımıza çıkmakta ve sağlık sistemleri üzerinde kayda değer bir yük oluşturmaktadır. Özellikle çocuklar, yaşlı bireyler ve menopoş sonrası kadınlar gibi risk altındaki gruplarda kalsiyum seviyelerinin optimizasyonu amacıyla çeşitli gıda zenginleştirme programları uygulanmaktadır. Bu bağlamda, dondurmanın litre başına 500 mg kalsiyum laktat ile zenginleştirilmesine yönelik yürütölen araştırmalar, ürünün duyuşsal kabul edilebilirliği, doku profili ve kalsiyumun nihai

üründeki stabilitesi açısından olumlu sonuçlar ortaya koymuştur (Rajarajan ve ark., 2017).

Sonuç olarak, çeşitli mineraller ve meyveler ile zenginleştirilen dondurmanın kalite özellikleri üzerinde olumlu etkiler gözlemlenmiştir. Bu tür katkılar, dondurmanın besin değerini artırırken aynı zamanda lezzet profilini de geliştirmektedir. Mineral takviyesi, özellikle kalsiyum gibi elementler açısından dondurmanın besleyici özelliklerini güçlendirmiştir. Bu mineral, kemik sağlığı ve kan dolaşımı gibi vücut fonksiyonları için önemli rol oynamaktadır.

Meyve ilaveleri ise doğal antioksidanlar ve vitaminler sağlayarak dondurmanın sağlıklı bir ürün olmasını desteklemiştir. Örneğin, çilek, ahududu ve yaban mersini gibi meyveler, C vitamini ve antosiyaninler açısından zengindir ve bu bileşenler, hücre hasarını önleyici özelliklere sahiptir (Kabaran ve Ayaz, 2013). Narenciye meyveleri ise dondurmanın asitlik dengesini ayarlama ve taze bir tat katmada etkili olmuştur. Buna ek olarak, bu katkılar dondurmanın doku ve erime özelliklerini iyileştirmiş, daha kremi ve pürüzsüz bir yapı elde edilmesine katkıda bulunmuştur. Meyvelerin doğal pektinleri ve lifleri, dondurmanın yapısını stabilize etmeye yardımcı olurken, mineraller ise su tutma kapasitesini artırarak ürünün raf ömrünü uzatmıştır. Bu sayede, dondurma daha uzun süre taze kalabilmekte ve optimal lezzet profilini koruyabilmektedir (Gürpınar ve ark., 2022).

Ayrıca, bu zenginleştirme süreci, dondurmanın görsel çekiciliğini de artırmıştır. Meyve parçacıkları ve doğal renk pigmentleri, ürüne canlı ve iştah açıcı bir görünüm kazandırmıştır. Bu durum, tüketicilerin ürüne

olan ilgisini artırırken, aynı zamanda daha sağlıklı bir atıştırılabilirlik algısı oluşturmuştur (Hacıbektaşoğlu ve Gündoğdu, 2024).

Sonuç itibarıyla, mineral ve meyve zenginleştirilmesi, dondurmanın hem besinsel hem de duyu kalitesini artıran etkili bir yöntem olarak öne çıkmıştır. Bu yaklaşım, geleneksel bir tatlı olan dondurmanın, modern beslenme trendlerine uyum sağlamasına ve fonksiyonel bir gıda olarak konumlanmasına olanak tanımıştır. Gelecekte, bu tür zenginleştirme çalışmalarının daha da geliştirilerek, özel beslenme ihtiyaçlarına yönelik dondurma çeşitlerinin üretilmesine zemin hazırlayacağı öngörülmektedir.

4.4. Tavuk Göğsü

Tavuk göğsü, tavuk göğsü, süt, şeker, buğday nişastası, pirinç unu ve su ile yapılan, eski Roma döneminde iyi bilinen ve Romalılar tarafından Anadolu'ya sokulmuş veya yeniden tanıtılmış bir başka Türk süt bazlı tatlıdır. Bu tatlının özgünlüğü, tavuk göğsünün liflerinden gelir. Tavuk göğsü, suda 10-15 dakika veya hafif yumuşayana kadar iyi pişirilir ve çok ince lifler halinde kemiksiz hale getirilir veya çok küçük parçalara kesilir. Başka bir tencerede pirinç 2 saat kaynatılır ve mutfak robotu yardımıyla öğütülür. Öğütülmüş pirinç, buğday nişastası ve süt karıştırılır ve karışım kıvam alana kadar sürekli karıştırarak birlikte pişirilir. Bu kıvamlanmış karışımın içine lifler halinde yırtılmış tavuk göğsü ve şeker eklenir ve şeker tamamen eriyene kadar pişirilir. Tatlı soğutulur, kareler halinde kesilir ve tarçın serpilerek servis edilir (Akpınar-Bayizit ve ark., 2009).

Farklı ülkelerde pirinç ve tavuk birleşimleri tatlı ve yemek olarak değerlendirilmektedir. Pirinç ve tavuk, lezzetli bir kombinasyon oluşturan iki temel besindir. Bu ikili, çeşitli kültürlerde farklı şekillerde bir araya gelerek, tat ve besin değerini artıran yemekler ortaya çıkarmıştır. Jian (2014), glutinöz pirinç, bal kabağı, tarçın, yıldız anason, karanfil gibi baharatlarla tavuk bacaklarını birlikte haşlamıştır. Sonrasında elde edilen karışıma; tatlı kokulu osmanthus ve yeşil çayı eklemiştir ve hem besleyici hem de aromatik bir tatlı- yemek ortaya çıkarmıştır. Son ürün olarak baharatlı tavuk bacaklı pirinç pudingi elde etmiştir. Pirinç ve tavuk kombinasyonu, lezzetli bir füzyondur, ancak bazıları geleneksel olarak tatlı ve kremalı olan pirinç pudinglerinin, tuzlu yemekleri tercih edenlerin damak zevkine hitap etmeyebileceğini savunabilir. Bu durum, pirincin hem tatlı hem de tuzlu mutfak geleneklerine uyum sağlayabilen bir malzeme olarak çok yönlülüğünü vurgular (Jian ,2014).

4.5. Puding

Sütlü tatlılar grubunda yer alan puding ile ilgili zenginleştirme çalışmaları her geçen gün artış göstermektedir. Ares ve ark. (2009), yaptıkları çalışmada, yüksek amilozlu mısır nişastasının sütlü tatlıların duyuşal özellikleri ve tüketici kabulü üzerindeki etkisini incelemiştir. Yüksek amilozlu mısır nişastası, ince bağırsakta tamamen sindirilmeyen bir diyet lifi türü olan dirençli nişasta kaynağıdır. Modifiye mumlu mısır nişastası ve k-karragenan içeren sütlü tatlılara farklı yüksek amilozlu mısır nişastası konsantrasyonları (%0, %1, %2, %3 ve %4) eklenmiştir. Araştırmacılar, bu farklı yüksek amilozlu mısır nişastası seviyelerinin pudinglerin duyuşal özelliklerini nasıl değiştireceğini tespit etmiştir.

Daha yüksek konsantrasyonların pudinglerin duysal özelliklerinde belirgin değişikliklere yol açtığını görmüşlerdir. Özellikle, pudingler daha pürüzlü hale gelmiştir, pürüzlü bir damak tadı oluşmuş ve unlu bir tat gelişmiştir. Ayrıca, pudinglerin kalınlığı artarken, kremalık, erime ve tatlılık azalmıştır. Çalışma, %1,4 yüksek amilozlu mısır nişastası konsantrasyonunun, tüketiciler arasında sütlü tatlıların genel kabul edilebilirliğini önemli ölçüde değiştirmeyen maksimum seviye olduğunu belirlemiştir. Bu durum, bu konsantrasyonda çoğu tüketicinin hala pudingi beğendiği anlamına gelmektedir. Araştırmacılar, tüketicilerin yaklaşık %71'inin %1,4 yüksek amilozlu mısır nişastası içeren sütlü tatlıları satın almaya istekli olacağını tahmin etmiştir. İlginç bir şekilde, eklenmiş lif içeren fonksiyonel gıdalara daha fazla ilgi duyan tüketiciler, yüksek amilozlu mısır nişastasının neden olduğu duysal değişiklikleri daha fazla kabul etmiştir.

Sterilize edilmiş soya pudinglerinin elde edilmesi ile ilgili çalışmada geleneksel sütlü pudinglere benzer şekilde diyetlerde önemli bir soya proteini kaynağı olarak hizmet edebilecek sterilize edilmiş soya pudingleri için bir tarif geliştirilmiştir. Araştırma, 150gram puding başına 6,25 grama kadar hedeflenen sütlü pudinglere veya hatta daha yüksek protein içeriğine sahip soya pudingleri formüle etmeyi amaçlamıştır. Bu, çalışmanın besinsel hedefini vurgular ve diyet seçimlerinde proteinin önemini vurgulamaktadır. Geliştirilen soya pudinglerinin kalitesi, duysal değerlendirme, kimyasal bileşim, viskozite, nişasta jelatinleşme derecesi ve nişastanın çökmesi analizleri yapılarak değerlendirilmiştir. İstenilen kıvam ve duysal kaliteyi elde etmek için çalışmada belirli nişastalar kullanılmıştır; %2,3 yüksek

sıcaklıkta jelatinize olan nişasta ve %1,3 düşük sıcaklıkta jelatinize olan nişasta. Aroma geliştirmek için, 10 ppm'de tatlandırıcı olarak thaumatin eklenmesinin, soya pudinglerinin aromasını aşırı derecede artırdığı bulunmuştur. Bu, aroma iyileştirmesinin önemli olmasına rağmen, korunması gereken bir denge olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, sterilize edilmiş soya pudingleri, genel duyusal kalite açısından sütlü pudinglere göre daha düşük dereceli olsa da, ticari soya pudinglerine göre hala tercih edilmiştir. Bu bulgu, geliştirilen tarifin pazarlanabilirlik ve tüketici kabulü potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir (Dłużewska, ve ark., 2003).

Glutensiz pudinglerin antioksidan özelliklerini zenginleştirmek için yapılan çalışmada aronya tozu ve aronya lif tozu eklenmiştir (Erem, 2023). Bu önemlidir çünkü glutensiz ürünler, gluten ile ilgili problemi olan kişiler ve daha sağlıklı seçenekler arayanlar arasında giderek daha popüler hale gelmektedir. Araştırmacılar, kontrol pudingindeki ana bileşen olan hindistan cevizi ununun bir kısmını farklı miktarlarda aronya türevleri ile değiştirmişlerdir. Üç farklı konsantrasyon (%0,25, %0,5 ve %1,0) denemişlerdir. Aronya türevlerinin miktarı arttıkça pudinglerde çeşitli değişiklikler gözlenmiştir. Özellikle brix değeri, L* (aydınlık) ve b* (sarılık) değerleri azalmıştır. Tersine, a* (kırmızılık) ve ΔE^* (toplam renk farkı) değerleri, toplam fenolik içerik ve pudinglerin antioksidan aktivitesi ile birlikte artış göstermiştir. Bu değişiklikler istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Çalışma, daha yüksek aronya türevi konsantrasyonlarının, pudingden sıvı ayrılmasını ölçen sineresis indeksini önemli ölçüde artırdığını tespit etmiştir. Ancak, daha düşük ikame seviyelerinde sineresis açısından önemli farklılıklar

bulunmamıştır. Tat ve doku açısından, aronya türevlerinin eklenmesi, ağızda tutarlılık dışında pudinglerin duyuusal özelliklerini önemli ölçüde değiştirmemiştir. Bu, hindistan cevizi unu ve aronyanın tat ve doku açısından iyi bir şekilde birlikte çalıştığını göstermektedir. Genel olarak, bulgular, hindistan cevizi unu ve aronyanın, sağlık yararları artırılmış glutensiz pudingler oluşturmak için etkili bir şekilde birleştirilebileceğini ve çeşitli gıda ürünlerine dönüştürülmeleri için uygun olduğunu göstermektedir (Erem, 2023).

Cudrania tricuspidata ve *Aronia melanocarpa* özleri ile zenginleştirilmiş pudinglerin fizikokimyasal ve duyuusal özellikleri incelenmiştir (Lee ve Choi, 2020).

Pudinglerdeki çözünür katı madde içeriği, daha yüksek aronya özü konsantrasyonları ile önemli ölçüde artış göstermiştir. Aksine, pudinglerin pH seviyeleri, aronya konsantrasyonu arttıkça konsantrasyona bağlı bir şekilde azalmıştır. Sertlik, kohezyon ve çiğneme özellikleri dahil olmak üzere doku profilleri, %0,01 mandarin eriği özü ile zenginleştirilmiş pudinglerde kontrole göre belirgin şekilde geliştirilmiştir. Ancak, bu doku özellikleri artan aronya konsantrasyonları ile azalmıştır. Çalışma, genel kabul, tat kabulü ve doku kabulünün aronya konsantrasyonu %0,1'e ulaşana kadar önemli farklılıklar göstermediğini tespit etmiştir. Ancak, %0,5 ve %1,0 aronya özü konsantrasyonlarında önemli kabul düşüşleri gözlemlenmiştir. Bulgular, pudinglerin mandarin eriği ve aronya özleri ile zenginleştirilmesinin, tüketici kabulünü korumak için mandarin eriği için %0,01 ve aronya için %0,1 ile sınırlandırılması gerektiğini göstermektedir (Lee ve Choi, 2020).

Duyusal olarak kabul edilebilir ve protein oranı zenginleştirilmiş pudingler üretilerek yaşlı yetişkinlerin değerlendirilmesine sunulmuştur (Castro, 2017). Çalışma, özellikle protein eksikliğinden kaynaklanan yaşlı yetişkinlerdeki yetersiz beslenmeye odaklanmaktadır. Araştırma, bu pudinglerin sadece besin değerini sağlamakla kalmayıp aynı zamanda kabul edilebilir duyu özelliklere de sahip olmasını amaçlamıştır. Soya ve peynir altı suyu proteini kullanılarak sekiz farklı çikolatalı puding formülasyonu oluşturulmuştur. Protein eklenmesi, pudinglerin hem protein içeriğini hem de duyu özelliklerini değiştirmiştir. Özellikle, protein içeriğindeki artış, katılımcılar arasında beğeni puanlarında düşüşe neden olmuştur. Araştırma, yaşlı yetişkinler tarafından iyi kabul edilen pudingler oluşturmak için protein içeriğinin %6'yı geçmemesi gerektiği sonucuna varmıştır. Bu bulgu, yaşlanan nüfus için hem besleyici hem de lezzetli gıda ürünleri geliştirmek için çok önemlidir (Castro, 2017).

4.6. Krem Karamel

Flan olarak da bilinen krem karamel, pürüzsüz dokusu ve zengin tadı ile karakterize edilen popüler bir tatlıdır, genellikle çeşitli bileşenler ile zenginleştirilir (Protonotariou ve ark., 2013).

Krem karamelin fonksiyonel özelliklerini geliştirmek ve zenginleştirmek için çeşitli yöntemler kullanılabilir. Bu süreçte, ürünün besin değerini artırmak, doku ve lezzetini iyileştirmek hedeflenir. Örneğin, diyet lifi, omega-3 yağ asitleri veya antioksidanlar gibi sağlığa faydalı bileşenler eklenebilir. Ayrıca, yumurta ikamesi olarak *Chlorella protothecoides* veya peynir altı suyu proteinleri kullanılabilir (Abd El-Fattah ve ark., 2019; Ziaziabari ve Fadaei, 2022). Bu alternatifler hem

ürünün besleyici değerini artırır hem de veganlar için uygun hale getirir. Protein içeriğini artırmak için bitkisel protein kaynakları eklenebilir. Doğal tatlandırıcılar ve aroma verici maddeler kullanılarak, şeker içeriği azaltılabilir ve lezzet profili zenginleştirilebilir. Bu zenginleştirme yöntemleri, krem karamelin hem besinsel hem de duyuşal özelliklerini geliştirerek, tüketici tercihlerine ve sağlık trendlerine uygun bir ürün elde edilmesini sağlar.

Sakaroz yerine fruktooligosakkaritler (FOS) ile değiştirilen krem karamelin reolojik özellikleri ve duyuşal özelliklerinin %30'a varan FOS ikamesinde sadece sakaroz kullanılan örneklerine kıyasla tatlılığı önemli ölçüde etkilemediğini bildirilmiştir (Protonotariou ve ark., 2013).

Ziaziabari ve Fadaei (2022) tarafından yürütölen araştırmada, *Chlorella protothecoides* mikroalginin krem karamel formölasyonuna farklı konsantrasyonlarda (%0, %1, %2.5 ve %4) eklenmesinin ürünün besinsel kompozisyonu üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışmanın sonuçları, %4 *Chlorella protothecoides* içeren krem karamel örneğinin en yüksek karotenoid, protein, kalsiyum, fosfor, D ve E vitamini içeriğine sahip olduğunu göstermiştir. Buna ek olarak, bu örneğın en düşük şeker içeriğı ile birlikte en yüksek linoleik, linolenik ve oleik yağ asidi profiline sahip olduğu belirlenmiştir. Duyusal değerlendirmede diğer örneklere kıyasla daha yüksek genel kabul edilebilirlik puanı alan %4 mikroalg içeren örnekte en yüksek viskozite değeri gözlemlenmiştir. Önemli bir bulgu olarak, *Chlorella protothecoides* içeriğinin %2.5'ten %4'e artırılmasıyla krem karamel tatlısındaki protein miktarının %1.76 oranında yükseldiğı rapor edilmiştir.

Portakal suyu endüstrisinin yan ürünü olan portakal posasının gıda ürünlerinde diyet lifi kaynağı olarak kullanım potansiyelini inceleyen çalışmada krem karamel formülasyonlarında inülinin alternatifi olarak portakal lifinin kullanımı incelenmiştir. Dört farklı formülasyon, inülin ve portakal lifinin çeşitli oranlarıyla değerlendirilmiştir. Sonuçlar, inülinin %30'unun portakal lifiyle ikame edilmesinin krem karamelin dokusunu ve görsel özelliklerini geliştirdiğini göstermiştir. Bununla birlikte, daha yüksek oranlarda portakal lifi kullanımı, acılık ve asitlik gibi istenmeyen tat profillerine neden olmuştur. Bu bulgular, portakal posasının gıda formülasyonlarında kullanılabileceğini göstermekle beraber, tat ile ilgili sorunları çözmek için ilave araştırmaların gerekli olduğunu ortaya koymaktadır (Perez-Pirotto ve ark., 2023).

Geleneksel krem karamel formülasyonunda yumurta ikamesi olarak kolostrum veya peynir altı suyu protein konsantresi (PAS) kullanımının, fonksiyonel bir süt tatlısı geliştirme üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmada elde edilen bulgular, kolostrum ve PAS ile hazırlanan krem karamel örneklerinin, geleneksel krem karamela benzer tekstürel özellikler sergilediği ve aynı zamanda yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğunu göstermektedir. Nişasta ve hidrokoloidler kullanılarak üretilen taklit krem karamel, diğer varyantlara kıyasla daha yüksek sertlik, yapışkanlık ve çiğnenebilirlik özellikleri gösterdiği bildirilmiştir. Bununla birlikte, kolostrum veya PAS kullanımı, taklit krem karamela kıyasla duyu özelliklerde iyileşme sağlamıştır. Bu sonuçlar, yumurta alerjisi olan tüketiciler için alternatif krem karamel formülasyonları geliştirme potansiyelini ortaya koyarken, aynı zamanda

ürünün besin değerini ve fonksiyonel özelliklerini artırma imkanını da vurgulamaktadır (Abd El-Fattah ve ark., 2019).

Sonuç olarak, krem karamelin yumurta ikame edici maddeler veya çeşitli fonksiyonel katkılarla zenginleştirilmesi, bu geleneksel tatlının hem besinsel değerini hem de fonksiyonel özelliklerini artırma potansiyeline sahiptir. Yumurta ikame edicilerin kullanımı, vegan beslenme tercihlerine uygun alternatifler sunmanın yanı sıra, kolesterol içeriğini düşürmeye ve alerjik reaksiyonları önlemeye yardımcı olabilir. Öte yandan, prebiyotikler, antioksidanlar veya diyet lifleri gibi fonksiyonel katkıların eklenmesi, krem karamelin sağlık yararlarını artırabilir ve ürünü daha geniş bir tüketici kitlesine çekici hale getirebilir. Bu yenilikçi yaklaşımlar, geleneksel lezzeti korurken aynı zamanda modern beslenme ihtiyaçlarına cevap veren, daha sağlıklı ve çeşitlendirilmiş bir krem karamel ürünü ortaya çıkarma potansiyeli taşımaktadır.

4.7. Diğer Sütli Tatlılar

Farklı ülkelerde formülasyonlar ve isimler değişiklik göstermektedir. Bu alanda farklı ülkelerde farklı tatlılar yapılmaktadır.

Özellikle peynir altı suyu ve düşük yağlı süt hammaddelerinin işlenmesiyle ortaya çıkan süt işletmeleri yan ürünleri ve işlenmesiyle ilgili çözülemeyen sorunlar bütün dünyada mevcuttur. Bu sorun, hem Rusya'da hem de uluslararası olarak önemlidir ve gıda üretiminde süt yan ürünlerinin etkin kullanımına ilişkin çalışmalar ortaya çıkmaktadır.

Rusyada araştırmacılar, bitkisel gıda aroma bileşenleri içeren süt peynir altı suyundan yapılan bir tatlı formülasyonu geliştirmiştir. Bu tatlı, özellikle diyabetli bireyler için, uygun hale getirilen artırılmış bir besin değerine sahip olacak şekilde tasarlanmıştır. Doğal şekerlerin dahil edilmesi ve steviya tatlandırıcısı ile laktulozun kullanımı, ürünün daha sağlıklı bir seçenek olmasını sağlayan temel özellikler olarak vurgulanmıştır. Panzhelka tatlısı için yapı oluşturucu maddeler olarak agar, Claro jelleşme karışımı ve jelatin seçilmiştir. Claro jelleşme karışımı çok bileşenlidir ve dekstroz, karragenan, pektin, keçiyoynuzu unu, gum arabik içerir. Seçilen yapı oluşturucuların farklı nem bağlama yetenekleri nedeniyle, formülasyonlar ayarlanmıştır. Peynir altı suyu ile yapılan Panzhelka tatlısının çalışmalarında organoleptik (duyusal), fizikokimyasal ve reolojik göstergeler dahil olmak üzere çeşitli özelliklerini belirlemek için çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamlı analiz, tatlı ürününün sadece beslenme ihtiyaçlarını karşılamakla kalmayıp aynı zamanda arzu edilen duyusal özelliklere de sahip olmasını sağlamayı amaçlamıştır (Serbova ve ark., 2022).

Genel ve özel organoleptik değerlendirme verilerine dayanarak, Claro ve jelatin içeren örneklerin tatmin edici olmayan sonuçlar verdiği, aynı zamanda reolojik özelliklerin belirlenmesinde de agar içeren örneğin önde olduğu gözlemlenmiştir. Besin değeri hesaplaması da agar örneğinin diğerlerine üstünlüğünü ortaya koymuştur. Araştırma sonuçlarına göre, yapı oluşturucu madde olarak agar kullanımı, Claro ve jelatin kullanımından daha karlı ve uygundur. Ayrıca, formülasyonlara göre toplam agar miktarı %1,8 iken, Claro %8 ve jelatin %4,4 olduğu zaman benzer özellikler göstermektedir (Serbova ve ark., 2022).

Geleneksel Hint tatlısı Kulfi'ye soya proteini izolatu (SPI) ve peynir altı suyu proteini konsantresi (PAS) karışımı eklenerek zenginleştirme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu karışımın amacı, kulfi'nin besin değerini ve dokusunu iyileştirmektir (Anilkumar, 2017). Araştırma, SPI-PAS karışımının eklenmesinin kulfi karışımının özgül ağırlığı üzerinde minimal bir etkisi olduğunu bulmuştur. SPI-WPC karışımının miktarı arttıkça, kulfi'nin penetrasyon değerleri de artmıştır. Bu, kulfi'nin daha yumuşak ve daha az sert hale geldiğini göstermektedir ki bu, dondurulmuş tatlılarda istenen bir özelliktir. Kulfi'nin erime direnci, SPI-PAS karışımı ile yağsız süt katı maddesi yerine koyma oranı arttıkça iyileşmiştir. Erime direnci, tatlıların erimeden önce şeklini ne kadar iyi koruduğunu ifade eder ve tüketici memnuniyeti için önemlidir.

Genel olarak, bulgular, SPI ve PAS'nun kulfi'ye dahil edilmesinin sadece besin profilini değil, aynı zamanda doku ve erime özelliklerini de olumlu etkilediğini göstermektedir. Bu, tatlıyı sağlık bilincine sahip tüketiciler için daha çekici hale getirebilir. Çalışma, fiziksel özelliklerde küçük değişiklikler olsada, tat ve doku gibi duyu niteliklerin büyük ölçüde etkilenmediğini, bu da kaliteyi düşürmeden geleneksel tarifleri iyileştirmek için uygun bir seçenek olduğu sonucunu göstermektedir (Anilkumar, 2017).

Yapılan farklı bir çalışma ise, geleneksel bir Nijerya yemeği olan Lafun'u, hazırlama sürecinde soya proteini takviyeleri (peynir altı suyu veya artıkları) ekleyerek besin değerini artırmayı hedeflemektedir (Anyaiwe ve ark., 2022). Kullanılan zenginleştirme seviyesi %10'dur. Sonuçlar, soya proteini eklemenin lafun' un amino asit içeriğini ve genel protein kalitesini önemli ölçüde artırdığını göstermiştir. Protein

artırmanın yanı sıra, çalışma, lafun'un mineral bileşiminin de soya eklenmesiyle iyileştiğini bulmuştur. Özellikle, soya artığı kullanmak, soya peynir altı suyuna göre daha önemli bir mineral artışına yol açmıştır. Çalışmada ayrıca yoğunlaştırılmış tanenler, fitat, oksalat, hidrojen siyanür ve tripsin inhibitörleri gibi potansiyel anti-besin faktörleri incelenmiştir. Bu bileşiklerin seviyeleri güvenli sınırlar içinde bulunmuştur, bu da zenginleştirilmiş lafun' un bu anti-besin maddeleriyle ilgili sağlık riskleri oluşturmadığını göstermektedir. Genel olarak, araştırma, lafun'u soya peyniri veya artığı ile zenginleştirmenin, besin faydalarını artırmak için güvenli ve etkili bir yol olduğunu ve diyetlerinde temel bir besin olarak kullananlar için daha iyi bir gıda seçeneği haline getirdiğini savunmaktadır (Anyaiwe ve ark., 2022).

5. SONUÇ

Sütlü tatlıların zenginleştirilmesi, bu geleneksel lezzetlerin besin değerini ve fonksiyonel özelliklerini artırmak için önemli bir araştırma alanı olarak kabul edilmektedir. Kazandibi, sütlaç, puding ve krem karamel gibi tatlıların zenginleştirilmesi, prebiyotik lifler, probiyotikler, antioksidanlar ve esansiyel yağ asitleri gibi biyoaktif bileşenlerin ilavesiyle gerçekleştirilebilmektedir. Bu bileşenler, ürünlerin sindirim sistemi sağlığını destekleme, bağışıklık sistemini güçlendirme ve kronik hastalık riskini azaltma potansiyelini artırma kapasitesine sahiptir. Örneğin, inülin veya dirençli nişasta gibi prebiyotik liflerin eklenmesi, bağırsak mikrobiyotası üzerinde olumlu etki gösterebilir ve ürünün doyuruculuğunu artırabilir. Probiyotik bakterilerin ilavesi, ürünün fonksiyonel özelliklerini geliştirirken aynı zamanda raf ömrünü uzatma

potansiyeline sahiptir. Omega-3 yağ asitleri veya fitosterollerin eklenmesi, kardiyovasküler sağlığı destekleme potansiyeli taşımaktadır.

Gelecekte, bu zenginleştirme stratejileri daha da geliştirilip kişiselleştirilebilir. Örneğin, bireylerin genetik yapısına veya sağlık durumuna göre özelleştirilmiş fonksiyonel sütlü tatlıların geliştirilmesi mümkün olabilir. Nanoteknoloji ve enkapsülasyon tekniklerinin kullanımıyla, biyoaktif bileşenlerin biyoyararlanımı ve stabilitesinin artırılması hedeflenmektedir.

Bu zenginleştirme stratejileri, sütlü tatlıların sadece lezzet açısından değil, aynı zamanda sağlık açısından da değerini artırarak, fonksiyonel gıda pazarında yeni fırsatlar sunma ve gıda endüstrisinin geleceğini şekillendirme potansiyeline sahiptir. Bununla birlikte, bu yeniliklerin tüketici kabulü, maliyet etkinliği ve yasal düzenlemeler gibi faktörler göz önünde bulundurularak dikkatle değerlendirilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Abd El-Fattah, A., El-Dieb, S., & Elkashef, H. (2019). Development of functional egg-free flan using whey proteins and evaluation of heat-induced gel properties. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13: 2828-2836.
- Acharya, J., van Teijlingen, E., Ellahi, B., Pariyar, B., Subedi, K., & Dangal, M. (2018). Impact of rice pudding on preschool-aged children's health: An overview of a pilot study. *Children*, 1500: 14-36.
- Acun, S., & Gül, H. (2014). Effects of grape pomace and grape seed flours on cookie quality. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 6(1): 81-88.
- Adamczyk, G., Hanus, P., Bobel, I., & Krystyjan, M. (2023). Enrichment of Starch Desserts with the Addition of Apple Juice and Buckwheat Fiber. *Polymers*, 15(3): 717.
- Afanasjeva, K. (2022). Consumer Perceptions of Additives in Dairy Products, In *Encyclopedia of Dairy Sciences (Third edition)*, Ed. Paul L.H. McSweeney, John P. McNamara, pp 737-741, Academic Press.
- Aguilar-Raymundo, V. G., & Vélez-Ruiz, J. F. (2018). Physicochemical and rheological properties of a dairy dessert, enriched with chickpea flour. *Foods*, 7(2), 25.
- Akhlaghi, M. (2024). The role of dietary fibers in regulating appetite, an overview of mechanisms and weight consequences. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(10): 3139-3150.
- Akpinar-Bayizit, A., Ozcan, T. and Yilmaz-Ersan, L. (2009). Milk-based traditional Turkish desserts. *Mljekarstvo*. 59: 349-355.
- Al-Ani, M. T. H., Ulaiwi, W. S., & Abd-Alhameed, W. M. (2022). Natural antioxidants and their effect on human health. *Earthline Journal of Chemical Sciences*, 8(1): 115-129.

- Aleksandrovich, Konovalov Sergej, 02 Aug 2019, Milk dessert production composition, Patent.
- Anilkumar, S. N. (2017). Nutritional Enrichment of Kulfi by Incorporating Soya Protein Isolates and Whey Proein Concentrate. *International Journal of Applied Engineering*, 7(3): 29-36.
- Anonim (2004) T.C. Sağlık Bakanlığı, Türkiye'ye Özgü Sağlık Rehberi. Ankara. Erişim adresi: <https://tekinakpolat.com/wp-content/uploads/2017/12/turkiye-beslenme-rehberi.pdf>. Erişim tarihi 13.12.2024
- Antonenko, V., Al Bitar, A., Danylenko, I., Wijmer, T., Colin, J., Dejoux, J. F., ... & Gascoin, S. (2023). Impact of the Russian invasion on wheat biomass in Ukraine. *Environmental Research Letters*, 19(12): 124027.
- Anyaiwe, U., Oluwamukomi, M., Aderinola, T., & Fagbemi, T. (2022). Effects of Enrichment on Amino Acid Profile, Mineral Composition and Anti-Nutritional Factors of Lafun Powder. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10(8): 1515-1523.
- Ares, G., Baixauli, R., Sanz, T., Varela, P., & Salvador, A. (2009). New functional fibre in milk puddings: Effect on sensory properties and consumers' acceptability. *LWT-Food Science and Technology*, 42(3): 710-716.
- Aslan, D., Köksel, H. (2003). Gıda zenginleştirilmesi ve bazı yaklaşımlar. *Türk Tabipler Birliği Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi*, 12(11): 418-420.
- Bayarri, S., González-Tomás, L., Hernando, I., Lluch, M.A. and Costell, E. (2011). Texture perceived on inulin-enriched low-fat semi-solid dairy desserts. Rheological and structural basis. *J. Texture Stud.* 42: 174–184.
- Beşir, İ., Kırmızııkaya, E. S., Çaylar, M., & Koçer, F. (2019). Pleurotus ostreatus (Jacq.) P. Kumm. Kullanılarak Dondurmanın Proteince Zenginleştirilmesi. *Mantar Dergisi*, 10(3): 178-185.

- Biletska, Y., Pysarevskiy, M., Sokolovska, O., & Grigorova-Berenda, L. (2020). Marketing research and design of quality function in the production of innovative product of health purpose. *Technology audit and production reserves*, 3(4): 53.
- Buriti, F. C. A., Bedani, R., & Saad, S. M. I. (2016). Probiotic and prebiotic dairy desserts. In *Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics*. Elsevier, Amsterdam.
- Buriti, F. C., & Saad, S. M. (2014). Chilled milk-based desserts as emerging probiotic and prebiotic products. *Critical reviews in food science and nutrition*, 54(2), 139-150.
- Camacho-Bernal, G. I., Cruz-Cansino, N. D. S., Ramírez-Moreno, E., Delgado-Olivares, L., Zafra-Rojas, Q. Y., Castañeda-Ovando, A., Suárez-Jacobo, Á. (2021). Addition of bee products in diverse food sources: functional and physicochemical properties. *Applied Sciences*, 11(17): 8156.
- Castro, T. (2017). Development of Protein Fortified Puddings with Acceptable Sensory Properties for Older Adults (Doctoral dissertation, University of Guelph).
- Chandrasekaran, P., Weiskirchen, S., & Weiskirchen, R. (2024). Effects of Probiotics on Gut Microbiota: An Overview. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(11): 6022.
- Değirmenci, H., & Erkurt, H. (2020). Chemical profile and antioxidant potency of Citrus aurantium L. flower extracts with antibacterial effect against foodborne pathogens in rice pudding. *Lwt*, 126: 109273.
- Demirag, K., Elmaci, Y. and Altug, T. (1999). Formulation and quality evaluation of reduced sugar and reduced calorie kazandibi. *J. Food Quality*, 22: 101- 108.
- Dłużewska, E., Żuk, A., & Leszczyński, K. (2003). Technological aspects of obtaining sterilised soy puddings. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 12(1): 29-33

- Dogan, M., Ersoz, N.B., Toker, O.S., Kaya, Y. and Caniyılmaz, E. (2014). Optimization of gum combination for instant pudding based on creep and recovery parameters by mixture design approach. *Eur. Food Res. Technol.* 238: 47–58.
- Erdem, S., & Aysuna Turkyılmaz, C. (2021). Sustainability in the Dairy Sector in Turkey: A Case Study Approach. *Responsible Management in Emerging Markets: A Multisectoral Focus*, 325-344.
- Erem, F. (2023). Physicochemical, sensory, and bioactive properties of gluten-free puddings produced with Aronia derivatives. *Gıda*, 48(2): 243-255.
- Geetha, N., & Bharathy, R. S. (2013). Innovations in dairy products developing healthy, functional dairy products through reformulation and new ingredients: appeal for global consumers. *International Journal of Managment, IT and Engineering*, 3(5): 415-424.
- Goenenc, S., & Tanrivermiş, H. (2008). An overview of the Turkish dairy sector. *International journal of dairy technology*, 61(1): 3-10.
- Goktas, H. (2023). Enrichment of antioxidant activity of ice cream samples with addition of rowanberry (*Sorbus aucuparia* L.) pulp and production of functional probiotic ice cream with using *L. rhamnosus*. *International Journal of Food Science & Technology*, 58(11): 5962-5971.
- Guangyu, G., 30 May 2012. Milk pudding and preparation method thereof, Patent.
- Gucukoglu, A., Cadirci, O., Gulel, G. T., Uyanik, T., & Abdullahi, A. (2020). Enterotoxin gene content and antibiotic resistance profiles of *Staphylococcus aureus* isolated from traditional Turkish dairy-based desserts. *Fresenius Environmental Bulletin*, 29(4): 2073-2080.
- Güldemir, O., Yayla, Ö., & Öncel, S. (2018). Evaluation of products in menus in terms of nutritional facts: Eskişehir sample. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 448, 462.

- Gürpınar, S., Dağdemir, E., & Topdas, E. F. (2022). Fonksiyonel dondurma: elma, bal kabağı ve portakal lifi ile zenginleştirme. *Gıda*, 47(2): 277-295.
- Hacıbektaşoğlu, F., & Gündoğdu, E. (2024). Physicochemical, Nutritional, and Antioxidant Properties of Ice Cream Enriched with Red Beetroot (*Beta vulgaris* L.) at Varying Sucrose Levels. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 12(10): 1722-1729.
- Janciauskiene, S. (2020). The beneficial effects of antioxidants in health and diseases. *Chronic Obstructive Pulmonary Diseases: Journal of the COPD Foundation*, 7(3): 182.
- Jian, G. 10 Dec 2014, 1. Spiced chicken leg traditional Chinese rice-pudding and preparation method thereof, Patent.
- Kabaran, S., & Ayaz, A. (2013). Maternal ve fetal sağlık üzerinde B12, folik asit, A, D, E ve C vitaminlerinin etkileri. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 70(2): 103-112.
- Kadagan, S., & Arslan, S. (2021). Effects of hydrocolloid combinations on physical, textural and sensory properties of kazandibi. *Latin American Applied Research*, 51:2.
- Kart Örmeci, M. Ç., & Demircan, V. (2014). Dünya’da ve Türkiye’de Süt ve Süt Ürünleri Üretimi. Tüketimi ve Ticaretindeki Gelişmeler, Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, *Akademik Gıda*, 78-96.
- Kay, B. A., Trigatti, K., MacNeil, M. B., Klingel, S. L., Repin, N., Goff, H. D., ... & Duncan, A. M. (2017). Pudding products enriched with yellow mustard mucilage, fenugreek gum or flaxseed mucilage and matched for simulated intestinal viscosity significantly reduce postprandial peak glucose and insulin in adults at risk for type 2 diabetes. *Journal of Functional Foods*, 37: 603-611.

- Kerry, R. G., Patra, J. K., Gouda, S., Park, Y., Shin, H. S., & Das, G. (2018). Benefaction of probiotics for human health: A review. *Journal of Food and Drug Analysis*, 26(3): 927-939.
- Kumari, A., Solanki, H., & Sudhakaran, V. A. (2020). Novel milk and milk products: Consumer perceptions. *Dairy Processing: Advanced Research to Applications*, 283-299.
- Lee, J. H., & Choi, I. S. (2020). Physicochemical characteristics and consumer acceptance of puddings fortified with *Cudrania tricuspidata* and *Aronia melanocarpa* extracts. *Food Science & Nutrition*, 8(9): 4936-4943.
- Manurung, J. E. A., Gusnadi, D., & Sumarsih, U. (2023). Inovasi Rice Pudding Berbasis Alpukat. *JIIP-Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 6(11): 9205-9214.
- Martins, N., Oliveira, B., & Ferreira, I. C. (2018). Development of functional dairy foods. *Bioactive molecules in food*, 1-19.
- Mehmetoğlu, S., Tarakçı, Z., Demirkol, M., Çakıcı, N., Güney, F. (2017). Gıda katkı maddesi olarak propolis. *Arıcılık Araştırma Dergisi*, 9(1): 32- 39.
- Mete, M., & Altın, D. D. (2018). Eriştenin farklı un katkıları ile zenginleştirilmesi. *Akademik Gıda*, 16(2): 252-256.
- Mironova, I. V., Galieva, Z. A., Konovalov, S. A., Bychkova, T. S., Baydan, D. V., & Rozhkov, K. A. (2020). Enrichment of milk ice cream with bee products. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 22 October, 613, P. 012082, Russia.
- Mohammad, M., Malgwi, I. H., Schiavon, S., & Szigeti, O. (2024). The Effect of Motivators and Barriers on Attitudes and Willingness to Consume Dairy Functional Foods in Hungary. *Foods*, 13(21): 3364.
- Morais, E.C., Morais, A.R., Cruz, A.G. and Bolini, H.M.A. (2014). Development of chocolate dairy dessert with addition of prebiotics and replacement of sucrose with different high-intensity sweeteners. *J. Dairy Sci.* 97: 2600-2609

- Nakilcioğlu, E., & Nurko, E. (2022). Kovandaki gizli mucize: ari poleni ve ari ekmeği ile gıdaların zenginleştirilmesi. *Gıda: The Journal of Food*, 47(4).
- Nicklas, T., O'Neil, C. and Fulgoni, V. (2014) Rice Consumption Is Associated with Better Nutrient Intake and Diet Quality in Adults: National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 2005-2010. *Food and Nutrition Sciences*, 5: 525-532.
- Nikolaevna, K.E., 2012, Method for production of milk sweets of viscous-and-gummy consistency, Patent.
- Omarovich, M. G. V., Sergeevna, K.A., 2018. Method for producing milk sweets.
- Ozcan, T., Yilmaz-Ersan, L., Akpınar-Bayizit, A., Sahin, O. I., & Aydinol, P. (2010). Viability of *Lactobacillus acidophilus* LA-5 and *Bifidobacterium bifidum* BB-12 in Rice Pudding. *Dairy/Mljekarstvo*, 60(2).
- Özer., E.A., Güner, A. (2008). Gıdaların zenginleştirilmesi. Türkiye 10. Gıda Kongresi, 21-23 Mayıs, P463-464, Erzurum
- Papageorgiou, D. K., Melas, D. S., Abraham, A., & Koutsoumanis, K. (2003). Growth and survival of *Aeromonas hydrophila* in rice pudding (milk rice) during its storage at 4 C and 12 C. *Food Microbiology*, 20(4): 385-390.
- Perez-Pirrotto, C., Hernando, I., Cozzano, S., Curutchet, A., & Arcia, P. (2023). Incorporating an upcycled orange fibre on flan formulation: Impact on sensory properties. *Food Science and Technology International*, 10820132231193474.
- Protonotariou, S. V., Karali, E., Evageliou, V., Yanniotis, S., & Mandala, I. (2013). Rheological and sensory attributes of cream caramel desserts containing fructooligosaccharides as substitute sweeteners. *International Journal of Food Science & Technology*, 48(3): 663-669.

- Raddatz, G. C., Poletto, G., & Menezes, C. R. (2022). Microencapsulation techniques to aggregate values in dairy foods formulation. *In Dairy Foods* (pp. 139-157). Woodhead Publishing.
- Rajarajan, G., Villi, R., Mohan, B., Ronald, B., & Pugazhenth, T. (2017). Optimization of Enrichment Levels of Calcium in Ice Cream. *International Journal of Livestock Research*, 7(9): 43-46.
- Şahin, H. and Özdemir, F. (2007). Effect of some hydrocolloids on the serum separation of different formulated ketchups. *J. Food Eng.* 81, 437–446.
- Saunders, A. B. (2011). Ice Cream and Desserts| Dairy Desserts. In *Encyclopedia of Dairy Sciences* (Second Edition) ed. John W. Fuquay 905-912. Academic Press
- Serbova, T. V., Serova, O. P., Bozhkova, S. E., Durdyev, A. K., Knyazhechenko, O. A., & Mosolova, N. I. (2022, December). Studying the properties of monoingredients for stabilizing a complex whey dessert in the food industry. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1112, No. 1, p. 012094). IOP Publishing.
- Sindha, M. M. R., Pandyan, U. M., Kannapiran, P., & Abdul Hakeem, S. (2023, December). What Sweet it is?: SweetNet: A comprehensive Classification of Milk Sweets. In *Proceedings of the Fourteenth Indian Conference on Computer Vision, Graphics and Image Processing*, P 1-8, Indian.
- Singh, P., Khatib, M. N., Ballal, S., Kaur, M., Nathiya, D., Sharma, S., ... & Serhan, H. A. (2024). West Nile Virus in a Changing Climate: epidemiology, pathology, advances in diagnosis and treatment, vaccine designing and control strategies, emerging public health challenges—a comprehensive review. *Emerging Microbes & Infections*, (just-accepted), 2437244.

- Sompolski, M., & Hefft, D. I. (2022). Industrial manufacture of fruit decorated rice puddings—An overview. *Journal of Food Process Engineering*, 45(9): e14115.
- Stathopoulos, C. E. (2008). Dairy-based ingredients. In *Gluten-free cereal products and beverages* (pp. 217-236). Academic Press.
- Suttireung, P., Winuprasith, T., Srichamnong, W., Paemuang, W., Phonyiam, T., & Trachootham, D. (2019). Riceberry rice puddings: Rice-based low glycemic dysphagia diets. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 28(3): 467-475.
- Tasneem, M., Siddique, F., Ahmad, A. and Farooq, U. (2014). Stabilizers: Indispensable substances in dairy products of high rheology. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 54: 869–879.
- Toker, O.S., Dogan, M., Canıyılmaz, E., Ersöz, N.B. and Kaya, Y. (2013). The effects of different gums and their interactions on the rheological properties of a dairy dessert: a mixture design approach. *Food Bioprocess Tech.* 6: 896–908.
- Tournier, C., Sulmont-Rossé, C., & Guichard, E. (2006). Aroma cross-modal interactions with texture and taste in dairy products. *In 13th World Congress of Food Science & Technology* P. 543-543. France
- Tsyrendorzhieva, S. V., Zhamsaranova, S. D., Syngeyeva, E. V., Ipatova, N. D., Khamaganova, I. V., & Badmaeva, I. I. (2021). Development of ice cream technology enriched with an encapsulated form of vitamin C. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 26-29 February, 640, P 032030). Russia.
- Türkmen, N. ve Gürsoy, A. (2017). Fonksiyonel Dondurma. *Akademik Gıda*, 15 (4): 386-395.
- Valli, V. (2014). Possibilities for the healthy and nutritional improvement of confectionery and sweet products. *Yüksek Lisans Tezi*, Polonya

- Williams, M., & Hekmat, S. (2017). Lactobacillus rhamnosus GR-1 in fermented rice pudding supplemented with short chain inulin, long chain inulin, and oat as a novel functional food. *Fermentation*, 3(4): 55.
- Xiu, S. 11 Jan 2017, Milk candy enriched in vinasse proteins, Patent.
- Yazıcıoğlu, N. (2023). Effect of Fenugreek Gum and Eggplant Peel Extract on Physicochemical, Storage, Bioactive, and Sensory Properties of Dairy Dessert. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 11(12): 2323-2331.
- Ziaziabari, F., & Fadaei, V. (2022). Characterization of a traditional egg-free crème caramel dessert containing Chlorella protothecoides. *Journal of Food Biosciences and Technology*, 12(2): 1-14.

BÖLÜM 6

YAŞLILIKTA SÜT VE SÜT ÜRÜNLERİ TÜKETİMİ

Öğr. Gör. Dr. Aydın SEVER¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14585417>

¹ Bingöl Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Terapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Bingöl, Türkiye. asever@bingol.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-6727-1556

1. GİRİŞ

Yaşlılık hayatın olağan bir dönemi olup bu dönemde bireyin vücudunda fizyolojik ve anatomik olarak birçok değişiklik ortaya çıkmaktadır. Yaşlı nüfusunun tüm dünyada arttığını ve bu durumun sistemler üzerinden ağır yük oluşturduğu göz önüne alındığında; bu sürecin sağlıklı ve en az hasar/maliyetle atlatılması büyük önem taşımaktadır.

Yaşlılık döneminde ortaya çıkan değişimlerin beslenme ile yakından ilişkili olduğu bilinmektedir. Yaşlılık döneminde beslenmenin çeşitli sebeplerle yetersiz olduğu bilinmektedir. Yaşlı nüfus için beslenmenin kalitesi, yaşanan/yaşanacak hastalıkların önlenmesinde büyük öneme sahiptir. Kaliteli proteinler ile beslenmesi tavsiye edilen yaşlı kesimde; süt ve süt ürünleri bu ihtiyacı karşılayabilecek potansiyele sahiptir. Gerek ulaşılabilir olması gerekse maliyet olarak diğer besinlere nazaran uygun olan süt ürünleri, yaşlıların tecrübe ettiği birçok sorun ve hastalığın çözümüne bir seçenek olabileceği düşünülmektedir.

2. YAŞLILIK

Çevresel koşullara uyum sağlayabilme kabiliyetinin düşmesi olarak isimlendirilen yaşlılık, dört boyutta gerilemenin görüldüğü 65 yaş üstü dönemdir. İfade edilen bu boyutlar; kronolojik, sosyolojik, biyolojik ve psikolojik olarak tasnif edilmektedir. Yaşlılık döneminde aşağıdaki dört sonuç ortaya çıkmaktadır;

1. Verimliliğin düşmesi ve pasif yaşamın zorunluluk haline gelmesi,

2. Fiziksel güç kaybının oluşması ve kişinin vücudu ile ilgili şikayetlerinin artması,
3. Kişiyeye zevk veren eğlence, deneyim ve sevinçten vazgeçmek ya da bunlarda uzak kalmak,
4. Ölüme yaklaşıldığının farkında olmak (Ardahan, 2010).

Tüm dünyada değişen ve gelişen koşullar sebebiyle yaşam süresi uzamaktadır. Artan yaşam süresi, yaşlı nüfusunun toplum içinde aldığı payı da artırmaktadır. 2030 yılında dünya nüfusunun yaklaşık %20'sinin 65 yaş üzerinde olacağı tahmin edilmektedir. Yükselen yaşlı nüfusu ile birlikte ortaya çıkan problemler de artmaktadır (Çiftçi ve Rakıcioğlu, 2019). Bu problemlerin oluşmasında beslenmenin/yeterli beslenmemenin yadsınamaz bir yeri ve önemi bulunmaktadır. Beslenme bu sorunların hem oluşmasına sebep hem de önlenmesine engel olabilecek bir potansiyele sahiptir.

İnsanlar, yaşlanmayla birlikte fonksiyonel kayıplar yaşar. Ortaya çıkan bu kayıplar yaşam kalitesinin düşmesi, beslenme düzeninin bozulması, psikolojik problemlerin görülmesi gibi birçok değişimlerin yaşandığı karmaşık bir süreçtir (Leidal ve ark., 2018). Oldukça kompleks olan bu süreçte meydana gelen değişimlerin mekanizması henüz tam olarak deşifre edilememiştir (Hadem ve ark., 2019). Yaşlılıkta sistemsel olarak bakıldığında; duyu organları, solunum, kalp damar, sindirim, nörolojik, hormonal, kas iskelet ve boşaltım gibi birçok sistemde bozulmalar ortaya çıkar. Birden fazla sistemin etkilenmesi sebebiyle kronik kompleks hastalıklar görülür ve polifarmasi durumu vardır (Ağar, 2020). Bireyin yaşlanması ile birlikte görülen bazı değişimler şunlardır; bazal metabolizmanın görülmesi, kardiyak outputda azalma, maksimal

oksijen tüketiminin ve kas kitlesinin azalmasıdır (Allen ve Morelli, 2011; Stratton ve ark., 1994).

Yaşlılık döneminde bireylerde meydana gelen değişimler ciddi farklılıklar göstermektedir. Kişinin kendi bedeninde bile organların yaşlanma sürecinde yaşadığı değişimlerin yüzdesi farklı olabilmektedir. Her insanın farklı yaşlanmasının genetik etkiler sebebiyle gerçekleştiği ifade edilmektedir. Ancak çevresel faktörler, ekonomik durum, ruhsal problemler gibi durumların bu farklılıkta etkili olabileceği vurgulanmaktadır (İşleğen, 2015).

Dünyada yaşam standartlarının birçok ülkede yükselmesi ve sağlık alanındaki ilerlemeler sebebiyle ömür uzunluğu artmaktadır. Doğum oranlarının azalmasını da hesaba kattığımızda dünyamızda yaşlı nüfus oranının ciddi seviyelere yükselmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Yaşlılığın birçok hastalığa yatkınlık oluşturması toplumlarda hastalıkların da görülme riskini arttırmaktadır (Kennedy ve ark., 2014).

Yaşlılığın tüm dünyanın ilgilenmesi gereken bir sorun olduğu düşünüldüğünde bu bireylerin daha sağlıklı bir hayat yaşaması toplumlar ve devletler açısından önem taşımaktadır.

3. YAŞLILARDA DİYET

Beslenmenin düzenli ve yeterli olması gerek birey gerekse toplum açısından büyük önem taşımaktadır. Kişinin yaşamsal fonksiyonlarının düzgün bir şekilde devam edebilmesi uygun beslenme ile mümkündür (Sağlık Bakanlığı, 2016). Alınması elzem olan besinlerin hayatın önemli bir parçası olması ve insan sağlığını yakından ilgilendirmesi sebebiyle

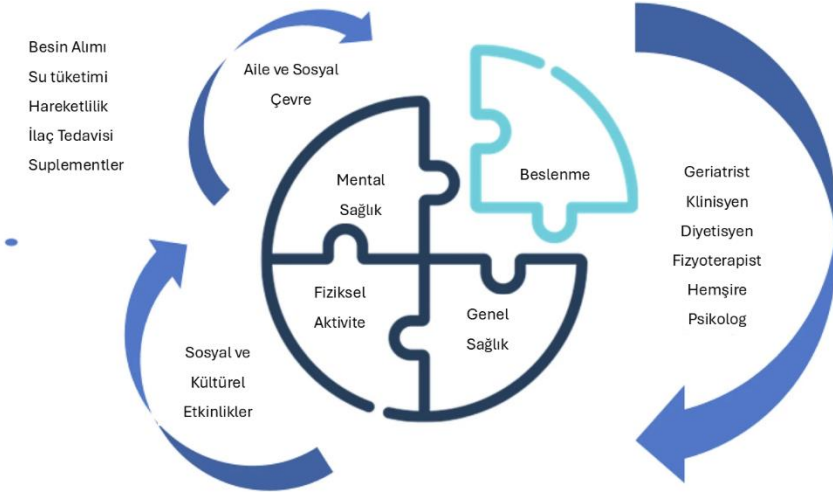
çoğu ülke, vatandaşlarına bunu sağlamak ile kendisini mükellef tutmaktadır.

Sağlıklı yaşlanma, Dünya Sağlık Örgütü tarafından fiziksel ve ruhsal işlevlerin korunmasını amaçlayan ve ülkeler tarafından bir politika olarak benimsenen amaçlar bütünüdür. Bu amaçların yerine getirilmesinde beslenme kritik bir konuma sahiptir. Geriatrik sağlığın yönetilmesinde beslenmenin önemine dair son dönemde birçok çalışma yapılmaktadır (Cava ve Lombardo, 2024).

Gerek sağlıklı yaşlanmayı teşvik etmesi gerekse yaşa bağlı hastalıkları geciktirici özelliği sebebiyle beslenme önemli bir değiştirilebilir faktördür. Bu sebeple diyet paketleri, potansiyel zarar ve yararları sebebiyle bilim insanlarınca araştırılmaktadır. Süt ve süt ürünlerinin yaşlı bireylerde ortaya çıkan sarkopeniye karşı korucu etki göstermesi sebebiyle toplumsal bir problem olan yaşlılık süreci problemlerinin önlenmesinde ilgi çekmektedir. Yaşla birlikte görülme sıklığı artan osteoporoz kaynaklı kırıklarda süt ürünlerinin tüketimi ile iyileşmenin teşvik edildiği görülmüştür. Sadece fiziksel olarak değil, bilişsel olarak da yaşlıların süt ve süt ürünlerinden faydalanmasının önemli bir seçenek olduğu çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir (Rahi ve ark., 2021).

Yaşlı bireylerin haiz oldukları dezavantajlar sebebiyle beslenmeleri daha zor ve eksik olabilmektedir. Yaşlı bireylerde, beslenmenin yetersiz veya yanlış olması tüm dünyada mücadele edilen bir sorundur. Bozulan bilişsel yetenekler, azalan kas kütlesi, tat alma duyusunda azalma, ağız sağlığındaki bozulmalar yetersiz beslenmeyi beraberinde getirmektedir. Bununla birlikte sahip olunan çoklu hastalık

ve çoklu ilaç tüketimi yetersiz beslenmeye yol açan bir diğer parametredir (Şekil 1). Yaşlılarda yetersiz beslenme oranı % 21 civarındadır ancak bu oran hastanede yatan yaşlılarda % 50'lere ulaşmaktadır (Brunner ve ark., 2022).



Şekil 1. Yaşlılık döneminde beslenmeyi önemi (Cava ve Lombardo, 2024)

Malnutrisyon; günlük yaşam aktiviteleri, yaşam kalitesi ve bilişsel parametreler üzerinde önemli etkisi olan ve yaşlılarda önlenmesi gereken önemli bir küresel problemdir. Azalmış veya yanlış besin alımı sonucunda ortaya çıkan malnütrisyon düzeltilebilir olması sebebiyle, neden olduğu olumsuz durumların çözümünde bir hedef olarak görülmektedir. Gelişmiş ülkelerde beslenme yetersizliği daha çok yaşlı nüfusta karşılaşılmaktadır. Bu durumun ortaya çıkmasında, besine ulaşmanın zor olmasının yanında duyuşsal gerilemeler, hormonal değişimler ve sosyal sorunlar etkili olmaktadır (Carballo-Casla ve ark., 2024).

Yaşlılıkla birlikte insan bedeninde meydana gelen değişimlerin bir sonucu olarak daha az hareket ve daha az enerji ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Azalan enerji ihtiyacına rağmen birçok yaşlı yeteri kadar beslenememektedir (Ewy ve ark., 2022).

Süt ve süt ürünlerinin insan sağlığı üzerine etkileri yıllardır çalışılan bir konudur. Çeşitli hastalıklardan koruduğuna dair çalışmalar bulunmaktadır. Sadece hastalıktan değil, ölüm riskine karşı koruyucu etkisinin olduğu belirtilmektedir. İsveç'te yaşlı bireylerde yapılan bir çalışmada, süt ürünleri tüketimi ile ölüm sayısının ters orantılı olduğu ortaya çıkmıştır (Tognon ve ark., 2018).

Uygun olmayan bir diyet ile beslenen kişinin vücudunda sağlık sorunlarının birikeceği belirtilmektedir. Kritik öneme sahip bazı vitamin ve minerallerin yeteri kadar alınmamasının çeşitli hastalıklara yol açtığı vurgulanmaktadır. Ancak ortaya çıkan bu sorunların diyetle olan ilişkisinin teşhisi zordur. Yaşlılık ile birlikte artan ilaç kullanımı, azalan iştah, bozulan diyet dengesi ve besin emiliminde meydana gelen bozulmalar yaşlı bireylerin beslenme gereksinimlerinin karşılanmasına engel olur. Bunun sonucunda güçsüzlük, azalmış yaşam kalitesi ve sağlık problemleri baş gösterir (Bruins ve ark., 2019).

Süt ve süt ürünleri insan diyetinin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Şekil 2'de insanlar tarafından tüketilen bazı süt ürünleri gösterilmektedir. Günlük olarak tüketilen süt ve süt ürünlerinde insan sağlığı açısından ihtiyaç duyulan birçok vitamin ve mineral bulunmaktadır. Özellikle kalsiyum, fosfor ve magnezyum gibi elementler açısından zengin olan süt kolay bulunabilmesi ve tüketilebilmesi sebebiyle tüm dünyada diyetteki önemli yerini

korumaktadır. 1 litre süt içerisinde kişinin ihtiyaç duyduğu günlük fosfor, kalsiyum, riboflavin ve kobalamin gibi birçok yapıyı yeterli miktarda bulundurduğu bildirilmiştir (Karakaya ve Akbay, 2013).



Şekil 2. Süt ve Süt Ürünleri

Süt ürünlerinin düzenli tüketimi ile diyabet, obezite ve kanser gibi birçok hastalığın önlenmesinde fayda sağlandığı bilinmektedir. Ayrıca diş çürümesine karşı sütün koruyucu etkisi olduğu bilinmektedir (Tunick ve Van Hekken, 2015). Düşük süt ürünleri tüketiminin kardiyovasküler hastalıkların görülme sıklığını artırdığı ortaya konulmuştur (Çiftçi ve Rakıcıoğlu, 2019).

Tüm dünyada milyonlarca insanın rutin olarak tükettiği süt, sağlıklı dişi hayvanlar tarafından salgılanan ve kolostrum içermeyen sekresyondur. Sağlıklı ve dengeli bir beslenmenin olmazsa olmaz parçası olan süt ürünleri, memeli canlılar için ilk besin olma özelliği taşımaktadır. Normal bir gelişim için gereken tüm besinleri ve enerjiyi sağlaması sütün özel kılmaktadır. 2018 verilerine göre Türkiye’de en fazla tüketilen sütün büyük çoğunluğu inekten elde edilmektedir. İnek sütünde

% 90'a yakın su, % 5 civarında laktoz, % 3 civarında ise protein ve yağ bulunmaktadır. Bununla birlikte vitamin, hormon, enzim ve çeşitli organik asitler inek sütünün içeriğinde yer almaktadır (Karakayacı ve ark., 2018). Sütte birçok yağ çeşidi, esansiyel aminoasitleri barındıran yüksek kalite proteinler bulunmaktadır. Sütün proteinlerinin büyük bölümü kazein grubu proteinlerdir. % 20 civarında ise whey proteinleri bulunmaktadır. Whey proteinleri peynir altı suyu proteini olarak bilinmektedir. Bu zengin protein içeriği, sütü tartışmasız bir besin deposu yapmaktadır. Vitamin yönüyle çok zengin olan süt; yağda eriyen vitaminlerin yanında B vitamin grubu yönüyle ihtiyaç duyulan vitaminleri bulundurmaktadır (Ünal ve Besler, 2008).

Süt zengin içeriği sebebiyle canlıların beslenmesinde kritik öneme sahiptir. Özellikle yeni doğan yavruda temel ihtiyaçların karşılanması konusunda elzem olan süt, sağlıklı gelişme ve büyüme için kritik öneme sahiptir. Sadece süt değil, süttten elde edilen ürünler de insan beslenmesinde büyük öneme sahiptir. Sofralarımızda yoğurt, tereyağı, peynir, kefir/kımız, dondurma vb. şekillerde yer bulan süt ürünleri yaşam boyu insanın besin ihtiyaçlarının karşılanması konusunda yeri doldurulamaz bir pozisyonda bulunmaktadır. Tablo 1'de süt türlerine göre içerik oranları verilmiştir (Badem, 2021).

Tablo 1. Bazı türlere göre sütün içeriği (Badem, 2021)

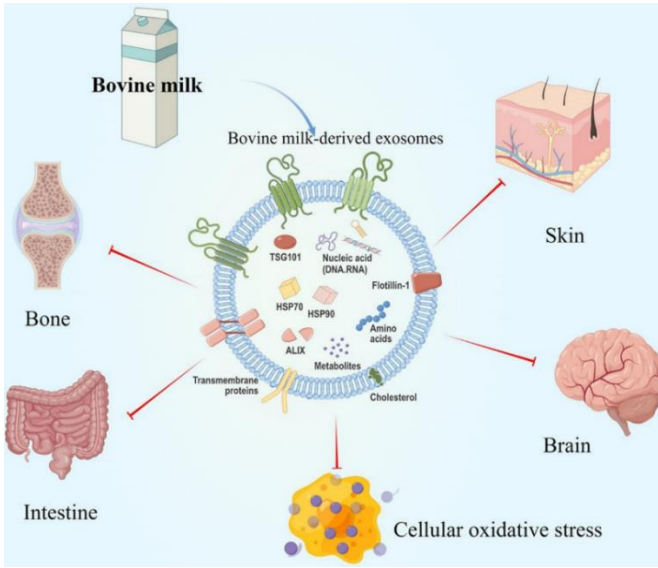
Süt Türü	Kuru madde (%)	Süt Yağı (%)	Protein (%)	Süt Şekeri (Laktoz) (%)	Mineral Maddeler (%)
İnek	12,6	3,7	3,4	4,7	0,7
Koyun	18,8	7,5	5,6	4,6	1
Keçi	13,2	4,5	3,6	4,3	0,8
Manda	17,5	7,5	4,3	4,8	0,8

Yaşlı bireylerde kırılgnlık önemli problemlerden birisidir. Yaşa bağı olarak stres faktörlerine karşı azalmış fizyolojik yanıt, düşük tolerans, azalmış yaşam kalitesi, artan ölüm oranları, düşme vakalarının artması ve yüksek depresyonun kırılgnlık ile ilişkili olduğu ifade edilmektedir. Kırılgnlığın önlenmesinde diyetle alınan proteinlerin önemli rol oynadığı bilinmektedir. Süt ve süt ürünleri sahip olduğu zengin protein içeriği sebebiyle yaşlılarda ortaya çıkan bu kırılgnlığın önlenmesinde önemli bir seçenek olabileceği düşünülmektedir (Xue ve ark., 2023).

Beslenme, yaşlılık döneminde ortaya çıkan olumsuz tablonun düzenlenmesinde elimizde bulunan değiştirilebilir önemli bir faktördür. Birçok çalışma, beslenmenin uzun ömürlülük ve yaşla birlikte görülen hastalıkları önlemede önemli bir parametre olduğunu göstermektedir. Süt ürünlerinin tüketimi ile kronik hastalıkların ve bilişsel/fiziksel gerilemelerin azaltılabileceği ifade edilmektedir (Cuesta-Triana ve ark., 2019). Süt tüketiminin bilişsel fonksiyonlar üzerine etkisinin incelendiği çeşitli çalışmalarda olumlu sonuçlar tespit edilmiştir. Özellikle düşük yağ içeren süt ürünleri, metabolizmanın düzenlenmesi, bağışıklığın desteklenmesi konularında yaşlılarda olumlu etkiye sahip olduğu vurgulanmaktadır. Günde 3 bardak süt içen bireylerde glutasyon seviyesinin yükseldiği, mikroglial aktivasyonun arttığı, nörotoksisitenin azaldığı görülmüştür (Key ve Szabo-Reed, 2023). Benzer bir çalışma, kadınlarda peynir tüketiminin bilişsel fonksiyonların korunmasında önemli etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır (Suzuki ve ark., 2024).

Uyku ve uyku kalitesi tüm toplumu ilgilendirdiği için kaliteli uykunun desteklenmesi önem taşımaktadır. Süt ve süt ürünlerinin genel

olarak uyku kalitesini desteklediği ifade edilmektedir. Etki mekanizmasının, melatonin sentezinden yüksek miktarda kullanılan triptofanın süt ürünlerinde çok bulunması ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Bazı araştırmalar ise ortaya çıkan etkinin sütün ihtiva ettiği yüksek antioksidan aktivite ile ilgili olduğunu vurgulamaktadır. Mekanizma yönüyle tartışmalar devam etse de sütün uyku kalitesine olumlu etkisi vurgulanmaktadır (Komada ve ark., 2020). Yaşlılarda önemli bir sorun olan uyuyamama ve düşük uyku kalitesinin aşılmasında süt ve süt ürünlerinin bir çözüm oluşturabileceği tahmin edilmektedir. Şekil 3’de sütün çeşitli sistemler üzerindeki faydalı etkileri görülmektedir.



Şekil 3. Sütün bazı faydaları (Meng ve ark., 2023)

Yaşlanma ile birlikte ortaya çıkan dejeneratif hastalıklar bireylerin yaşam kalitesini ve hayatta kalma şansını yakından ilgilendirmektedir. Genetik yapı ile sıkı ilişki içinde olan bu hastalıkların önlenmesinde

sütten elde edilen eksozomlar araştırmacılar tarafından yakinen takip edilmektedir. Süt kaynaklı bazı eksozomlar genetik mekanizmalar ile anti inflamatuvar etki göstermektedir. Bu yolla çeşitli dejeneratif hastalıkların önlenmesi ve tedavisinde süt ürünlerinin önemli bir strateji olabileceği ifade edilmektedir (Meng ve ark., 2023).

Güçsüzlük yaşlılarda baş edilmesi gereken önemli sorunlardan birisidir. İlerleyen yaşlarda bireyin güçsüzleşmesiyle, çevreye uyum sağlama kabiliyeti ve yaşam kalitesi düşmektedir. Bununla birlikte temel ihtiyaçların giderilmesinde önemli problemler ortaya çıkabilmektedir. Süt ürünlerinin yaşlılarda fiziksel güçsüzlüğün önlenmesinde önemli bir seçenek olabileceği ifade edilmektedir. Süt ürünlerin içerdiği proteinler, kalsiyum ve D vitamini aracılığıyla güçsüzlükle baş etmede yardımcı olmaktadır (Rahi ve ark., 2021).

4. SONUÇ

Yaşlılık ve bu dönemde ortaya çıkan sorunlar tüm dünyayı ilgilendiren ve çözüm bulunması gereken problemlerdir. Toplumun önemli ve değerli bir kısmını oluşturan yaşlıların sağlıklı bir yaşam sürmesi için diyet kritik bir role sahiptir. Süt ürünleri tüm yaş gruplarında olduğu gibi yaşlılarda da diyetin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Dezavantajlı konumları sebebiyle özel ilgiye ihtiyaç duyan yaşlılar, gereksinim duyduğu birçok besin ögesini süt ürünlerinden temin edebilmektedir. Üretim kolaylığı ve maliyet açısından ulaşılabilir olan süt ürünlerinin tüketimi için yaşlı bireylere özel teşvik uygulanması, bu grupta ortaya çıkması muhtemel sorunların ortadan kaldırılmasına yardımcı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Ağar, A. (2020). Yaşlılarda ortaya çıkan fizyolojik değişiklikler. *Ordu Üniversitesi Hemşirelik Çalışmaları Dergisi*, 3(3), 347–354.
- Allen, J. ve Morelli, V. (2011). Aging and Exercise. *Clinics in Geriatric Medicine*, 27(4), 661–671. doi:10.1016/j.cger.2011.07.010
- Ardahan, Y. D. D. M. (2010). Yaşlılık ve huzurevi. *Sosyal Politika Çalışmaları Dergisi*, 20(20), 25–32.
- Badem, A. (2021). Süt ve Süt Ürünleri. *İleri Mutfak Bilimleri*, 303–304.
- Bruins, M. J., Van Dael, P. ve Eggersdorfer, M. (2019). The role of nutrients in reducing the risk for noncommunicable diseases during aging. *nutrients*, 11(1), 85.
- Brunner, S., Mayer, H., Qin, H., Breidert, M., Dietrich, M. ve Müller Staub, M. (2022). Interventions to optimise nutrition in older people in hospitals and long-term care: Umbrella review. *Scandinavian journal of caring sciences*, 36(3), 579–598.
- Carballo-Casla, A., Sotos-Prieto, M., García-Esquinas, E., Struijk, E. A., Caballero, F. F., Calderón-Larrañaga, A., ... Ortolá, R. (2024). Animal and vegetable protein intake and malnutrition in older adults: A multicohort study. *The Journal of nutrition, health and aging*, 28(1), 100002.
- Cava, E. ve Lombardo, M. (2024). Narrative review: nutritional strategies for ageing populations-focusing on dysphagia and geriatric nutritional needs. *European Journal of Clinical Nutrition*, 1–11.
- Çiftçi, S. ve Rakıcioğlu, N. (2019). Yaşlılarda Kardiyovasküler Hastalıklar ve Beslenme Etmenleri. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 47(1), 82–90.
- Cuesta-Triana, F., Verdejo-Bravo, C., Fernández-Pérez, C. ve Martín-Sánchez, F. J. (2019). Effect of milk and other dairy products on the risk of frailty, sarcopenia, and cognitive performance decline in the elderly: a systematic review. *Advances in Nutrition*, 10, S105–S119.

- Ewy, M. W., Patel, A., Abdelmagid, M. G., Mohamed Elfadil, O., Bonnes, S. L., Salonen, B. R., ... Mundi, M. S. (2022). Plant-based diet: is it as good as an animal-based diet when it comes to protein? *Current nutrition reports*, 11(2), 337–346.
- Hadem, I. K. H., Majaw, T., Kharbuli, B. ve Sharma, R. (2019). Beneficial effects of dietary restriction in aging brain. *Journal of Chemical Neuroanatomy*, 95, 123–133. doi:10.1016/j.jchemneu.2017.10.001
- İşleğen, Ç. (2015). Yaşlılarda fizik aktivite ve hastalıklara etkisi-II. *Ege Tıp Dergisi*, 54.
- Karakaya, E. ve Akbay, C. (2013). İstanbul ilinde tüketicilerin süt ve süt ürünleri tüketim alışkanlıkları. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(1), 65–78.
- Karakayacı, Z., Öz, Z. N., Baz, S. ve Koçyiğit, S. (2018). Selçuk Üniversitesi lisans öğrencilerinin süt ve süt ürünleri tüketim alışkanlıklarının belirlenmesi.
- Kennedy, B. K., Berger, S. L., Brunet, A., Campisi, J., Cuervo, A. M., Epel, E. S., ... Pessin, J. E. (2014). Geroscience: linking aging to chronic disease. *Cell*, 159(4), 709–713.
- Key, M. N. ve Szabo-Reed, A. N. (2023). Impact of diet and exercise interventions on cognition and brain health in older adults: A narrative review. *Nutrients*, 15(11), 2495.
- Komada, Y., Okajima, I. ve Kuwata, T. (2020). The effects of milk and dairy products on sleep: a systematic review. *International journal of environmental research and public health*, 17(24), 9440.
- Leidal, A. M., Levine, B. ve Debnath, J. (2018). Autophagy and the cell biology of age-related disease. *Nature cell biology*, 20(12), 1338–1348.
- Meng, Y., Sun, J., Zhang, G., Yu, T. ve Piao, H. (2023). Unlock the power of bovine milk-derived exosomes for degenerative diseases associated with aging. *Journal of Functional Foods*, 109, 105788.

- Rahi, B., Pelay, H., Chuy, V., Helmer, C., Samieri, C. ve Féart, C. (2021). Dairy product intake and long-term risk for frailty among French elderly community dwellers. *Nutrients*, 13(7), 2151.
- Sağlık Bakanlığı (2016). Türkiye beslenme rehberi TÜBER 2015. *TC Sağlık Bakanlığı Yayın*, 1031, 172–217.
- Stratton, J. R., Levy, W. C., Cerqueira, M. D., Schwartz, R. S. ve Abrass, I. B. (1994). Cardiovascular responses to exercise. Effects of aging and exercise training in healthy men. *Circulation*, 89(4), 1648–1655.
- Suzuki, T., Osuka, Y., Kojima, N., Sasai, H., Nakamura, K., Oba, C., ... Kim, H. (2024). Association between the Intake/Type of Cheese and Cognitive Function in Community-Dwelling Older Women in Japan: A Cross-Sectional Cohort Study. *Nutrients*, 16(16), 2800.
- Tognon, G., Rothenberg, E., Petrolo, M., Sundh, V. ve Lissner, L. (2018). Dairy product intake and mortality in a cohort of 70-year-old Swedes: a contribution to the Nordic diet discussion. *European journal of nutrition*, 57, 2869–2876.
- Tunick, M. H. ve Van Hekken, D. L. (2015). Dairy products and health: recent insights. *Journal of agricultural and food chemistry*, 63(43), 9381–9388.
- Ünal, R.-N. ve Besler, H. T. (2008). Beslenmede sütün önemi. *Sağlık Bakanlığı Yayın*, 727.
- Xue, Q., Shen, M., Lin, Q., Wu, X. ve Yang, M. (2023). The Association between Dietary Protein Diversity and Protein Patterns with Frailty in older Chinese adults: a Population-based Cohort Study. *The Journal of nutrition, health and aging*, 27(12), 1219–1227.

BÖLÜM 7

SÜTÜN KANSERDE PARADOKSAL ROLÜ

Öğr. Gör. Dr. Aydın SEVER^{1*}

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Kadir ERDOĞAN²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14585430>

¹ Bingöl Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Terapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Bingöl, Türkiye. asever@bingol.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-6727-1556, *Sorumlu yazar: Aydın SEVER

² Bingöl Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Bingöl, Türkiye. mkerdogan@bingol.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-1579-5737

1. GİRİŞ

Doğal ürünlerin fayda ve zararlarının bilimsel olarak belirlenmesi sağlıklı beslenmenin tanımlanabilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Tarih boyunca beslenmenin önemli parçalarından biri olarak kabul edilen süt ve süt ürünlerinin organizmada oluşturduğu etkilerin deşifre edilmesine yönelik çalışmalar ilgi çekici bir hal almıştır. Süt ve süt ürünlerinin hangi durum veya hastalıklarda kullanılmasının daha uygun olacağını tespit edilmesi, insan sağlığı açısından önemli bir noktadır. Dünyanın birçok bölgesinde süt şifa kaynağı olarak görülmektedir. Kanser dahil çeşitli hastalıklarda, sütün hastalık fizyolojisine olan etkisi ile ilgili literatürde fikir birliği bulunmamaktadır. Bu bölümde süt ve süt ürünlerinin kanser ile ilişkisi bilimsel çalışmalar ışığında tartışılacaktır.

2. SÜT

Süt, memeli canlıların doğum sonrası meme bezlerinden salgılanan beyaz renkte, içeriği zengin ve yavruların beslenmesinde hayati öneme sahip biyolojik bir sıvıdır. Bu sıvı M.Ö 7000’li yıllardan itibaren insanların diyetlerinde yer almaktadır. Tarihsel veriler sütün sadece beslenme amacıyla değil sağlık açısından sağladığı yararları sebebiyle de tercih edildiğini göstermektedir (Tekinşen, 2001; Evershed ve ark., 2008; Mills ve ark., 2011). Sütün 4000’den fazla bileşene sahip olduğu ve bu zenginlik sayesinde yeni doğan bireyin beslenme ihtiyacını karşılama potansiyeline sahip olduğu ifade edilmektedir. Besleyici özelliğinin yanında süt birçok fizyolojik reaksiyonda görev yapan immünoglobulin, vitamin bağlayıcı taşıyıcı proteinler, hücre büyüme

faktörleri, enzim ve enzim inhibitörü barındırmaktadır (Fox ve ark., 2017). Süt barındırdığı zengin mineral, vitamin, protein, yağ ve karbonhidrat grubu sebebiyle canlılar için beslenmede kritik öneme sahiptir ve dengeli bir beslenmenin olmazsa olmaz bir bileşenidir. Bireyin diyeti ortalama olarak %25-30 süt ürünlerinden oluşmaktadır (Davoodi ve ark., 2016; Khan ve ark., 2019). Geleneksel batı diyetlerinin önemli bileşeni sayılan (Larsson ve ark., 2020) sütün özellikle kalsiyum, fosfor, magnezyum, sodyum ve potasyum benzeri mineraller yönüyle çok zengin olduğu bilinmektedir (Yadav ve ark., 2015). Sütle beslenme süresi türden türe değişmektedir. Sütün bazı türler için büyük öneme sahip olduğu bilinmektedir. Bu türler arasında insan ve insanın istifade ettiği keçi, inek, koyun, buffalo gibi türler önemli yer tutmaktadır (Fox ve ark., 2017).

Diyet ve sağlık arasındaki ilişkinin hastalıklardan korunma ve sağlığı geliştirme anlamında büyük öneme sahip olduğu bilinmektedir. Süt ve süt ürünleri gıda sektöründe büyük bir paya sahiptir. Gerek gelişmiş ülkelerde gerekse gelişmekte olan toplumlarda bu besine ulaşmanın kolay olması sebebiyle tüm dünyada önemli bir besin kaynağı olarak tercih edilmektedir (Mills ve ark., 2011).

Süt zengin içeriği ile ön plana çıkan temel bir besin kaynağıdır. Ancak sütün bileşenleri yüzde olarak türlere göre değişmektedir. Tablo 1'de farklı türlerin süt içeriğinde yer alan bileşenler gösterilmektedir. Türler arasında protein oranı 10 kata kadar farklılık gösterebilmektedir. İçeriğin böylesine değişken olması, sütün ortaya çıkaracağı etkiyi değiştirebilmektedir (Fox ve ark., 2017). Aslında sütün genel olarak

etkilerinden ziyade tür bazlı etkilerinin incelenmesi daha doğru bir yaklaşım olacaktır.

Tablo 1. Türlerle göre süt içeriği (Fox ve ark., 2017).

Tür	Toplam Katı Madde (%)	Yağ (%)	Protein (%)	Laktöz (%)	Mineral (%)
İnsan	12,2	3,8	1	7	0,2
Sığır	12,7	3,7	3,4	4,8	0,7
Manda	16,3	6,7	4,7	4,8	0,8
Keçi	12,3	4,5	2,9	4,1	0,8
Koyun	19,3	7,4	4,5	4,8	1
Ren Geyiği	27,1	11	10,4	3	1,5
Bizon	14,6	3,5	4,5	5,1	0,8
Deve (Dromedary)	12,2	3,8	4,7	4,5	-
Domuz	18,8	6,8	4,8	5,5	-
At	11,2	1,9	2,5	6,2	0,5
Eşek	11,7	1,4	2	7,4	0,5
Köpek	22,7	9,5	7,5	3,8	-
Ev Tavşanı	32,8	18,3	11,9	2,1	1,8
Hint Fili	31,9	11,6	4,9	4,7	0,7
Beyaz Gergedan	8,8	0,74	1,4	6,6	-
Kutup Ayısı	47,6	33,1	10,9	0,3	1,4
Yunus	41,4	30	10,3	0	0,8
Gri Fok	67,7	53,1	11,2	0,2	-
Fin Balinası	46,5	33,2	10,5	2,3	-

Beslenme amacıyla tercih edilen süt ürünlerinin büyük kısmını inek sütü oluşturmaktadır. Tüm dünyada süt ve süt ürünlerine olan talep artmaktadır. Ülkemizde Beslenme ve Sağlık Rehberi Kurumuna göre yetişkinlerin günde 3 porsiyon süt tüketmesi gerekmektedir (Sağlık

Bakanlığı, 2016). Tüm dünyada milyarlarca insan süt ve süt ürünleri ile hayatta kalmaktadır. Süt ve süt ürünlerinin sadece beslenme yönüyle değil, birçok hastalıktan koruyucu etkiye sahip olması sebebiyle canlı hayatına önemli etkileri bulunmaktadır. Süt, immünolojik rahatsızlıklar, kalp-damar hastalıkları, alerjik hastalıklar ve kanser gibi çeşitli sağlık sorunlarının önlenmesi ve tedavisinde etkili olabilmektedir (Shah, 2007).

Sütün organizma için koruyucu etkilerine bakıldığında; malnütrisyonun koruduğu, gastrointestinal sistem hastalıklarına yakalanma riskini azalttığı (Nolan ve ark., 2019), laktoz intoleransı gelişiminin önlenmesinde yardımcı olduğu (Toca ve ark., 2022) ve kemik hastalıklarına karşı koruyucu etki oluşturduğu bilinmektedir (Bae ve Kratzsch, 2018).

Sütte bulunan proteinler kaba olarak whey, kazein ve protein kompleksleri olarak sınıflandırılmaktadır. Bu proteinlerin bireyin birçok biyolojik aktivitesine katıldığı ve yardımcı olduğu bilinmektedir (Lönnerdal, 2017). Sütün içinde bulunan protein grubu türleri arasında farklılık gösterebilmektedir. Tablo 2’de türlere göre total protein yüzdesi ve protein grubu çeşidi gösterilmektedir (Fox ve ark., 2017).

20-25 kDa büyüklükte olan Kazein grubu proteinler 4 farklı izoformda bulunabilmekte olup fosfoprotein yapısına sahiplerdir (Meng ve ark., 2021). Whey proteinler ise β -laktoglobulin (β -lg, 50 %), α -laktalbumin (α -la, 20 %), kan serum albumin (BSA, 10 %) and immunoglobulinler olarak gruplandırılmaktadır (Fox ve ark., 2017).

Tablo 2. Türlerle göre süt proteinleri oranı (Fox ve ark., 2017).

Tür	Kazein (%)	Whey (%)	Toplam Protein (%)
Bizon	3,7	0,8	4,5
Kara ayı	8,8	5,7	14,5
Manda	3,8	0,9	4,7
Deve (baktrian)	2,9	1	3,9
Kedi			11,1
İnek	2,8	0,6	3,4
Evcil tavşan	9,3	4,6	13,9
Eşek	1	1	2
Echidna	7,3	5,2	12,5
Keçi	2,5	0,4	2,9
Gri fok			11,2
Gine domuzu	6,6	1,5	8,1
Tavşan			19,5
At	1,3	1,2	2,5
Ev faresi	7	2	9
İnsan	0,4	0,6	1
Hint fili	1,9	3	4,9
Domuz	2,8	2	4,8
Kutup ayısı	7,1	3,8	10,9
Kırmızı kanguru	2,3	2,3	4,6
Ren geyiği	8,6	1,5	10,4
Rhesus maymunu	1,1	0,5	1,6
Koyun	4,6	0,9	5,5
Beyaz kuyruklu çöl tavşanı	19,7	4	23,7

Süt tüketiminde anne sütünün ayrı bir yeri ve önemi bulunmaktadır. Yenidoğanlarda ideal büyüme ve gelişmenin temini için

gerekli besinleri içeren, sindirimi kolay eşsiz bir besin kaynağıdır. Anne süütünün bebeğin sağlığı üzerinde gösterdiği önemli etkiler, onun tarihsel yazıtlarda bile kendine yer bulmasını sağlamıştır (Samur, 2008).

3. KANSER

Kanser her yıl milyonlarca insanı etkileyen önemli bir sağlık sorunudur. Kanser 100'den fazla türü içinde barındıran bir hastalık grubudur. Kanser hücrelerinin oluşan mutasyonlar neticesinde kontrolsüz olarak bölüdüğü ve invazyon/metastaz özelliği kazandığı bilinmektedir (Chhikara ve Parang, 2023). Kanserde insidans ve mortalite sayıları her yıl artmaktadır. Bu artışın ortaya çıkmasında kanserojenlere artan maruziyetler etkili olmaktadır (Pecorino, 2012; Alberts ve ark., 2017). Kanser görülme sıklığının 2024 yılında 20 milyon civarında olduğu ve bu sayının 2040 yılı itibarıyla 30 milyona yaklaşacağı bildirilmektedir (Kanbur, 2022).

Dünya sağlık örgütüne göre kanserin ortaya çıkmasına sebep olan birçok etken vardır. Kişinin kendi bedeni ile ilgili olan sebeplerin yanında çevresel faktörlerin de büyük etkiye sahip olduğu kabul edilmektedir (Blackadar, 2016). Bahsedilen etkenler neticesinde normal şartlarda kontrol altında olan hücre bölünme kontrolü kaybedilir. Oluşan malign tümörler sahip oldukları metastaz yeteneği sebebiyle hayatı tehdit eden bir yapı kazanmış olur (Imani ve ark., 2021).

Beslenme ile kanser arasında sıkı bir ilişki olduğu bilinmektedir. Tüketilen besinler kanser sebebi olabileceği gibi kanserden koruyucu etkiye sahip bir destekleyici de olabilmektedir. Bazı kanser türlerinde diyet değişikliği ile kanser riskinin % 90 oranında azaltılabileceği ifade

edilmektedir (Derry ve ark., 2013). Amerika Birleşik Devletleri'nde teşhis edilen kanser vakalarının yaklaşık % 50'sinin beslenme ve diyetle bağlantılı olduğu, beslenmenin kanserin oluşumu ve seyri üzerinde önemli bir rol oynadığı vurgulanmıştır (Rock ve ark., 2000).

Kanser tedavisinde birçok farklı yaklaşım bulunmaktadır. Tüm dünyada birçok araştırmacı geniş bir kitleyi etkileyen bu hastalığın çözümü için çalışmalar yapmaktadır. Güncel yaklaşımlardan birisi de diyetin düzenlenmesidir. Kanserden korunmanın, kanser tedavisinden daha önemli kabul eden savunan araştırmacılar vardır. Kanserden korunmanın önemli seçeneklerinden birisi de doğal ürünlerin tüketilmesidir. Doğal ürünlerin birçok hastalığın önlenmesinde etkili sonuçlar ortaya çıkarabileceği vurgulanmaktadır (Sever ve ark., 2023). Süt, kanser dahil olmak üzere çeşitli hastalıklardan korunma amacıyla tavsiye edilmektedir.

4. KANSER VE SÜT

Diyetin önemli bir bileşeni olan süt, çeşitli kanser türlerinin gelişimi ve önlenmesiyle ilişkilendirilmektedir. Ulaşılabilir ve ekonomik olarak karşılanabilir olması sebebiyle sütün sahip olduğu antikanser/onkojenik özelliklerin deşifre edilmesi önem taşımaktadır (Lumsden ve ark., 2023). Fonksiyonel yiyecek olarak tanımlanabilen süt ürünleri, kanser dahil olmak üzere birçok önemli hastalıktan korunma amacıyla kullanılmaktadır. Sütün ihtiva ettiği protein çeşitlerinden olan Whey proteinleri koruyucu etkinin oluşmasında başrol oynamaktadır (Gill ve ark., 2000). Demirin oksidasyon yoluyla mutajenik etkiler oluşturabileceği dikkate alındığında, süt içeriğinde bulunan Whey

proteinlerinin demir bağlama kapasitesi sayesinde antikanser özellikler gösterebileceği ifade edilmektedir (Weinberg, 1996). Süt içerisinde bulunan D vitamini aracılığıyla hücre farklılaşmasını azalttığı, metastazı engellediği, apoptozu teşvik ettiği ve hücre göçünü önlediği bildirilmiştir. Ayrıca linolenik asit, laktoferrin ve bütirat gibi bileşenleri sayesinde kanser gelişimini engelleyici etkiler gösterebileceği belirtilmiştir. Bu etkilerin özellikle meme, prostat, kolorektal, yumurtalık ve mesane kanserlerinde görüldüğü ifade edilmiştir (Davoodi ve ark., 2013).

Sütün kanserli hücrelerde gösterdiği antiproliferatif etkinin glutasyon seviyesinin yükselmesi, immün sistemi aktifleştirmesi ve detoksifikasyon mekanizmaları ile ilişkili olduğu rapor edilmiştir (Bounous, 2000).

Sütün sahip olduğu kazein vb. proteinlerin antimitojenik etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Özellikle meme ve kolon kanseri vakalarında peynir altı suyu proteininin tümör gelişimini baskılamada etkili olduğu tespit edilmiştir. Bu etkinin glutasyon sentezinde gerekli olan sistin/sistein ve γ -glutamilsist(e)in dipeptitleri ile ilişkili olduğu ifade edilmektedir. Benzer şekilde sütte bulunan β -laktoglobulin, α -laktalbumin, laktoferrin ve serum albümini gibi proteinlerin de antikanser özellik gösterdiği ifade edilmektedir (Parodi, 2007). Günlük olarak süt tüketen bireylerin kolorektal kanserlere yakalanma riskinin daha düşük olduğu gösteren çalışmalar mevcuttur. Benzer sonuçların farklı kanser türlerinde de görüldüğü bildirilmiştir (Khan ve ark., 2019). Süt içeriğinde bulunan sfingolipitlerin kolon kanseri hücre hatlarında antikanser özelliğe sahip olduğu ve ratlarda kolon kanseri gelişimine

engel olduğu tespit edilmiştir (Mills ve ark., 2011). 1990'dan 2019'a kadar süt açısından düşük diyetin neden olduğu kolorektal kanser yükünün incelendiği bir çalışmada sütün diyetinde az bulunması ile kolorektal kanser riskinin arttığı tespit edilmiştir (Zhang ve ark., 2024). Anne sütünden izole edilen çeşitli probiyotiklerin rahim ağzı kanser hücre hatlarında antikanser özellik gösterdiği ortaya koyulmuştur. Bu etkinin oluşmasında reaktif oksijen moleküllerinin indüklenerek apoptozisin etkinleştirilmesinin rol oynadığı vurgulanmıştır (Rajoka ve ark., 2018). Başka bir çalışmada anne sütünden elde edilen probiyotiklerin insan meme kanseri hücre hattı olan MCF-7'de büyümenin engellenmesi ve apoptozisin indüklenmesinde etkili olduğu bulunmuştur (Hassan ve ark., 2016).

Ancak bunun tersini gösteren bazı çalışmalar da mevcuttur. Sütün sahip olduğu yağ sebebiyle prostat ve meme kanserinde androjen ve östrojen üretiminin etkileyeceği için olumsuz tablonun ortaya çıkabileceği ifade edilmektedir. Benzer şekilde laktozun da kanser gelişiminde olumsuz bir tabloyu ortaya çıkarabilecek potansiyelde olduğu *in vivo* deneyler ile teyit edilmiştir (Pereira, 2014). Kimi çalışmalarda ise süt tüketimi ile kolorektal kanser riski arasında ters orantı, prostat kanseri riski ile doğru orantı olduğu ifade edilmektedir (Lumsden ve ark., 2023). Mesane kanseri için ise sonuçlar yine çelişkili olabilmektedir. Ortaya çıkan bu tutarsız sonuçların çalışmaların metodolojisi ile ilişkili olabileceği vurgulanmaktadır. Benzer tutarsızlık meme kanseri ile süt tüketimi arasındaki ilişkide de görülmektedir (Lumsden ve ark., 2023).

Sütten elde edilen ekstraselüler veziküllerin kanser metastazını arttırdığına dair çalışmalar mevcuttur (Samuel ve ark., 2021). Benzer bir çalışma süttten elde edilen miR-27b ile kolorektal kanser hücre ölümünün azaldığına işaret etmektedir (Martino ve ark., 2022). Sütte bulunan Aflatoksin M1 karaciğer kanserinde etkili bir sonuç ortaya koymamıştır (Turna ve ark., 2022).

Kuzey Amerikalı kadınlarda meme kanserinin süt tüketimi ile ilişkisinin araştırıldığı bir çalışmada yüksek miktarda süt tüketiminin meme kanserine yol açabileceği sonucu görülmüştür (Fraser ve ark., 2020).

Süt tüketimi ile insülin benzeri büyüme faktörü olan IGF düzeyinin yükseldiği bilinmektedir. IGF hücrenin büyümesi, farklılaşması ve metabolik süreçlerinde etkili olan bir protein olması sebebiyle tümör gelişimin teşvik edebileceği vurgulanmaktadır (Topal ve ark., 2021).

Anne sütü içerdiği eksozomlar sayesinde birçok kanser türünün çocuklarda görülme riskini azaltmaktadır. Bununla beraber anne sütünden türetilen eksozomların sağlıklı kolon epitel hücrelerinin çoğalmasını sağlarken, kolon kanseri hücrelerinin bölünme hızını etkilemediği ortaya çıkmıştır (Reif ve ark., 2019).

5. SONUÇ

Süt ve süt ürünleri, farklı kanser türleri üzerinde hem yararlı hem de olumsuz etkilere sahip olabilir. Süt ve süt ürünleri tüketiminin kanserlerin önlenmesinde sağlıklı etkilerine işaret eden kanıtlar, zararlı etkileri temsil edenlerden önemli ölçüde daha fazladır. İlgili literatürün

kararlı ve bilinçli bir şekilde değerlendirilmesi, süt ve süt ürünleri tüketiminin kanserle ilgili olası zararlı etkisinin doza bağlı olduğunu ortaya koymaktadır. Günlük olarak ve ortalama düzeyde süt tüketimi yerine aşırı tüketim ve toksik maddelerle-kirleticilerle temas eden ürünler insan sağlığına zarar verebilir.

KAYNAKLAR

- Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Morgan, D., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (2017). *Molecular Biology of the Cell*. İçinde and P. W. B. Alberts, A. Johnson, J. Lewis, M. Raff, K. Roberts (Ed.), *Molecular Biology of the Cell* (4th editio). Garland Science. <https://doi.org/10.1201/9781315735368>
- Bae, Y. J., & Kratzsch, J. (2018). Vitamin D and calcium in the human breast milk. *Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism*, 32(1), 39–45.
- Blackadar, C. B. (2016). Historical review of the causes of cancer. *World Journal of Clinical Oncology*, 7(1), 54–86. <https://doi.org/10.5306/wjco.v7.i1.54>
- Bounous, G. (2000). Whey protein concentrate (WPC) and glutathione modulation in cancer treatment. *Anticancer Research*, 20(6 C), 4785–4792.
- Chhikara, B. S., & Parang, K. (2023). Global Cancer Statistics 2022: the trends projection analysis. *Chemical Biology Letters*, 10(1), 451.
- Davoodi, H., Esmaeili, S., & Mortazavian, A. M. (2013). Effects of milk and milk products consumption on cancer: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(3), 249–264. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12011>
- Davoodi, S. H., Shahbazi, R., Esmaeili, S., Sohrabvandi, S., Mortazavian, A., Jazayeri, S., & Taslimi, A. (2016). Health-related aspects of milk proteins. *Iranian journal of pharmaceutical research: IJPR*, 15(3), 573.
- Derry, M. M., Raina, K., Agarwal, C., & Agarwal, R. (2013). Identifying molecular targets of lifestyle modifications in colon cancer prevention. *Frontiers in Oncology*, 3 MAY, 51352. <https://doi.org/10.3389/fonc.2013.00119>

- Evershed, R. P., Payne, S., Sherratt, A. G., Copley, M. S., Coolidge, J., Urem-Kotsu, D., Kotsakis, K., Özdoğan, M., Özdoğan, A. E., & Nieuwenhuys, O. (2008). Earliest date for milk use in the Near East and southeastern Europe linked to cattle herding. *Nature*, 455(7212), 528–531.
- Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., McSweeney, P. L. H., Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., & McSweeney, P. L. H. (2017). Chemistry of milk constituents. *Fundamentals of cheese science*, 71–104.
- Fraser, G. E., Jaceldo-Siegl, K., Orlich, M., Mashchak, A., Sirirat, R., & Knutsen, S. (2020). Dairy, soy, and risk of breast cancer: those confounded milks. *International Journal of Epidemiology*, 49(5), 1526–1537.
- Gill, H. S., Rutherford, K. J., & Cross, M. L. (2000). Bovine milk: a unique source of immunomodulatory ingredients for functional foods. *Special Publication-Royal Society of Chemistry*, 248, 82–90.
- Hassan, Z., Mustafa, S., Rahim, R. A., & Isa, N. M. (2016). Anti-breast cancer effects of live, heat-killed and cytoplasmic fractions of *Enterococcus faecalis* and *Staphylococcus hominis* isolated from human breast milk. *In Vitro Cellular and Developmental Biology - Animal*, 52(3), 337–348. <https://doi.org/10.1007/s11626-015-9978-8>
- Imani, A., Maleki, N., Bohlouli, S., Kouhsoltani, M., Sharifi, S., & Maleki Dizaj, S. (2021). Molecular mechanisms of anticancer effect of rutin. *Phytotherapy Research*, 35(5), 2500–2513. <https://doi.org/10.1002/ptr.6977>
- Kanbur, E. (2022). *İnsan Prostat Kanseri Pc3 Hücre Hattında İnsan Prostat Kanseri Pc3 Hücre Hattında Proteozom İnhibitörlerine Karşı Geliştirilen Direnç Mekanizmalarının Araştırılması*. Bursa Uludağ Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Khan, I. T., Nadeem, M., Imran, M., Ullah, R., Ajmal, M., & Jaspal, M. H.

- (2019). Antioxidant properties of Milk and dairy products: A comprehensive review of the current knowledge. *Lipids in health and disease*, *18*, 1–13.
- Larsson, S. C., Mason, A. M., Kar, S., Vithayathil, M., Carter, P., Baron, J. A., Michaëlsson, K., & Burgess, S. (2020). Genetically proxied milk consumption and risk of colorectal, bladder, breast, and prostate cancer: a two-sample Mendelian randomization study. *BMC medicine*, *18*, 1–7.
- Lönnerdal, B. (2017). Bioactive proteins in human milk—potential benefits for preterm infants. *Clinics in perinatology*, *44*(1), 179–191.
- Lumsden, A. L., Mulugeta, A., & Hyppönen, E. (2023). Milk consumption and risk of twelve cancers: A large-scale observational and Mendelian randomisation study. *Clinical Nutrition*, *42*(1), 1–8.
- Martino, E., Balestrieri, A., Mele, L., Sardu, C., Marfella, R., D’Onofrio, N., Campanile, G., & Balestrieri, M. L. (2022). Milk exosomal miR-27b worsen endoplasmic reticulum stress mediated colorectal cancer cell death. *Nutrients*, *14*(23), 5081.
- Meng, F., Uniacke-Lowe, T., Ryan, A. C., & Kelly, A. L. (2021). The composition and physico-chemical properties of human milk: A review. *Trends in Food Science & Technology*, *112*, 608–621.
- Mills, S., Ross, R. P., Hill, C., Fitzgerald, G. F., & Stanton, C. (2011). Milk intelligence: Mining milk for bioactive substances associated with human health. *International dairy journal*, *21*(6), 377–401.
- Nolan, L. S., Parks, O. B., & Good, M. (2019). A review of the immunomodulating components of maternal breast milk and protection against necrotizing enterocolitis. *Nutrients*, *12*(1), 14.
- Parodi, P. W. (2007). A role for milk proteins and their peptides in cancer prevention. *Current pharmaceutical design*, *13*(8), 813–828.
- Pecorino, L. (2012). *Molecular Biology of Cancer: Mechanisms, Targets, and Therapeutics*.

- http://books.google.com/books?id=tI_vcU85QU4C&pgis=1
- Pereira, P. C. (2014). Milk nutritional composition and its role in human health. *Nutrition*, 30(6), 619–627.
- Rajoka, M. S. R., Zhao, H., Lu, Y., Lian, Z., Li, N., Hussain, N., Shao, D., Jin, M., Li, Q., & Shi, J. (2018). Anticancer potential against cervix cancer (HeLa) cell line of probiotic *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus paracasei* strains isolated from human breast milk. *Food & function*, 9(5), 2705–2715.
- Reif, S., Elbaum Shiff, Y., & Golan-Gerstl, R. (2019). Milk-derived exosomes (MDEs) have a different biological effect on normal fetal colon epithelial cells compared to colon tumor cells in a miRNA-dependent manner. *Journal of Translational Medicine*, 17, 1–10.
- Rock, C. L., Lampe, J. W., & Patterson, R. E. (2000). Nutrition, genetics, and risks of cancer. *Annual Review of Public Health*, 21, 47–64. <https://doi.org/10.1146/annurev.publhealth.21.1.47>
- Sağlık Bakanlığı (2016). Türkiye beslenme rehberi TÜBER 2015. *TC Sağlık Bakanlığı Yayın*, 1031, 172–217.
- Samuel, M., Fonseka, P., Sanwlani, R., Gangoda, L., Chee, S. H., Keerthikumar, S., Spurling, A., Chitti, S. V, Zanker, D., & Ang, C.-S. (2021). Oral administration of bovine milk-derived extracellular vesicles induces senescence in the primary tumor but accelerates cancer metastasis. *Nature Communications*, 12(1), 3950.
- Samur, G. (2008). Anne sütü. *Sağlık Bakanlığı Yayınları*, Ankara, 1–21.
- Sever, A., Toy, Y., Erdoğan, M. K., & Gündoğdu, R. (2023). Kemoterapide Kullanılan Güncel Fitokimyasallar. *Muş Alparslan Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 3(1), 64–76.
- Shah, N. P. (2007). Functional cultures and health benefits. *International dairy journal*, 17(11), 1262–1277.
- Statista. (2024). *Annual consumption of fluid cow milk worldwide in 2023*.

- Tekinşen, O. . (2001). *Sütün Kimyası*. Selçuk Üniversitesi Basımevi.
- Toca, M., Fernández, A., Orsi, M., Tabacco, O., & Vinderola, G. (2022). Intolerancia a la lactosa: mitos y verdades. Actualización. *Archivos argentinos de pediatría*, 120(1), 101–110.
- Topal, E., Kashani, S., Arda, B., & Erbaş, O. (2021). Milk and Cancer: Is There any Relation? *Journal of Experimental and Basic Medical Sciences*, 2(1), 34–40.
- Turna, N. S., Havelaar, A., Adesogan, A., & Wu, F. (2022). Aflatoxin M1 in milk does not contribute substantially to global liver cancer incidence. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 115(6), 1473–1480.
- Weinberg, E. D. (1996). The role of iron in cancer. *European Journal of Cancer Prevention*, 19–36.
- Yadav, J. S. S., Yan, S., Pilli, S., Kumar, L., Tyagi, R. D., & Surampalli, R. Y. (2015). Cheese whey: A potential resource to transform into bioprotein, functional/nutritional proteins and bioactive peptides. *Biotechnology advances*, 33(6), 756–774.
- Zhang, X., Zhang, X., Li, R., Lin, M., Ou, T., Zhou, H., Chen, Z., & Zhen, L. (2024). Global, regional, and national analyses of the burden of colorectal cancer attributable to diet low in milk from 1990 to 2019: Longitudinal observational study. *Frontiers in Nutrition*, 11, 1431962.

BÖLÜM 9

BİR SÜT VE SÜT ÜRÜNLERİ YANI ÜRÜNÜ PEYNİR ALTI SUYU: PÜSKÜRTMELİ KURUTMA TEKNİĞİ İLE KURUTULMASI ÜZERİNE ÇALIŞMALAR

Öğr. Gör. Dr. Murat KAYA¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14585441>

¹ Kayseri Üniversitesi, Safiye Çıkrıkçıoğlu Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Gıda Teknolojisi Programı, Kayseri, Türkiye. muratkaya@kayseri.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-3181-2517

1. GİRİŞ

Süt ve süt ürünleri sektöründe en önemli çevre kirliliği unsuru biyo atık materyal peynir altı suyudur. Aslında peynir altı suyu protein ve mineral açısından oldukça zengin, katma değerli bir üründür. Ciddi ekonomik değeri bulunmaktadır. Literatürde peynir altı suyunun değerlendirilmesi noktasında çok sayıda yayın bulunmaktadır. Bu kitap bölümünde peynir altı suyunun püskürtmeli kurutucu prosesinde değerlendirilmesi üzerine çalışmalara değinilecektir.

2. PEYNİR ALTI SUYU

Süt, peynir mayası ya da organik asit kullanılarak pıhtılaştırıldığında teleme uzaklaştırılır. Sütten geriye kalan yeşil/mavi renkte, besin ve mineral değeri yüksek yan ürünün adı “Peynir altı suyu” olarak isimlendirilmektedir (Yerlikaya ve ark., 2010). Peynir altı suyunu bir başka şekilde ifade etmemiz gerekirse; peynir üretimi esnasında kazein proteininin çöktürülmesi neticesinde geride kalan, proteince, mineral, laktoz ve fonksiyoneliteye sahip peptidlerce zengin yan ürüne “peynir altı suyu” denir (Shon ve Zahur, 2007)Peynir altı suyu serum proteinleri hayvansal olmayan diğer temel protein kaynaklarıyla kıyaslandıklarında, yüksek biyolojik değerleri vardır. Fonksiyonelite ve besin değerleri yüksek bu proteinlerini içeren ürünler olarak tanımlanan protein konsantreleri çeşitli gıdaların üretim proseslerinin bileşenleri olarak değerlendirilebilmektedir (Yerlikaya ve ark., 2010).

Peynir altı suyunun içeriği Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Peynir Altı Suyunun Bileşenleri

Bileşenlerin adı	% Bileşen miktarı
Kazein (% w/v)	<0,1
Peynir altı suyu proteinleri (% w/v)	0,7
Yağ (% w/v)	0,1
Kül (% w/v)	0,5
Laktoz (% w/v)	4,9
Toplam kurumadde (% w/v)	6,3

Kaynak: (Guo, 2019)

Peynir altı suyu proteinlerinin çeşitli terapötik etkileri olduğu bilinmektedir. Bu etkiler arasında antidiyabetik, antikanserojenik, kalp damar rahatsızlıklarına karşı, bağışıklık sistemini olumlu yönde etkilediği, karaciğer rahatsızlıklarını iyileştirmede kullanıldığı görülmektedir (Guo, 2019).

3. ENKAPSÜLASYON

Enkapsülasyon, biyoaktif bileşiklerin veya hedef mikroorganizmaların etkin oldukları özelliklerini koruma kapasitesine sahip materyaller kullanarak onları çeşitli etmenlere karşı daha stabil hale getiren bir prostestir. Genelde, enkapsülasyonda iki tanım karşımıza çıkmaktadır. Birincisi aktif madde ya da çekirdek: Bu maddeler çok çeşitli etkinliklere sahip maddelerdir. İkincisi taşıyıcı kısım ya da kabuk: Kaplama malzemesi olarak terimlendirilmektedir.

Enkapsülasyon sonucunda çekirdek-kabuk kompleksinin isimlendirmesinde kapsülün şekli ya da yapısı göz önünde bulundurularak; küre, mikrokapsül, mikro boncuk, tekli çekirdek, çoklu çekirdek, matris, çok kabuklu yapı gibi isimlendirmeler alabilmektedir (Sonawane ve ark., 2020).

Enkapsülasyon teknolojisinin atası olarak 1872 yılında Peck tarafından patenti de alınan sıvı bileşenlerin sıcak hava içerisine püskürtülmesi ve herhangi bir kaplama materyali olmaksızın bileşenin doğrudan kurutulmasını içeren yöntem kabul edilebilir (Percy, 1872). Bu yöntem ile süt ve sütü ürünleri, jelatin ve şeker kurutulmuştur. Bu gelişmeden kısa süre sonra William Chain tarafından 1875 yılında şekerlemelerin kristal şeker makroenkapsülasyonu üzerine patent başvurusu olmuştur (Chain, 1875). Enkapsülasyon teknolojisi 1960'lı yıllarda geliştirilmiştir. Enkapsülasyon teknolojisini kronolojik sıralamaya göre gösterir Tablo 2 verilmiştir.

Enkapsülasyon, biyoaktif bileşiklerin veya hedef mikroorganizmaların etkin oldukları özelliklerini koruma kapasitesine sahip materyaller kullanarak, onları çeşitli etmenlere karşı daha stabil hale getiren bir prosestir (Madene ve ark., 2006) Genelde, enkapsülasyonda iki tanım karşımıza çıkmaktadır.

1- Aktif madde ya da çekirdek: Bu maddeler çok çeşitli etkinliklere sahip maddelerdir.

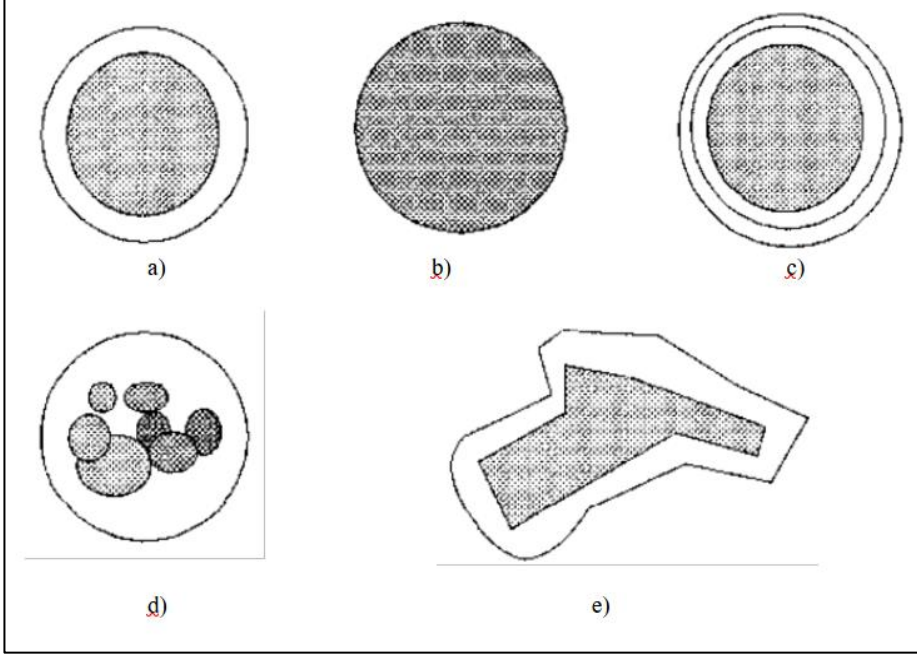
2- Taşıyıcı kısım ya da kabuk: Diğer ifadeyle kaplama malzemesi olarak terimlendirilmektedir (Thies, 1996; Gaonkar, 2014).

Tablo 2. Yıllar İtibariyle Enkapsülasyon Teknolojisinde Meydana Gelen Gelişmeler

Yıl	Enkapsülasyon teknolojisi	Referans
1934	Sızdırmayan özelliğe sahip ilk jelatin üretimi	(Scherer, 1934)
1957	Mikroskobik düzeyde yağ kaplama işlemi gerçekleştirilmesi	(Green ve Lowell, 1957)
1957	Duvar materyali olarak viskoelastik polisakkaritlerin kullanıldığı sıvı flavırların mikroenkapsülasyonu	(Swisher, 1957)
1962	Alec Bangham tarafından lipozom kaplama teknolojisinin icadı	(Bangham ve Horne, 1962; Glauert ve ark., 1962; Horne ve ark., 1963)
1965	Akışkan yatağının kurutma teknolojisinin geliştirilmesi	(Wurster ve Lindlof, 1965)
1970	Koaservasyon kurutma tekniğinin icadı ve Matson tarafından geliştirilmesi	(Matson, 1970)
1973	Koaservasyon tekniğinin geliştirilmesi	(Hart ve ark., 1973)
1989	Kontrollü salınım tekniğinin geliştirilmesi ve patent alınması	(Abrutyn ve ark., 1989)
1992	Kontrollü salınım tekniğinin lipozomal enkapsülasyon ile geliştirilmesi ve patent alınması	(Haynes ve ark., 1992)

Enkapsülasyon işlemi sonucunda çekirdek-kabuk kompleksinin isimlendirmesinde kapsülün şekli ya da yapısı göz önünde bulundurularak; kabuk, duvar, dış faz, destekleyici malzeme, küre, mikrokapsül, mikro boncuk, tekli çekirdek, çoklu çekirdek, matris, çok

kabuklu yapı gibi isimlendirmeler alabilmektedir (Şekil 1) (Gibbs ve ark., 1999; Gharsallaoui ve ark., 2007; Sonawane ve ark., 2020).



Şekil 1. Bazı Enkapsülasyon Şekilleri (a-Basit form, b-Matris formu, c-Çoklu duvar formu, d-Çok çekirdekli form, e-Şekilsiz form)

Kaynak: (Gibbs ve ark., 1999)

Gıda endüstrisinde uygulanan mikroenkapsülasyon, çeşitli gıda bileşenlerinin koruma ve/veya daha sonra serbest bırakma amacıyla mikroskobik boyutta bir kabuk veya kaplama içinde saklanabildiği işlemdir. Daha spesifik olarak, mikrokapsülleme, küçük parçacıkları, bir sıvıyı veya bir gazı bir kaplama tabakası veya bir matris içinde kapatma işlemidir. Geleneksel olarak, mikrokapsülleme, 3 mm'den küçük kapsülleri isimlendirmede kullanılmaktadır. Daha doğru bir ifade ile 100 nm ile 1000 nm aralığında olan enkapsülasyon mikrokapsülleme olarak sınıflandırılmaktadır (Gaonkar, 2014).

Enkapsülasyon tekniği 3 adımdan oluşmaktadır.



Şekil 2. Enkapsülasyon Üretim Aşamaları

Enkapsülasyon diye bir teknik neden uygulanmaktadır ve karakteristikleri nelerdir?

Bu teknik farmasötik, gıda, kimya ve tarım gibi farklı endüstrilerde kullanım alanı bulan çok yönlü teknolojik gereksinimleri olan bir tekniktir. Bu teknolojiyi kullanmanın birinci nedeni; hedef etken maddelerin su, oksijen, sıcaklık, güneş ışığı, asit, baz gibi bozunmaya neden olan dış etmenlerden korumaktır. Geleneksel olarak bu işlem elde edilen ürünün raf ömrünü uzatmaktadır. Ayrıca istenmeyen koku, tat, renk gibi unsurları maskeleyerek amacıyla da kullanılabilir. Enkapsülasyon teknolojisinin bir başka kullanıma sebebi sıvı bileşenleri katı forma dönüştürmenin yollarından birisi olmasıdır. Yine çabuk yanabilen ya da uçabilen bileşenler içinde enkapsülasyon teknolojisinden yararlanılmaktadır (Gaonkar, 2014).

Günümüzde gıda endüstrisinde farklı enkapsülasyon teknikleri uygulanmaktadır.

3.1. Püskürtmeli kurutma (Spray drying)

Bu teknikte sıvı fazdaki numuneler genellikle sıcak hava ya da inert bir gazla ortak bir alana püskürtülmekte, sıcak hava numuneyi kurutarak küçük partiküllere dönüştürmektedir (Ghosh, 2006). Küçük partiküllere dönüşen toz formadaki numune bir toplama haznesinde birikmektedir. Laboratuvar ölçekli püskürtmeli kurutucu Şekil 3'te gösterilmiştir. Gıdaların püskürtmeli kurutma tekniği kullanılarak kurutulmasında en çok havadan yararlanılmaktadır. Numune havayla temas ettiğinde yapısının havadaki oksijenden olumsuz etkilenme riski varlığında hava yerine inert bir gaz olan azottan (N₂) yararlanır (Szczap ve Jacobs, 2023).

Püskürtmeli kurutucu ile kurutma işlemi aşağıdaki basamaklardan oluşmaktadır.

1.Aşama: Bu aşamada enkapsüle edilecek aktif çekirdek madde önceden belirlenen oranlarda kaplama materyaliyle yüksek hızda homojenize edilir. Homojenizasyon aşamasında genellikle sıvı faz sudur. Homojenizatın diğer adı "*Besleme Çözeltisi*"dir.

2.Aşama: Homojenizat kurutma hücreğine gönderilir.

3.Aşama: Besleme çözeltisi kurutma hücresinde sıcak kuru hava ile çarpıştırılır. Sonrasında besleme çözeltisi yapısındaki su sıcak hava sayesinde kurur.

4.Aşama: Kritik değere ulaşan çekirdek materyal yüzeyi uygun kaplama maddesi ile kaplanır ve kabuk oluşur. Enkapsüle edilmiş toz, püskürtmeli kurutucunun örnek toplama bölümünde birikir.



Şekil 3. Laboratuvar Ölçekli Püskürtmeli Kurutucu

3.2. Püskürtmeli soğutma (Spray cooling)

Dispersiyon hazırlama, Dispersiyonun homojenizasyonu, Beslenen dispersiyonun atomizasyonu aşamalarından oluşmaktadır.

3.3. Ekstrüzyon (Extrusion)

Polimer kaplama malzemesini hazırlama-eritme, kaplanacak çekirdek maddenin kaplama materyaline dispers edilmesi, soğutma ve sıvı ile dehidratasyon aşamalarından olan enkapsülasyon tekniğidir (Koç ve ark., 2010).

3.4. Akışkan yatak kaplama (Fluized bed coating)

Bu kurutma tekniğinde besleme hızı, gaz debisi, gaz giriş sıcaklığı, nem miktarı, akışkan yatak sıcaklığı, atılan nem miktarı vb. Parametreler kontrol edilerek kurutma işlemi gerçekleştirilir. Güçlü bir fan ile basınçlı hava akımı üretilir örnekler yer çekimini yener ve havada asılı kalarak kurur. Kuruyan örnek toplanma haznesinde birikir (Temple ve Van Boxtel, 2000; Kurtuluş, 2007)

3.5. Liyofilizasyon (Freeze drying)

Bu kurutma tekniği sıcaklığa hassasiyeti olan gıda/biyolojik maddelere işlem yapılırken tercih edilmektedir. Sadece bu teknikte dondurulan materyalin süblimleştirilmesi söz konusudur. İşlem sıcaklığı 0°C altında olan sıcaklıklarda ve vakum altında (3'lü nokta) gerçekleşmektedir. Liyofilizasyon aşamalarına bakılacak olursak; - Örnek dondurma – Örneği vakumlama, - Isı uygulanması, - Buharlaştan unsurların yoğuşturulması şeklindedir (Ergün, 2015; Nireesha ve ark., 2013).

3.6. Koeservasyon

Önce emülsiyon oluşturulur. Yapıdaki polimerler kompleks oluşturur. Kaplama gerçekleşir. Mikrokapsülleme meydana gelir. (Koç ve ark., 2010; Köksal ve Göde, 2017).

4. PEYNİR ALTI SUYU İLE İLGİLİ PÜSKÜRTMELİ KURUTMA TEKNİĞİ ÇALIŞMALARI

Günlük tuz azaltımını sağlamak amacıyla kapsaisin içeren tuzun nano emülsiyon ile kaplandığı, kaplama materyali olarak tuz, peynir altı suyu protein hidrolizati, gam arabik kullanıldığı bir çalışmada; % 15(w/v) tuz ve % 3 (w/v) peynir altı suyu protein hidrolizati içeren nano emülsiyon kaplama materyali olarak kullanılmıştır. Bu emülsiyonla kaplamanın daha uygun mikro yapıya sahip olduğu, su içeriği ve çözünürlüğünün ideal olduğu tespit edilmiştir. Kapsaisin; tuz, peynir altı suyu protein izolatu ve gam arabik kaplama materyali kullanılarak nanoemülsiyon-sprey kurutma tekniğiyle kaplanmıştır. %3 (w/v) WPI-GA konjugatu ile enkapsüle edilen kapsaisin yüksek antioksidan kapasite ve termal stabilite özellikleri yanı sıra göstermiş, ürünün enkapsülasyon verimi % 72,16±1,32 olarak belirlenmiştir. Örnek bağırsak sıvısında iyi bir salınım sergilemiştir. Yine enkapsüle kapsaisin, domuz dil ile gerçekleştirilen in vitro Na⁺ iyonu tutma deneyinde geleneksel tuz ve içi boş tuza kıyasla daha yüksek bir floresan sinyali vermiştir. Elektronik dil tadı analizi ve duyuusal değerlendirme müştereken değerlendirildiğinde, kapsaisin kapsüllerinin güçlü bir tuzlu his gösterdiği görülmüştür. Elde edilen bu sonuç daha az tuz tüketimi adına yeni stratejilerin önünü açmıştır Bu, sodyum

tüketimini azaltma ve az tuzlu ürün geliştirme noktasında yeni stratejilerin önünü açacaktır (Ma ve ark., 2025).

Bir çalışmada sıvı peynir altı suyu laktik asit bakterileri için gelişme ajanı ve mikrokapsülleme kaplama materyali olarak kullanılmıştır. *Lacticasebacillus paracasei*'nin ItalPN16 peynir altı suyunun kültür olduğu bir ortamda biyoreaktörde gelişim sağlanmıştır. Gelişim aşamasında ortamdaki şeker tüketimi, biyokütle verimi ve protein hidroliz oranı gözlemlenmiştir. Gelişim sonucunda ortam pH'nın 4,5, 5,5, 6,5 olduğu ve peynir altı suyunda bulunan karbonhidratların % 30'unun tüketildiği tespit edilmiştir. Bakteri, püskürtmeli kurutma yöntemi ile kurutulmuştur. Enkapsülasyon verimi % 72-90, dondurarak kurutulan örneklerinki ise % 82-99 aralığında belirlenmiştir. pH 6,5 değerindeki fermente peynir altı suyu kaplama materyali olarak kullanıldığı püskürterek kurutma örneklerinde, gastrointestinal koşullara dikkat çekici tolerans gösterdiği tespit edilmiştir. Depolama stabilitesi açısından peynir altı suyunun duvar materyali olarak kullanıldığı örneklerden dondurarak kurutulanların sonuçlarının daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır (Pinilla ve ark., 2024).

Polisakkaritlerle birlikte püskürtülerek kurutulan peynir altı suyu protein hidrolizatının (PASPH) model içeceklerin duvar profillerini etkileme düzeylerinin araştırıldığı bir çalışmada; guar gam-PASPH, maltodekstrin-PASPH, ksantan gam-PASPH kombinasyonlarından % 10 oranında süspansiyon yapılmış ve elde edilen enkapsüle tozların parçacık boyutu, zeta potansiyeli, reolojik ve tribolojik profilleri ölçülmüştür. Polisakkarit-peynir altı suyu protein hidrolizatı duvar

materyalinin içeceklerde ek yağlama sağladığı görülmüştür. Bu duvar materyalinin ağız sürtünmesini azaltabileceği, guar gam-peynir altı suyu protein hidrolizatı duvar materyalinin ağızda yağla kaplanmış hissini arttırdığı belirlenmiştir. Ksantan gam-peynir altı suyu protein hidrolizatı duvar materyalinin viskoziteyi arttırdığı ancak daha az kayganlaştırıcı etki gösterdiği belirlenmiştir. Bu bulgular, guar gamın duvar materyaline dahil edilmesinin, peynir altı suyu proteinli model içeceklerde oral sürtünmeyi ve ağızda batma hissini azaltma kapasitesine sahip olduğunu göstermiştir (Giles ve ark., 2025).

Gerçekleştirilen bir çalışmada, püskürtmeli kurutma tekniği kullanılarak üzümdeki biyoaktif bileşiklerin peynir altı suyu protein izolatu, arap zamkı ve yüksek esterleşme dereceli pektin kombinasyonlarının kaplama materyali olarak kullanılarak korunması hedeflenmiştir. Araştırmada, enkapsüle tozun morfolojisini ve antioksidan tutulum oranı, tozun reolojik özellikleri, kurutma kinetiği, damlacık oluşumu ve kurutma eğrileri üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Kurutma süreleri 1,05 ila 1,14 saniye arasında değişiklik göstermiş, kurutma eğrileri nem içeriği arasındaki ilişki olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar hacim, akışkanlık ve sıkıştırılabilirlik gibi temel toz özellikleriyle ilişkilendirilmiştir. Peçlet ve Reynolds sayıları açısından hem toz özellikleri hem de biyoaktif tutulum önemli korelasyon gösterdiği tespit edilmiştir. Fenolik içeriğin korunmasında verimli ısı ve kütle transferinin rolünün önemi ortaya konmuştur. Çalışmada, özellikle WPI ve pektini birleştiren optimum formülasyonların, düzgün damlacık boyutları, daha hızlı kuruma oranları ve gelişmiş biyoaktif stabilite ile sonuçlandığı sonucuna

varılmış olup, bu da yüksek kaliteli, stabil gıda tozları üretmek için püskürtmeli kurutma süreçlerinin optimize edilmesine yönelik bilgiler sağlamıştır (Nascimento ve ark., 2025).

Çalışmada probiyotik özelliklere sahip *Pichia kluyveri* CCMA 0615 ve *Saccharomyces cerevisiae* CCMA 0732 suşlarının yenilikçi mikrokapsülenmiş formülasyonlarını geliştirmek amaçlanmıştır. Mayalar (8 log CFU/mL) peynir altı suyu tozu (%15, %20 ve %30 oranlarında) ve sodyum aljinat (%1) kaplama materyali kullanılarak püskürtmeli kurutma tekniği ile mikrokapsülenmiştir. Mikrokapsüller ve mikroorganizma canlılığı iki aylık depolama süresince (+ 4 °C ve + 25 °C) takip edilmiştir. Belirlenen formülasyonlar fonksiyonel içecek fermantasyonuna uygulanmış ve simüle edilmiş gastrointestinal sistemde (SİT) canlılıkları gözlemlenmiştir. Püskürtmeli kurutma yöntemi ile mikrokapsüllenen mayaların canlılığının, kullanılan suşa ve kapsülleme matrisine bağlı olarak % 84 - 99 arasında değiştiği görülmüştür. *P. kluyveri* mikrokapsülleri depolanırken soğuk ortam koşullarına gereksinim duyulmuştur. Fonksiyonel içecek fermantasyonunda, mikrokapsülenmiş maya, karbonhidrat tüketimi 0,3 g/L, laktik asit oluşumu 1,1 g/L ve alkol oluşumu 0,2 - 1,61 g/L olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak, *P. kluyveri*'nin %15 WP + %1 ALG ile mikrokapsülenmiş örneklerinin (> %84) canlılık değeri sonucu ile bir gıda matrisine dahil edilmesinin mümkün olduğu, (> %94) oranı ile ise gastrointestinal koşullarda yüksek canlılık gösterdikleri anlaşılmıştır. Çalışma ile probiyotik mayaların bu yenilikçi yöntemle mikrokapsüllemesinin canlılıklarını artırdığını ve probiyotiklerin

konakçıya etkili bir şekilde iletilmesini kolaylaştırdığını göstermiştir (Resende ve ark., 2025).

Yapılan çalışmada, Buğday tohumu yağının depolama ve gastrointestinal koşullar altında ko-kapsüllemesiyle probiyotiklerin canlılığının iyileştirilmesi, Kurutma yöntemlerinin ve duvar bileşiminin etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Probiyotik mikroorganizmaların gıda depolama ve gastrointestinal sindirim sırasında canlılığını korumak için 3 farklı emülsiyonla ko-kapsülleme gerçekleştirilmiş, ardından sırasıyla püskürtmeli kurutma (SD): dondurarak kurutma (FD) ve püskürtmeli dondurarak kurutma (SFD) teknikleri kullanılarak probiyotik mikroorganizmalar ve buğday tohumu yağıyla iyon yüklü katı mikrokapsüller üretilmiştir. Kurutma yöntemlerinin ve duvar malzemelerinin mikro yapı, fizikokimyasal özellikleri, depolama kararlılığı ve gastrointestinal tolere edilebilme üzerine etkileri incelenmiştir. İlk olarak, farklı duvar materyali oranına sahip tüm örneklerdeki probiyotik mikroorganizmaların (% 86-99,2) ve buğday tohumu yağının (% 72-85) yüksek kapsülleme verimliliği, düşük nem içeriği (%2,8-5,3) ve higroskopiklik (%6,3-11,6) gösterdiği belirlenmiştir. Duvar malzemeleri kurutma işlemi sırasında yapısal kararlılık sergilemiştir. Canlı hücre sayımlarının sonuçları, SFD'nin diğer iki kurutma yönteminden daha fazla bakteri hücrelerine zarar verdiğini, kapsüllemiş probiyotiklerin 90 gün içinde tamamen ölmesiyle kanıtlanmıştır. Buna karşılık, SD ve FD kapsüllemiş probiyotikler, 4 °C ve 25 °C'de 150 günlük depolamadan sonra 8,8–9,9 log CFU/g'da oranında canlı kalmışlardır. Ayrıca, ko-kapsüllemiş ve pektin eklenmiş mikrokapsüllerdeki probiyotiklerin canlılığı, depolama

stabilitesi ve simüle edilmiş gastrointestinal sindirim testlerinde önemli iyi sonuçlar elde edilmiştir. Yukarıdaki sonuçlara dayanarak, mikrokapsülenmiş tozlar hazırlamak için püskürtmeli kurutma ve dondurarak kurutma yöntemlerinin ideal olduğu kanaatine varılmıştır (He ve ark., 2025).

Ticari DHA açısından zengin alg yağının hoş olmayan bir koku ve oksidasyona karşı duyarlılık gibi bazı sorunları bulunmaktadır. Ticari DHA açısından zengin alg yağı tozu ve DHA açısından zengin alg yağı mikrokapsüllerindeki balık kokusundan sorumlu bileşikler hekzanal ve (E, E)-2,4-heptadienaldir. İstenmeyen bu kokuyu maskelemek amacıyla, duvar malzemeleri olarak bebek pirinç tozu (IRP):maltodekstrin (MD) ve peynir altı suyu protein konsantresi (WPC) ve emülgatör olarak sodyum nişasta oktenilsüksinat (SSOS) ve mono açilgliserol (MAC) kullanılarak alg yağının enkapsülasyonu işlemi gerçekleştirilmiştir. Mikrokapsülleme için püskürtmeli kurutma yöntemi kullanılmıştır. Deneysel veriler, IRP/MD/WPC = 1:3:1 oranında duvar malzemesi ve % 3,5 emülgatör içeriğine (SSOS ve MAC) sahip mikrokapsüllerin en yüksek enkapsülasyon verimliliğine (% 85,20 ± 6,03) ve en düşük aldehit içeriğine (istenmeyen koku bileşikleri) (% 65,38 ± 3,23) sahip olduğunu göstermiştir. Bu mikrokapsül, ham petrol ile karşılaştırıldığında iyi bir görünüm ve daha iyi oksidasyon kararlılığı göstermiş, su içeriği ve ortalama parçacık boyutu sırasıyla % 1,69 ± 0,57 ve 631,60 ± 23,19 nm olmuştur. Sonuçlar, bebek pirinç tozu ile hazırlanan DHA açısından zengin alg yağı mikrokapsüllerinin ticari DHA açısından zengin alg yağı tozuna

kıyasla daha düşük balık kokusuna ve daha iyi duyuşsal kabul edilebilirliğe sahip olduğunu göstermiştir (Zhang ve ark., 2024).

Mevcut çalışmada, püskürtmeli kurutma uygulamasıyla sinbiyotik ayran tozu formülasyonunda kaplama materyali olarak trehaloz (TRE): peynir altı suyu protein konsantresi (WPC):pullulan (PUL) ve kalsiyum laktatglukonat (CAL) kullanımına odaklanılmıştır. Çözelti karışımının püskürtmeli kurutma koşulları; 150 °C giriş sıcaklığı, 15ml/dk besleme akış hızı ve 3 kg/cm² basınçlı hava ile gerçekleştirilmiş, çıkış sıcaklığı 70±5 °C'de sabit tutulmuştur. Enkapsüle edilen örnekler depolanmış, 16 hafta sonra TRE4 + CAL0.5 karışımına ait örneklerdeki *Bifidobacterium bifidum*'un canlılığı 6.04±0.13 gibi oldukça iyi sonuçlar gösterdiği tespit edilmiştir. TRE2 + CAL0.5, TRE4, CAL0.5, WPC6, PUL4 ve Kontrol örneklerine ait sonuçlar izlemiştir. Koruyucuların ve prebiyotik olarak frukto oligosakkarit'in (FOS) eklenmesi örneğin toz özelliklerini etkilememiştir. SBMP'nin nem içeriği, su aktivitesi, yığın yoğunluğu, higroskopikliği, çözünürlüğü, parçacık boyutu ve taramalı elektron mikroskopu (SEM) açısından 17 hafta boyunca takip edilmiş, SBMP örneğinin kontrol örneğinden daha iyi sonuçlara sahip olduğu görülmüştür. TRE4 + CAL0.5 içeren SEM örnekleri herhangi bir çatlak olmaksızın küresel şekiller göstermiştir. Mevcut çalışma, TRE4 + CAL0.5 içeren formülasyonun probiyotik hücrelerin canlılığı ve ayrıca + 4±1 °C'de 16 hafta boyunca depolama sırasında enkapsüle tozun fizikokimyasal özellikler açısından mükemmel sonuçlar gösterdiğini ortaya koymuştur (Ahlawavt ve ark., 2024).

Çalışmada, deve sütü peynir altı suyu (CW) 170, 185 ve 200 °C'de püskürtmeli kurutma (SD) yöntemiyle kurutularak deve sütü peynir altı suyu tozu elde edilmiştir. Ayrıca 5, 10 ve 15 dakika boyunca ultrasonikasyon (US) (20 kHz) ile muamele edildikten sonra dondurularak kurutulan örneklerden de bir başka deve sütü peynir altı suyu tozu (CWP) elde edilmiştir. CWP'nin yapısal analizi, Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) ve X-Işını Kırınımı (XRD) ile gerçekleştirilmiş, örnekler arasında istatistiksel olarak önemli bir farkın olmadığı tespit edilmiştir. US örnekleri, kontrol örnekleriyle karşılaştırılabilir bir düzeyde kristallite gösterirken, SD örnekleri çok düşük düzeyde kristallite göstermiştir. CWP'nin yüzey morfolojisi, parçacık boyutu ve yüzey yükü taramalı elektron mikroskopu (SEM) ile değerlendirilmiştir. -21,6 mV yüzey yükü ile 215,1 nm'lik en düşük parçacık boyutu SD-185 WPC'de gözlenmiştir. Dahası, SD numuneleri daha düşük L* değerlerine sahip olan US ile işlenmiş numunelere kıyasla daha beyaz renk ortaya koymuştur ($P < 0,05$). US -15 numunesi yüksek protein çözünürlüğü (% 100) sergilerken, SD-200 numunesi daha düşük çözünürlük göstermiştir (% 92,7). CWP numunelerinin emülsifiye edici aktivitesinde SD ve US'den sonra iyileşme gözlenmiştir. En yüksek emülsifiye edici aktivite indeksi (EAI) değerleri sırasıyla SD-185 ve US-15 CWP numuneleri için 143,75 m²/g ve 143,11 m²/g olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak, SD ve US'nin CWP'nin fizikokimyasal, teknolojik ve fonksiyonel özelliklerini iyileştirdiği ve dolayısıyla CWP'nin fonksiyonel özelliklerini korumak ve geliştirmek için umut verici bir alternatif olarak kullanılabilceği sonucuna varılmıştır (Al-Thaibani ve ark., 2024).

E vitamini molekülleri oksidasyona karşı oldukça hassastır. Enkapsülasyon, E vitamininin özelliklerinin korunması ve depolama sırasında stabilitesinin iyileştirilmesi ve besin değerinin korunması için uygulanabilir ve etkili bir tekniktir. Bu çalışmanın amacı, püskürtmeli kurutma tekniğinde yüksek enkapsülasyon verimliliği elde etmek için Ultra-Turrax ve ultrasonikasyonun kombinasyonu kullanarak konsantre E vitamini enkapsüle etmektir. Birinci aşamada, E vitamini yağı yalnızca Ultra-Turrax homojenizasyonu kullanılarak enkapsüle edilmiştir. Ardından kaplama malzemeleri olarak maltodekstrin ve peynir altı suyu protein izolatu kullanılmış, püskürtmeli kurutucu şartları optimize edilmiştir. Enkapsülasyon verimliliği ve stabilitesine giriş hava sıcaklığı (T) ve besleme akış hızının (Q) etkileri araştırılmıştır. İkinci aşamada, kapsülleme sürecini daha da iyileştirmeyi amaçlayarak ek bir homojenizasyon adımı ultrasonikasyonun kullanımı değerlendirilmiştir. Sonuçlar, en iyi kurutma koşullarının (birinci aşama) $T = 180\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve $Q = 0,6\text{ L/saat}$ olduğunu, en yüksek kapsülleme verimliliğinin (% 73,73) ile sağlandığını göstermiştir. Üretilen mikro kürelerin benzer şekillerde olduğu belirlenmiştir. Kürelerin ortalama çaplarının 0,64 - 12,99 μm arasında değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir. Araştırmanın ikinci aşamasında, Ultra-Turrax homojenizasyonundan hemen sonra ultrasonikasyonun uygulanması, yalnızca 7 dakikalık bir ultrasonikasyon süresi kullanılarak, kapsülleme verimliliğinin % 57,54 'ten % 94,05'e çıkarılmasını sağlamıştır. Bu, ultrasonik homojenizasyon adımının enkapsülasyon verimliliğini büyük ölçüde artırdığını ve gıda endüstrisi proseslerinde püskürtmeli kurutma

teknikleriyle E vitaminince zengin toz mikrokapsüller üretmek için kombine edilebileceğini bize göstermiştir (Siqueira ve ark., 2024).

5. SONUÇ

Enkapsülasyon ile üretilen ürünler yaygın bir şekilde piyasaya sunulmaktadır. Ancak laboratuvar çalışmaları da hiç durmaksızın devam etmektedir. Önümüzdeki yıllar içerisinde laboratuvar ölçeğinde yapılan çalışmaların ticari ürüne dönüşmesi ürünlerin fonksiyonelliği açısından sevindirici bir durum olacaktır. Enkapsülasyon teknolojisi sayesinde artık gıdaların yararışlılığı noktasında kontrollü salınımla daha sağlığa faydalı beslenme sistemlerinin geliştirilmesinin önü açıktır. Sonuç olarak enkapsülasyon prosesi gıda teknolojisi alanında gittikçe önemini arttıran bir konudur. Bu amaca hizmet edecek daha sofistike çalışmalar ve teknolojik projelerle yeni uygulama alanları meydana getirip teorik bilgiyi pratiğe aktarma imkanlarının artırılması faydalı olacaktır.

Enkapsüle üretim teknikleri arasında sprey kurutma, sprey soğutma, ekstrüzyonlama ile kaplama, akışkan yatak kaplama, lipozom içerisine hapsedme, koaservasyon, inklüzyon kompleksasyonu, santrifüjlü ekstrüzyon ayırma teknikleri gibi çok fazla alternatif yer almaktadır. Hedef gıda bileşiklerinin belirli bir hızda ve kontrollü salınımı noktasında bu şartları etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Oldukça hızlı gelişen ve değişen böylesi bir teknolojinin yeni ürünlerin üretilmesinde etkin rol oynayacağı aşikardır. Püskürtmeli kurutma ile koaservasyon metotları özellikle gelişmeye açık alanlardır. Çünkü her iki teknikte az maliyetli olan tekniklerdir.

Peynir altı suyu gibi değerli ve süt ürünleri üretim prosesinin hacimli bir yan ürününün farklı ürünler şeklinde ve diğer ürünlerin reçetelerinde yer alması önemlidir. Bu prosesleri işletmekle hem çevre kirliliğinin önüne geçilmiş olacak, yeşil mutabakata katkı sağlanacak, hem de işletmelere ciddi bir ekonomik girde sağlanacaktır.

Peynir altı suyunun farklı şekillerde değerlendirildiği püskürtmeli kurutma yöntemi çalışmaları vardır. Bu çalışmaların daha da detaylandırılması, alternatif ürünlerin geliştirilmesi için çalışmalara devam edilmesi gereklidir.

Çalışmalar püskürtmeli kurutma teknolojisinin gıdaların fonksiyonel özelliklerini korumak ve geliştirmek için umut verici bir yöntem olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

- Abrutyn, E. S., Scarfo, L., ve Chromecek, R. (1989). *Lattice-Entrapped Composition* (United States Patent US4855127A)
- Ahlatwat, A., Jadhav, H. B. ve Ananthanarayan, L. (2024). Formulation of synbiotic buttermilk powder with higher viability of probiotic cells. *Food Chemistry Advances*, 5, 100827.
- Al-Thaibani, A., Mostafa, H., Al Alawi, M., Sboui, A., Hamed, F., Mudgil, P., ve Maqsood, S. (2024). Camel milk whey powder formulated using thermal (spray-drying process) and non-thermal (ultrasonication) processing methods: Effect on physicochemical, technological, and functional properties. *Ultrasonics Sono chemistry*, 111, 107097
- Bangham, A. D., ve Horne, R. W. (1962). Action of saponin on biological cell membranes. *Nature*, 196(4858): 952-953
- Chain, W. (1875). *Improvement in Apparatus for Sugar-Coating Confectionery, Pills* (United States Patent US159899A)
- Ergün, Z. (2015). Biyolojik maddelerin kurutulularak saklanması: Liyofilizasyon. *Etlik Veteriner Mikrobiyoloji Dergisi*, 26(1): Article 1
- Gaonkar, A. G. (2014). *Microencapsulation in the Food Industry: A Practical Implementation Guide*. Elsevier Academic Press., Amsterdam
- Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voilley, A., ve Saurel, R. (2007). Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. *Food Research International*, 40(9): 1107-1121. Ghosh, S. K. (2006). *Functional Coatings by Polymer Microencapsulation*. Wiley-VCH
- Gibbs, F. B., Kermasha, S., Alli, I., ve Mulligan, C. (1999). Encapsulation in the food industry: A review. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 50(3): 213-224

- Giles, H., Bull, S. P., Lignou, S., Gallagher, J., Faka, M., Rodriguez-Garcia, J., ve Methven, L. (2025). Co-spray drying whey protein isolate with polysaccharides provides additional lubrication impacting the sensory profile of model beverages. *Food Hydrocolloids*, 160, 110778
- Glauert, A. M., Dingle, J. T., ve Lucy, J. A. (1962). Action of Saponin on Biological Cell Membranes. *Nature*, 196(4858): 953-955
- Green, B. K., ve Lowell, S. (1957). *Oil-Containing Microscopic Capsules and Method of Making Them* (United States Patent US2800457A)
- Guo, M. (2019). *Whey Protein Production, Chemistry, Functionality, and Applications*. Wiley, New York
- Hart, R., Emrick, D., ve Bayless, R. (1973). *Capsule Manufacture* (United States Patent US3755190A)
- Haynes, L. C., Levine, H., Otterburn, M. S., ve Mathewson, P. (1992). *Microwave browning composition* (United States Patent US5089278A)
- He, B.-L., Cui, R., Hu, T.-G., ve Wu, H. (2025). Improved viability of probiotics by co-encapsulation of wheat germ oil under storage and gastrointestinal conditions: Effects of drying methods and wall composition. *Food Hydrocolloids*, 158, 110592
- Horne, R. W., Bangham, A. D., ve Whittaker, V. P. (1963). Negatively Stained Lipoprotein Membranes. *Nature*, 200(4913): 1340-1340
- Koç, M., Sakin, M., ve Ertekin-Kaymak, F. (2010). Mikroenkapsülasyon ve gıda teknolojisinde kullanımı. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 16(1): 77-86
- Köksal, E., ve Göde, F. (2017). Kompleks Koaservasyon Yöntemi ile E Vitamini İçeren Mikrokapsül Üretimi. *Süleyman Demirel University Faculty of Arts and Science Journal of Science*, 12(1): Article 1
- Kurtuluş, O. (2007). *Akışkan Yatakta Kurutma Prosesinin İncelenmesi* [Yüksek Lisans Tezi] İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

- Ma, Y., Sun, Y., Huang, S., Sun, C., Wang, H., ve Tan, M. (2025). Novel capsaicin hollow salt constructed by nanoemulsion-spray drying strategy with enhanced antioxidant stability and stronger salty sensation. *Food Hydrocolloids*, 162, 110906
- Madene, A., Jacquot, M., Scher, J., ve Desobry, S. (2006). Flavour encapsulation and controlled release – a review. *International Journal of Food Science ve Technology*, 41(1): 1-21
- Matson, G. W. (1970). *Microcapsule-Containing Paper* (United States Patent US3516846A)
- Nascimento, A., Lúcio, A., Nery, A., Andrade, R., Sarinho, A. M., Lima, J., Batista, L., ve Lisboa, H. M. (2025). Engineering effects of hydrocolloids on drying kinetics, powder characteristics, and antioxidant preservation in grape powder. *Journal of Food Engineering*, 387, 112319
- Nireesha, G. R., Divya, L., Sowmya C., Venkateshan, N., Niranjan Babu, M. ve Lavakumar, V. (2013). Lyophilization/Freeze Drying—An Review. *International Journal of Novel Trends in Pharmaceutical Sciences*, 3(4): Article 4
- Percy, S. R. (1872). *Improvement in Drying and Concentrating Liquid Substances by Atomizing* (USA Patent Enstitue Patent US125406A)
- Pinilla, C. M. B., Galland, F., Pacheco, M. T. B., Bócoli, P. J., Borges, D. F., Alvim, I. D., Spadoti, L. M., ve Alves, A. T. S. (2024). Unraveling the real potential of liquid whey as media culture and microencapsulation material for lactic acid bacteria. *Innovative Food Science ve Emerging Technologies*, 103885
- Resende, I. F., Martins, P. M. M., de Souza Melo, D., Magnani, M., Dias, D. R., ve Schwan, R. F. (2025). Development and characterization of microencapsulated *Pichia kluyveri* CCMA 0615 with probiotic

- properties and its application in fermented beverages. *International Journal of Food Microbiology*, 427, 110967
- Scherer, R. P. (1934). *Method of and Machine for Making Capsules* (United States Patent US1970396A).
<https://patents.google.com/patent/US1970396A/en>
- Shon, J ve Zahur, U. H. (2007). Efficacy of sour whey as a shelf-life enhancer: use in antioxidative edible coatings of cut vegetables and fruit*. *Journal of Food Quality*, 30(5): 581-593
- Siqueira, L., Ballus, C. A., Tanabe, E. H., ve Bertuol, D. A. (2024). Combining Ultra-Turrax and ultrasonic homogenization to achieve higher vitamin E encapsulation efficiency in spray drying. *Particuology*, 95, 28-35
- Sonawane, S. H., Bhanvase, B. A., Sivakumar, M., ve Potdar, S. B. (2020). 1—Current overview of encapsulation. In: S. H. Sonawane, B. A. Bhanvase, ve M. Sivakumar (Ed.):*Encapsulation of Active Molecules and Their Delivery System* (ss. 1-8), Elsevier, Indiana
- Swisher, H. E. (1957). *Solid flavoring composition and method of preparing the same* (United States Patent US2809895A).<https://patents.google.com/patent/US2809895A/en>
- Szczap, J. P., ve Jacobs, I. C. (2023). Atomization and spray drying processes. In: *Microencapsulation in the Food Industry* (ss. 59-71). Elsevier, Londra
- Temple, S. J., ve van Boxtel, A. J. B. (2000). Control of fluid bed tea dryers: Controller design and tuning. *Computers and Electronics in Agriculture*, 26(2): 159-170
- Thies, C. (1996). A survey of microencapsulation processes. *Drugs and the pharmaceutical sciences*, 73, 1-19
- Wurster, D. E., ve Lindlof, J. A. (1965). *Apparatus for the Encapsulation of Discrete Particles* (United States Patent US3196827A)

- Yerlikaya, O., Kınık, Ö., ve Akbulut, N. (2010). Peynir altı suyunun fonksiyonel özellikleri ve peynir altı suyu kullanılarak üretilen yeni nesil süt ürünleri. *Gıda*, 35(4): Article 4
- Zhang, Y., Xie, Z., Zhang, S., Li, J., ve Luo, T. (2024). Preparation of low-fishy microencapsulated DHA-rich algal oil powder using infant rice powder. *Foods*, 13(23): 3827

BÖLÜM 10

SÜT ENDÜSTRİSİ ATIK SULARININ ARITILMASI

Arş. Gör. Dr. Şehriban OĞUZ¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14585456>

¹ Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Van, Türkiye. sehribanoguz@yyu.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001-6889-9487

1. GİRİŞ

Nüfus artışına bağlı olarak dünya genelindeki gıda ihtiyacı hızla artmaktadır. Bu durum, süt ve süt ürünleri gibi temel gıda maddelerine olan talebin de artmasına neden olmuştur. Artan talep, geleneksel üretim yöntemlerinin yerini giderek endüstriyel üretime bırakmasına neden olmuştur (Koyuncu ve Tunçtürk, 2014; Hameed ve ark., 2023). Süt endüstrisinin hızlı büyümesi hem ürün çeşitliliğinin hem de üretim miktarının artmasını sağlamış, ancak aynı zamanda süt işletmelerinde oluşan atık su miktarının artmasına ve buna bağlı olarak çevresel sorunların büyümesine yol açmıştır. Bu nedenle süt işletmelerinden kaynaklanan atık suların etkin bir şekilde yönetilmesi, kritik bir gereklilik haline gelmiştir (Özcan ve Harputlugil, 2021; Kaur, 2021; Akdeniz ve ark., 2023).

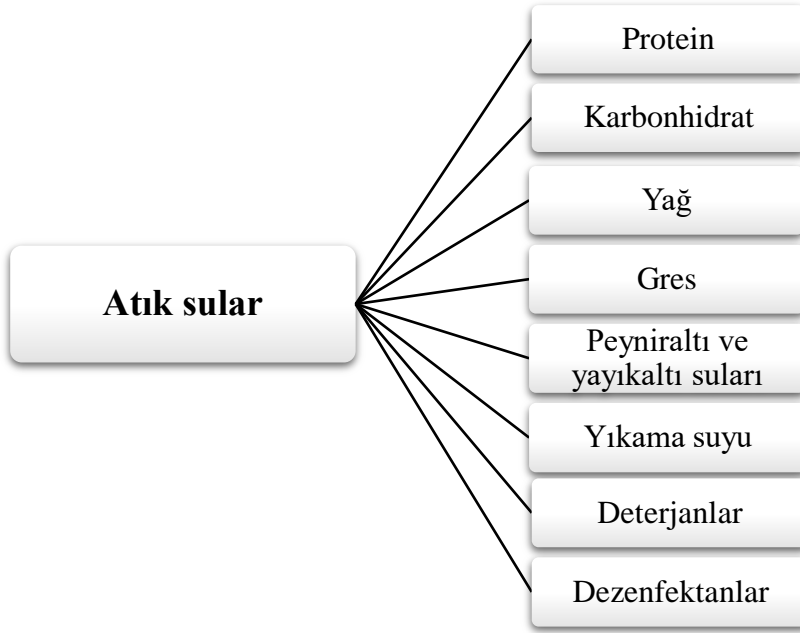
Büyük hacimlerde atık üreten endüstriler arasında gıda işleme, damıtma tesisleri, tekstil hamuru ve kâğıt üretimi gibi sektörler öne çıkmaktadır (Akansha ve ark., 2020). Oluşan atık su miktarları dikkate alındığında ise süt endüstrisi, diğer endüstriler arasında en üst sırada yer almaktadır (Zhao ve ark., 2020; Kaur, 2021). Süt, yoğurt, tereyağı, peynir, lor, dondurma ve süt tozu gibi çeşitli süt ürünlerinin üretimi sırasında yüksek miktarda su kullanılmaktadır (Kaur, 2021). Ayrıca, sütün peynire ve tereyağına işlenmesi sırasında ortaya çıkan peyniraltı suyu, yağsız süt ve yayıkaltı suyu gibi sütçülük yan ürünleri de mevcut atık su miktarını artırmaktadır (Özcan ve Harputlugil, 2021). Süt işletmelerindeki temizlik ve hijyen amacıyla kullanılan sistemler, süt ürünlerinin soğutulması, işleme ekipmanlarının temizlenmesi ve yıkanması gibi ek süreçler de atık su miktarının artmasına sebep

olmaktadır. Süt endüstrisinde işlenen her litre süt için 0.2-10 litre atık su açığa çıkmaktadır (Akansha ve ark., 2020). Ayrıca, süt atık sularının özellikleri, işletmede kullanılan üretim prosedürleri, işlenen ürün çeşitliliği ve mevsimsel faktörlere bağlı olarak önemli ölçüde değişiklik göstermektedir (Anlı ve Şanlı, 2019; Zhao ve ark., 2020).

Süt endüstrisinden çıkan atık suları, protein, karbonhidrat, yağ, gres, peyniraltı suyu, yayıkaltı suyu, yıkama suyu, deterjan ve dezenfektanlar gibi kirletici bileşenleri yüksek konsantrasyonlarda içermektedir (Şekil 1). Yüksek organik madde içeriği nedeniyle bu atık sular, genellikle yüksek biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ile karakterize edilmektedir (Anlı ve Şanlı, 2019; Zhao ve ark., 2020). Bu atık suların arıtılması hem çevresel hem de teknik açıdan ciddi bir zorluk oluşturmaktadır (Kushwaha ve ark., 2011; Módenes ve ark., 2024). Ekolojik hasarı önlemek ve suyun endüstriyel süreçlerde yeniden kullanılabilirliğini sağlamak amacıyla, atık sularının etkin bir şekilde bertaraf edilmesi için uygun arıtma yöntemlerinin kullanılması büyük önem taşımaktadır (Anlı ve Şanlı, 2019; Kaur, 2021).

Süt atık suyu arıtımı, inorganik ve organik parçacıklar, yüksek miktarda KOİ, BOİ ve besin maddeleri içermesi nedeniyle ciddi bir sorun teşkil etmektedir. Süt endüstrisi atık sularının yanlış yönetimi, büyük hacimdeki sıvı atık ve yüksek organik yük nedeniyle su kaynaklarının kullanılabilirliği ve kalitesini olumsuz etkilemektedir. Bu durum, ekosistem üzerinde büyük bir tehdit oluşturmakta ve biyolojik çeşitliliği olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle, endüstriyel atıklar arıtılmadan deşarj edildiğinde veya uygun olmayan yöntemler ile arıtıldığında, suyun, toprağın ve havanın kirlenmesine yol açarlar

(Yazıcı ve Dervişoğlu, 2003; Bilir-Ormancı, 2009; Martín-Rilo ve ark., 2015; Anlı ve Şanlı, 2019; Kaur, 2021).



Şekil 1. Süt endüstrisi atık sularında bulunabilecek maddeler

Son yıllarda, süt ürünleri atık sularının arıtımı için fizikokimyasal ve biyolojik yöntemler gibi farklı arıtma teknolojileri geliştirilmiştir (Zhao ve ark., 2020; Çelik ve İhtiyaroğlu, 2022). Ancak, reaktif maliyetlerinin yüksek olması ve fizikokimyasal arıtma işlemlerinde çözünür KOİ gideriminin zayıf olması nedeniyle, genellikle biyolojik yöntemler tercih edilmektedir. Biyolojik arıtma işlemleri arasında, göletlerde arıtma, aktif çamur tesisleri ve anaerobik arıtma, süt atık suyunun arıtımında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, aerobik arıtma tesislerinin yüksek enerji gereksinimleri, bu işlemlerin önemli bir dezavantajıdır. Süt atıklarının KOİ konsantrasyonları önemli

ölçüde değişiklik göstermekle birlikte, bu atıkların sıcak ve yoğun yapısı, onları anaerobik arıtma için ideal hale getirmektedir. Ayrıca, anaerobik arıtmanın havalandırma gerektirmemesi, düşük miktarda aşırı çamur üretmesi ve düşük alan talebi gibi avantajları, bu yöntemi aerobik süreçlere göre daha avantajlı kılmaktadır (Demirel ve ark., 2005; Ahmad ve ark., 2019; Kaur, 2021).

2. ATIK SU ARITIMINDA KULLANILAN YÖNTEMLER

2.1 Fizikokimyasal arıtma

Fizikokimyasal arıtma, atık suların fiziksel ve kimyasal yöntemlerle arıtılmasını ifade etmektedir. Bu yöntem ile atık suda askıda ve kolloidal yapıda bulunan süt yağı ve proteinlerinin azaltılması veya uzaklaştırılması hedeflenmektedir. İşlem; koagülasyon, flokülasyon ve çökteltme aşamalarından oluşmaktadır (Ahmad ve ark., 2019; Hatipoğlu, 2021).

Atık su karakterizasyonu, atık su arıtma sistemi tasarımında önemli bir rol oynar. Süt atık suyunun KOİ konsantrasyonu önemli ölçüde değişir. Örneğin, yoğurt üreten bir şirketin atık suyu ile peynir üreten bir şirketin atık suyu arasındaki kirlilik yükü farklıdır. Yoğurt ve ayran üretim tesisleri, düşük yağ-gres ve KOİ parametrelerine sahip olduğundan genellikle sadece fiziksel ve biyolojik arıtma yöntemleri kullanarak deşarj standartlarını sağlarlar. Ancak peynir üretim tesislerinde, yağ-gres ve KOİ parametreleri nedeniyle, genellikle küçük ölçekli tesislerde fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma üniteleri tercih edilmektedir (Yonar ve ark., 2018).

Koagülasyon ve flokülasyon uygulamaları, askıda ve kolloidal yapılarıdaki bileşenlerin pıhtı veya tortu oluşturmasını sağlayarak atık suyun bulanıklığını azaltır. Bu işlem, suyun bulanıklığından sorumlu askıda kalan ve kolloidal parçacıkları gidererek, aynı zamanda KOİ ve BOİ ile ilişkili organik maddelerin miktarını da azaltır (Sarkar ve ark., 2006; Kolev Slavov, 2017).

Koagülasyon, flokülasyon ve çöktürme işlemleri genellikle $Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$, $FeSO_4$ ve kireç gibi kimyasal maddeler ile gerçekleştirilir. Bu işlem, reaktif oksidasyonu veya pH düzeltilmesi sağlanmaktadır. Peynir atık suyunun $FeSO_4$ ve H_2O_2 ile reaksiyonu sırasında, yağın %80'e kadar (başlangıç konsantrasyonu 1.93 g/L) giderilmesi mümkündür. Süt ürünleri atık suyunun pH değeri 6.5'in altına veya 10.0'ın üzerine çıktığında, boruların korozyonunu artırabilir ve biyolojik süreçlerdeki mikrobiyolojik topluluklar için oldukça zararlı olabilir. Bu nedenle, yan etkilerin azaltılması için pH'nın kontrol edilerek düzeltilmesi gerekmektedir. Arıtma tesislerinde çözünmüş hava yüzdürme ünitesi kullanılıyorsa, optimum pıhtılaşma koşullarını elde etmek için pH kontrolü önemli bir işlemdir. Ancak, pıhtılaştırıcılar, biyolojik arıtmadan önce pH'nın nötr değere getirilmesini (nötralizasyon) gerektiren asidik pH koşullarında en verimli şekilde çalışmaktadır. Kimyasal arıtma kesikli bir şekilde dizayn edilmişse, bu işlemler tek bir alanda yapılırken, sürekli sistemlerde ise işlemler ayrı havuzlarda yürütülür. Süt endüstrisi atık sularında doğal pıhtılaşma, belirli laktik asit bakterilerinin (LAB) kullanılmasıyla sağlanabilir. Bu LAB, laktozu fermente ederek onu laktik aside dönüştürür, bu da atık su içindeki süt proteininin denatüre olmasına ve KOİ'nin azalmasına neden

olur. Mikrofiltrasyon, ultrafiltrasyon gibi membran teknolojileri, çözünmeyen maddelerin ve mikroorganizmaların giderilmesinde etkili olabilir (Karataş, 2013; Kolev Slavov, 2017; Flayyih ve Ali, 2022).

2.2 Biyolojik arıtma

Süt ürünleri atıklarının arıtılmasında en güvenilir yöntemlerden biri biyolojik arıtmadır. Fizikokimyasal arıtma ile atık sudan ayrılmamış olan koloidal maddelerin (organik maddeler), bertaraf edilmesi amacıyla kullanılmaktadır (Carvalho ve ark., 2013; Joshiba ve ark., 2019).

Biyolojik arıtma, oksijen ihtiyacına bağlı olarak aerobik ve anaerobik işlemler olmak üzere 2 gruba ayrılmaktadır. Aerobik arıtma, daha yüksek düzeyde çözünebilen ve biyolojik olarak ayrıştırılabilen organik materyalin uzaklaştırılmasını sağlamakta olup daha çok mandıra tipi üreticiler için uygundur. Bu işlemde, organik atıklar aerobik mikroorganizmalar tarafından oksijenin varlığında, hücresel bileşenlere, suya ve CO₂'ye dönüştürülür. Organik maddelerin parçalanmasında yüksek verimlilik sağladığı için daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sayede, atık suyun içindeki organik yük etkili bir şekilde azaltılmaktadır. Aerobik arıtma sistemlerinde, elde edilen biyokütlenin daha hızlı toplanması ve arıtılmış suda koloidal katı konsantrasyonunun daha düşük seviyede olması sağlanır. Bu özellik, arıtma sürecinin etkinliğini artırmaktadır. Ayrıca, bu arıtma yönteminden elde edilen atık suyun kalitesi, anaerobik sistemlere kıyasla genellikle daha yüksektir (Deshmukh, 2017; Ahmad ve ark., 2019).

Anaerobik arıtma işlemleri, kirlilik kontrolünde sıklıkla tercih edilen yöntemler arasındadır. Bu yöntemde, kompleks organik atıklar anaerobik bir ortamda, hidroliz, asitogenez ve metanogenez aşamalarıyla biyolojik olarak ayrıştırılarak CH_4 , CO_2 ve H_2O 'ya dönüştürülmektedir. Bu süreç, organik kirliliğin etkili bir şekilde azaltılmasını sağlamanın yanı sıra, aynı zamanda metan gazı gibi enerji üretiminde kullanılabilir yan ürünler de sunmaktadır. Anaerobik yöntemlerin havalandırma gereksinimi olmadığı için daha az enerji tüketimi sağlarlar. Ayrıca, kurulum alanı maliyeti aerobik arıtma tesislerine göre daha düşüktür. Anaerobik arıtmanın diğer avantajları arasında daha az miktarda aktif çamurun oluşması ve süt endüstrisi atıklarından biyogaz üretimine uygun olması yer almaktadır (Britz ve ark., 2006; Anlı ve Şanlı, 2019; Çelik ve İhtiyaroğlu, 2022).

Süt endüstrisi atık suyu için anaerobik çamur battaniye reaktörleri, anaerobik biyofilm reaktörleri, damlatmalı filtreler, sıralı kesikli reaktörler, havalandırılmalı lagünler, aktif çamur prosesi, anaerobik filtreler gibi birçok biyolojik arıtma prosesi mevcuttur (Anlı ve Şanlı, 2019; Akansha ve ark., 2020).

2.3 Elektrokimyasal arıtma

Elektrokimyasal arıtma süreci genel olarak koagülasyon, adsorpsiyon, absorpsiyon, çöktürme ve flotasyon süreçlerinden oluşmaktadır. Çevreye uyumlu olması nedeniyle son yıllarda dikkat çeken bir arıtma yöntemi olmuştur. Elektrokimyasal yöntem, katı, sıvı ve gazların bulunduğu ortamlara pratik bir şekilde uygulanabilmekte olup, endüstriyel süreçlerdeki atık problemlerinin çözümüne yenilikçi bir yaklaşım sunmaktadır. Bu yöntemde kullanılan elektrot tipi

(elektrokoagülasyon, elektrokoksiasyon), uygulanılan akım, elektriksel gerilim oldukça önemlidir. Bu yöntemin ana reaktif elektron olduğundan, işlem sırasında hem yeni ürünlerin geliştirilmesi hem de mevcut atıkların daha az zararlı hale getirilmesi mümkündür. Bu özellikler, elektrokimyasal yöntemin en önemli avantajları arasında yer almaktadır. Elektrokimyasal arıtma, yatırım ve elektrik maliyetleri açısından fizikokimyasal ve biyolojik arıtma yöntemlerine göre daha maliyetlidir (Karakas, 2013; Ghanbari ve Moradi, 2015; Akansha ve ark., 2020).

2.4 Membran arıtma

Membran arıtma, membran filtrasyonuna dayalı biyolojik bir yöntem olup, süt ürünleri atıklarının arıtılmasında etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Bu yöntem, atık sudaki katı partiküllerin ve yağların giderilmesiyle suyun arıtılmasını ve yeniden kullanımını sağlayarak, süt endüstrisi için en umut verici teknolojilerden biri olarak öne çıkmaktadır (Zakar ve ark., 2017; Reig ve ark., 2021).

Membran teknolojileri, düşük yüklü süt ürünleri atıklarının sıralı kesikli reaktörde arıtılmasında başarıyla uygulanmaktadır. Membran biyoreaktördeki arıtma işlemi, yerçekiminden ziyade filtrasyona dayalı olduğundan, geleneksel biyolojik arıtma ile karşılaştırıldığında BOİ, KOİ ve kolloidal durumdaki maddelerin uzaklaştırılmasında daha yüksek verimlilik sunmaktadır. Bu yöntemle, yüksek BOİ giderimi (%97'nin üzerinde) ve toplam askıda katı madde içermeyen atık su elde edilir. Ayrıca, düşük giriş yüklemesi nedeniyle toplam nitrojen giderimi yalnızca asimilasyon yoluyla %96'ya kadar ulaşmaktadır (Kolev Slavov, 2017; Hatipoğlu, 2021).

Süt atıklarının membran filtrasyonu ile arıtılmasına odaklanan araştırmalar mikrofiltrasyon (MF), ultrafiltrasyon (UF), nanofiltrasyon (NF), ters ozmoz (RO) veya ultrafiltrasyon ve nanofiltrasyonun birlikte kullanıldığı (UF+NF) sistemlerin yeniden kullanılabilir su üretmek için uygun yöntemler olduğunu göstermiştir. Membran arıtımı ile elde edilen arıtılmış su, süt fabrikalarında ısıtma veya soğutma suyu, kazan tamamlama suyu veya temizlik amaçlı kullanılabilen ve bu sayede süt işletmelerinin toplam su tüketimi önemli ölçüde azaltılabilmektedir. Bu yöntemin dezavantajı, kurulum ve bakım maliyetinin yüksek olmasıdır (Bortoluzzi ve ark., 2017; Zakar ve ark., 2017; Reig ve ark., 2021).

3. SONUÇ

Süt endüstrisindeki hızlı büyüme ve artan ürün talebi, büyük miktarlarda atık su üretimine yol açmakta ve bu durum çevresel sorunları beraberinde getirmektedir. Süt işletmelerinden kaynaklanan atık suların yüksek biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve organik madde içeriği, su kaynaklarının kalitesini olumsuz etkilemekte ve ekosistemler üzerinde büyük tehditler oluşturabilmektedir. Bu nedenle, süt endüstrisinde atık su yönetimi, çevre kirliliğinin önlenmesi ve su kaynaklarının korunması açısından kritik bir önem taşımaktadır.

Fizikokimyasal, biyolojik ve elektrokimyasal arıtma yöntemleri, süt endüstrisi atık sularının etkin bir şekilde arıtılmasında kullanılan başlıca yöntemlerdir. Bu yöntemlerin her birinin avantajları ve

sınırlamaları bulunmakla birlikte, biyolojik arıtma süreçlerinin özellikle süt endüstrisi atık suları için daha ekonomik ve çevre dostu çözümler sunduğu gözlemlenmektedir. Özellikle anaerobik arıtma, düşük enerji tüketimi ve biyogaz üretimi gibi avantajlar sunarak, süt atıklarının yönetilmesinde önemli bir alternatif oluşturmaktadır.

Gelecekte, süt endüstrisinin su kirliliği üzerindeki etkilerini azaltmak ve sürdürülebilir üretim sağlamak amacıyla, mevcut arıtma teknolojilerinin daha da geliştirilmesi ve yenilikçi çözümlerin uygulanması büyük önem taşımaktadır. Aynı zamanda, bu teknolojilerin maliyet etkinliğini artırmak ve su geri dönüşümünü teşvik etmek için araştırmaların devam etmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Ahmad, T., Aadil, R. M., Ahmed, H., ur Rahman, U., Soares, B. C., Souza, S. L., Cruz, A. G. (2019). Treatment and utilization of dairy industrial waste: A review. *Trends in Food Science & Technology* 88: 361-372
- Akansha, J., Nidheesh, P. V., Gopinath, A., Anupama, K. V., Kumar, M. S. (2020). Treatment of dairy industry wastewater by combined aerated electrocoagulation and phytoremediation process. *Chemosphere* 253: 126652
- Akdeniz, V., Dinkçi, N., Akalın, A. S. (2023). Peynir Altı Suyunun Değerlendirilmesi: Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeler için Yeni Eğilimler. III. Ulusal Sütçülük Kongresi (USKO). 5-6 Ekim, P. 16-17. Ankara, Türkiye
- Flayyih, A. I., Ali, S. K. (2022). Evaluation of the physical and chemical treatment of wastewater for the dairy industry. *Journal of Engineering* 28 (10): 1-12
- Anlı, E. A., Şanlı, T. (2019). Süt Endüstrisi Atık Sularının Arıtılmasında Aktif Çamur Prosesinin Kullanımı. *Akademik Gıda* 17 (2): 252-259
- Bilir Ormancı, F. S. (2009). Detection of the important pollution parameters in dairy plants wastewater. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 56 (2): 137-139
- Bortoluzzi, A. C., Faitão, J. A., Di Luccio, M., Dallago, R. M., Steffens, J., Zabet, G. L., Tres, M. V. (2017). Dairy wastewater treatment using integrated membrane systems. *Journal of environmental chemical engineering* 5 (5): 4819-4827
- Britz, T. J., van Schalkwyk, C., Hung, Y. T. (2006). Treatment of dairy processing wastewaters. *Waste Treatment in the Food Processing Industry* 1-28

- Carvalho, F., Prazeres, A. R., Rivas, J. (2013). Cheese whey wastewater: Characterization and treatment. *Science of the Total Environment* 445-446: 385-396
- Çelik, E., İhtiyaroğlu, A. (2022). Süt Endüstrisi Atıksularının Anaerobik Prosesler ile Arıtımı. *Sürdürülebilir Çevre Dergisi* 2 (1): 1-8
- Demirel, B., Yenigun, O., Onay, T. T. (2005). Anaerobic treatment of dairy wastewaters: A review. *Process Biochemistry* 40 (8): 2583-2595
- Deshmukh, D. S. (2017). Wastewater generation and its treatment in dairy industries. *International Journal of Application of Engineering and Technology* 2 (3): 25-35
- Ghanbari, F., Moradi, M. (2015). A comparative study of electrocoagulation, electrochemical Fenton, electro-Fenton and peroxi-coagulation for decolorization of real textile wastewater: Electrical energy consumption and biodegradability improvement. *Journal of Environmental Chemical Engineering* 3 (1): 499-506
- Hameed, A., Anwar, M. J., Perveen, S., Amir, M., Naeem, I., Imran, M., Hussain, M., Ahmad, I., Afzal, M. I., Inayat, S., Awuchi, C. G. (2023). Functional, industrial and therapeutic applications of dairy waste materials. *International Journal of Food Properties* 26 (1): 1470-1496
- Hatipoğlu, A. (2021). Süt Endüstrisi Atıkları. Atıklar Kavramı Sınıflandırılması, İksad Publishing House, Ankara
- Joshi, G. J., Kumar, P. S., Femina, C. C., Jayashree, E., Racchana, R., Sivanesan, S. (2019). Critical review on biological treatment strategies of dairy wastewater. *Desalination and Water Treatment* 160: 94-109
- Karakaş, A. (2013). Model süt endüstrisi atıksuyunun elektrokimyasal yöntemlerle arıtılması (Doktora Tezi). Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir
- Kaur, N. (2021). Different treatment techniques of dairy wastewater. *Groundwater for Sustainable Development* 14: 100640

- Kolev Slavov, A. (2017). General characteristics and treatment possibilities of dairy wastewater—a review. *Food Technology and Biotechnology* 55 (1): 14-28
- Koyuncu, M., Tunçtürk, Y. (2014). Sütçülük Atık Sularının Arıtılma Gereksinimi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 19 (1-2): 88-93
- Kushwaha, J. P., Srivastava, V. C., Mall, I. D. (2011). An overview of various technologies for the treatment of dairy wastewater. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 51 (5): 442-452
- Martín-Rilo, S., Coimbra, R. N., Martín-Villacorta, J., Otero, M. (2015). Treatment of dairy industry wastewater by oxygen injection: performance and outlay parameters from the full scale implementation. *Journal of Cleaner Production* 86: 15-23
- Módenes, A. N., Fernandes, D. G., Trigueros, D. E. G., Amador, M. G., Espinoza-Quiñones, F. R., de Souza Braniz, T., Schuelter, A. R., da Silva, G. J., Bonett, L. P. (2024). Progressive pollution abatement in raw dairy wastewater induced by the algae *Poterioochromonas malhamensis* with a high-value biomass yield. *Biochemical Engineering Journal* 201: 109138
- Özcan, T., Harputlugil, B. T. (2021). Süt endüstrisi atıklarının çevresel etkileri ve biyoteknolojik olarak değerlendirilmesi. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 35 (2): 415-43
- Reig, M., Vecino, X., Cortina, J. L. (2021). Use of membrane technologies in dairy industry: An overview. *Foods* 10 (11): 2768
- Sarkar, B., Chakrabarti, P. P., Vijaykumar, A., Kale, V. (2006). Wastewater treatment in dairy industries-possibility of reuse. *Desalination* 195 (1-3): 141-152
- Yazıcı, F., Dervişoğlu, M. (2003). Süt Endüstrisinde Atık ve Atıksu Yönetimi. *Gıda* 28 (5): 497-504

- Yonar, T., Sivrioğlu, Ö., Özenin, N. (2018). Physico-chemical treatment of dairy industry wastewaters: A review. Intech Open, the United Kingdom
- Zakar, M., Lakatos, E., Keszthelyi-Szabó, G., László, Z. (2017). Purification of dairy wastewaters by advanced oxidation processes and membrane filtration. *Analecta Technica Szegedinensia* 11 (1): 32-38
- Zhao, K., Wu, Y. W., Young, S., Chen, X. J. (2020). Biological treatment of dairy wastewater: A mini review. *Journal of Environmental Informatics Letters* 4 (1): 22-31

BÖLÜM 11

BİTKİSEL BAZLI SÜTLERİN BAZI KALİTE ÖZELLİKLERİ VE SAĞLIK İLİŞKİSİ

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ÇAVUŞ¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14585470>

¹ Kayseri Üniversitesi, Safiye Çıkrıkçıoğlu Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Gıda Teknolojisi Programı, Kayseri, Türkiye. mustafacavus@kayseri.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-9535-7277

1. GİRİŞ

Beslenmenin önemli bir parçası olan süt; protein, mineral, vitamin, yağ ve laktoz gibi birçok temel besin maddesini içeren ve memelilerin ekzokrin bezinden salgılanan kendine has tat ve kokusu olan beyaz sıvı olarak tanımlanmıştır (Haas ve ark., 2019). Sığır sütü, koyun sütü, keçi sütü ve manda sütü gibi hayvansal sütler dünya çapında en çok tüketilen süt çeşitleri arasında yerini almaktadır.

Dünya genelinde nüfus artışı bir yandan gıda talebinde artışa neden olurken, diğer yandan doğal gıda kaynakları; insan faaliyetleri, sera gazı emisyonları, iklim değişikliği ve biyoçeşitlilik gibi nedenlerden dolayı azalmaktadır. Aynı zamanda artan nüfusa besleyici ve yeterli gıda sağlamak ve ekosistemin dengesini korumak 21. yüzyılın en büyük sorunlarında biri olmuştur (Saari ve ark., 2021).

Bununla birlikte, 2012 yılından bu yana, laktoz intoleransı (%57-65), süt proteini alerjisi (%5), doymuş yağ ve şeker seviyelerinin yüksekliği, hormonal içerikler, antibiyotik kullanımı gibi sağlık endişelerinden dolayı inek sütü tüketimi azalmaktadır (Chalupa-Krebdak ve ark., 2018; Villa ve ark., 2018). Ayrıca, vejetaryen ve vegan diyetler de dahil olmak üzere yeni yaşam tarzlarının benimsenmesi, sağlıklı yaşam hedeflerine ulaşmak, çevresel sorunlar ve etik düşünceler de bitki bazlı süt alternatiflerine olan talebi artırmıştır (Reyes-Jurado ve ark., 2023; Anonim, 2024).

Bitki bazlı sütlerin popülaritesi, vejetaryenlik ve veganlık gibi yaşam tarzlarının ortaya çıkmasıyla yıllar içinde giderek artmaktadır

(Rosenfeld, 2018). Aynı zamanda hayvansal kaynaklı süt üretiminde fazla miktarda suyun kullanılması ve gaz emisyonu salınımı, bitki bazlı süt üretimine olan ilgiyi oldukça hızlandırmıştır (Romulo, 2022).

Bitki bazlı süt analogları süt endüstrisinin toplam üretiminin %15'ini oluşturmaktadır. Küresel boyutta bitki bazlı süt alternatiflerinin 2024 yılı sonunda 38 milyar doların üzerinde bir gelire ulaşması beklenmektedir. Bu sütler arasında ise soya sütü 7,30 milyar dolarlık küresel pazar büyüklüğü ile en çok tercih edilen bitkisel süt çeşidi olarak hala yerini korumaktadır (Paul ve ark., 2020).

Sonuç olarak bitki bazlı sütler tüketicilerin hayvansal kaynaklı süt ürünlerine benzer yapı, lezzet ve besin değerine sahip bitkisel gıdalara yönelik artan talebine bir yanıt olarak geliştirilmektedir (Catanzaro ve ark., 2021; Dubrovsky ve ark., 2023).

2. ÜRETİM PROSESİ VE BESİN DEĞERİ

Bitki bazlı süt analogları bitkilerin ekstraksiyonundan elde edilen ve hayvan sütüne benzeyen sulu bir sıvı olarak tanımlanmıştır. Su, özütleyici olarak kullanılır ve ardından sıvı kısım katı parçacıklardan ayrılır (Jeske ve ark., 2017).

Bitki bazlı sütler genel olarak içecekler, meşrubatlar, süt ürünleri alternatifleri olarak adlandırılırlar ve hammaddelere göre sınıflandırılır.

Literatürde standart bir bitki bazlı süt sınıflandırması bulunmamakla birlikte, yaygın olarak kabul gören bitki bazlı süt sınıflandırması Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Bitki bazlı süt alternatiflerinin kökenine göre sınıflandırılması (Cornucopia Institute, 2019)

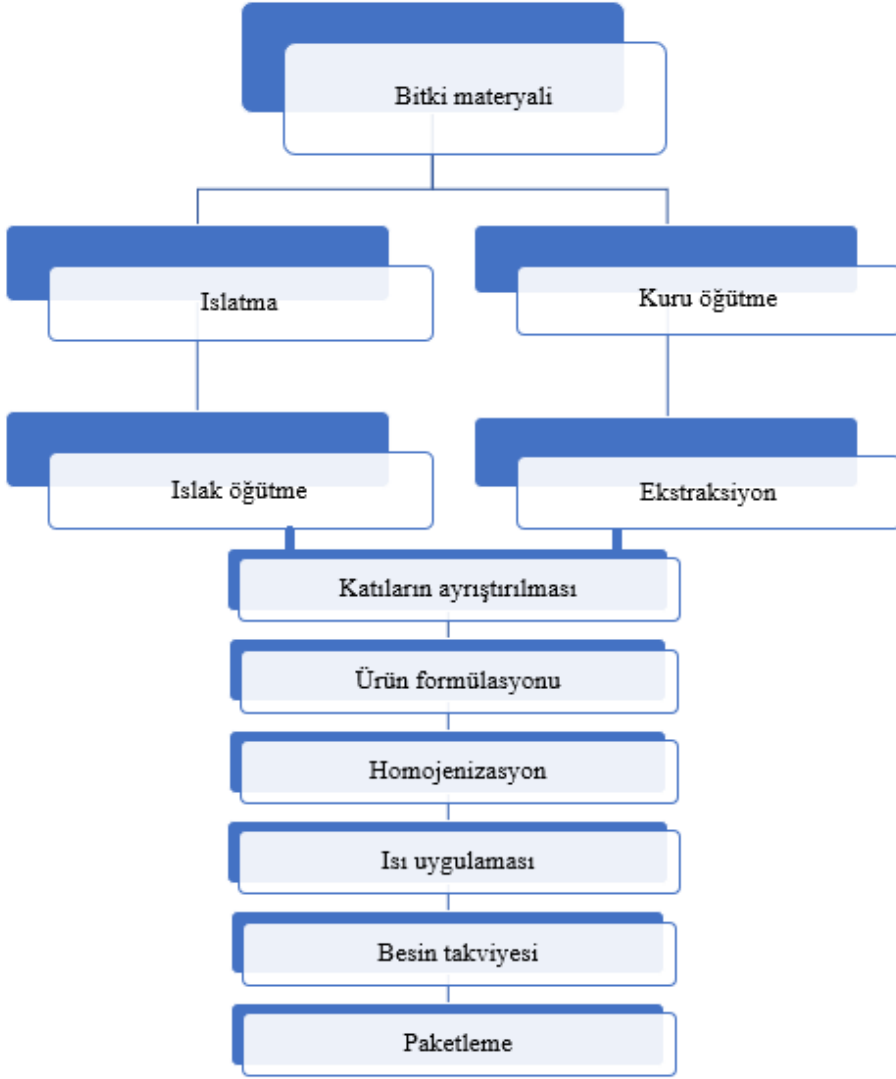
Orijin	Bitki bazlı süt alternatifleri
Tahıl bazlı	Yulaf, Pirinç, Mısır, Kavuzlu buğday, Sorgum, Çavdar
Baklagil bazlı	Soya fasulyesi, Yer fıstığı, Barbunya fasulyesi, Acı bakla, Bezelye, Börülce
Kabuklu yemiş bazlı	Badem, Kaju, Hindistan cevizi, Fındık, Antep fıstığı, Ceviz
Tohum bazlı	Susam, Keten, Kenevir, Ayçiçeği süt alternatifi
Yalancı-tahıl bazlı	Kinoa, Teff, Amarant
Diğer	Patates, moringa, acı karpuz tohumu, kavun tohumu süt alternatifi

Bitki bazlı sütler farklı kaynaklardan üretilebilir. Besin içeriği açısından bitki bazlı sütler bazı sınırlamalara sahiptir ve bu nedenle bitki bazlı süt üretiminde bazı problemler ile karşılaşılabilir. Bu sorunu çözmek için işleme yöntemleri önem kazanmaktadır. İnek sütüne yakın besin içeriğine sahip bir ürün elde etmek için bitki bazlı sütün zenginleştirilmesi gerekmektedir. Bu düşünce, bitki bazlı süt geliştirme perspektifini temsil etmekle beraber, tüketici tarafından kabul edilebilirliği yüksek bir ürünün geliştirilmesi ve optimize edilmesi gerekmektedir (Romulo, 2022).

Bitki bazlı sütlerin üretiminde en önemli bileşenler bitki kaynakları, su, emülgatörler ve katkı maddeleridir. Her bir bileşen, istenen işlevsel özelliklere sahip nihai bir ürün oluşturmak için dikkatle seçilmelidir (McClements ve ark., 2019). Ayrıca, bitki bazlı süt

alternatiflerinin ana bileşeni farklı mineral içeriğine ve pH değerlerine sahip su olduğu için suyun kalite özellikleri oldukça önemlidir. (Baba ve ark., 2024). Bitki bazlı sütlerin üretiminde kullanılacak su kaynağının ısıtma işlemi, filtreleme veya ters ozmoz yoluyla arıtılması önemlidir. Ayrıca en yaygın bitki bazlı süt alternatiflerinin besin içeriklerinin biyoyararlanımının hammaddenin çeşidine göre çoğu zaman değiştiği bilinmektedir (Bridges, 2018).

Bitki bazlı süt alternatiflerinin üretim prosesi, kullanılan hammaddelere ve istenen hedef ürüne göre değişkenlik göstermekle beraber sıklıkla uygulanan üretim akış şeması şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Bitki bazlı süt alternatiflerinin üretim prosesi (Mâkinen ve ark., 2016)

Genel olarak, bitki bazlı sütler inek sütünden daha düşük kalori değerine sahiptir. Bitki baz süt alternatiflerinin kalori değeri içerdiği karbonhidrat, protein ve yağ miktarına, bileşenlerin formülasyonu ve kullanılan işleme tekniği gibi çok sayıda faktöre bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Kalori içeriğine katkıda bulunabilecek bir diğer faktör de şeker ilavesidir. Şeker miktarı, bitki bazlı sütlerin seçiminde önemli bir konu olarak kabul edilmektedir (Vanga ve Rangvahan, 2018).

Bitki bazlı süt alternatifleri arasındaki besinsel özellikler, kullanılan hammaddelere bağlı olarak önemli ölçüde değişmektedir. Tablo 2’de bitki bazlı süt ve inek sütünün besin içeriğinin karşılaştırmasını göstermektedir.

Tablo 2. Bitki bazlı sütlerin ve inek sütünün besin bileşimi (USDA, 2020; Chalupa-Krebdak ve ark., 2018)

	Su	Protein	Karbonhidrat	Toplam	Kül	Enerji
İnek sütü	88.13	3.15	4.78	3.27	0.67	61
Soya sütü	-	2.92	1.67	1.67	-	58
Pirinç sütü	89.28	0.28	9.17	0.97	0.30	47
Hindistan cevizi sütü	-	0.59	9.41	4.12	-	76
Badem sütü	97.05	0.59	0.58	1.10	0.68	18
Kaju sütü	-	0.42	3.75	1.04	-	25
Kenevir sütü	-	0.83	2.5	1.25	-	19
Yulaf sütü	90.6	0.8	5.1	2.75	0.79	48

İnek sütü, önemli bir vitamin ve mineral kaynağı olarak kabul edilirken D, E, K vitamini açısından bitkisel sütlere göre daha fakirdir. Bitki bazlı sütler ise içerdiği hammadde kaynaklı farklı vitamin ve mineral içeriğine sahiptir. Bitki bazlı sütler üretilirken bazı vitamin ve mineral takviyesi yapılmaktadır. Özellikle D ve B12 vitamini ile Kalsiyum

minerali bitki bazla sütlerin üretiminde oldukça fazla eklenmektedir. Tablo 3’de bitki bazlı süt ve inek sütünün vitamin ve mineral içeriğinin karşılaştırmasını göstermektedir.

Tablo 3. Bitki bazlı süt ve inek sütünün 100 mL başına vitamin ve mineral bileşimi (Chalupa-Krebdzak ve ark., 2018; McClements ve ark., 2019; USDA, 2020)

	Birim	İnek sütü	Soya sütü	Pirinç sütü	Hindistan cevizi sütü	Badem sütü	Kaju sütü	Kenevir sütü	Yulaf sütü
Vitamin A	µg	33.00	32.57	67.5	60.00	77.14	63.00	-	85
Vitamin B1	mg	0.04	0.08	-	-	-	0.03	-	0.04
Vitamin B2	mg	0.16	0.24	0.30	-	0.19	0.14	0.18	0.281
Vitamin B3	mg	0.08	0.28	-	-	-	0.39	-	0.096
Vitamin B6	mg	0.04	0.10	-	-	-	0.04	-	0.006
Vitamin B9	µg	5.00	33.60	-	19.20	19.20	2.00	-	-
Vitamin B12	µg	0.36	0.68	1.00	0.75	1.00	0.63	-	0.51
Vitamin C	mg	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	-
Vitamin D	µg	-	1.86	2.09	2.92	2.32	1.00	-	1.7
Vitamin E	mg	-	4.00	3.00	-	3.84	0.13	13	-
Vitamin K	µg	-	-	-	-	-	1.00	-	0.4
Kalsiyum	mg	119.00	205.86	245.50	244.75	325.29	118.00	125.00	148
Demir	mg	0.05	0.84	0.13	0.10	0.18	0.20	1.08	0.26
Magnezyum	mg	13.00	49.00	35.00	35.00	21.00	11.00	17.08	5.9
Fosfor	mg	93.00	108.00	63.00	-	48.00	56.00	-	89
Potasyum	mg	151.00	364.29	50.00	46.67	65.00	27.00	-	148
Sodyum	mg	49.00	65.00	72.00	63.75	146.42	39.00	45.83	42
Çinko	mg	0.38	0.75	0.75	0.66	0.56	0.13	-	0.09

3. SAĞLIK İLİŞKİSİ

Gıdalarda az miktarda bulunan biyoaktif bileşikler insan sağlığı için faydalı olan ekstra besin öğeleri olarak bilinirler. Bazı bitkisel gıdalar içerdikleri biyoaktif bileşikler sayesinde kanser ve koroner kalp hastalıkları riskini azaltma ve beyin gelişimini teşvik etme gibi özelliklere sahiptirler (Gani ve ark., 2012). Ayrıca, hammaddedeki çeşitli biyoaktif bileşiklerin (izoflavonlar ve fenolik bileşikler) biyoyararlanımı doğal veya indüklenmiş fermantasyon ile geliştirilebilir (Paul ve ark., 2020). Dolayısıyla, bu biyoaktif bileşikler bitki bazlı süt alternatiflerinde de mevcuttur (Reyes-Jurado ve ark., 2023).

Günlük diyetlerde bitki bazlı süt alternatiflerinin tüketilmesinin diyabet, hiperkolesterolemi, hipertansiyon, kanser ve gastrointestinal hastalıklar gibi sağlık tehditlerinin azaltılmasına yardımcı olacağı açıktır. Liu ve ark. (2013)'a göre, ham bitki materyallerinde bulunan biyoaktif bileşiklerin sinerjik etkileşimini artırmak için meyve ve sebzelerin tüm formlarda (taze, pişmiş, işlenmiş, dondurulmuş ve konserve) tüketilmesi önerilmektedir. Yine yapılan son çalışmalar, bazı bitki bazlı sütlerin kardiyovasküler ve gastrointestinal hastalık riskini azalttığı ve potansiyel antimikrobiyal etkilerine ek olarak bağışıklık sistemini iyileştirme veya yönetmedeki hayati rolünü ortaya koymaktadır. Bununla beraber bu bitki bazlı sütler fizyolojik fonksiyonları iyileştirmekte, zayıf kemik gelişimi riskini azaltmakta ve serbest radikal süpürücü özelliklere sahip, yüksek düzeyde antioksidanlar üretmektedir (Paul ve ark., 2020; Reyes-Jurado ve ark., 2023).

Bitki bazlı soya sütünde bulunan izoflavonların, Alzheimer hastalarında hafıza işlev bozukluğunu azalttığı, özellikle menopoz sonrası dönemde kemik mineral yoğunluğunu artırdığı, kan basıncını ve insülini düşürdüğü gözlemlenmiştir (Akhlaghi ve ark., 2020; Ko ve ark., 2018; Sathyapalan ve ark., 2018). Bununla beraber inek sütü sağlık açısından oldukça faydalı doğal bir antioksidan olan E vitamini bakımından fakirken, badem sütü 100 g'da 6,33 mg, içeriği ile RDI'nın %42'sini karşılamaktadır (Chalupa-Krebdzak ve ark., 2018; Daryani ve ark., 2024).

Gıda alerjenleri, hafif semptomlara yol açan immünolojik tepkilerden, şiddetli semptomlara neden olan ve ölümcül bir şokla sonuçlanabilecek anafilaksiyede sebep olabilir. İmmünoglobulin E hızlı bir alerjik tepkiye sebep olur. Bu bileşikte Fındık ve soya bitki bazlı sütler için ilgi çekici alerjenlerdir (Daryani ve ark., 2024).

Probiyotikler, patojenleri inhibe etme, bağırsak mikrobiyotasını ayarlayama (Alizadeh Behbahani ve ark., 2019) bağışıklık sistemini destekleme, kolesterol seviyelerini azaltma (Zhao ve ark., 2023), obeziteyi önlenme (Li ve ark., 2020) ve kolon kanseri riskini azaltma (Yue ve ark., 2020) gibi özelliklere sahiptir. Probiyotikler yakın zamana kadar çoğunlukla süt ürünlerinde kullanılırken, bitkisel gıdalara olan talepteki artış bitki bazlı probiyotik ürünler üretme fikrini hızlandırmıştır. Bununla beraber bitki bazlı probiyotik içecek olarak yer fıstığı, hindistan cevizi, badem, kaju, yulaf ve kinoa sütü fermantasyon esnasında *S. thermophilus* kullanılarak üretilmiştir (Erem ve Kiliç-Akyılmaz, 2024). Probiyotik bitki bazlı sütler; fenolikler, karotenoidler

ve antosiyaninler gibi çeşitli antioksidan bileşikler açısından zengin olup oksidatif stresi azaltarak sağlık açısından oldukça faydalıdır (Hur ve ark., 2014). Ayrıca, bazı polifenollerin hidrolizi ile glikozitten aglikon formuna veya daha küçük metabolitlere dönüştürerek mikrobiyal enzimler tarafından biyoyararlanımlarını artırabilirler (He ve ark., 2022).

Hipertansiyon ciddi bir kardiyovasküler hastalıktır. Bu hastalığı anjiyotensin dönüştürücü enzim (ACE) olan ACE inhibitörleri sentezini inhibe edip, kan basıncı artışı önlenerek engellenebilir (Oalere ve ark., 2023). Aynı zamanda biyoaktif bileşenler tarafından oluşturulan peptitler ve fenolik bileşikler bitkisel gıdaların fermantasyonu ile beraber ACE üzerinde inhibitör etkiye sahiptirler (Handa ve ark., 2020).

Metabolik bir hastalık olan Tip 2 diyabet, bazı önlemler alınarak kontrol altına alınabilir. Bunlar arasında karbonhidrat sindiriminden sorumlu olan α -amilaz ve α -glukozidaz enzimleri inhibitör ajan olarak kullanılarak glikozun kan dolaşımına girmesini önler (Gong ve ark., 2020).

Gıdaların LAB fermantasyonu sonucu α -amilazı inhibe eden biyoaktif peptitler ve α -glukozidaz enzimleri oluşur (Chourasia ve ark., 2023). Aynı zamanda izoflavonlar, polifenoller ve vitaminler de üretilmektedir (Das ve ark., 2023). Bitki bazlı sütlerin içerdiği inhibitörler sayesinde fermentasyonla beraber antidiyabetik ajanlar olarak daha da etkin bir şekilde kullanılabilirler (Erem ve Kiliç-Akyılmaz, 2024).

4. SONUÇ

Bitki bazlı süt tüketimini laktoz intoleransı, süt proteini alerjisindeki artış, vejetaryenlik ve veganlık gibi yeni yaşam tarzları ve çevresel kaygılar daha da arttırmaktadır.

Gelecekte, fizikokimyasal stabiliteye ve arzu edilen duyuşal özelliklere sahip yüksek kaliteli bitki bazlı sütlerin geliştirilmesi önemli olacaktır. Aynı zamanda, bu sütlerin sağlıklı beslenme profillerine ve düşük çevresel etkiye sahip olacak şekilde üretilmesi gerekmektedir. Bitki bazlı sütlerin avantaj ve dezavantajlarının karşılaştırılabilmesi için farklı sütlerin besin içeriğini ve çevresel etkilerini ölçmek için kullanılacak standartlaştırılmış yöntemler geliştirilmelidir.

Son yıllarda, bitki bazlı süt alternatiflerinin tüketimi katlanarak artmıştır. Bu tür içecekler hakkında çok fazla bilgi olmasına rağmen, tüketiciler farklı süt alternatiflerinin yeterli tüketimi hakkında bilgi sahibi değildir. Bitki bazlı süt alternatifleri, bir kişinin laktoz intoleransı veya inek sütünün neden olduğu hastalıkları karşı hassasiyeti olduğunda iyi bir seçenektir. Ancak, herhangi bir rahatsızlığı olmayan bir kişinin inek sütü tüketimine azda olsa devam etmesi önemlidir. Çünkü bitki bazlı süt alternatiflerini inek sütü ile aynı besin maddelerine ve kimyasal bileşimine sahip değildir. İnek sütü ve bitki bazlı süt alternatifleri arasındaki besin maddeleri farkı, öncelikle her iki ürünün doğasından kaynaklanmaktadır (bileşim ve besin biyoyararlanımı).

Bitki bazlı süt alternatiflerinin duyuusal analizleri, yeni geliştirilen ürünün

kabul edilebilirliğini belirlemek için oldukça önemlidir. Gıda alerjisi olan tüketiciler üzerinde herhangi bir olumsuz durumdan kaçınmak için tüketiciyi belirli bir seviyede bitki bazlı süt alternatiflerinin içeriği hakkında bilgilendirmek gereklidir. Bitki bazlı süt alternatiflerinin geliştirilmesindeki temel zorluk, besin maddelerinin hem lezzetini hem de biyoyararlanımını iyileştirmektir. Buna ek olarak, bitki bazlı süt alternatiflerinin antinutrientleri ve alerjenleri karakterize eden daha kapsamlı çalışmalar gereklidir (Reyes-Jurado ve ark., 2023).

Sonuç olarak günümüzde bitki bazlı süt alternatiflerinin kalitesi; tüketici tercihi için sürekli rekabet halinde olması ve sürekli geliştirilmesi bakımından (besinsel ve duyuusal) oldukça yeterlidir.

KAYNAKLAR

- Akhlaghi, M., Ghasemi Nasab, M., Riasatian, M., & Sadeghi, F. (2020). Soy isoflavones prevent bone resorption and loss, a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Critical reviews in food science and nutrition*, 60(14), 2327-2341.
- Alizadeh Behbahani, B., Noshad, M., & Falah, F. (2019). Inhibition of Escherichia coli adhesion to human intestinal Caco-2 cells by probiotic candidate Lactobacillus plantarum strain L15. *Microbial Pathogenesis*, 136, 103677.
- Anonim, (2024). Fona International. Category Insight: Non-dairy Milks. <https://www.mccormickfona.com/articles/2018/08/category-insight-non-dairy-milks>, (Erişim tarihi: 26.12.2024)
- Aydar, E. F., Tutuncu, S., & Ozcelik, B. (2020). Plant-based milk substitutes: Bioactive compounds, conventional and novel processes, bioavailability studies, and health effects. *Journal of Functional Foods*, 70, 103975.
- Baba, G., Bozatlı, S. B., & Dikici, A. (2024). Bitkisel süt üretimi ve insan sağlığı üzerine etkisi. *Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 8(1), 80-89.
- Bridges, M. (2018). Moo-ove Over, Cow's Milk: The Rise of Plant-Based Dairy Alternatives. *Pract. Gastroenterol.* 171, 20-27.
- Catanzaro, R., Sciuto, M., & Marotta, F. (2021). Lactose intolerance: An update on its pathogenesis, diagnosis, and treatment. *Nutrition Research*, 89, 23-34.
- Chalupa-Krebszdek, S., Long, C. J., & Bohrer, B. M. (2018). Nutrient density and nutritional value of milk and plant-based milk alternatives. *International Dairy Journal*, 87, 84-92.
- Chourasia, R., Chiring Phukon, L., Abedin, M. M., Padhi, S., Singh, S. P., & Rai, A. K. (2023). Bioactive peptides in fermented foods and their

- application: A critical review. *Systems Microbiology and Biomanufacturing*, 3(1), 88-109.
- Clay, N., Sexton, A. E., Garnett, T., & Lorimer, J. (2022). Palatable disruption: the politics of plant milk. In *Social Innovation and Sustainability Transition* (pp. 11-28). Cham: Springer Nature Switzerland.
- Daryani, D., Pegua, K., & Aryaa, S. S. (2024). Review of plant-based milk analogue: its preparation, nutritional, physicochemical, and organoleptic properties. *Food Science and Biotechnology*, 33(5), 1059-1073.
- Das, D., Wann, S. B., Kalita, J., & Manna, P. (2023). Insight into the efficacy profile of fermented soy foods against diabetes. *Food Bioscience*, 53, 102665.
- Dubrovsky, I., Bose, M., Miller, J., & Kerrihard, A. L. (2023). Cow's milk allergy in children impacts parental or caregiver calcium intake. *Nutrition Research*, 110, 66-73.
- Erem, E., & Kilic-Akyilmaz, M. (2024). The role of fermentation with lactic acid bacteria in quality and health effects of plant-based dairy analogues. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 23(4), e13402.
- Gani, A., Wani, S. M., Masoodi, F. A., & Hameed, G. (2012). Whole-grain cereal bioactive compounds and their health benefits: A review. *J Food Process Technol*, 3(3), 146-56.
- Gong, L., Feng, D., Wang, T., Ren, Y., Liu, Y., & Wang, J. (2020). Inhibitors of α -amylase and α -glucosidase: Potential linkage for whole cereal foods on prevention of hyperglycemia. *Food science & nutrition*, 8(12), 6320-6337.
- Haas, R., Schnepps, A., Pichler, A., & Meixner, O. (2019). Cow milk versus plant-based milk substitutes: A comparison of product image and motivational structure of consumption. *Sustainability*, 11(18), 5046.

- Handa, N., Kuda, T., Yamamoto, M., Takahashi, H., & Kimura, B. (2022). In vitro anti-oxidant, anti-glycation, and bile acid-lowering capacity of chickpea milk fermented with *Lactiplantibacillus pentosus* Himuka-SU5 and *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* Amami-SU1. *Process Biochemistry*, *120*, 15-21.
- He, Z., Zhang, H., Wang, T., Wang, R., & Luo, X. (2022). Effects of five different lactic acid bacteria on bioactive components and volatile compounds of oat. *Foods*, *11*(20), 3230.
- Hur, S. J., Lee, S. Y., Kim, Y. C., Choi, I., & Kim, G. B. (2014). Effect of fermentation on the antioxidant activity in plant-based foods. *Food chemistry*, *160*, 346-356.
- Jeske, S., Zannini, E., & Arendt, E. K. (2017). Evaluation of physicochemical and glycaemic properties of commercial plant-based milk substitutes. *Plant Foods for Human Nutrition*, *72*, 26-33.
- Ko, Y. H., Kim, S. Y., Lee, S. Y., Jang, C. G. (2018). 6, 7, 4'-Trihydroxyisoflavone, a major metabolite of daidzein, improves learning and memory via the cholinergic system and the p-CREB/BDNF signaling pathway in mice. *European Journal of Pharmacology*, *826*, 140-147
- Li, X., Huang, Y., Song, L., Xiao, Y., Lu, S., Xu, J., ... & Ren, Z. (2020). *Lactobacillus plantarum* prevents obesity via modulation of gut microbiota and metabolites in high-fat feeding mice. *Journal of Functional Foods*, *73*, 104103.
- Liu, R. H. (2013). Dietary bioactive compounds and their health implications. *Journal of food science*, *78*(s1), A18-A25.
- Mäkinen, O. E., Wanhalinna, V., Zannini, E., & Arendt, E. K. (2016). Foods for special dietary needs: Non-dairy plant-based milk substitutes and fermented dairy-type products. *Critical reviews in food science and nutrition*, *56*(3), 339-349.

- McClements, D. J., Newman, E., & McClements, I. F. (2019). Plant-based milks: A review of the science underpinning their design, fabrication, and performance. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 18(6), 2047-2067.
- Olalere, O. A., Yap, P. G., & Gan, C. Y. (2023). Comprehensive review on some food-derived bioactive peptides with anti-hypertension therapeutic potential for angiotensin-converting enzyme (ACE) inhibition. *Journal of Proteins and Proteomics*, 14(2), 129-161.
- Paul, A. A., Kumar, S., Kumar, V., & Sharma, R. (2020). Milk Analog: Plant based alternatives to conventional milk, production, potential and health concerns. *Critical reviews in food science and nutrition*, 60(18), 3005-3023.
- Reyes-Jurado, F., Soto-Reyes, N., Dávila-Rodríguez, M., Lorenzo-Leal, A. C., Jiménez-Munguía, M. T., Mani-López, E., & López-Malo, A. (2023). Plant-based milk alternatives: Types, processes, benefits, and characteristics. *Food Reviews International*, 39(4), 2320-2351.
- Romulo, A. (2022). Nutritional contents and processing of plant-based milk: a review. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 998, No. 1, p. 012054). IOP Publishing.
- Rosenfeld, D. L. (2018). The psychology of vegetarianism: Recent advances and future directions. *Appetite*, 131, 125-138.
- Saari, U. A., Herstatt, C., Tiwari, R., Dedehayir, O., & Mäkinen, S. J. (2021). The vegan trend and the microfoundations of institutional change: A commentary on food producers' sustainable innovation journeys in Europe. *Trends in food science & technology*, 107, 161-167.
- Sathyapalan, T., Aye, M., Rigby, A. S., Thatcher, N. J., Dargham, S. R., Kilpatrick, E. S., & Atkin, S. L. (2018). Soy isoflavones improve cardiovascular disease risk markers in women during the early

- menopause. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 28(7), 691-697.
- U.S. (2020). Department of Agriculture. Food Data Central. <https://fdc.nal.usda.gov/> (accessed April 24).
- Villa, C., Costa, J., Oliveira, M. B. P., & Mafra, I. (2018). Bovine milk allergens: A comprehensive review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(1), 137-164.
- Vanga, S. K., & Raghavan, V. (2018). How well do plant based alternatives fare nutritionally compared to cow's milk? *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 55, 10-20.
- Yue, Y., Ye, K., Lu, J., Wang, X., Zhang, S., Liu, L., ... & Lv, J. (2020). Probiotic strain *Lactobacillus plantarum* YYC-3 prevents colon cancer in mice by regulating the tumour microenvironment. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 127, 110159.
- Zhao, P., Li, M., Mo, X., Yang, J., Liu, L., Huang, Y., & Qiu, Z. (2023). Development and properties evaluation of multi-strain probiotic with cholesterol-lowering potential in vitro. *Letters in Applied Microbiology*, 76(4), ovad038.



ISBN: 978-625-378-147-7