SÜT VE SÜT ÜRÜNLERİNDE YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR

Editör
Dr. Öğr. Üyesi Yusuf ÇAKIR

İKSAD
Publishing House

SÜT VE SÜT ÜRÜNLERİNDE YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR II

EDİTÖR

Dr. Öğr. Üyesi Yusuf ÇAKIR

YAZARLAR

Prof. Dr. İhsan BAKIRCI
Prof. Dr. Seval ANDİÇ
Doç. Dr. Menekşe BULUT
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Çağlar FIRAT
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Kadir ERDOĞAN
Dr. Öğr. Üyesi Murat Emre TERZİOĞLU
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ÇAVUŞ
Dr. Öğr. Üyesi Nurhayat Tuğra ÖZER
Öğr. Gör. Dr. Murat KAYA
Arş. Gör. Dr. Elif ERBAŞ
Arş. Gör. Dr. Şehriban OĞUZ
Dr. Enes KAVRUT
Dr. Gamze YILDIRIM
Öğr. Gör. Aydın SEVER
Öğr. Gör. Davut KARAHAN
Öğr. Gör. Esma Nur BULUT
Öğr. Gör. Kübra İSPİR
Arş. Gör. Erkan KARATAŞ
Arş. Gör. Mesut AKYÜZ
Ezgi EDEBALİ
Zeynep GÜNYEL

İKSAD Publishing House

Copyright © 2023 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)
TÜRKİYE 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 – 2023©

ISBN: 978-625-367-600-1
Cover Design: Eda KOÇAK
December / 2023
Ankara / Türkiye
Size= 16x24 cm

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ…….……..1

BÖLÜM 1
SÜTÇÜLÜK ARTIK VE ATIKLARINDAN ELDE EDİLEN ÜRÜNLER
Prof. Dr. Seval ANDİÇ
Arş. Gör. Dr. Şehriban OĞUZ……...……..3

BÖLÜM 2
SÜT VE SÜT ÜRÜNLERİNDE MİKROPLASTİKLER
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ÇAVUŞ……..….55

BÖLÜM 3
BAZI SÜT ve SÜT ÜRÜNLERİNİN ÇEŞİTLİ ARI ÜRÜNLERİ ile KULLANIMI
Öğr. Gör. Davut KARAHAN……77

BÖLÜM 4
FERMENTE SÜT ÜRÜNLERİNİN SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ
Öğr. Gör. Kübra İSPİR……..95

BÖLÜM 5
SÜT KAYNAKLI BAKTERİLERİN POSTBİYOTİK ÖZELLİKLERİ
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Çağlar FIRAT
Zeynep GÜNYEL……..…..121

BÖLÜM 6
ÇEVRE DOSTU VE ALTERNATİF PROTEİN KAYNAĞI OLARAK *SPIRULINA* (*ARTHROSPIRA*) *PLATENSIS* VE *CHLORELLA VULGARIS*'İN SÜT TEKNOLOJİSİNDE KULLANIM OLANAKLARI
Dr. Öğr. Üyesi Murat Emre TERZİOĞLU……..141

BÖLÜM 7
SÜT VE SÜT ÜRÜNLERİNİN DİYET LİF İÇERİĞİ YÜKSEK GIDALAR İLE ZENGİNLEŞTİRİLMESİ
Öğr. Gör. Esma Nur BULUT……..….161

BÖLÜM 8
SÜT VE SÜT ÜRÜNLERİNDE BULUNAN ANTİHİPERTANSİF ETKİLİ ACE İNHİBİTÖRÜ BİYOAKTİF BİLEŞİKLER ve IN VOTRO SİNDİRİM DAVRANIŞLARI
Öğr. Gör. Dr. Murat KAYA……...……..181

BÖLÜM 9
MOZZARELLA PEYNİRİ
Dr. Gamze YILDIRIM……...….207

BÖLÜM 10
SÜT VE SÜT ÜRÜNLERİNDEKİ KONJUGE LİNOLEİK ASİT ve SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ
Dr. Öğr. Üyesi Nurhayat Tuğra ÖZER……227

BÖLÜM 11
MEME DOKUSUNUN HİSTOLOJİSİ
Arş. Gör. Dr. Elif ERBAŞ……249

BÖLÜM 12
TİP 2 DİYABETİN ÖNLENMESİNDE VE TEDAVİSİNDE SÜT VE SÜT PROTEİNLERİNİN POTANSİYEL ROLÜ
Arş. Gör. Mesut AKYÜZ…….....263

BÖLÜM 13
ANNE SÜTÜ VE KANSER
Öğr. Gör. Aydın SEVER
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Kadir ERDOĞAN……...…..295

BÖLÜM 14
SÜT VE SÜT ÜRÜNLERİNDE YAPILAN HİLELER VE BU HİLELERİN TESPİT YÖNTEMLERİ
Ezgi EDEBALİ
Prof. Dr. İhsan BAKIRCI……315

BÖLÜM 15
YENİLEBİLİR FİLM AMBALAJ ÜRETİMİNDE BİYOPOLİMER OLARAK PEYNİR ALTI SUYU PROTEİNİ İZOLATI
Dr. Enes KAVRUT
Doç. Dr. Menekşe BULUT…….….337

BÖLÜM 16
SIĞIR SÜTÜ PROTEİNLERİ VE İZOLATLARININ ANTİMİKROBİYAL, ANTİOKSİDAN VE ANTİKARSİNOJENİK ÖZELLİKLERİ
Arş. Gör. Erkan KARATAŞ……353

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 ögelerini 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 emziklilik-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 çürümeleri 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 bulundurdukları 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, yüksek lisans ve doktora öğrencilerine ayrıca kitabın basımını gerçekleştiren İksad Yayınevine teşekkür ederim.

Dr. Öğr. Üyesi Yusuf ÇAKIR

BÖLÜM 1

SÜTÇÜLÜK ARTIK VE ATIKLARINDAN ELDE EDİLEN ÜRÜNLER

Prof. Dr. Seval ANDİÇ[1]*
Arş. Gör. Dr. Şehriban OĞUZ[2]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10460021

[1] Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü Van, Türkiye. sevalandic@yyu.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-8306-0222, *Sorumlu yazar: Seval ANDİÇ
[2] Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü Van, Türkiye. sehribanoguz@yyu.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001-6889-9487

1. GİRİŞ

Dünyadaki nüfus artışına paralel olarak gıda ihtiyacı artmaktadır. Gıda maddeleri içerisinde yer alan süt ve süt ürünlerine olan talep de bu doğrultuda artış göstermiştir. Toplam süt üretimindeki artışa bağlı olarak, içme sütü ve süt ürünlerinin üretimi ev ve geleneksel üretimden daha çok endüstriyel üretime kaymıştır (Koyuncu ve Tunçtürk, 2014; Chokshi ve ark., 2016; Hameed ve ark., 2023). Dünyadaki süt üretimi 2022 yılı itibariyle 897 milyon tona, ülkemizde ise 1.5 milyon ton ulaşmıştır (Ataseven, 2023). Süt endüstrisinin büyümesine sebep olan bu sinerji, ürün yelpazesinin ve üretim miktarının artmasına neden olurken, bir yandan da süt işletmelerindeki artık ve atık miktarlarının artmasına yol açmıştır (Özcan ve Harputlugil, 2021; Akdeniz ve ark., 2023).

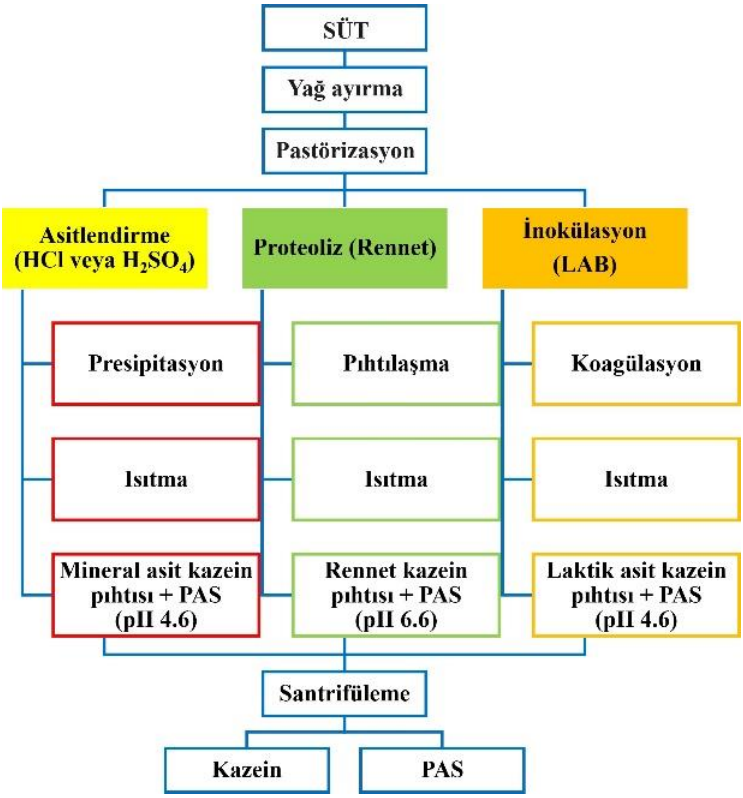
Süt endüstrisinde hammadde olan sütün, ürüne işlenmesinde/dönüştürülmesinde çeşitli yan ürünler (artık maddeler) oluşmaktadır. Sütün içme sütüne (pastörize/sterilize) işlenmesi ile santrifüj (separatör) çamuru, sütteki kremanın ayrılması ile yağsız süt, kremanın veya yoğurdun tereyağına işlenmesi ile yayıkaltı/yayık ayranı ve sütün peynire işlenmesi ile peyniraltı suyu ve bazı peynirlerin üretimi ile teleme (pıhtı) haşlama suyu açığa çıkmaktadır (Chandan, 2011, Oliveira ve ark., 2019; Lemiasheuski ve ark., 2021). Süt endüstrisi büyük miktarda yan ürünün kaynağıdır (Skryplonek ve ark., 2019). Bu yan ürünlerden yağsız süt, peyniraltı suyu (PAS) ve yayıkaltı suyu (YAS)'nun biyolojik ve ticari değerleri oldukça yüksek olup laktoz, yağ, protein, vitamin ve mineralce zenginlerdir. Biyolojik olarak önemli bileşenlere sahip bu yan ürünlerin yeterli düzeyde değerlendirilerek geri kazanılması hem beslenme hem de ekonomi açısından çok önemlidir. Bu

maddelerin geri kazanılması ile değerli besin bileşenlerinin israfı önlenebileceği gibi hayvansal protein açığının kapatılması ve atıkların çevreyi kirletmemesi de sağlanmış olur (Martín-Rilo ve ark., 2015; Ahmad ve ark., 2021; Özcan ve Harputlugil, 2021).

2. PEYNİR ÜRETİMİ ARTIKLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

2.1 Peynir Altı Suyu (PAS)

Peynir altı suyu (PAS), peynir ve/veya kazein üretiminde kazeinin asit ya da enzimle çöktürülmesi sonucunda ortaya çıkan, proteince zengin bir yan üründür (Şekil 1). PAS, su, azotlu maddeler (serum proteinleri, glikomakropeptit ve protein olmayan azotlu maddeler), laktoz, mineraller, vitaminler ve enzimleri içermektedir (Ganju ve Gogate, 2017; Lavelli ve Becalli, 2022). Kazein fraksiyonlarından κ-kazein üzerinde etkili olan kimozin enzimi serum proteinlerini etkilemez. Ayrıca serum proteinleri asit etkisine karşı da dirençlidirler. Bu nedenle kazein, kimozin veya asit etkisi ile çöktürüldüğünde, PAS proteinleri serum içerisinde çözünmüş formda bulunurlar (Gantumur ve ark., 2023).

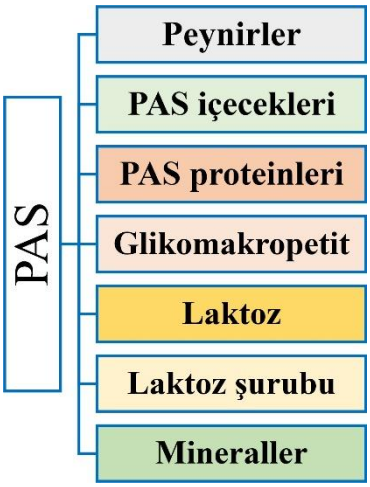


Şekil 1. Asit ve rennet PAS üretimi

Rennetle pıhtılaştırılan sütlerden elde edilen PAS'nun (tatlı PAS) pH'sı 6.2-6.4, mineral ya da organik asit etkisiyle elde edilen PAS'nun (asit PAS) pH'sı ise 4.6-5.0 arasında değişir. Genel olarak PAS'daki toplam kurumaddenin %70'den fazlası laktoz, %7.5-14'ü ise proteinlerdir. PAS; %93.0-93.7 su, 4.4-5.2 laktoz, %0.6-1 protein, %0.5-0.8 mineral madde içerir. Laktik asit içeriği ise iz miktar ile %0.8 aralığındadır (Roginski ve ark., 2003; Aguero ve ark., 2017).

Büyük ölçekli üretim yapan peynir işletmelerinde açığa çıkan peynir altı suyu, önceleri atık olarak kabul edilmiş ve çevreye verilmesi, yüksek

biyolojik oksijen gereksinimden dolayı, kirliliğe neden olmuştur. Biyolijik olarak arıtılması da yüksek maliyet gerektirdiğinden uzun yıllar herhangi bir işleme tabi tutulmadan hayvan yemi katkısı olarak kullanılmıştır. Günümüzde hala PAS'ın bir kısmı bu şekilde, hayvan yemi ve gübre olarak değerlendirilmektedir (Lavelli ve Becalli, 2022). Ancak besin değerinin çok yüksek olmasının anlaşılması ve PAS bileşenlerinin elde edilmesi ve ayrıştırılmasını mümkün kılacak bilimsel ve teknolojik gelişmeler ile PAS, beslenme açısından önemli ve katma değeri yüksek ürünlere işlenebilmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. PAS'dan elde edilen ürünler

PAS'dan elde edilen bu ürünlerin bir kısmı doğrudan tüketilebildiği gibi, bir kısmı ise gıdaların teknolojik ve beslenme açısından fonksiyonel özelliklerinin oluşturulması ve/veya geliştirilmesi amaçlarıyla kullanılmaktadır (Gantumur ve ark. 2023; Jiang ve ark., 2023; Yiğit ve ark., 2023; Zhu ve ark., 2023). Bu ürünlerin bir kısmı ayrıca, farmasötik preparatlarda, antimikrobiyel ajan olarak, yenilebilir gıda

kaplamalarında, mikroenkapsülasyon teknolojisinde de kullanılabilmektedir (Leng ve ark., 2023; Mahmoud ve ark., 2023; Rasool ve ark., 2024).

2.2 PAS Ürünleri

2.2.1 PAS peyniri

PAS doğrudan Lor, Ricotta, Myzithra, Urda, Anari, Skuta gibi peynirlerin üretiminde kullanılmaktadır (Andritsos ve Mataragas, 2023; Bintsis ve Papademas, 2023; Thisari ve ark., 2023). Peynire işlenecek PAS sade kullanılabileceği gibi bir miktar süt ya da krema ile birliktede de kullanılabilir. PAS proteinlerinin denatüre olarak çökmesini sağlamak için PAS'a 85-90 °C'de 30-40 dakika kadar bir ısıl işlem uygulanır. Pıtılaşmanın kolaylaştırılması ve verimin arttırılması için bazen PAS'a, ısıtma öncesinde bir organik asit ve/veya kalsiyum klorür ilave edilebilir. PAS peynir verimi, hammadde özellikleri ve işlem parametrleri tarafından etkilenir. Ancak PAS önceden konsantre edilmemişse, verim genellikle %4-6 aralığındadır. Proteinler pıhtılaşıp çöktükten sonra, süzme işlemi ile PAS'dan ayrılır ve baskılama ve kalıplama gibi işlemlere tabi tutulur (Alichanidis ve Polychroniadou, 2008; Pintado ve ark., 2001; Pires ve ark., 2021). PAS peynirleri yüksek pH ve su aktiviteleri nedeniyle, genellikle kısa raf ömrüne sahiptirler ve çoğunluğu olgunlaştırılmadan taze olarak tüketilir. Ricotta forte ve Xynomyzithra gibi peynirler olgunlaştırılarak tüketilirler (Litopoulou-Tzanetaki ve Tzanetakis, 2014).

PAS, peynire işlendikten sonra arta kalan sıvı ikinci peynir altı suyu olarak adalandırılır. İnek sütünün ikinci PAS %4.8-5.0 laktoz ve %0.15-0.22 protein içerir. Ancak koyun sütünün ikinci PAS protein içeriği daha yüksektir (%1-4). İkinci peynir altı suyundan da çeşitli tekniklerle protein, laktoz ve mineral maddeler elde edilmektedir (Bintsis ve Papademas, 2023; Kotoulas ve ark., 2019; Garcia ve ark., 2022; Vasilakis ve ark., 2022).

2.2.2 PAS içecekleri

Yüksek besin içeriğinden dolayı PAS, doğrudan PAS içeceklerine işlenebilmektedir. Özellikle son yıllarda sağlıklı gıdalara olan talep ve ekonomik değeri yüksek, işlenmiş gıda artıklarının değerlendirilmesi yönündeki tercihler, PAS gibi değerli ürünlerin farklı şekillerde işlenmesi için çok sayıda çalışma yapılmasına neden olmuştur (Chavan ve ark., 2015; Joshi ve ark., 2020, Garcia-Casas ve ark, 2022;). PAS eskiden beri birçok ülkede, geleneksel yöntemlerle farklı içeceklere işlenerek tüketilmekteydi. Ancak besin kalitesinin yüksekliği ve fonksiyonel özelliklerinin anlaşılması ile günümüzde teknolojik olarak da farklı içeceklere işlenmektedir (Pescuma ve ark., 2010).

Eskiden daha çok fermente edilerek veye edilmeden, doğrudan tüketilen PAS, artık farklı içeceklere işlenebilmektedir. Günümüzde PAS veya PAS permeatlarından elde edilen içecekler: teknik ve/veya terapötik starterler kullanılarak fermente edilen veya fermente olmayan PAS içecekleri, işlenmiş veya işlenmemiş meyve veya sebze suları ile karıştırlarak üretilen PAS içecekleri, gazlı PAS içecekleri ve alkollü PAS içecekleri (bira, şarap, likör vb.) olarak sınıflandırılabilir (Djurić ve ark.,

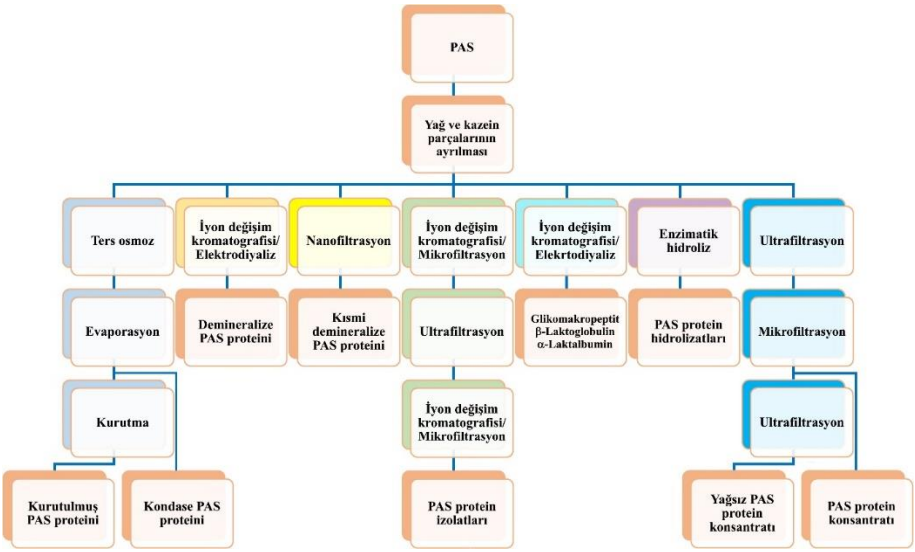
2004; Alane ve ark., 2017; Dande ve Gaikwad, 2017; Sady ve ark., 2017).

PAS peynirleri ve PAS içeceklerinin birçoğu yöresel bazda veya küçük ölçekte üretilmektedirler ve düşük pazar payına sahiptirler (Jeličić ve ark., 2008; Irkin, 2019; Ljoljić ve ark., 2023). PAS yüksek besin içeriğinden dolayı, katma değeri yüksek olan, tek hücre proteini, alkol, vitamin, organik asit, enzim, bakteriyosin, biyogaz üretimi gibi biyoteknolojik işlemlerde de doğrudan substrat olarak kullanılmaktadır (Hugenschmidt ve ark., 2010; Karim ve Aider, 2022; Ribeiro ve ark., 2022; Ljoljić ve ark., 2023).

Günümüzde PAS'dan suyunun büyük kısmı uzaklaştırılarak, PAS protein ürünleri, laktoz/laktoz şurubu ve mineraller elde edilebilmektedir. Bu ürünlerin üretiminde çeşitli kurutma, seçici çöktürme, membran filtrasyon, elektrodiyaliz ve kromotografik yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler ile PAS ürünleri üretilirken, filtrasyon teknikleri ile PAS yapısında kalan yağ diğer bileşenlerden ayrılır ve krema ve dondurma gibi ürünlerin üretiminde kullanılır (Lavelli ve Beccalli, 2022).

PAS'dan elde edilen proteinlerden PAS tozu, PAS izolatı ve PAS konsantratları üretilmektedir (Şekil 3). Bu ürünler ayrıca iyon değişim kromotografisi, elektrodiyeliz ve nanofiltrasyon uygulamaları ile tam ya da kısmi demineralize olarak işlenebilmektedir. PAS'dan ayrıca enzimatik hidroliz yoluyla PAS hidrolizatları elde edilmektedir. PAS konsantratlarının protein içerikleri %35-80 ve PAS izolatlarının protein içeriği ise ≥%90'dır (Abd El-Salam ve ark., 2009; Ghanimah, 2018).

PAS proteinleri tipik globular proteinlerdir ve sıcaklık etkisi ile denatüre olurlar. Ancak PAS fraksiyonlarının sıcaklık duyarlılıkları birbirinden farklıdır. Toplam PAS proteinlerinin yaklaşık %50'si β-laktoglobulin, % 20'si ise α-laktalbumin oluşturmaktadır. PAS ayrıca daha düşük miktarlarda sığır serum albumini, immunglobulinler ve proteoz pepton içerir. PAS proteinleri tüm esansiyel aminoasitleri içeren biyolojik değeri çok yüksek maddelerdir (Nassar ve ark, 2022; Vidotto ve Tavares, 2022). PAS proteinleri gıdalarda çözünürlük, köpük, jel ve emülsiyon oluşturma, su bağlama, ve kıvam verme gibi fonksiyonel özelliklerin oluşturulması ve/veya geliştirilmesi amaçlarıyla kullanılmaktadır. Günümüzde PAS proteinlerine talep çok yüksektir. Teknolojik ve beslenme fonksiyonelliği oluşturmak ve/veya geliştirmek için genel kullanımın yanı sıra, sporcu, bebek, hasta beslenmesi gibi özel alanlarda da kullanılabilmektedir. Bu ihtiyaçları karşılamak için PAS proteinleri toplam olarak elde edilebildiği gibi, çeşitli tekniklerle fraksiyonlarına da ayrılabilmektedir. Bu yöntemlerle α-laktalbumin, β-laktoglobulin fraksiyonları ile glikomakropeptid elde edilebilmektedir (Taylor ve Woonton 2009; Romo ve ark., 2023).



Şekil 3. PAS protein ürünlerinin üretim akım şeması

2.2.3 PAS tozları

PAS tozlarının üretiminde önce seprerasyonla kazein parçaları ve yağ ayrılır. Daha sonra uygun membran filtrasyon teknikleri ve evaporasyonla PAS kurumadde içeriği arttırılır. Bu aşamadan sonra kurutma aşamasında oluşacak problemlerin engellenebilmesi için kristalizasyon ve filtreleme ile laktoz içeriği azaltılır. Son olarak ise kurutma işlemi uygulanır. Üretilecek PAS tozlarının kalitesi PAS bileşimi ile yakından ilgilidir. Ayrıca üretim esnasında uygulanan teknolojik işlemler ve işlem koşulları da kalite üzerinde etkilidir. PAS tozu kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden biri, PAS'ın laktoz içeriğidir. Laktoz, PAS tozlarının kurutma ekipman yüzeyine yapışmasına neden olarak, ısı iletimini azaltır ve buna bağlı olarak verim düşer. Ayrıca, depolama esnasında da topaklaşmaya neden olarak kalite kaybına neden olur. Bu nedenle kurutmadan önce etkin bir laktoz

kristallendirmesi ve ayırma işleminin yapılması PAS tozu kalitesi için önemlidir (Muuronen ve ark., 2021; Ozel ve ark., 2022).

2.2.4 PAS protein konsantratları

Peynir altı suyu protein konsantratları, yeterli miktarda su ve protein olmayan bileşenlerin PAS'dan ayrılması ile ilde edilen ve en az %25 protein içeren üründür. PAS konsantratları sıvı, konsantre veya toz halinde olabilir. PAS konsantratlarının üretiminde, membran filtrasyon (ultrafiltrasyon/diafiltrasyon), düşük basınçta koyulaştırma ve sprey kurutma gibi teknikler kullanılmaktadır. Ayrıca iyon değişimi veya elektrodiyaliz uygulamaları ile ürün demineralize edilebilmektedir. Demineralize PAS konsantratları özellikle bebek maması formülasyonlarında kullanılmaktadır (Chen ve ark., 2023; Nastaj ve ark., 2022).

PAS konsantratları üretiminde ilk basamak kalıntı lipitlerin giderilmesidir. Çünkü PAS'tan yağ ayırma işlemi ile fosfolipoprotein ve küçük yağ globullerinin uzaklaştırılması sağlamaz. Yağı alınan, ancak kalıntı lipitleri uzaklaştırılmamış PAS %0.2 lipit, kalıntı lipitleri giderilmemiş PAS'tan işlenen ticari PAS konsantratları ise %5-7 süt yağı içerir. Bu kalıntı liptler, PAS konsantratlarının duyusal ve fonksiyonel özelliklerinin etkileyebilir. PAS içindeki kalıntı lipitler emülgatör özelliğe sahip olduklarından, bunları içeren PAS konsantratları birçok et, süt ve fırıncılık ürünlerinde kullanılabilir. Ancak kalıntı lipitlerin hidroliziyle açığa çıkabilecek doymamış yağ asitleri, okside olarak duyusal ve besin değeri kayıpları gibi olumsuzluklara neden olabilirler. Ayrıca kalıntı lipitler ultrafiltrasyon akış oranının azalmasına da neden

olurlar. Bu nedenle ultrafiltrasyon öncesinde, klarifikasyon ve mikrofiltrasyon işlemleri ile kalıntı lipitler PAS'tan uzaklaştırılmalıdır (Morr ve Ha, 1993; Bacenetti, 2018).

PAS konsantratları çeşitli gıda formülasyonlarında hem besinsel katkı, hem de fonksiyonel katkı olarak kullanılmaktadır. PAS konsantratlarının fonksiyonel özellikleri içeridikleri kurumadde içeriğine bağlı olarak değişir. Örneğin %34-35 kurumadde içeren PAS konsantratları (WPC35), iyi emülsiyon ve çözünme özellikleri ile yoğurt, peynir, fırıncılık ürünleri, sosis, yüksek protein içerikli barlar ve bebek maması gibi ürünlerin formülasyonlarında kullanıma uygundur. %80 protein içeren PAS konsantratları ise (WPC80) iyi jel, köpük ve emülsiyon oluşturma özelliklerine sahiptir. PAS konsantratları yüksek protein içeriğinden dolayı sporcu ve kilo kontrolü ürünlerinde de kullanılmaktadır (Hogan ve ark., 2012; Rebouillat ve Ortega-Requena, 2015; Nastaj ve ark., 2022; Gantumur ve ark., 2023).

2.2.5 PAS protein izolatları

PAS protein izolatları, en az %90 protein içeriğine sahiptirler. Uygulanan ayırma yöntemlerine bağlı olarak hiç ya da minör düzeyde yağ ve laktoz içerebilirler. Üretimin ilk aşamasında PAS ultrafiltrasyon, mikrofiltrasyon ya da iyon değişim kromatografisi ile konsantre edilir. Ardından uygulanan membran filtrasyon yöntemi ile PAS yapısındaki yağ ve laktoz uzaklaştırılarak protein konsantrasyonu arttırılır (Cheang ve Zydney, 2004; Abd El-Salam ve ark., 2009; Han ve ark., 2022). Bu aşamadan sonra iyon değişim kromatografisi ve mikrofiltrasyon/ultrafiltrasyon uygulamaları ile protein saflığı daha da

arttırılabilir. Uygulanan bu işlemlerle, kazein kalıntıları ve glikomakropeptitlerin bir kısmı yapıdan ayrıştırılır. İyon değiştiricilerle elde edilen PAS izolatlarının kazein ve glikomakropeptit içeriği mikrofiltrasyonla hazırlananlara göre daha düşüktür. Son olarak ürün kurutulur. En çok tercih edilen kurutma yöntemi, sprey kurutmadır (Morr ve Ha, 1993; Abd El-Salam ve ark., 2009).

PAS protein izolatları emülsiyon oluşturma yağ ve su bağlama, koyulaştırma, jel ve köpük oluşturma özelliklerine sahiptir. Bu fonksiyonel özellikler nedeni ile birçok et, süt, şekerleme ve atıştırmalıkların formülasyonlarında sıklıkla kullanılmaktadır. Ayrıca yüksek protein içerikleri nedeni ile özellikle sporcu ve kilo kontrolü ürünlerinde de kullanılmaktadır (Smith ve ark., 2016; He ve ark., 2021; Yao ve ark., 2021; Jiang ve ark., 2023).

2.2.6 PAS protein hidrolizatları

PAS proteinleri, proteolitik enzimlerle çeşitli derecelerde hidrolize uğratılarak PAS protein hidrolizatları elde edilir. Hidroliz derecesi, son ürünün kullanım amacına bağlı olarak değiştirilebilir. Hidrolizde, hayvansal (tripsin, pepsin vb.), bitkisel (papain ve bromelin vb.) ya da mikrobiyel (bakteriyel proteazlar vb.) kaynaklı enzimler kullanılabilir (Corrêa ve ark., 2014; Cruz ve ark., 2020; Millan ve ark., 2022). PAS proteinlerinin hidrolizi sonucunda, antioksidan, antimikrobiyel, anti-trombotik, antikarsinojen ve anjiyotensin dönüştürücü enzim inhibisyonu gibi önemli fonksiyonel özelliklere sahip biyoaktif peptitler açığa çıkar (Hernandez-Ledesma ve ark., 2005; Athira ve ark., 2015; Jeewanthi ve ark., 2015).

Enzimatik hidroliz ile PAS proteinlerinin fonksiyonel özellikleri ve beslenme değeri modifiye edilebilir (Jeewanthi ve ark., 2015). PAS hidrolizatlarının emilim oranı PAS protein konsantratları ve izolatlarından daha yüksektir ve daha az alerjeniteye sahiptirler. Bu nedenle özellikle bebek mamaları ve spor besleneme ürünlerinin formülasyonlarında kullanılırlar (Buckley ve ark., 2010). Sınırlı bir hidroliz ile PAS proteinlerinin, çözünme, jel, emülsiyon, köpük ve film oluşturma özellikleri geliştirilir. Ayrıca, sınırlı hidroliz ile PAS proteinlerinin duyusal özellikleri de iyileştirilir. Ancak, aşırı hidroliz acı tat oluşamasına neden olur (Sinha ve ark., 2007; Schmid ve ark., 2013; Schröder ve ark., 2017; Tanja ve ark., 2019).

2.2.7 β-Laktoglobulin ve α-Laktalbumince zengin fraksiyonlar

β-Laktoglobulin ve α-Laktalbumin PAS'nun başlıca proteinleridir ve önemli fonksiyonel özelliklere sahiptirler. Sahip oldukları bu fonksiyonel özellikler sebebiyle gıda bileşeni olarak özellikle de bebek mamalarında kullanılma olanakları ile öne çıkmaktadırlar. Katma değeri yüksek olan bu bileşenlerin PAS'tan ayrıştırılması için birçok yöntem denenmektedir. Uygun seçici çöktürme, yüksek basınç, membran filtrasyon ve kromatografik yöntemler genellikle kombine halde kullanılmaktadır. β-Laktoglobulin elde edilmesinde genellikle PAS ultrafiltrasyon ile konsantre, ardından elektrodiyalizile demineralize edilir ve β-Laktoglobulinin izoelektrik noktasında seçici çöktürme yaptırılır (Chatterton ve ark., 2006; Hernández-Sánchez, 2023; Romo ve ark., 2023).

β-Laktoglobulin ısı ile mükemmel jel ve köpük oluşturma ve yüksek çözünürlük özellikleri ile gıda teknolojisinde birçok gıdanın fonksiyonel özelliklerinin modifikasyonunda kullanılmaktadır. Ayrıca, β-Laktoglobulin ve α-Laktalbuminin yapısında bulunan biyoktif peptitler, anjiyotensin dönüştürücü enzim (ACE) aktivitesinin inhibisyonu, antibakteriyel, antiviral, opioid, antikarsinojenik, hipokolesterolemik ve prebiyotik etki gibi birçok fonksiyonel özelliğe sahiptir (Chatterton ve ark., 2006; Nassar ve ark., 2022). Mamayla beslenen bebeklerin plazma aminoasitleri anne sütüyle beslenenlerden farklıdır. Bunu önlemek için mama formülasyonları aminoasitlerce zenginleştirilmektedir. Ancak, burada hedef toplam aminoasit seviyesinin değil daha çok esansiyel aminoasit seviyesinin yükseltilmesidir. α-Laktalbumin esansiyel aminoasitlerce zengin olduğundan bebek maması formülasyonlarında kullanılmaya çok uygundur. Ayrıca, α-Laktalbumin ilave edilmiş mamalar antibakteriyel aktivite de göstermektedir (Brück ve ark., 2003; Chatterton ve ark., 2006; Moreno ve ark., 2006).

2.2.8 Glikomakropeptit

Glikomakropeptid, peynir yapımı sırasında enzimatik etki sonucunda κ-kazein yapısından ayrılan bir peptitdir. Kimozin enzimi, 105 (Phe) ve 106 (Met) aminoasitler arasındaki peptit bağını kırarak, κ-kazeini para-κ-kazein ve glikomakropeptide ayrıştırır. Glikomakropeptit κ-kazeinin 106-169 aminoasitler arasındaki asidik C terminal kısmıdır ve toplam PAS proteinlerinin %20-25'ni oluşturur (Farías ve ark., 2010). PAS'tan glikomakropeptit elde edilmesinde, membran filtrasyon yöntemleri, kromatografik yöntemler ve kombine yöntemler kullanılmaktadır. Bu

işlemler öncesinde yapılan, ısıl, alkol veya asit etkisi ile çöktürme glikomakropeptit saflığını arttırmaktadır. Ayrıca uygulanan membran filtrasyon ve kromatografik yöntemlerinin koşulları değiştirilerek de ürün saflığı arttırılabilir (Nakano ve Ozimek 2002; El-Salam, 2010; Li ve ark., 2010). Glikomakropeptitler teknolojik ve beslenme açısından birçok fonksiyonel özelliğe sahiptirler. Teknolojik açıdan: emülsiyon, köpük ve jel oluşturma gibi çok önemli fonksiyonel özellikleri vardır ve bu nedenle birçok gıda formülasyonunda kullanılabilirler (Taylor ve Woonton, 2009). Yapılarında aromatik aminoasitleri bulundurmamaları, glikomakropeptitleri fenilketonüri hastalarının beslenmesinde kullanılacak uygun bir aminoasit kaynağı haline getirir. Glikomakropeptitler, yapılarında N-asetil nöraminik asit (siyalik asit), galaktoz ve N-asetilgalaktozamin gibi şekerler içermeleri nedeni ile de fonksiyonel gıda ve farmasötikler için bir bileşen olma potansiyeline sahiptirler. Glikomakropeptitlerin yapısındaki bu bileşenler, bakterilerin gelişimini seçici olarak teşvik etme, bakteri toksinlerini bağlama, bağırsak epitel hücrelerine viral ve bakteriyel tutunmayı önleme gibi önemli fonksiyonel özelliklere sahiptirler (Farías ve ark., 2010; Sharma ve ark., 2013).

2.2.9 Laktoz

PAS’tan elde edilen ikinci ürün grubu ise laktoz, laktoz şurubu ve laktoz derivatlarıdır. Peynir işlemede laktozun çok büyük bir kısmı PAS’a geçer. PAS’tan veya PAS işleme tesislerinde, proteinlerin ayrıştırlması sonucunda açığa çıkan PAS permeatından, laktoz ve laktoz şurubu elde edilebilmektedir (Whitehurst, 2010).

PAS ve PAS permeatından, kromatografik ve/veya membran filtrasyon yöntemleri ile azotlu maddeler ve mineraller ayrıştırıldıktan sonra, soğuk kristalizsayon, yıkama, santrifüjleme ve kurutma aşamaları ile laktoz üretilmektedir. Laktoz saflık derecesine bağlı olarak yenilebilir kalitede, susuz formda veya farmasötik kalitede olabilir. Ancak laktoz, düşük tatlılık derecesi, kristallenme, düşük çözünürlük, ve bazı bireyler tarafından sindirilememe gibi dezavantajlara sahiptir. Ayrıca, laktoz üretiminde kullanılan, kurutma ve saflaştırma işlemleri maliyeti yükseltmektedir. Bu nedenle laktoz, laktitol, laktuloz, laktosukroz, laktobiyonik asit ve diğer oligosakkaritler gibi, laktoza göre fonksiyonel özellikleri ve katma değeri daha yüksek olan ürünlere işlenmektedir (Yadav ve ark., 2015; Chen ve Gänzle, 2017; Cheng ve Martínez-Monteagudo; 2018; Cheng ve ark., 2020; Karim ve Aider, 2022).

Laktoz şurubu ise genellikle iyon değişim kromatografisi, elektrodiyaliz ve nanofiltrasyon yöntemleri ile mineral ve azotlu maddeleri giderilmiş PAS ve/veya PAS permeatından üretilir. PAS veya PAS permeatı belli bir laktoz içeriğine kadar yoğunlaştırıldıktan sonra enzimatik veya kimyasal hidrolize uğratılır. Hidrolize ürün konsantre edildikten sonra, koyu kıvamlı laktoz şurubu elde edilir. Laktoz şurubu laktoza göre, kristallenme problemi yaratmaması, tatlılığının daha yüksek olması ve laktozintoleransı olan bireyler tarafından tüketilebilmesi gibi avantajlara sahiptir (Whitehurst, 2010; Paterson 2017; Cheng ve ark., 2020; Karim ve Aider, 2022).

2.2.10 Mineraller

Süt, kalsiyum, fosfor, magnezyum, sodyum ve potasyum gibi birçok mineral açısından zengin bir kaynaktır. Özellikle kalsiyum ve fosfor içeriği birçok gıdayla kıyaslandığında çok yüksektir. PAS sütten daha az olmakla birlikte, bu mineralleri yüksek oranda içerir (Yadav ve ark., 2015). Mineraller, PAS'a uygulanan çöktürme ve ardından santrifüjleme ve membran filtrasyon işlemleri ile elde edilir. PAS'tan elde edilen süt mineralleri, yoğurt ve içme sütleri gibi birçok gıdada doğal mineral katkısı olarak kullanılmaktadır (Crowley ve ark., 2018; Bintsis ve Papademas, 2023).

3. TEREYAĞI ÜRETİMİ ARTIKLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

3.1 Yayık ayranı

Ülkemizde geleneksel olarak üretilen tereyağının bir kısmı yoğurtların yayıklanması ile üretilmektedir. Bu tereyağı, halk arasında "yoğurt tereyağı" veya "yayık tereyağı" olarak bilinmekte ve Türk Gıda Kodeksi Diğer Süt Yağı Esaslı Sürülebilir Ürünler ve Sadeyağ Tebliği'nde ise "yayık tereyağı" olarak geçmektedir. Yayık ayranı ise yayık tereyağının üretimi sırasında açığa çıkan sıvı fazdır (Sağdıç ve ark., 2002; Şimşek 2011; Anlı ve ark., 2020, Gündoğdu ve Çakmakçı, 2020). Geleneksel bir sütçülük yan ürünü olan yayık ayranı, Anadolu'da sevilerek tüketilmektedir (Şenel ve ark., 2010).

Genel olarak tereyağı üretiminde kullanılan yoğurtlar, asit miktarının artması için birkaç gün depolandıktan sonra kullanılmaktadırlar. Bu nedenle yayık ayranının normal ayrandan daha keskin, ekşi bir tadı vardır. Yayıklama öncesinde yoğurdun farklı oranlarda (1:0.5-1:1.5) su ile seyreltilmesine bağlı olarak farklı viskozitelerde yayık ayranları oluşmaktadır (Koçak ve Avşar, 2010; Öztekin-Öztürk, 2010).

Yayık ayranı; serum proteinleri, laktik asit ve mineraller de dahil olmak üzere yoğurdun suda çözünen tüm bileşenlerini içermektedir. Oldukça besleyici olan bu sıvıda, çok az miktarda (<%0.5) yağ bulunmaktadır. Yayık ayranı, yoğurttaki laktik asit bakterilerini de ihtiva etmektedir (Atamer ve ark., 2004; Öztürkoğlu-Budak ve ark., 2021).

Yayık tereyağı, ülkemizde daha çok küçük aile işletmeleri veya küçük ölçekteki mandıralarda üretildiği için endüstriyel ölçekte bir yayık ayranı üretimi bulunmamaktadır (Koçak ve Avşar, 2010; Atamer, 2016). Oluşan yayık ayranı, üreticiler tarafından ayran adıyla yerel pazarlarda satılabildiği gibi çorbalara ve tarhanaya eklenebilir veya çökelek, sürk, kurut ve cacık gibi yöresel ürünlerin üretiminde kullanılabilir (Koçak ve Avşar, 2010; Şenel ve Atamer, 2015). Ayrıca, quark üretiminde de kullanılabilmektedir (Ferreiro ve ark., 2016; Öztürkoğlu-Budak ve ark., 2021).

3.2 Yayık ayranı peynirleri

Çökelek, ekşitilmiş süt, yoğurt veya yayık ayranının kaynatılması sonucu elde edilen pıhtının süzüldükten sonra işlenmesi ile ortaya çıkan bir peynir çeşididir. Bu peynir çeşidi, yayık tereyağı yapılan bölgelerde

özellikle yayık ayranı kullanılarak üretilmektedir. Tereyağı üretiminden arta kalan ürünün doğrudan ürüne işlenmesi nedeniyle oldukça ucuz maliyetlidir. Bu nedenle Doğu ve Güneydoğu'nın kırsal kesimlerinde Tulum ve Beyaz peynirden sonra en çok tüketilen peynirdir (Durlu-Özkaya ve Gün, 2014; Ergene ve Aslan, 2019; Şanlı ve Anlı, 2020; Gürsoy, 2021). Çökelek; Trakya ve Batı Anadolu bölgesinde "Ekşimik", Akdeniz ve Karadeniz bölgesinde "Keş", Doğu Anadolu bölgesinde "Cacık", Trabzon taraflarında ise "Minci/Minzi" adları ile bilinmektedir. Çoğunlukla Lor peyniri ile karıştırılsa da iki peynir arasında hammadde ve bileşim farklılığı bulunmaktadır (Say ve ark., 2020; Kalaycı ve ark., 2023).

Çökeleğin bileşimi yayık ayranının özelliklerine göre değişmektedir. Tuz, yoğurt veya yayık ayranının kaynatılması sırasında ya da süzülen pıhtının işlenmesi aşamasında eklenmektedir. Çökeleğin pH ve asitlik değerleri ise üretimde kullanılan yayık ayranına göre değişmektedir. Yayık ayranının yağ oranının düşük olması nedeniyle çökeleğin yağ oranı da düşüktür. Kalsiyum bakımından zengin olan çökelek, kazein ve serum proteinlerini yüksek oranda içermektedir. Bu yönü ile iyi bir hayvansal protein kaynağıdır. Çökelek taze olarak tüketildiği gibi deri tulum, küp ya da plastik kaplarda olgunlaştırılarak veya belirli boyutlarda şekil verildikten sonra kurutularak da tüketilebilir (Kavaz ve ark., 2012; Durlu-Özkaya ve Gün, 2014; Albay ve Şimşek, 2020). Farklı bölgelerde değişik isimlerle üretilen çökelek, üretim aşamaları bakımından büyük farklılıklar göstermese de içerik (Sürk) ve tekstür (Kurut) bakımından çeşitli farklılıklara sahiptir (Durlu-Özkaya ve Gün, 2014).

Kurut, yayık ayranının kaynatılmasından sonra elde edilen pıhtının süzme torbalarına alınarak suyunun süzülmesi ve süzülen pıhtının tuzlandıktan sonra şekillendirilmesi ile elde edilir. Tuzlama aşamasında isteğe bağlı olarak krema veya tereyağı da eklenebilmektedir. Yuvarlak, oval, dikdörtgen veya topaç şekiller (30-40 gram) verilen kurut, oda koşullarında 10-15 gün süreyle kurutulmaya bırakılmaktadır. Farklı ülkelerde Kashk (İran), Kişk (Lübnan), Jub-Jub (Suriye) ve Kuşuk (Irak) isimleriyle de bilinmektedir (Say ve ark., 2015; Dinçel ve Alçay, 2017; Anlı, 2022).

Sürk peyniri, yayık ayranının kaynatılması sonucunda elde edilen pıhtının, süzüldükten sonra tuz, biber salçası ve zahter (yaban kekiği) başta olmak üzere oldukça çeşitli baharatlar (kırmızı acı biber, nane, kimyon, kişniş, çakşır otu, mahlep, yenibahar, zencefil, karanfil, karabiber, tarçın, fesleğen, rezene, çörekotu gibi) ile yoğrulması sonucunda elde edilmektedir. Bu karışımdan alınan 150-200 gram ağırlığındaki parçalara konik şekiller verilerek oda koşullarına bırakılır. Sürk peyniri, açık havada 3-4 gün kurutulduktan sonra taze olarak veya 20-25 gün süreyle açık havada küflendirilerek tüketilmektedir. Bununla birlikte küçük toplar halinde hazırlanan sürk peynirleri zeytinyağı içerisinde bekletilerek de tüketilebilmektedir. Ülkemizde özellikle Hatay ve Antalya illerinde üretimi yapılmaktadır. Suriye'de, Lübnan'da ve Orta Doğu'da shanklish, shinklish, shankleesh veya sorke isimleri ile anılmaktadır. Sürk peyniri, 2018 yılında coğrafi işaret almıştır (Şenol ve Köse, 2015; Kürekçi ve ark., 2016; Çakmakçı ve Salık, 2021; Esen ve Turgay, 2022).

Pesküten, Sivas ve çevresinde yaygın olarak yayık ayranından üretilen bir üründür. Yayık ayranı kaynatıldıktan sonra elde edilen pıhtı ya kurutularak çorbalarda ya da kurutulmadan sarımsaklı yoğurt şeklinde tüketilebilmektedir (Bakırcı ve ark., 2015).

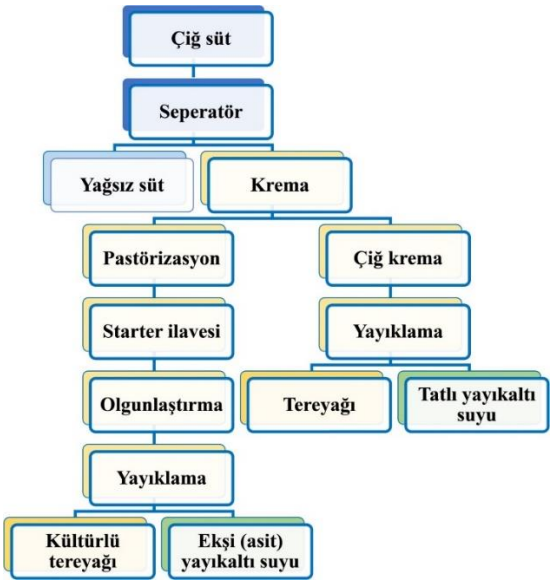
Cacık, Van ve çevresinde tereyağı üretiminden kalan yayık ayranının değerlendirilmesi ile elde edilen bir üründür. Yayık ayranının kaynatılması ile elde edilen pıhtı kitlesi, bez süzgeçlerde süzüldükten sonra sade veya belirli oranda yöresel ot ya da ot salamurası ile karıştırılarak üretilir. Van cacığı olarak anılan bu ürün, kahvaltılarda yenilebildiği gibi Van Otlu peyniri yapımında peynir katmanları arasına da konulur (Durlu-Özkaya ve Gün, 2007; Güneş ve Sancak, 2014).

3.3 Yayıkaltı

Tereyağı, dünya genelinde daha çok tatlı ve ekşi kremadan üretilirken ülkemizde ise küçük aile işletmeleri veya küçük ölçekteki mandıralarda yoğurttan (yayık tereyağı), endüstriyel işletmelerde ise kremadan (krema tereyağı) üretilmektedir (Sağdıç ve ark., 2002; Şenel ve ark., 2011; Karakuş ve ark., 2022; Eser ve İnanç, 2022).

Yayıkaltı (YA), tereyağı üretiminde ekşi veya tatlı kremanın yayıklanması ile ortaya çıkan, yüksek besin değeri ve emülsifiye etme kapasitesine sahip sıvı bir fazdır (Şekil 4) (Ferraire ve ark., 2020). YA'nın besinsel bileşimi ve işlevsel özellikleri yayıklanan kremanın hangi mevsimde elde edildiğine, kremanın özelliklerine, kullanılan yayık tipi ve kremanın yayıklanma şekline göre farklılık göstermektedir (Yıldırım ve Güzeler, 2013; Hameed ve ark., 2023).

Yayıkaltı; %3.5-4.9 laktoz, %2.7-3.8 protein (kazein ve serum proteinleri), %0.3-1.0 yağ, %0.6-0.7 kül, %0.5 laktik asit ve %0.1-0.2 oranında polar lipit (fosfolipitler, sfingolipitler) içermektedir. YA, tam yağlı sütten yaklaşık 5 kat fazla miktarda polar lipit içermektedir (Gebreselassie ve ark., 2016; Oliveira ve ark., 2019). Yağ haricindeki bileşimi yağsız sütün bileşimi ile benzerlik gösterse de kremanın yayıklanması sırasında süt yağı globül membranlarının (SYGM) büyük çoğunluğunun yayıkaltına geçmesine bağlı olarak YA'nın fosfolipit içeriği artmaktadır. Tereyağı üretimi sırasında fosfolipitlerin %75'inden fazlasının yayıkaltına geçtiği bildirilmiştir. SYGM özellikle fosfolipitler ve membran proteinleri açısından oldukça zengindir. Kremadaki yağ oranı arttıkça YA'daki fosfolipitlerin miktarı da artmaktadır (Morin ve ark., 2007; Conway ve ark., 2014; Oliveira ve ark., 2019; Pastukh ve Zhukova, 2021; Touhami ve ark., 2023).



Şekil 4. Yayıkaltı suyu üretimi

Kremada bulunan suda çözünür özellikteki bileşiklerin büyük çoğunluğu ile bir miktar süt yağının yayıkaltına geçmesine bağlı olarak, YA'nın süt yağı globül membran bileşenleri, protein (lisin, metionin, izolösin ve triptofan), fosfolipid, lesitin ve diasetil içeriği oldukça zengindir. Bu bileşenler YA'nın biyoyararlılığını yükseltmektedir. YA, zengin besin içeriği ve teknolojik avantajları sebebiyle gıda maddelerinde yağ ikamesi, protein oranını artırma, emülsifikasyon ve stabilizasyon amaçlarıyla kullanılmaktadır (Conway ve ark., 2014; Özcan ve Demiray-Teymuroğlu, 2020; Pastukh ve Zhukova, 2021).

3.3.1 Tatlı yayıkaltı

Yayıkaltı, asitliğe bağlı olarak tatlı ve ekşi yayıkaltı olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Tatlı yayıkaltı, fermente edilmemiş (çiğ) kremanın tereyağına işlenmesi ile elde edilmektedir. Ticari yayıkaltı olarak da bilinmektedir. Tatlı YA'nın kimyasal bileşimi, tereyağı üretim teknolojisine ve mevsimine bağlı olarak değişiklik gösterse de yağsız süt bileşimi ile benzerlik göstermektedir. Tatlı YA; %48.7 laktoz, %31.5 toplam azot, %13.1 yağ, %6.7 kül ve %1.27 oranında fosfolipit (SYGM'den gelen) içermektedir. pH'sı yaklaşık olarak 6.61'dir (Sonidi ve ark., 2006; Kumar ve ark., 2015; Barukčić ve ark., 2019).

Tatlı tereyağı üretiminden elde edilen yayıkaltının, tat ve aroması ekşi yayıkaltına göre düşüktür. Bu özelliği nedeniyle endüstriyel olarak işlenebilirliği daha kolaydır. Bu yayıkaltı çeşidi; yayıkaltı tozu, yayıkaltı bazlı içeceklerin, fırıncılık, bisküvi, bebek maması vb. ürünlerin, peynir, yoğurt, ayran, dondurma gibi ürünlerin üretiminde, hayvan yemi

üretiminde değerlendirilmektedir (Şenel, 2020; Pastukh ve Zhukova, 2021).

3.3.2 Ekşi yayıkaltı

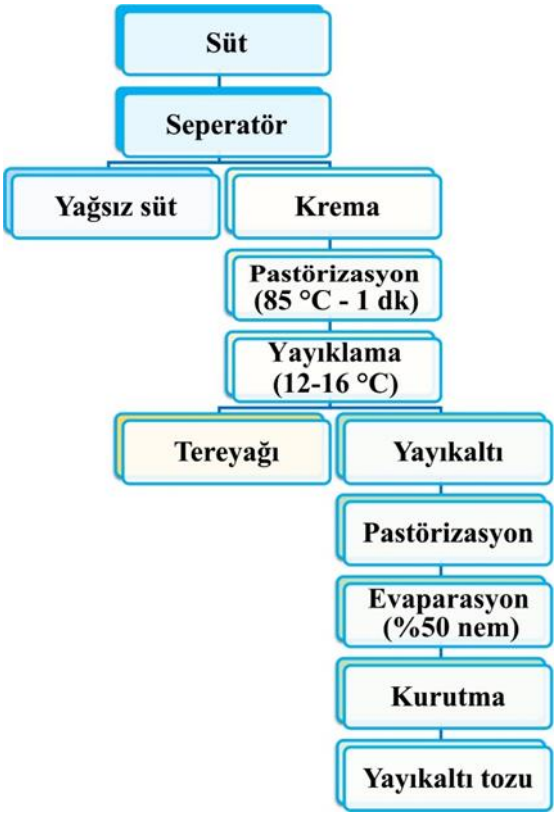
Ekşi yayıkaltı, kültürlü kremanın veya mezofilik laktik asit bakterileri "*Lactococcus lactis* ssp. *lactis, Lac. lactis* ssp. *cremoris, Lac. lactis* ssp. *lactis* biovar *diacetylactis ve Leuconostoc mesenteroides* ssp. tarafından fermente edilmiş kremanın yayıklanması ile elde edilen bir üründür (Skryplonek ve ark., 2019). Fermente yayıkaltı olarak da anılan ekşi yayıkaltı; %43.7 laktoz, %27.8 toplam azot, %22.3 yağ, %6.2 kül ve %1.15 oranında fosfolipit (SYGM'den gelen) içermektedir. Bu yayıkaltının pH'sı yaklaşık olarak 5.39'dur (Sodini ve ark., 2006). İçerisindeki laktoz kültürler tarafından fermente edildiği için laktoz intöleransı olan bireyler rahatlıkla kullanabilmektedir (Darshane, 2019).

3.4 Yayıkaltı kullanılarak üretilen ürünler

3.4.1 Yayıkaltı tozu

Yayıkaltının raf ömrünü uzatmak, ürünün taşınabilirliğini ve depolanmasını kolaylaştırmak ve ayrıca katma değerini yükseltmek için teknolojiden faydalanılarak toz haline getirilmesi sağlanmıştır (Sharma ve ark., 2012; Atamer, 2016). Yayıkaltı tozu; tereyağının yayıklanmasından sonra elde edilen tatlı veya ekşi yayıkaltından suyun uzaklaştırılması ile nemin maksimum %5.0'e, yağ oranının ise minimim %4.5'e standardize edilmesiyle elde edilen üründür. Endüstriyel üretimde özellikle tatlı yayıkaltı suyu kullanılmaktadır. Yayıkaltı tozu pastörize edildikten sonra evaporasyon ile fazla suyu uzaklaştırılır ve

konsantre kısım genellikle sprey kurutuculardan faydalanılarak toz hale getirilir (Şekil 5). Yayıkaltı tozunun kurumaddedeki protein oranı en az %30'dur (Smith, 2008, Salas-Bringas ve ark., 2010; Chandan, 2011).



Şekil 5. Yayıkaltı tozu üretimi

Yayıkaltı tozu, yayıklama aşamasında meydana gelen mekanik etki nedeniyle önemli düzeyde SYGM proteini ve fosfolipit içermektedir. Bu yönü ile yağsız ve yağlı süt tozlarından ayrılmaktadır. Yayıkaltı suyu tozu, yağsız süt tozundan daha yüksek oranda süt yağı içermektedir. Fosfolipitlerin varlığı, yayıkaltı tozunun raf ömrünü önemli ölçüde azaltmaktadır. Yayıkaltı tozunun depolanması aşamasında fosfolipitlerin

okside olması ile istenmeyen kokular oluşabilir ve bu da duyusal kusurlarına neden olur (Demir ve ark., 2009; Chandan, 2011, Ann Augustin ve Clarke, 2011).

Yayıkaltı tozu; fermentasyonu, su absorpsiyonunu, tekstürü iyileştirmesi nedeniyle yoğurt ve peynir üretimde, arzu edilen kabuk rengi oluşumu bayatlamayı geciktirmesi nedeniyle fırıncılık ürünlerinde, yapısında bulunan emülgatör özellikteki SYMG bileşenleri nedeniyle dondurma, çikolata, eritme peynir ve salata sosları gibi birçok gıda maddesinin formülasyonunda kullanılmaktadır. Ayrıca, yoğurt ve peynir üretiminde yağ ikamesi olarak da tercih edilmektedir. SYGM bileşenleri olan fosfolipit ve glikolipid bileşenlerinden zengin olması sebebiyle bebek mamaları ve diğer nötrasötik ürünlerin üretiminde de kullanılabileceği bildirilmiştir (Hickey ve ark., 2018; Gomes ve ark., 2021; Özsungur ve ark., 2022).

3.4.2 Yayıkaltı bazlı içecekler

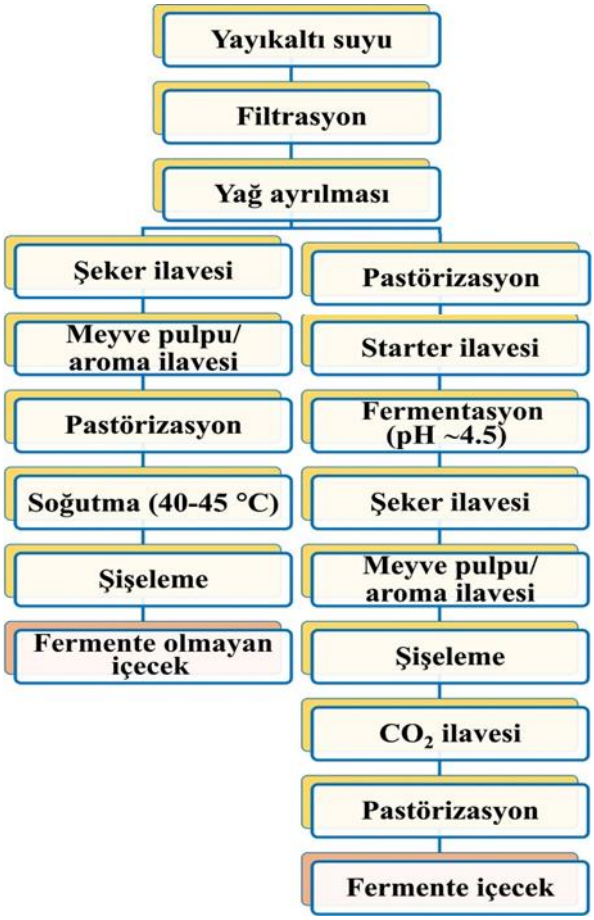
Yayıkaltı bileşenleri, emülsifiye etme kapasitesi ve lezzet üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle gıda endüstrisinde sıvı veya çoğunlukla toz halinde kullanılan bir süt ürünüdür. Yayıkaltından üretilen içecekler, katı partikülleri ve yağı ayrıldıktan sonra pastörize edilen sıvıdan üretilebileceği gibi yayıkaltı tozu kullanılarak da üretilmektedir. Yayıkaltı suyu kullanılarak üretilen içeceklerde daha çok tatlı yayıkaltı suyu tercih edilmektedir. Yayıkaltı içeceği Hindistan'ın kuzey ve güney kesimlerinde yaygın olarak "Lassi" olarak bilinirken, ülkenin doğu bölgesinde "Ghola" veya "Matha" olarak bilinir. Amerika Birleşik Devletleri'nde, daha düşük yağ ve kolesterol içeriği nedeniyle asitli

(karbonatlı) serinletici bir içecek olarak popüler hale gelmiştir (Shaikh ve Rathi, 2009; Mudgil ve Barak, 2019).

Yayıkaltı veya yayıkaltı tozu kullanılarak meyve katkılı, fonksiyonel bileşen katkılı (C vitamini, demir, diyet lifi gibi) veya gazlı (karbonatlı); tatlı veya ekşi içecekler üretilmektedir. Dünyadaki modern yaşam standardı ve tüketicilerin bilgisinin artmasına paralel olarak biyolojik ve işlevsel değeri olan gıdaların tüketimi artmaktadır. Yayıkaltı veya yayıkaltı tozu kullanılarak üretilen bu fonksiyonel içeceklerin protein içeriği ve biyoaktif bileşenleri yüksektir. Yayıklama sırasında SYGM bileşenlerince de zenginleşen yayıkaltı suyu ile üretilen bu içeceklerin sağlık üzerine olumlu etkileri vardır (Mudgil ve Barak, 2016; Barukčić ve ark., 2019; Öğe ve Karagül-Yüceer, 2021). Şekil 6'da yayıkaltı suyundan üretilen içeceklerin akım şeması verilmiştir.

3.4.2.1 Meyveli yayıkaltı içecekleri

Filtrasyon ve ultrafiltrasyon gibi teknikler ile viskozitesi düşürülen yayıkaltı suyuna belirli oranda meyve suyu veya pulpu ile şeker eklenerek pastörizasyon işlemine tabi tutulur. Pastörizasyon sonrasında dolum sıcaklığına getirilen ürünler şişelenip depolanmaktadır. İstenmesi halinde starter kültürler eklenerek fermente yayıkaltı içeceği olarak da satışa sunulabilmektedir. Ananas, mango, portakal ve aleovera içerikli yayıkaltı içecekleri mevcuttur (Prashanth ve ark., 2018; Barukčić ve ark., 2019).



Şekil 6. Yayıkaltı suyu içeceği akım şeması

3.4.2.2 Karbonatlı yayıkaltı içecekleri

Üretilen yayıkaltı içeceklerine karbondioksit eklenmesi ile karbonatlı içecekler olarak anılmaktadırlar. Sade veya meyve aromalı olabilirler. Bu içeceklere karbondioksit eklenmesi ürünün raf ömrünü artırdığı gibi ürünün duyusal özelliğini de artırarak daha serin bir his vermektedir (Shaikh ve Rathi, 2009; Newbold ve Koppel, 2018).

3.4.2.3 Fonksiyonel yayıkaltı içecekleri

Yayıkaltı, yüksek besin değeri nedeniyle sağlıklı bir gıda olarak kabul edilir ancak diyet lifi ve bazı vitaminler gibi besin maddeleri açısından fakirdir. Yayıkaltı içecekleri diyet lifi, demir, C vitamini bakımından eksiktir. Bu ürünler çözünür lif veya guar gamı gibi bazı fonksiyonel bileşenler ile zenginleştirilerek hem beslenme hem de fonksiyonel özellikleri artırılabilir. Ürünün fonksiyonel özelliğini arttırmak için probiyotik ve prebiyotik bileşenler de kullanılmaktadır (Sheth ve Hirdyani, 2016; Ali, 2018. Türkmen ve ark., 2019, Sharma ve ark., 2021; Kumari ve ark., 2022).

3.4.3 Süt Yağı Globül Membran Bileşenleri

Süt yağı, süt yağı globül membranı (SYGM) olarak adlandırılan üç katmanlı bir globül zarı ile çevrilidir. Sütteki doğal süt yağı globüllerinin büyüklük, bileşim, yapı ve salgılanması ile ilgili özellikler meme bezi hücreleri tarafından belirlenmektedir. Süt yağı globül membranı, esas olarak polar lipitler ve spesifik membran yağ globül proteinlerinden oluşan çok küçük yağ globülleri ile çevrelenmiş, lipit ve proteinden oluşan karmaşık bir biyolojik membrandır. Yaklaşık 10-20 nanometrelik kesite sahip olan bu membran, bir emülgatör görevi görür ve yağ küreciklerini birleşme ve enzimatik bozunmadan korumaktadır. SYGM; proteinler, glikoproteinler, fosfolifidler (gliserofosfolipidler, sfingolipidler), kolesterol ve enzimler açısından oldukça zengindir (Gantner ve ark., 2015, Phan ve ark., 2016; Punia ve Tokas, 2019, da Silva ve ark., 2021).

SYGM bileşenleri, özellikle insan sağlığı açısından besleyici yönlerinin olması nedeniyle ilgi odağı haline gelmiştir. SYGM'ların sağlık üzerine anti-kanserojen, anti-bakteriyel, anti-viral, anti-oksidan, anti-inflamatuar, kan basıncı ve kolesterol düşürücü, kalp-damar rahatsızlıklarını önleyici ve multipl sklerozu (MS) baskılayıcı etkileri vardır (Punia ve Tokas, 2019, Özcan ve Demiray-Teymuroglu, 2020).

Yayıkaltından SYGM bileşenlerinin izole edilebilmesi için öncelikle kazeinin uzaklaştırılması gerekmektedir. Kazein misellerini uzaklaştırmak için sodyum sitrat, rennet, laktik asit bakterisi veya asitliği düzenleyici bir bileşenden yararlanılır. Yayıkaltından SYGM bileşenlerinin izolasyonunda; santrifüjleme, membran filtrasyon, çözücü ekstraksiyonu ve enzimatik yöntemler kullanılmaktadır. Santrifüjleme ile bileşenlerin yoğunluk farkından faydalanılarak SYGM bileşenlerinin ayrılması sağlanmaktadır. Membran filtrasyon sistemlerinde belirli gözenek boyutlarına sahip membran filtreler kullanılarak SYGM bileşenleri geri kazanılmaktadır. SYGM bileşenlerinin çeşitli çözücülerle ekstraksiyonunda, YA'daki yağ içeriğini çözmek için belirli çözücülerin kullanılması gerekmektedir. Akabinde ise çözücünün buharlaştırması ile SYGM bileşenlerinin yağdan ayrılması hedeflenmektedir. Enzimatik izolasyonda ise süt bileşenlerinin seçici olarak parçalanması ve SYGM bileşenlerinin izole edilmesi istenmektedir. Bu yöntemler, SYMG bileşenlerini yayıkaltından izole etmek ve saflaştırmak için ayrı ayrı veya kombinasyon halinde kullanılabilir. İzole edilmiş SYGM bileşenleri, potansiyel sağlık yararları nedeniyle sıklıkla bebek formüllerinde, besin takviyelerinde

veya fonksiyonel gıdalarda kullanılırlar (Singh, 2006; Le ve ark., 2014; da Silva ve ark., 2021; Asaduzzaman ve ark., 2023).

4. SONUÇ

Süt endüstrisinde hammadde olan sütün, ürüne işlenmesi sırasında en çok oluşan yan ürünler peynir üretimi sırasında açığa çıkan peynir altı suyu ve tereyağı üretimi sırasında açığa çıkan yayıkaltıdır. PAS ve YA içerisinde biyolojik ve ticari değerleri oldukça yüksek olan bileşenler vardır. Bu sütçülük yan ürünlerinden bazı faydalı bileşenler izole edilip ayrıştırılarak ticarileştirilebildiği gibi, çeşitli PAS ve YA ürünleri olarak da tüketicilere sunulmaktadır. Biyolojik ve ticari değeri oldukça yüksek olan bu ürünlerden yeterli düzeyde geri kazanımın elde edilmesi hem beslenme ve sağlığımız için hem ülke ekonomisi için hem de çevre kirliliğini önlemek için oldukça önemlidir.

KAYNAKLAR

Abd El-Salam, M.H, El-Shibiny, S., Salem, A. (2009). Factors affecting the functional properties of whey protein products: a review. *Food Reviews International* 25: 251-270.

Aguero, R., Bringas, E., Román, S.M.F., Ortiz, I., Ibañez, R. (2017). Membrane processes for whey proteins separation and purification a review. *Current Organic Chemistry* 21 (17): 1740-1752.

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.

Akdeniz, V., Dinkçi, N., Akalın, A. S. (2023). Peynir Altı Suyunun Değerlendirilmesi: Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeler için Yeni Eğilimler. In *III. Ulusal Sütçülük Kongresi (USKO)*. 5-6 Ekim, P. 16-17. Ankara, Türkiye.

Alane, D., Raut, N., Kamble, D.B., Bhotmange, M. (2017). Studies on preparation and storage stability of whey based mango herbal beverage. *International Journal of Chemical Studies* 5 (3): 237-241.

Albay, Z., Şimşek B. (2020). Yalvaç ve Süt ve Süt Ürünleri. In: Yalvaç Kent Araştırmaları, Çizgi Kitabevi Yayınları, Konya.

Ali, A. H. (2018). Current knowledge of buttermilk: Composition, applications in the food industry, nutritional and beneficial health characteristics. *International Journal of Dairy Technology*, *72*(2), 169-182.

Alichanidis, E., Polychroniadou, A. (2008). Characteristics of major traditional regional cheese varieties of East-Mediterranean countries: A review. *Dairy Science and Technology* 88 (4): 495-510.

Andritsos, N.D., Mataragas, M. (2023). Characterization and Antibiotic Resistance of *Listeria monocytogenes* Strains Isolated from Greek

Myzithra Soft Whey Cheese and Related Food Processing Surfaces over Two-and-a-Half Years of Safety Monitoring in a Cheese Processing Facility. *Foods* 12 (6): 1200.

Anlı, E. A., Şanlı, T., Şenel, E. (2020). Yoğurt ve Kefir Kullanılarak Üretilen Tereyağlarının Bazı Özelliklerinin İncelenmesi. *Gıda* 45 (3): 461-472.

Anlı, E. A. (2022). Impact of Vacuum Assisted Oven Drying of Kurut on Product Quality and Drying Characteristics. *Applied Sciences,* 12 (21): 11228.

Asaduzzaman, M., Haque, M. E., Haque, M. A., Mahomud, M. S., Alam, M. R. (2023). Emulsification potential of milk fat globule membrane material microfiltrated from buttermilk whey. *International Food Research Journal,* 30 (2): 334-342.

Atamer, M., Gürsoy, A., Öztekin, Ş., Şenel, E. (2004). Determination of Some Carbonyl Compounds in Yayık Tereyağı. *International Dairy Symposium. Recent Developments in Dairy Science and Technology*, P.174-175, Isparta, Türkiye.

Atamer, M. 2016. Tereyağ Teknolojisi. Sidas Medya, Ankara.

Ataseven, Y. Z. (2023). Durum ve Tahmin Süt ve Süt Ürünleri 2023. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü-TEPGE Yayınları, Ankara. TEPGE Yayın No: 357.

Athira, S., Mann, B., Saini, P., Sharma, R., Kumar, R., Singh, A.K. (2015). Production and characterisation of whey protein hydrolysate having antioxidant activity from cheese whey. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 95 (14): 2908-2915.

Bacenetti, J., Bava, L., Schievano, A., Zucali, M. (2018). Whey protein concentrate (WPC) production: Environmental impact assessment. *Journal of Food Engineering* 224: 139-147.

Bakırcı, İ. Dağdemir, E., Bakırcı, S., Yıldız, N. (2015), Some pysicochemical properties of Pesküten and butter from home-made yogurt in Erzurum

province, The 3rd International Symposium on "Traditional Foods from Adriatic to Caucasus, Sarajevo, Bosnia And Herzegovina, pp.213, 201.

Barukčić, I., Jakopović, K. L., Božanić, R. (2019). Whey and buttermilk—neglected sources of valuable beverages. In Natural beverages, Academic Press.

Bintsis, T., Papademas, P. (2023). Sustainable Approaches in Whey Cheese Production: A Review. *Dairy* 4 (2): 249-270.

Brück, W.M., Kelleher, S.L., Gibson, G.R. Nielsen, K.E., Chatterton, D.E., Lönnerdal, B. (2003). rRNA probes used to quantify the effects of glycomacropeptide and α-lactalbumin supplementation on the predominant groups of intestinal bacteria of infant rhesus monkeys challenged with enteropathogenic *Escherichia coli. Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition* 37 (3): 273-280.

Buckley, J.D., Thomson, R.L., Coates, A.M., Howe, P.R.C., DeNichilo, M.O., Rowney, M.K. (2010). Supplementation with a whey protein hydrolysate enhances recovery of muscle force-generating capacity following eccentric exercise. *Journal of Science and Medicine in Sport* 13 (1): 178-181.

Chandan, R. C. (2011). Dairy ingredients for food processing: an overview. In Dairy ingredients for food processing, 3-33.

Chatterton, D.E.W., Smithers, G., Roupas, P., Brodkorb, A. (2006). Bioactivity of β-lactoglobulin and α-lactalbumin—Technological implications for processing. *International Dairy Journal* 16 (11): 1229-1240.

Chavan, R.S., Shraddha, R.C., Kumar, A., Nalawade, T. (2015). Whey Based Beverage: Its Functionality, Formulations, Health Benefits and Applications. *Food Processing & Technology* 6 (10): 1000495.

Cheang, B., Zydney, A.L. (2004). A two-stage ultrafiltration process for fractionation of whey protein isolate. *Journal of Membrane Science* 231 (1–2): 159-167.

Cheng, S., Hummel, M., Dahal, B., Gu, Z., Kharel, P., Martínez-Monteagudo, S.I. (2020). A two-step process for the synthesis of sweetening syrup from aqueous lactose. *LWT* 117: 108659.

Cheng, S., Martínez-Monteagudo, S.I. (2018). Hydrogenation of lactose for the production of lactitol. *Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering* 14 (1): e2275.

Chen, G.Q., Qu, Y., Gras, S.L., Kentish, S.E. (2023). Separation Technologies for Whey Protein Fractionation. *Food Engineering Reviews* 15: 438-465.

Chen, X.Y., Gänzle, M.G. (2017). Lactose and lactose-derived oligosaccharides: More than prebiotics? *International Dairy Journal* 67: 61-72.

Chokshi, K., Pancha, I., Ghosh, A., Mishra, S. (2016). Microalgal biomass generation by phycoremediation of dairy industry wastewater: an integrated approach towards sustainable biofuel production. *Bioresource technology*, 221: 455-460.

Conway, V., Gauthier, S. F., Pouliot, Y. (2014). Buttermilk: much more than a source of milk phospholipids. *Animal Frontiers* 4 (2): 44-51.

Corrêa, A.P.F., Daroit, D.J., Coelho, J., Meira, S.M.M., Lopes, F.C., Segalin, J., Risso, P.H., Brandelli, A. (2011). Antioxidant, antihypertensive and antimicrobial properties of ovine milk caseinate hydrolyzed with a microbial protease. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 91: 2247-2254.

Crowley, S.V., Molitor, M.S., Kalscheuer, R., Lu, Y., Kelly, A.L., O'Mahony, J.A., Lucey, J.A. (2018). Size classification of precipitated calcium phosphate using hydrocyclone technology for the recovery of minerals from deproteinised acid whey. *International Journal of Dairy Technology* 72 (1): 142-151.

Cruz, C.Z.P., Mendonça, R.J., Guimaraes, L.H.Z., Ramos, M.A.S., Garrido, S.S., Paula, A.V., Monti, R., Massolini, G. (2020). Assessment of the

Bioactive Potential of Cheese Whey Protein Hydrolysates Using Immobilized Alcalase. *Food and Bioprocess Technology* 13: 2120-2130.

Çakmakçı, S., Salık, M. A. (2021). Türkiye'nin coğrafi işaretli peynirleri. *Akademik Gıda*, 19 (3): 325-342.

da Silva, R. C., Colleran, H. L., Ibrahim, S. A. (2021). Milk fat globule membrane in infant nutrition: a dairy industry perspective. *Journal of Dairy Research* 88 (1): 105-116.

Dande, K.G., Gaikwad, S.M. (2017). Effect of Different Levels of Spinach Juice on Spinach Juice Whey Beverage. *International Jouranal of innovative Research in Science, Engineering and Technology* 6 (8): 17334-17337. 23476710.

Darshane, P. (2019). Buttermilk As A Possible Glycotoxins'eliminator: A Revıew. *International Journal of Current Medical and Pharmaceutical Research* (5): 10(A) 4571-4575.

Demir, M. K., Elgün, A., Argun, M. Ş. (2009). Sütçülük yan ürünlerinden peynir altı, yayık altı ve süzme yoğurt suları katkılarının bazı ekmek özelliklerine etkileri üzerine bir araştırma. *Gıda*, 34 (2): 99-106.

Dinçel, E., Alçay, A. Ü. (2017). Kurut ve Türk mutfağında kullanımı. *Aydın Gastronomy* 1 (2): 31-39.

Djurić, M., Carić, M., Milanović, S., Tekić, M., Panić, M. (2004). Development of whey-based beverages. *European Food Research and Technology* 219: 321-328.

Durlu-Özkaya, F., Gün, İ. (2007). Anadolu'da peynir kültürü. ICANAS, Uluslararası Asya ve Kuzey Afrika Çalışmaları Kongresi, 10-15.

Durlu-Özkaya, F., Gün, İ. (2014). Aroma compounds of some traditional Turkish cheeses and their importance for Turkish cuisine. *Food and Nutrition Sciences* 5: 425-434.

El-Salam, M.H.A. (2010). Separation of casein glycomacropeptide from whey: methods of potential industrial application. *International Journal of Dairy Science* 5 (3): 234-240.

Ergene, G., Arslan, S. (2019). Chemical and sensory characteristics of dried Çökelek cheeses at different temperatures. *Journal of Food Processing and Preservation* 43 (6): e13985.

Esen, Y., Turgay, Ö. (2022). Sürk peynirinden izole edilen küflerin PCR yöntemiyle tanımlanması. *Gıda* 47 (1): 136-146.

Eser, I. H., İnanç, A. L. (2022). Farklı Yöntemlerle Anadolu Manda Tereyağı Üretimi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 19 (1): 215-226.

Farías, M., Martinez, M., Pilosof. A. (2010). Casein glycomacropeptide pH-dependent self-assembly and cold gelation. *International Dairy Journal* 20: 79-88.

Ferreira, L., Borges, A., Gomes, D., Dias, S., Pereira, C., Henriques, M. (2022). Adding value and innovation in dairy SMEs: From butter to probiotic butter and buttermilk. *Journal of Food Processing and Preservation* 46 (8): e14867.

Ferreiro, T., Martínez, S., Gayoso, L., Rodríguez-Otero, J. L. (2016). Evolution of phospholipid contents during the production of quark cheese from buttermilk. *Journal of Dairy Science* 99 (6): 4154-4159.

Ganju, S., Gogate, P.R. (2017). A review on approaches for efficient recovery of whey proteins from dairy industry effluents. *Journal of Food Engineering* 215: 84-96.

Gantner, V., Mijić, P., Baban, M., Škrtić, Z., Turalija, A. (2015). The overall and fat composition of milk of various species. *Mljekarstvo* 65 (4): 223-231.

Gantumur, M.A., Sukhbaatar, N., Shi, R., Hu, J., Bilawal, A., Qayum, A., Tian, B., Jiang, Z., Hou, J. (2023). Structural, functional, and physicochemical

characterization of fermented whey protein concentrates recovered from various fermented-distilled whey. *Food Hydrocolloids* 135: 108130.

Garcia, M.M.E., Pereira, C.J.D., Freitas, A.C., Gomes, A.M.G., Pintado, M.M.E. (2022). Development and Characterization of a Novel Sustainable Probiotic Goat Whey Cheese Containing Second Cheese Whey Powder and Stabilized with Thyme Essential Oil and Sodium Citrate. *Foods* 11 (17): 2698.

García-Casas, V.E., Seiquer, I., Pardo,Z., Haro, A., Recio, I., Olías, R. (2022). Antioxidant Potential of the Sweet Whey-Based Beverage *Colada* after the Digestive Process and Relationships with the Lipid and Protein Fractions. *Antioxidants* 11 (9): 1827.

Gebreselassie, N., Abrahamsen, R. K., Beyene, F., Abay, F., Narvhus, J. A. (2016). Chemical composition of naturally fermented buttermilk. *International Journal of Dairy Technology* 69 (2): 200-208.

Ghanimah, M.A. (2018). Functional and technological aspects of whey powder and whey protein products. *International Journal of Dairy Technology* 71 (2): 454-459.

Gomes, E. R., de Oliveira, M. B., Renhe, I. R. T., Stephani, R., de Carvalho, A. F., de Souza, A. B., Pombo, A. F. W. (2021). Addition of buttermilk powder to yogurt: effects on particle size, microstructure and texture. *Research, Society and Development* 10 (11): e154101119404-e154101119404.

Gündoğdu, E., Çakmakçı, S. (2020). Farklı Starter Kültürler ile Yoğurt ve Kremadan Üretilen Tereyağlarının Oksidasyon Stabilitesi ve Bazı Özellikleri. *Akademik Gıda* 18 (3): 279-287.

Güneş, R. M., Sancak, Y. C. (2014). Van kahvaltı salonlarında tüketime sunulan cacıkların mikrobiyolojik kalitesi. *Van Veterinary Journal* 25 (2): 31-35.

Gürsoy, A. (2021). Geleneksel bir süt ürünü: çökelek peyniri. *Türk Tarım ve Orman Dergisi* 268: 68-71.

Han, X., Liang, Z., Tian, S., Liu, L., Wang, S. (2022). Epigallocatechin gallate (EGCG) modification of structural and functional properties of whey protein isolate. *Food Research International* 158: 111534.

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.

He, Z., Ma, T., Zhang, W., Su, E., Wang,Y. (2021). Heat-induced gel formation by whey protein isolate-lycium barbarum polysaccharides at varying pHs. *Food Hydrocolloids* 115 (4): 106607.

Hernandez-Ledesma, B., Davalos, A., Bartolome, B., Amigo, L. (2005). Preparation of antioxidant enzymatic hydrolysates from alpha-lactalbumin and beta-lactoglobulin. Identification of active peptides by HPLC–MS/MS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53: 588-593.

Hernández-Sánchez, H. (2023). Effect of Nonthermal Processing on the Structural and Techno-Functional Properties of Bovine α-Lactalbumin. *Food Engineering Reviews* 15: 187-195.

Hickey, C. D., O'Sullivan, M. G., Davis, J., Scholz, D., Kilcawley, K. N., Wilkinson, M. G., & Sheehan, J. J. (2018). The effect of buttermilk or buttermilk powder addition on functionality, textural, sensory and volatile characteristics of Cheddar-style cheese. *Food Research International* 103: 468-477.

Hogan, S.A., Chaurin, V., O'Kennedy, B.T., Kelly, P.M. (2012). Influence of dairy proteins on textural changes in high-protein bars. *International Dairy Journal* 26: 58-65.

Hugenschmidt, S., Schwenninger, S.M., Gnehm, N., Lacroix, C. (2010). Screening of a natural biodiversity of lactic and propionic acid bacteria for folate and vitamin B12 production in supplemented whey permeate. *International Dairy Journal* 20 (12): 852-857.

Irkin, R. (2019). Natural Beverages: Natural Fermented Beverages. Woodhead Publishing, USA.

Jeewanthi, R.K.C., Lee, N-K., Paik, H-D. (2015). Improved Functional Characteristics of Whey Protein Hydrolysates in Food Industry. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources* 35 (3): 350-359.

Jeličić, I., Božanić, R., Tratnik, L. (2008). Whey-based beverages- a new generation of diary products. *Mljekarstvo* 58 (3): 257-274.

Jiang, Z., Huangfu, Y., Jiang, L., Wang, T., Bao, Y., Ma, W. (2023). Structure and functional properties of whey protein conjugated with carboxymethyl cellulose through maillard reaction. *LWT* 174: 114406.

Joshi, J., Gururani, G., Vishnoi, S., Srivastava, A. (2020). Whey Based Beverages: A Review. *Octa Journal of Biosciences* 8 (1): 30-37.

Kalaycı, N., Ürkek, B., Öztürk, F., Şengül, M., Çiftçi, E. (2023). Determination of Elemental Contents and Microbiological and Chemical Properties of Çökelek Cheeses Consumed in Turkey. *Biological Trace Element Research* 201 (6): 3069-3076.

Karakuş, M. S., Akgül, F. Y., Korkmaz, A., Atasoy, A. F. (2022). Evaluation of fatty acids, free fatty acids and textural properties of butter and sadeyag (anhydrous butter fat) produced from ovine and bovine cream and yoghurt. *International Dairy Journal* 126: 105229.

Karim, A., Aider, M. (2022). Production of prebiotic lactulose through isomerisation of lactose as a part of integrated approach through whey and whey permeate complete valorisation: A review. *International Dairy Journal* 126: 105249.

Kavaz, A., Arslaner, A., Bakirci, I. (2012). Comparison of quality characteristics of Çökelek and Lor cheeses. *African Journal of Biotechnology* 11 (26): 6871-6877.

Koçak, C., Avsar, Y. K. (2010). Ayran: Microbiology and Technology. In Development and Manufacture of Yogurt and Functional Dairy Products. Boca Raton, US, 123-141.

Kotoulas, A., Agathou, D., Triantaphyllidou, I.E., Tatoulis, T.I., Akratos, C.S., Tekerlekopoulou, A.G., Vayenas, D.V. (2019). Second Cheese Whey Treatment Using Zeolite under Continuous Flow Mode and Its Application on Wheat Growth. *Water* 11*:* 928.

Koyuncu, M., Tunçtürk, Y. (2014). Sütçülük Atık Sularının Arıtılma Gereksinimi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 19 (1-2): 88-93.

Köse, Ş., Ocak, E. (2015). Geleneksel Sürk Peynirinde Bazı Karakteristik Özelliklerin Belirlenmesi. Akademik Gıda, 13 (2).

Kumar, R., Kaur, M., Garsa, A. K., Shrivastava, B., Reddy, V. P., Tyagi, A. (2015). Natural and cultured buttermilk. In Fermented milk and dairy products, 203-225.

Kumari, S., Sharma, S. P., Verma, M., Raj, D., Solanki, D., Singh, S. A. (2022). Review on Impact of Carbonated Milk Beverages on Human Health. *International Journal of Health Sciences* (I), 6309-6318.

Kürekci, C., Arkadaş, M., Avşar, Y. K. (2016). Occurrence, genetic characterization and antimicrobial resistance of extended spectrum β-lactamase producing *Escherichia coli* isolated from Sürk samples, a traditional Turkish cheese. *Journal of Food Measurement and Characterization* 10: 709-714.

Lavelli, V., Beccalli, M.P. (2022). Cheese whey recycling in the perspective of the circular economy: Modeling processes and the supply chain to design

the involvement of the small and medium enterprises. *Trends in Food Science & Technology* 126: 86-98.

Le, T. T., Van Camp, J., Dewettinck, K. (2014). Milk fat globule membrane material: Isolation techniques, health-beneficial properties, and potential applications. *Studies in Natural Products Chemistry*, 41: 347-382.

Lemiasheuski, V. O., Özcan, M. M., Ostrenko, K. S. (2021). Milk and milk by products and alternative assessment methods.

Leng, D., Bulduk, B., Widmer, T., Wiborg, O., Sanchez-Felix, M., Löbmann K. (2023). Protein Based Amorphous Solid Dispersion: a Case Study Investigating Different Whey Proteins at High Drug Loading. *Phamaceutical Research* 40:1865-1872.

Li, C., Song, X., Hein, S., Wang, K. (2010). The separation of GMP from milk whey using the modified chitosan beads. *Adsorption* 16: 85-91.

Ljoljić, D.B., Kalit, S., Kazalac, J., Špehar, I. D., Žulj, M.M., Bandić, L.M., Kalit, M.T. (2023). The Potential of Using Istrian Albumin Cheese Whey in the Production of Whey Distillate. *Fermentation 9* (2): 192.

Litopoulou-Tzanetaki, E., Tzanetakis, N. (2014). The microfloras of traditional Greek cheeses. *Microbiology Spectrum* 2 (1): CM-0009-2012.

Mahmoud, S.Y.M., Ghaly, M.F., Essa, S.M.H., Abdel-Shafi, S., Abdel-Monaem, A-S., Osman, A., Aljeldah, M., Al Shammari, B., Abdel-Haliem, M.E.F. (2023). Antimicrobial activity of whey milk and their fractions against *Staphylococcus pasteuri* clinical strain. *Food Bioscience* 53: 102741.

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.

Millan, G.C.L., Veras, F.F., Stincone, P., Pailliè-Jiménez, M.E., Brandelli, A. (2022). Biological activities of whey protein hydrolysate produced by

protease from the Antarctic bacterium *Lysobacter* sp. A03. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 43: 102415.

Moreno, Y.F., Sgarbieri, V.C., da Silva, M.N., Toro, A.A.D.C., Vilela, M.M.S. (2006). Features of Whey Protein Concentrate Supplementation in Children with Rapidly Progressive HIV Infection. *Journal of Tropical Pediatrics*, 52 (1): 34-38.

Morin, P., Britten, M., Jiménez-Flores, R., Pouliot, Y. (2007). Microfiltration of buttermilk and washed cream buttermilk for concentration of milk fat globule membrane components. *Journal of dairy science* 90 (5): 2132-2140.

Morr, C.V., Ha, E.Y.W. (1993). Whey protein concentrates and isolates: Processing and functional properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 33 (6): 431-476.

Mudgil, D., Barak, S. (2016). Development of functional buttermilk by soluble fibre fortification. *Agro Food Industry Hi Tech* 27 (2): 44-47.

Mudgil, D., Barak, S. (2019). Dairy-based functional beverages. In Milk-based beverages. Woodhead Publishing.

Muuronen, K., Partanen, R., Heidebrecht, H.J., Kulozik, U. (2021). Effects of conventional processing methods on whey proteins in production of native whey powder. *International Dairy Journal* 116: 104959.

Nakano, T., Ozimek, L. (2002). Isolation of glycomacropeptide from sweet whey by gel chromatography on Sephacryl S-200 at pH 7.0 and 3.5. *Milchwissenschaft* 57 (3): 128-130

Nassar, W.S., Ibrahim, E.A., Elbarbary, H.A., Mohamed, H.A., Jenssen, H. (2022). Antibacterial and Antioxidant Activity of Sheep Whey Protein Hydrolysates and Their Fractions. *Egyptian Journal of Chemistry* 65 (13): 1511-1520.

Nastaj, M., Sołowiej, B.G., Stasiak, D.M., Mleko, S., Terpiłowski, K., Łyszczek, R.J., Tomasevic, I.B. Tomczyńska-Mleko, M. (2022).

Development and physicochemical properties of reformulated, high-protein, untempered sugar-free dark chocolates with addition of whey protein isolate and erythritol. *International Dairy Journal* 134: 105450.

Newbold, D., Koppel, K. (2018). Carbonated dairy beverages: challenges and opportunities. *Beverages* 4 (3): 66.

Oliveira, D., Fox, P., O'Mahony, J. A. (2019). Byproducts from dairy processing. Byproducts from Agriculture and Fisheries: Adding Value for Food, Feed, Pharma, and Fuels, 57-106.

Ozel, B., McClements, D.J., Arikan, C., Kaner, O, Oztop, M.H. (2022). Challenges in dried whey powder production: Quality problems. *Food Research International* 160: 111682.

Öğe, Ç., Karagül Yüceer, Y. (2021). Yayıkaltı içeceğinin fizikokimyasal ve duyusal özellikleri ile uçucu bileşenlerinin belirlenmesi. *Gıda*, 46 (5): 1243-1255.

Özcan, T., Demiray-Teymuroglu, M. (2020). Bioactive components of milk fat globule membrane and technological applications. *International Journal of Scientific and Technological Research* 6 (8): 10-28.

Özcan, T., Demiray-Teymuroglu, M. (2020). Bioactive components of milk fat globule membrane and technological applications. International Journal of Scientific and Technological Research, 6 (8): 10-28.

Özcan, T., Harputlugil, B. T. (2021). *Süt endüstrisi atıklarının çevresel etkileri ve biyoteknolojik olarak değerlendirilmesi*. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 35 (2): 415-437.

Özsungur, E. D., Kanca, N., Gürsoy, A. (2022). Farklı Oranlarda Yayıkaltı Tozu Kullanılarak Üretilen Dondurmaların Bazı Özellikleri. *Gıda* 47 (4): 591-603

Öztekin-Öztürk, F. Ş. (2010). *Yoğurdun sulandırma oranı ve granüllerin yıkama sayısının yayık tereyağının nitelikleri üzerine etkisi* (Doktora tezi), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Öztürkoğlu-Budak, S., Akal, H. C., Türkmen, N. (2021). Use of kefir and buttermilk to produce an innovative quark cheese. *Journal of Food Science and Technology* 58: 74-84.

Pastukh, O. N., Zhukova, E. V. (2021). To the issue of using secondary dairy raw materials. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 640 (3): 032022.

Paterson, A.H.J. (2017). Lactose processing: From fundamental understanding to industrial application. *International Dairy Journal* 67: 80-90.

Pescuma, M., Hébert, E.M., Mozzi, F., de Valdez, G.C. (2010). Functional fermented whey-based beverage using lactic acid bacteria. *International Journal of Food Microbiology* 141: 73-81.

Phan, T. T. Q., Le, T. T., Walle, D. V. D., Van der Meeren, Dewettinck, P. K., (2016). Combined effects of milk fat globule membrane polar lipids and protein concentration on the stability of oil-in-water emulsions. *International Dairy Journal* 52: 42–49.

Pintado, M.E., Macedo, A.C., Malcata, F.X. (2021). Review: Technology, chemistry and microbiology of whey cheeses. *Food Science and Technology International* 7 (2): 105-116.

Pires, A.F., Marnotes, N.G., Bella, A., Viegas, J., Gomes, D.M., Henriques, M.H., Pereira, C.J. (2021). Use of ultrafiltrated cow's whey for the production of whey cheese with Kefir or probiotics. *Journal* of the *Science* of *Food* and *Agriculture* 101 (2): 55-563.

Punia, H., Tokas, J., (2019). Milk fat globule membrane (MFGM): An ingredient of dairy products as nutraceutical. *Trends in Peptide and Protein Sciences*, 4: 1-9.

Rasool, N., Baba, W.N., Rafiq, S., Mirza, U., Maqsood, S. (2024). Macro and nano level intervention of reinforcing agents for production of novel edible whey composite films and their applications in food systems: A review. *Food Chemistry* 437 (1): 137715.

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: 176-203.

Ribeiro, J.C., Mota, V.T., de Oliveira, V.M., Zaiat, M. (2022). Hydrogen and organic acid production from dark fermentation of cheese whey without buffers under mesophilic condition. *Journal of Environmental Management* 304: 114253.

Roginski, H., Fuquay, J. W., Fox, P. F., Jelen, P. (2003). Whey Processing, Utilization and Products. Encyclopedia of Dairy Science. Academic Press, London

Romo, M., Castellari, M., Fartdinov, D., Felipe, X. (2023). Separation of α-Lactalbumin Enriched Fraction from Bovine Native Whey Concentrate by Combining Membrane and High-Pressure Processing. *Foods* 12 (3): 480.

Sady, M., Najgebauer-Lejko, D., Domagala, J. (2017). The suitability of different probiotic strains for the production of fruit-whey beverages. *Acta Scientiarum Polonorum- Technologia Alimentaria* 16 (4): 421-429.

Sağdıç, O., Arici, M., Simşek, O. (2002). Selection of starters for a traditional Turkish yayik butter made from yoghurt. *Food Microbiology* 19 (4): 303-312.

Say, D., Soltani, M., Güzeler, N. (2015). Kurutulmuş Yoğurtlar: Kurut ve Kashk. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences* 21 (9): 428-432.

Say, D., Çayır, M. S., Güzeler, N. (2020). Dairy products made from yogurt in Hatay region. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology* 8 (4): 882-888.

Schmid, M., Hinz, L-V., Wild, F., Noller, K. (2013). Effects of Hydrolysed Whey Proteins on the Techno-Functional Characteristics of Whey Protein-Based Films. *Materials* 6 (3): 927-940.

Schröder, A., Berton-Carabin, C., Venema, P., Cornacchia, L. (2017). Interfacial properties of whey protein and whey protein hydrolysates and their influence on O/W emulsion stability. *Food Hydrocolloids* 73: 129-140.

Shaikh, M. F. B., Rathi, S. D. (2009). Utilisation of buttermilk for the preparation of carbonated fruit-flavoured beverages. *International journal of dairy technology* 62 (4): 564-570.

Sharma, A., Jana, A.H., Chavan, R.S. (2012). Functionality of milk powders and milk-based powders for end use applications-A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11: 518-528.

Sharma, N.R., Rajput, Y.S., Mann, B. (2013). Chemical and functional properties of glycomacropeptide (GMP) and its role in the detection of cheese whey adulteration in milk: a review. *Dairy Science & Technology* 93: 21-43.

Sharma, A., Noda, M., Sugiyama, M., Ahmad, A., Kaur, B. (2021). Production of functional buttermilk and soymilk using *Pediococcus acidilactici* BD16 (alaD+). *Molecules* 26 (15): 4671.

Sheth, M., Hirdyani, H. (2016). Development and sensory analysis of a buttermilk based fermented drink using barley and fructooligosaccharide as functional ingredients. *International Journal of Home Science* 2: 235-239.

Singh, H. (2006). The milk fat globule membrane—A biophysical system for food applications. *Current opinion in colloid & interface science*, 11 (2-3): 154-163.

Sinha, R., Radha, C., Prakash, J., Kaul, P. (2007). Whey protein hydrolysate: Functional properties, nutritional quality and utilization in beverage formulation. *Food Chemistry* 101: 1484-1491.

Skryplonek, K., Dmytrów, I., Mituniewicz-Małek, A. (2019). The use of buttermilk as a raw material for cheese production. *International Journal of Dairy Technology* 72 (4): 610-616.

Salas-Bringas, C., Rukke, E.O., Saga, L., Lekang, O.I., Schuller, R.B. (2010). Rheological Properties of Buttermilk Pellets Manufactured by a New Die Pelleting Rig of a Texture Analyzer. *Annual Transactions of the Nordic Rheology Society*, Vol. 18.

Smith, K., (2008). Dried Dairy Ingredients, Wisconsin Center for Dairy Research, USA.

Smith, T.J., Foegeding, E.A., Drake, M.A. (2016). Flavor and Functional Characteristics of Whey Protein Isolates from Different Whey Sources. *Journal of Food Science* 81 (4): C849-C857.

Sodini, I., Morin, P., Olabi, A., Jiménez-Flores, R. (2006). Compositional and functional properties of buttermilk: A comparison between sweet, sour, and whey buttermilk. *Journal of Dairy Science* 89 (2): 525-536.

Şimsek, B. (2011). Studies on the storage stability of yayik butter. *Journal für verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit* 6: 175-181.

Şanlı, T., Anlı, E. A. (2020). Çökelek peyniri üretiminde alternatif kaynak olarak kefir kullanımı. *Gıda,* 45(1): 139-149.

Şenel, E., Atamer, M., Öztekin, Ş. (2010). Yayıklama parametrelerinin yayık ayranı ve yayık tereyağının bazı nitelikleri üzerine etkisi. *Gıda* 35 (4): 267-274.

Şenel, E., Atamer, M., Öztekin, F. Ş. (2011). The oxidative and lipolytic stability of Yayık butter produced from different species of mammals milk (cow, sheep, goat) yoghurt. *Food Chemistry* 127 (1): 333-339.

Şenel, E., Atamer, M. (2015). Yayik Butter Profiles from Different Species of Mammals' Milk. In Processing and Impact on Active Components in Food, Academic Press.

Şenel, E. (2020). Tereyağı üretimi. In: Fermente Ürünler Teknolojisi ve Mikrobiyolojisi, Nobel Yayınevi.

Tanja, Ž., Krunić, T.Z., Obradović, N.S., Rakin, M.B. (2019). Application of whey protein and whey protein hydrolysate as protein based carrier for probiotic starter culture. *Food Chemistry* 293: 74-82.

Taylor, C.M., Woonton. B.W. (2009). Quantity and carbohydrate content of glycomacropeptide fractions isolated from raw and heat-treated milk. *International Dairy Journal* 19: 709-714.

Thisari, A., Bandara, T.A., Munasinghe-Arachchige, S.P., Gamlath, C.J. (2023). Fermented whey beverages: A review of process fundamentals, recent developments and nutritional potential. *International Journal of Dairy Technology* 76 (4): 737-757.

Touhami, S., Doyen, A., Pouliot, Y., Brisson, G. (2023). Effect of ultra-high-pressure homogenisation on sweet buttermilk. *International Dairy Journal* 143: 105673.

Türkmen, N., Akal, C., Özer, B. (2019). Probiotic dairy-based beverages: A review. *Journal of Functional Foods*, 53: 62-75.

Vasilakis, G., Karayannis, D., Massouras, T., Politis, I., Papanikolaou, S. (2022). Biotechnological Conversions of Mizithra Second Cheese Whey by Wild-Type Non-Conventional Yeast Strains: Production of Yeast Cell Biomass, Single-Cell Oil and Polysaccharides. *Applied Sciences* 12 (22): 11471.

Vidotto, D.C., Tavares, G.M. (2022). Simultaneous binding of folic acid and lutein to β-lactoglobulin and α-lactalbumin: A spectroscopic and molecular docking study. *Food Bioscience* 50: 102107.

Whitehurst, R.J., van Oort, M. (2010). Enzymes in Food Technology. Blackwell Publishing, Iowa

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.

Yao, X., Xu, K., Shu, M., Liu, N., Li, N., Chen, X., Nishinari, K., Phillips, G.O., Jiang, F. (2021). Fabrication of iron loaded whey protein isolate/gum Arabic nanoparticles and its adsorption activity on oil-water interface. *Food Hydrocolloids* 115: 106610.

Yıldırım, Ç., Güzeler, N. (2013). Peyniraltı suyu ve yayıkaltının toz olarak değerlendirilmesi. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 28 (2): 11-20.

Yiğit, A., Bielska, P., Cais-Sokolińska, D., Samur, G. (2023). Whey proteins as a functional food: Health effects, functional properties, and applications in food. *Journal of the American Nutrition Association* 42 (8): 758-768.

Zhu, L., Snider, L., Hien Vu, T., Desam, G.P., Herald, T.J., Dogan, H., Khaled, A.Y., Adedeji, A.A., Alavi, S. (2023). Effect of Whey Protein Concentrate on Rheological Properties of Gluten-Free Doughs and Their Performance in Cookie Applications. *Sustainability* 15 (13): 10170.

BÖLÜM 2

SÜT VE SÜT ÜRÜNLERİNDE MİKROPLASTİKLER

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ÇAVUŞ[1]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10460041

[1] Kayseri Üniversitesi, Safiye Çıkrıkçıoğlu Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Gıda Teknolojisi Programı, 38280, Kayseri, Türkiye, mustafacavus@kayseri.edu.tr, ORCİD NO: 0000-0002-9535-7277

1. GİRİŞ

Plastikler, uzun zamandır hayatımızı kolaylaştırmaktadır. Neredeyse günlük aktivitelerin tamamında kullanılmaktadırlar. Basit süs eşyalarından kompleks yapılara kadar insan kullanımına sunulan plastikler, sentetik polimerlerden üretilmektedir (Andrady ve Neal, 2009; Plastics Europe, 2018).

Plastikler, polimerlerden, fiziksel ve işleme özelliklerini iyileştiren dolgu maddeleri, plastikleştiriciler, pigmentler, stabilizatörler, alev geciktiriciler, anti-statik ve köpürtücü maddeler gibi katkı maddelerinden oluşan malzemelerdir (Novotna ve ark., 2019).

1950'de 1,5 milyon ton olan plastik üretimi, 2021 yılında 391 milyon tona ulaşmıştır. 1950'lerden bu yana üretilen 8,3 milyar ton plastiğin yaklaşık %79'unun atık haline gelmesi, aynı zamanda ciddi çevresel sorunlara da sebep olmaktadır. Plastik üretiminin bu kadar hızlı artış göstermesinin ardında yatan nedenlerden bazılarını üretim ve geri kazanım maliyetlerinin düşük olması, tasarım ve uygulama zenginliği olarak sıralayabiliriz. Plastikler, çok çeşitli özelliklere sahiptirler ve bu da onları çok farklı alanda kullanılmalarına olanak sağlar. Örneğin, bazı plastikler yüksek sıcaklıklara dayanıklı olabilirken, bazıları ise esnek veya şeffaf olabilir. (PAGEV, 2016; Geyer ve ark., 2017; Lebreton ve ark., 2017; Plasctics Europe, 2020; Tian ve ark., 2023).

Plastikler doğaya karıştıktan sonra fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçlerle mikroplastiklere parçalanmaktadır (Kadac-Czapska ve ark., 2023, Song ve ark., 2022). Aynı zamanda Mikroplastikler, sentetik

tekstillerin evlerde yıkanmasından kaynaklanan lifler ve lastik aşınmasından kaynaklanan parçacıklar gibi doğrudan çevreye de girebilir (Boucher ve Friot, 2017).

Plastic Europe raporunda gıda ambalajı olarak plastik kullanımının azaltılmasına yönelik endişeler ortaya konulmasına rağmen plastik bazlı gıda ambalaj malzemelerinin kullanımın hala en yüksek orana sahip olduğu bildirilmiştir (Plastics Europe, 2021).

Gıda ambalajı, gıdanın taşınmasını, nakliyesini, depolanmasını ve kalitesinin korunmasını kolaylaştırdığı için gıda endüstrisinde çok önemli bir role sahiptir. Bununla birlikte, gıda her zaman ambalajla doğrudan temas halinde olduğu için plastik ambalajların gıdaya uygunluğu sürekli kontrol edilmelidir. Gıda endüstrisinde, gıda ile doğrudan ya da dolaylı temas ihtimali olan noktalarda kullanılan plastikler, günümüzde potansiyel bir gıda güvenliği riski oluşturmaktadır. Gıda ambalajlarında kullanılan en yaygın polimerleri polietilen (PE), polietilen tereftalat (PET), yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE), düşük yoğunluklu polietilen (LDPE), polipropilen (PP), polivinil klorür (PVC) ve polistiren (PS) olarak sıralayabiliriz (Kadac-Czapska ve ark., 2023).

2.MİKROPLASTİKLER

Plastik atıklar dünyanın en büyük sorunlarından biridir. Çevredeki plastik miktarı artmaya devam ettikçe insanların mikroplastiğe (MP) maruz kalması da sürecektir. Mikroplastik terimi çoğunlukla 0,1 ila

5000 µm boyut aralığına sahip olan yüksek polimer içerikli sentetik malzemeyi tanımlamak için kullanılmaktadır. (Jadhav ve ark., 2021).

Gıdalarda en fazla bulunan MP lerden bazıları poli(etilen tereftalat) - PET (Oßmann ve ark., 2018; Schymanski ve ark., 2018), polietilen - PE (Çobanoğlu ve ark., 2021; Wang ve ark., 2022), polipropilen - PP (Hwang ve ark., 2019), polistiren - PS (Huang ve ark., 2022; , Hou, ve ark., 2022), poli(vinil klorür) - PVC (Qin ve ark., 2022), poliamid - PA (Deshoulles ve ark., 2022) ve polikarbonattır - PC (Shi ve ark., 2021).

Mikroplastikler kökenlerine göre birincil ve ikincil mikroplastik olarak sınıflandırılırlar. Birincil MP'ler, kişisel hijyen için üretilmiş ürünlerin parçacıkları iken, ikincil MP'ler gıda üretiminde kullanılan alet ve ekipmanların sürtünmesiyle yayılan ve polimer içeren giysiler diğer ikincil gıda kaynaklarıdır. (Andrady, 2017; Da Costa Filho ve ark., 2021; Song ve ark., 2021). Aynı zamanda, birincil MP, endüstriyel olarak kullanılan farklı boyutlardaki mikro boncuklardır ve üretim ve nakliye aşamalarında çevreye salınırlar. (Kwon ve ark., 2020; Yang, ve ark., 2022)

Mikroplastikler şekil açısından incelendiğinde (SCS) göre 10 kategoriye ayrılmıştır. (Crawford ve Quinn 2016).

Mikroplastikler farklı tür ve derecelerde toksisite sergileyebilirler (Lithner ve ark 2011). Bu durum polimerlerin özelliklerine, partiküllerin boyutlarına ve şekillerine göre değişkenlik gösterir (Santana, ve ark., 2017). Yapılan araştırmalar MP konsantrasyonunun, maruz kalma süresinin, plastik işleme sırasında kullanılan katkı

maddelerinin varlığının, partikül yüzeyinin modifikasyonunun ve hidrofobikliğin de önemli olduğunu desteklemektedir (Guerrera ve ark., 2021).

3. SÜT VE SÜT ÜRÜNLERİNDE MİKROPLASTİKLER

MP'ler birçok hayvansal gıdada tespit edilmiştir. Hayvansal kaynaklı ürünlerde (bal ve süt gibi) plastik parçacıkları çevresel kökenli yada teknolojik kökenli olabilmektedir. Sütte MP'nin varlığı birçok araştırma sonucunda doğrulanmıştır. Sütte mikroplastik varlığı üzerine yapılan bir çalışmada 500 µm'ye kadar lif formundaki polietersülfon (PES) ve polisülfon (PSU) içeren parçacıklar tespit edilmiştir (Kutralam-Muniasamy ve ark., 2020; Kadac-Czapska ve ark., 2023).

Sütlerde tespit edilen mikroplastik varlığı teknolojik işlemlerden kaynaklanmaktadır. (Kutralam-Muniasamy ve ark., 2020; Kadac-Czapska ve ark., 2023).

Süt ürünlerdeki MP'leri doğru bir şekilde belirlemek ve karakterize etmek için mikro-Raman (µRaman) teknolojisinin kullanıldığı bir çalışmada çiftlikte sağım makinesinden hemen sonra toplanan çiğ sütte ve bazı işlenmiş ticari süt süt tozlarında düşük miktarlarda küçük boyutlu MP'nin (≥ 5 µm) bulunduğu bildirilmiştir(Da Costa ve ark., 2021).

Mikroplastikler, plastiklerin çevreye küresel salınımı ile ilişkilendirildikleri için kamuoyunun yüksek derecede ilgisini çekmektedir. Çeşitli bilimsel çalışma sonucunda, gıda zinciri boyunca MP'lerin varlığını kanıtlanmıştır. Bununla birlikte, süt ürünleri gibi

yaygın olarak tüketilen birçok gıdanın tüketimi yoluyla MP'lerin alımına ilişkin bilgiler, bu gıda grubunun MP'ler tarafından "kontaminasyonunu" araştıran çalışmaların eksikliği nedeniyle azdır. Bu veri eksikliği, temel olarak gıdalardaki <20 µm boyutundaki MP'leri güvenilir bir şekilde ölçebilen sağlam analitik yöntemlerin bulunmamasından kaynaklanmaktadır. (Da Costa ve ark., 2021). Yağsız süt örneklerinde mikroplastik varlığı mikroskop altında Şekil 1' deki gibi görüntülenmiştir.

Şekil 1: Yağsız süt örneklerinde tespit edilen mikroplastiklerin ışık mikroskobu altındaki fotoğrafı (Diaz ve ark 2020).

Yine yapılan farklı bir çalışmada mikroplastikler süt örneklerinde iki farklı şekilde (lif ve parça), beş farklı polimerde (etilen vinil asetat, polietilen tereftalat, polipropilen, poliüretan ve naylon-6) ve altı farklı renkte (siyah, kırmızı, yeşil, mavi, kahverengi ve gri) bulunmuştur. Analiz edilen süt örneklerindeki ortalama mikroplastik değeri 6 ± 5 partikül/L'dir. Aynı zamanda Analiz edilen süt numunelerinin toplam

%64'ü mikroplastik kontaminasyon faktörü değerlerine göre orta düzeyde mikroplastik kontaminasyona sahip olduğunu belirtmiştir.

Süt ve süt ürünlerinde mikroplastiklerin varlığına ilişkin bazı çalışmaların sonuçları Tablo 1 ve 2'de gösterilmektedir.

Tablo 1: Sütte mikroplastiklerin varlığı (Basaran, ve ark., 2023).

Ülke	Numune sayısı	Ortalama (partikül/L)	Aralık (partikül/L)	Büyüklük	Referans
Meksika	23	6.5	3-11	0.1-5 mm	Kutralam-Muniasamy ve ark., 2020
Ekvador	10	40	16-53	2.48-6742 µm	Diaz-Basates ve ark., 2020
Hindistan	16	301	164-512	<500 µm	Kiruba ve ark., 2022
İsviçre	4	2590	1720-3480	≥5 µm	Da costa Filho ve ark., 2021
Türkiye	14	6	3-48	25-5050 µm	Başaran ve ark., 2023

Tablo 2: Süt ürünlerinde mikroplastiklerin varlığı (Kaseke ve ark 2023)

Süt ürünü	Ülke	Büyülük	Aralık	Referans
Yağsız süt	Ekvador	2.48-183.37 µm	16-53 MP/L	Diaz-Basates ve ark., 2020
Tam, yarım yağlı, light ve laktozsuz süt	Meksika	>11 µm	3-11 MP/L	Kutralam-Muniasamy ve ark., 2020
Süt tozu	Çin		1-11 MP/100 g	Zhang ve ark., 2023
Yoğurt	Türkiye		2-58 MP/100 mL	Zipak ve ark., 2022
Anne sütü	İtalya	2-12 µm	3-11 MP/L	Ragusa ve ark., 2022
Süt ve süt tozu	İsviçre		204-1004 MP/100 mL	Da costa Filho ve ark., 2021

4. MİKROPLASTİK SAĞLIK İLİŞKİSİ

Plastiklerin yaygın üretimi ve kullanımı birçok çevre sorununa yol açmıştır. Genel olarak 5 mm'den küçük plastik kalıntılar olarak tanımlanan mikroplastikler okyanuslarda, nehirlerde, göllerde, atmosferde ve toprakta yaygın olarak bulunmaktadır Carbery ve ark., 2018).

Aynı zamanda mikroplastikler ekolojik ve gıda güvenliği endişelerini artıran ve tüm dünyanın dikkatini çeken bir sağlık sorunudur (Lee ve Fang 2022). (Yuan ve ark., 2022).

Mikroplastikler 1 µm ile 5 mm arasında değişen parçacıklardır (Skaf ve ark., 2020). Çeşitli polimer, renk, boyut ve şekillerdeki mikroplastikler, karmaşık yollarla birden fazla kaynaktan ekosistem boyunca yayılmaktadır (Laju ve ark., 2022). Tüm biyotop için mikroplastikler doğrudan veya dolaylı olarak ciddi bir tehdit olarak kabul edilmektedir (Amran ve ark., 2022, Castro-Castellon ve ark., 2022, Chang ve ark., 2022, Karaoğlu ve Gül, 2020, Qiu ve ark., 2022). Son çalışmalar, mikroplastiklerin ve ilişkili toksik kimyasalların, olası olumsuz sağlık risklerinden dolayı besin zincirini kirleterek insan metabolizmasına geçebileceğine dair kanıtlar sunmaktadır (Cverenkárová ve ark., 2021; Dela Torre, 2020; Okeke ve ark., 2022).

Çeşitli antropojenik kaynaklardan gelen sentetik polimerler de dahil olmak üzere havada da birçok MP gözlemlenmiştir. Gıda teknolojisinin farklı aşamalarında bileşenlerin sürtünmesi, yıkama ve kurutmasında, giysilerin bozunmasından kaynaklanan ve çevreye yayılan

mikropartiküller, mikroplastiklerin işlenmemiş ve sanayileşmiş gıdalara katkısının en basit kaynağı olarak kabul edilmektedir(Mason ve ark., 2018 ; Mintenig ve ark., 2019; Oliveira ve ark., 2019; Cox ve ark., 2019; Koelmans ve ark., 2019).

BPA gibi mikroplastik yardımcı maddelerin toksikolojik etkileri arasında; bisfenol A ve pigmentler gibi geciktiriciler, hormonal bozucu etki, iştahın engellenmesi, nörolojik ve metabolik gelişimin bozulması, kanser uyarıcıları ve bağışıklık sistemi bozulmasını sıralayabiliriz (Silva ve ark 2018; Tagg ve ark., 2015; Wang ve ark., 2019).

Gıdalardaki mikroplastikler yutulduktan sonra bağırsak sistemine girebilir ve bir kısmı kan sistemine karışabilir (Leslie ve ark., 2022). Mikroplastiklerin geniş spesifik yüzey alanı ve elektrik yükü, proteinleri ve glikoproteinleri adsorbe etmelerine, bağırsak bağışıklık sistemini bozmalarına ve emilimi bozmalarına izin verir (Bouwmeester ve ark., 2015). Ayrıca, mikroplastikler insan inflamatuar bağırsak hastalığı (Yan ve ark., 2021) ve insülin direnci (Shi ve ark., 2022) ile ilişkili olabilir. Mikroplastiklere kıyasla nanoplastikler daha nüfuz edicidir (Li ve ark., 2022), ancak teknik sınırlamalar nedeniyle tespit edilmeleri zordur.

Mikroplastikler hemen hemen her yerde bulunabilmekte ve insanları yoğun bir şekilde maruz bırakabilmektedir. Mikroplastiklerin potansiyel riskleri göz önüne alındığında bebekler için daha büyük riskler oluşturabilir, ancak bebeklerin mikroplastik maruziyeti hala tam olarak anlaşılamamıştır. (Zhang ve ark., 2023).

Mikroplastiklerin canlı organizmalar üzerindeki birçok zararlı etkisi ortaya çıkarılmıştır. Birçok sağlık sorununa ilişkin araştırmalar halen devam etmektedir. Organ ve dokularda travmaya neden olan bir risk olmanın yanı sıra, kimyasal ve biyolojik tehlikeler de içerebilirler (Allan ve ark., 2021; Toussaint ve ark., 2019) Atık MP ağır metaller, antibiyotikler, hormonlar, pestisitler, ilaçlar, deterjanlar, dezenfektanlar ve mikroorganizmalar gibi çevresel kirleticileri barındırabilir.

Mikroplatikler toksik açıdan dört risk oluşturabilir: gastrointestinal toksisite, karaciğer toksisitesi, nörotoksisite ve üreme toksisitesi (Chang ve ark., 2020). MP ayrıca biyofilm oluşumuna ortam hazırlayan ve patojen mikroorganizmalara izin veren önemli bir potansiyel tehdit olarak kabul edilir. (Qiang ve ark., 2021) MP' lerin aynı zamanda çok çeşitli toksik maddelere karşı geçirgen olduğu bilinmektedir (Ragusa ve ark., 2021).

Mikroplastikler, yediğimiz gıdalardaki yaygın varlıkları nedeniyle insan sağlığı için potansiyel bir tehdit oluşturmaktadır. Gıdalarda bulunan en yaygın plastik parçacıklar mavi renkli ve lif şeklindedir (Bai ve ark., 2022).

Mikroplastik, havada, suda ve toprakta bulunabilen ve her yerde rastlanan bir kirleticidir. MP'ye maruz kalmanın en yaygın yolunun gastrointestinal sistem yoluyla olduğuna inanılmaktadır. Gıdalarda yaygın olarak bulunması nedeniyle insan sağlığı için önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Ayrıca, MP kirleticileri ve mikrobiyal patojenleri canlı organizmalara taşır. Vücutta birikebilir, iltihaplanmaya neden olabilir ve bağışıklık, endokrin, üreme ve sindirim sistemleri üzerinde olumsuz

etkileri olabilir. MP'ye maruz kalma oksidatif stres, hücre bölünmesi ve canlılığında değişiklikler, DNA hasarı, bağışıklık tepkileri, metabolik bozulma, bağırsak disbiyozu, kanser, solunum ve nörodejeneratif hastalık riskinde artış ile ilişkilidir.

5. SONUÇ

Plastiklerin bu kadar yaygın kullanılmasının ve atılmasının bir sonucu olarak, plastik kirliliği uzun vadeli bir soruna dönüşmüştür. Çoğu plastik, çevrede kolaylıkla parçalanamadığı için, bu durum ekosistemler üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Bu nedenle, plastik atıkların yönetimi ve geri dönüşümü konusunda etkin stratejiler geliştirmek büyük önem taşımaktadır. Sürdürülebilir plastik kullanımı ve atık yönetimi stratejileri hem çevresel etkiyi azaltmak hem de plastiklerin getirdiği avantajlardan faydalanmak için dengeli bir yaklaşım sunmaktadır.

Bu bağlamda, plastik üretimi ve kullanımı konusunda daha sürdürülebilir yöntemlerin araştırılması, ekosistem üzerindeki yükü hafifletme yolunda önemli bir adım olacaktır. Ayrıca, geri dönüşüm süreçlerinin verimliliğini ve etkinliğini artırmak için yenilikçi teknolojilerin ve yöntemlerin geliştirilmesi gerekmektedir.

Ekosistemler ve insanlar üzerindeki potansiyel etkileri nedeniyle MP’ler, küresel stres etkenlerinden biri haline gelmiştir.

Sonuç olarak süt ve süt ürünlerinde mikroplastik varlığı üzerine yapılan çalışma sınırlı olmakla beraber daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir Bu çalışma süt ve süt ürünlerindeki mikroplastik

varlığına dikkat çekmesi açısından literatüre katkı sağlaması düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Allan, J., Belz, S., Hoeveler, A., Hugas, M., Okuda, H., Patri, A., ... & Anklam, E. (2021). Regulatory landscape of nanotechnology and nanoplastics from a global perspective. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, *122*, 104885.

Amran, N. H., Zaid, S. S. M., Mokhtar, M. H., Manaf, L. A., & Othman, S. (2022). Exposure to Microplastics during Early Developmental Stage: Review of Current Evidence. *Toxics*, *10*(10), 597.

Andrady, A. L. (2017). The plastic in microplastics: A review. *Marine pollution bulletin*, *119*(1), 12-22.

Andrady, A. L., & Neal, M. A. (2009). Applications and societal benefits of plastics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *364*(1526), 1977-1984.

Bai, C. L., Liu, L. Y., Hu, Y. B., Zeng, E. Y., & Guo, Y. (2022). Microplastics: A review of analytical methods, occurrence and characteristics in food, and potential toxicities to biota. *Science of The Total Environment*, *806*, 150263.

Basaran, B., Özçifçi, Z., Akcay, H. T., & Aytan, Ü. (2023). Microplastics in branded milk: Dietary exposure and risk assessment. Journal of Food Composition and Analysis, 123, 105611.

Boucher, J., & Friot, D. (2017). *Primary microplastics in the oceans: a global evaluation of sources* (Vol. 10). Gland, Switzerland: Iucn.

Bouwmeester, H., Hollman, P. C., & Peters, R. J. (2015). Potential health impact of environmentally released micro-and nanoplastics in the human food production chain: experiences from nanotoxicology. *Environmental science & technology*, *49*(15), 8932-8947.

Carbery, M., O'Connor, W., & Palanisami, T. (2018). Trophic transfer of microplastics and mixed contaminants in the marine food web and implications for human health. *Environment international*, *115*, 400-409.

Castro-Castellon, A. T., Horton, A. A., Hughes, J. M., Rampley, C., Jeffers, E. S., Bussi, G., & Whitehead, P. (2022). Ecotoxicity of microplastics to freshwater biota: Considering exposure and hazard across trophic levels. *Science of the Total Environment*, *816*, 151638.

Chang, X., Fang, Y., Wang, Y., Wang, F., Shang, L., & Zhong, R. (2022). Microplastic pollution in soils, plants, and animals: a review of distributions, effects and potential mechanisms. *Science of The Total Environment*, *850*, 157857.

Chang, X., Xue, Y., Li, J., Zou, L., & Tang, M. (2020). Potential health impact of environmental micro-and nanoplastics pollution. *Journal of Applied Toxicology*, *40*(1), 4-15.

Cox, K. D., Covernton, G. A., Davies, H. L., Dower, J. F., Juanes, F., & Dudas, S. E. (2019). Human consumption of microplastics. *Environmental science & technology*, *53*(12), 7068-7074.

Crawford, C. B., & Quinn, B. (2016). The contemporary history of plastics *Microplastic pollutants*. Elsevier. 19-37.

Cverenkárová, K., Valachovičová, M., Mackuľak, T., Žemlička, L., & Bírošová, L. (2021). Microplastics in the food chain. *Life*, *11*(12), 1349.

Çobanoğlu, H., Belivermiş, M., Sıkdokur, E., Kılıç, Ö., & Çayır, A. (2021). Genotoxic and cytotoxic effects of polyethylene microplastics on human peripheral blood lymphocytes. *Chemosphere*, *272*, 129805.

Da Costa Filho, P. A., Andrey, D., Eriksen, B., Peixoto, R. P., Carreres, B. M., Ambühl, M. E., ... & Poitevin, E. (2021). Detection and characterization

of small-sized microplastics (≥ 5 μm) in milk products. Scientific reports, 11(1), 24046.

Dela Torre, M. (2020). Tensile and Bending Testing of 3D Printed Materials for Scoliosis Brace.

Deshoulles, Q., Le Gall, M., Dreanno, C., Arhant, M., Priour, D., & Le Gac, P. Y. (2022). Chemical coupling between oxidation and hydrolysis in polyamide 6-A key aspect in the understanding of microplastic formation. *Polymer Degradation and Stability*, *197*, 109851.

Diaz-Basantes, M.F.; Conesa, J.A.; Fullana, A. (2020). Microplastics in Honey, Beer, Milk and Refreshments in Ecuador as Emerging Contaminants. Sustainability, 12, 5514.

Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science advances*, *3*(7), e1700782.

Guerrera, M. C., Aragona, M., Porcino, C., Fazio, F., Laurà, R., Levanti, M., ... & Germanà, A. (2021). Micro and nano plastics distribution in fish as model organisms: histopathology, blood response and bioaccumulation in different organs. *Applied Sciences*, *11*(13), 5768.

Huang, S., Zhang, B., Liu, Y., Feng, X., & Shi, W. (2022). Revealing the influencing mechanisms of polystyrene microplastics (MPs) on the performance and stability of the algal-bacterial granular sludge. *Bioresource Technology*, *354*, 127202.

Hwang, J., Choi, D., Han, S., Choi, J., & Hong, J. (2019). An assessment of the toxicity of polypropylene microplastics in human derived cells. *Science of the Total Environment*, *684*, 657-669.

Jadhav, E. B., Sankhla, M. S., Bhat, R. A., & Bhagat, D. S. (2021). Microplastics from food packaging: An overview of human consumption, health threats, and alternative solutions. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, *16*, 100608.

Kadac-Czapska, K., Knez, E., & Grembecka, M. (2022). Food and human safety: The impact of microplastics. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1-20.

Karaoğlu, K., & Gül, S. (2020). Characterization of microplastic pollution in tadpoles living in small water-bodies from Rize, the northeast of Turkey. *Chemosphere*, *255*, 126915.

Kaseke, T., Lujic, T., & Cirkovic Velickovic, T. (2023). Nano-and Microplastics Migration from Plastic Food Packaging into Dairy Products: Impact on Nutrient Digestion, Absorption, and Metabolism. *Foods*, *12*(16), 3043.

Koelmans, A.A.; Mohamed Nor, N.H.; Hermsen, E.; Kooi, M.; Mintenig, S.M.; De France, J. (2019). Microplastics in freshwaters and drinking water: Critical review and assessment of data quality. Water Res., 155, 410–422.

Kutralam-Muniasamy, G., Pérez-Guevara, F., Elizalde-Martínez, I., & Shruti, V. C. (2020). Branded milks–Are they immune from microplastics contamination?. Science of the Total Environment, 714, 136823.

Kwon, B. C., Mai, N. D. D., Cheon, E. S., & Ko, S. L. (2020). Development of a step drill for minimization of delamination and uncut in drilling carbon fiber reinforced plastics (CFRP). *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, *106*, 1291-1301.

Laju, R. L., Jayanthi, M., Jeyasanta, K. I., Patterson, J., Asir, N. G. G., Sathish, M. N., & Edward, J. P. (2022). Spatial and vertical distribution of microplastics and their ecological risk in an Indian freshwater lake ecosystem. *Science of The Total Environment*, *820*, 153337.

Lebreton, L. C., Van Der Zwet, J., Damsteeg, J. W., Slat, B., Andrady, A., & Reisser, J. (2017). River plastic emissions to the world's oceans. *Nature communications*, *8*(1), 15611.

Lee, C. H., & Fang, J. K. H. (2022). The onset of surface-enhanced Raman scattering for single-particle detection of submicroplastics. *Journal of Environmental Sciences*, *121*, 58-64.

Leslie, H. A., Van Velzen, M. J., Brandsma, S. H., Vethaak, A. D., Garcia-Vallejo, J. J., & Lamoree, M. H. (2022). Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. *Environment international*, *163*, 107199.

Li, Y., Wang, Z., & Guan, B. (2022). Separation and identification of nanoplastics in tap water. *Environmental Research*, *204*, 112134.

Lithner, D., Larsson, Å., & Dave, G. (2011). Environmental and health hazard ranking and assessment of plastic polymers based on chemical composition. *Science of the total environment*, *409*(18), 3309-3324.

Mason, S.A.; Welch, V.; Neratko, J. (2018). Synthetic Polymer Contamination in Bottled Water. Front. Chem., 6, 407.

Mintenig, S.M.; Löder, M.G.J.; Primpke, S.; Gerdts, G. (2019). Low numbers of microplastics detected in drinking water from ground water sources. Sci. Total Environ., 648, 631–635.

Novotna, K., Cermakova, L., Pivokonska, L., Cajthaml, T., & Pivokonsky, M. (2019). Microplastics in drinking water treatment–current knowledge and research needs. *Science of the total environment*, *667*, 730-740.

Okeke, E. S., Okoye, C. O., Atakpa, E. O., Ita, R. E., Nyaruaba, R., Mgbechidinma, C. L., & Akan, O. D. (2022). Microplastics in agroecosystems-impacts on ecosystem functions and food chain. *Resources, Conservation and Recycling*, *177*, 105961.

Oliveira, M.; Almeida, M.; Miguel, I. (2019). A micro(nano)plastic boomerang tale: A never ending story? TrAC—Trends Anal. Chem., 112, 196–200. [Google Scholar]

Oßmann, B. E., Sarau, G., Holtmannspötter, H., Pischetsrieder, M., Christiansen, S. H., & Dicke, W. (2018). Small-sized microplastics and pigmented particles in bottled mineral water. *Water research*, *141*, 307-316.

PAGEV (2016). Dünya Plastik Sektör Raporu, https://pagev.org/upload/files/Hammadde%20Yeni%20Tebli%C4%9F%20Bilg.%203/D%C3%BCnya%20Plastik%20Sekt%C3%B6r%20Raporu%202016.pdf (27.12.2023).

Plastics Europe, (2021). Plastics-the Fact 2021: An Analysis of European Plastics Production, Demand, and Waste Data. Available online: https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts2021/ (accessed on 25 April 2023).

Plastics Europe. (2018). *Plastics Europe Operation Clean Sweep® Report*; Plastics Europe: Bruxelles, Brussels.

PlasticsEurope, (2020). Plastics - the Facts 2020. An analysis of European plastics production, demand and waste data. https://www.plasticseurope.org/application/files/5716/0752/4286/AF_Plastics_the_facts-WEB-2020-ING_FINAL.pdf.

Ragusa, A., Notarstefano, V., Svelato, A., Belloni, A., Gioacchini, G., Blondeel, C., ... & Giorgini, E. (2022). Raman microspectroscopy detection and characterisation of microplastics in human breastmilk. *Polymers*, *14*(13), 2700.

Qiang, L., Cheng, J., Mirzoyan, S., Kerkhof, L. J., & Häggblom, M. M. (2021). Characterization of microplastic-associated biofilm development along a freshwater-estuarine gradient. *Environmental science & technology*, *55*(24), 16402-16412.

Qiu, S. Q., Li, X. P., Huang, G. Y., Lei, D. Q., Fang, G. Z., Shi, W. J., ... & Ying, G. G. (2022). Chemical profile and toxicity of the leachates from

aged plastics under simulated conditions. *Journal of Cleaner Production*, *375*, 134151.

Ragusa, A., Svelato, A., Santacroce, C., Catalano, P., Notarstefano, V., Carnevali, O., ... & Giorgini, E. (2021). Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. *Environment international*, *146*, 106274.

Rist, S., Almroth, B. C., Hartmann, N. B., & Karlsson, T. M. (2018). A critical perspective on early communications concerning human health aspects of microplastics. Science of the Total Environment, 626, 720-726.

Santana, M. F. M., Moreira, F. T., & Turra, A. (2017). Trophic transference of microplastics under a low exposure scenario: insights on the likelihood of particle cascading along marine food-webs. *Marine pollution bulletin*, *121*(1-2), 154-159.

Schymanski, D., Goldbeck, C., Humpf, H. U., & Fürst, P. (2018). Analysis of microplastics in water by micro-Raman spectroscopy: Release of plastic particles from different packaging into mineral water. *Water research*, *129*, 154-162.

Shi, M., Kang, Y., Zhang, W., Yang, X., Fan, Y., Yu, H., ... & Qin, S. (2022). Plastic film mulching with ridge planting alters soil chemical and biological properties to increase potato yields in semiarid Northwest China. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, *9*(1), 1-12.

Shi, R., Liu, K. S., Liu, F., Yang, X., Hou, C. C., & Chen, Y. (2021). Electrocatalytic reforming of waste plastics into high value-added chemicals and hydrogen fuel. *Chemical Communications*, *57*(94), 12595-12598.

Silva, A.B.; Bastos, A.S.; Justino, C.I.L.; da Costa, J.P.; Duarte, A.C.; Rocha-Santos, T.A.P. (2018). Microplastics in the environment: Challenges in analytical chemistry—A review. Anal. Chim. Acta, 1017, 1–19

Skaf, D. W., Punzi, V. L., Rolle, J. T., & Kleinberg, K. A. (2020). Removal of micron-sized microplastic particles from simulated drinking water via alum coagulation. *Chemical Engineering Journal*, *386*, 123807.

Song, K., Ding, R., Sun, C., Yao, L., & Zhang, W. (2021). Microparticles and microplastics released from daily use of plastic feeding and water bottles and plastic injectors: potential risks to infants and children in China. *Environmental Science and Pollution Research*, *28*(42), 59813-59820.

Song, Y. K., Hong, S. H., Eo, S., & Shim, W. J. (2022). The fragmentation of nano-and microplastic particles from thermoplastics accelerated by simulated-sunlight-mediated photooxidation. *Environmental Pollution*, *311*, 119847.

Tagg, A.S.; Sapp, M.; Harrison, J.P.; Ojeda, J.J. (2015). Identification and Quantification of Microplastics in Wastewater Using Focal Plane Array-Based Reflectance Micro-FT-IR Imaging. Anal. Chem. 87, 6032–6040.

Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J., John, A. W., ... & Russell, A. E. (2004). Lost at sea: where is all the plastic?. *Science*, *304*(5672), 838-838.

Tian, W., Song, P., Zhang, H., Duan, X., Wei, Y., Wang, H., & Wang, S. (2023). Microplastic materials in the environment: Problem and strategical solutions. *Progress in Materials Science*, *132*, 101035.

Toussaint, B., Raffael, B., Angers-Loustau, A., Gilliland, D., Kestens, V., Petrillo, M., ... & Van den Eede, G. (2019). Review of micro-and

nanoplastic contamination in the food chain. *Food Additives & Contaminants: Part A*, *36*(5), 639-673.

Wang, F., Feng, X., Liu, Y., Adams, C. A., Sun, Y., & Zhang, S. (2022). Micro (nano) plastics and terrestrial plants: Up-to-date knowledge on uptake, translocation, and phytotoxicity. *Resources, Conservation and Recycling*, *185*, 106503.

Wang, W.; Gao, H.; Jin, S.; Li, R.; Na, G. (2019). The ecotoxicological effects of microplastics on aquatic food web, from primary producer to human: A review. Ecotoxicol. Environ. Saf. 2019, 173, 110–117

Yan, Z., Liu, Y., Zhang, T., Zhang, F., Ren, H., & Zhang, Y. (2021). Analysis of microplastics in human feces reveals a correlation between fecal microplastics and inflammatory bowel disease status. *Environmental science & technology*, *56*(1), 414-421.

Yuan, Z., Nag, R., & Cummins, E. (2022). Human health concerns regarding microplastics in the aquatic environment-From marine to food systems. *Science of the Total Environment*, *823*, 153730.

Zipak, S., Muratoğlu, K., & Büyükünal, S. (2022). Evaluation of Microplastic Presence in Yogurt Production Process. *Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi*, *28*(5), 633-641..

Zhang, Q., Liu, L., Jiang, Y., Zhang, Y., Fan, Y., Rao, W., & Qian, X. (2023). Microplastics in infant milk powder. *Environmental Pollution*, *323*, 121225.

BÖLÜM 3

BAZI SÜT ve SÜT ÜRÜNLERİNİN ÇEŞİTLİ ARI ÜRÜNLERİ ile KULLANIMI

Öğr. Gör. Davut KARAHAN[1]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10460053

[1] Bingöl Üniversitesi, Arı ve Doğal ürünler Ar-Ge ve Ür-Ge Uygulama ve Araştırma Merkezi, Türkiye. dkarahan@bingol.edu.tr, Orcid ID: 0000-0003-4571-1095

1. GİRİŞ

Diğer canlılarda olduğu gibi beslenme, insan sağlığını doğrudan etkileyen temel bir unsurdur. Sağlıklı beslenme, vücudun ihtiyaç duyduğu besinleri alarak enerji sağlamakla kalmaz, aynı zamanda genel sağlık durumunu koruma, hastalıklara karşı direnci artırma ve yaşam kalitesini iyileştirme açısından hayati bir rol oynamaktadır. Beslenmenin temeli genelde gıdaların sindirimine dayanmaktadır (Özay Arancıoğlu, 2021).

Besinlerin işlevleri hakkında birçok düşünce vardır. En temel anlamıyla, besinler bir yakıta benzetilebilir. Yani metabolizmanın günlük işlevlerini yerine getirmek ve normal metabolik süreçleri sürdürmek için gereken enerjiyi sağlamaktadır (El Sohaimy, 2012). Ancak besinlerin yakıt işlevi dışında daha fazla işlevinin olduğunu biliyoruz, o da hastalıkları önlemek ve iyileştirmek için gerekli olan bileşenleri içermesidir. Belli başlı bilinen hastalıkları önlemek için ihtiyaç duyulan "temel besinler", yıllardır insan beslenmesi araştırmalarının temel odak noktası olmuştur (Beecher, 1999).

Hipokrat'ın yaklaşık 2000 yıl önce ortaya attığı "Gıda ilaç olsun, ilaç da gıda olsun" sözü, gıda araştırmacılarını ve tüketicilerin belirli gıdaların sağlık açısından birçok faydasını fark etmesiyle günümüzde büyük ilgi görmektedir. Bu bilgiler ışığında Fonksiyonel gıda tanımı karşımıza çıkmaktadır. Fonksiyonel gıdalar proteinler, karbonhidratlar ve lipitler gibi temel besin değerlerinin ötesinde özel sağlık etkilerine sahip olan gıdalardır. Fonksiyonel gıdalar biyoaktivite açısından önemli olan vitaminler, antosiyaninler, polifenoller, antioksidanlar, probiyotikler,

mineraller, aminoasitler, yağ asitleri, fenolikler, flavanoidler, organik asitler, aromatik bileşenler, terpenler vb. ikincil metabolitler açısından zengin gıdalardır (Barba ve ark., 2019). Bazı ikincil metabolitlerin çeşitli nöroprotektif, antipatolojik, antimikrobiyal, antioksidan, antidiyabetik, anti-inflamatuar, kalp ve damar sağlığı, sindirim ve solunum sistemlerine karşı koruyucu etkisi çalışmalarca kanıtlanmıştır (Cianciosi ve ark., 2020). İkincil metabolitler açısından zengin gıdalar, belirli vücut fonksiyonlarının düzgün işlemesine yardımcı olan, sağlığımızı ve yaşam kalitemizi iyileştiren (hücrelerin savunması, yenilenmesi, üretilmesi görevleri vb.) bileşenler içermektedir (Wildman, 2001). Bu nedenle bireyler, beslenme alışkanlıklarını belirlerken ve sağlık hedeflerine ulaşmaya çalışırken dengeli ve çeşitli bir beslenme modelini benimsemeleri son derece önemlidir.

Fonksiyonel gıdaların birçok çeşidi vardır. Bir gıda tek başına fonksiyonel olabilirken, bazı gıdaları karıştırma sonucunda da olabilmektedir. Örneğin; bal tek başına fonksiyonel bir gıdadır. Diğer bazı gıdaların fonksiyonelliğini artırmak için bal ile karıştırılıp tüketilebilmektedir.

Bu çalışmada fonksiyonel gıda bakış açısıyla, bazı süt ve süt ürünlerinin çeşitli arı ürünleri ile kullanımı ve etkileri üzerine odaklanmaktadır.

2. SÜT ve SÜT ÜRÜNLERİ

Codex Alimentarius Komisyonu'na göre süt, sağılan hayvanların bir veya daha fazla sağım sonrasında, herhangi bir ekleme veya çıkarma yapılmadan, olduğu gibi veya işlendikten sonra tüketim için kullanılan

bir salgıdır (Anonim, 2011). Süt inek, koyun, keçi, manda veya deve gibi sağlıklı memelilerin sağılmasıyla elde edilen kolostrum içermeyen polidispers karışım halde bir salgıdır (Ocancy, 2010). Yani; bileşimindeki süt yağı emülsiyon halinde, protein koloidal dispersiyon halinde, laktoz ve mineral maddeler ise gerçek çözelti halinde bulunmaktadır (Çetiner, 2017). Sulu bir sıvı içinde dağılmış emülsifiye yağ küreciklerinin birleşiminden oluşan beyaz bir sıvı olan süt, gıdalar arasında değerli bir konuma sahiptir. Süt, insan beslenmesinde önemli yeri olan, besin değeri yüksek bir gıda ürünüdür. Dünya çapında temel besin ve enerji kaynaklarından biri olarak kabul edilen süt, büyüme için zengin besin maddeleri ihtiva etmektedir (Hammam, 2019). Süt yaklaşık 4000 türe sahip yeni doğan memelilerin besin maddelerinin büyük çoğunluğunun sağlaması yanı sıra bazı fizyolojik ihtiyaçlarını da karşılamaktadır. Sütün bileşimi pek çok farklılık göstermektedir. Bu farklılıkların büyük bir kısmı sütü sağılan canlının türü, beslenme süresi, beslenme çeşidi ve salgı periyoduna dayanmaktadır (Smit, 2003). Süt, alındığı hayvanın türü olarak isimlendirilir. Örneğin; koyun sütü, keçi sütü, deve sütü ve inek sütü gibi. Sütün ana bileşenleri su, yağ, protein ve karbonhidrattır. Bunun yanı sıra süt ikincil bileşenler olarak mineraller, enzimler, vitaminler ve çözünmüş gazlar içermektedir (Yadav ve ark., 2015). Bir inek sütünün kompozisyon örneği Tablo 1'de gösterilmektedir. Bireylerin sağlıklı bir yaşam sürdürebilmeleri için ihtiyaç duydukları karbonhidratlar, yağlar, proteinler, vitaminler ve mineralleri içeren süt, vücudun ihtiyaç duyduğu besin öğelerinin yaklaşık tamamını yeterli düzeyde karşılayabilmektedir. Süt özellikle vücudun kalsiyum, magnezyum, selenyum, riboflavin, B12 vitamini ve

pantotenik asit (B5 vitamini) gibi önemli ihtiyaçlarının karşılanmasına ciddi oranda katkı sağlamaktadır (FAO, 2013).

Tablo 1. İnek sütünün bileşimi (Yadav ve ark., 2015)

Bileşen	Miktar (%)
Su	87
Yağ	4
Protein	3,5
Laktoz	4,8
Kül	0,7

Süt ve süt ürünleri içerdiği zengin besin içerikleri sayesinde insan beslenmesinde temel besin kaynakları arasında önemli bir yere sahiptir. Bunun yanısıra gıda sanayisinde de önemli bir hammadde kaynağı olması açısından da oldukça büyük önem taşımaktadır. Süt, insanlar tarafından birçok farklı şekilde tüketilebilmektedir. Süt genellikle sade şekilde tüketilebilse de (içme sütü) müşterilerin özel ihtiyaçlarını karşılamak ve böylece yeni ürünlerde buna göre değişiklik yapmak üzere işlenir. Bu işlemler; raf ömrünü uzatmak ve mikroorganizmaları öldürmek için ısıl işlem görmüş (pastörizasyon gibi), dondurulmuş, konsantre edilmiş, homojenize edilmiş, laktozu hidrolize edilmiş, protein seviyesi değiştirilmiş veya mineral seviyeleri zenginleştirilmiş olarak tüketilebilir. Ayrıca sütten birçok farklı ürün de elde edilebilmektedir. Bunların başında peynir, yoğurt, tereyağı, kefir, dondurma gibi ürünler sıralanabilir. Her bir ürünün elde edilme yöntemi farklıdır ve bunun için farkı işleme metotları bulunmaktadır. Gıda kombinasyonları, gıda ürünlerinin fiziksel, duyusal ve fonksiyonel özelliklerini geliştirmek için

gastronomide çoğu zaman kullanılmıştır. Bunlar arasında süt ürünlerine diğer ürünleri ilavesi, bu gıdaların duyusal özelliklerini ve aynı zamanda nutrasötik özelliklerini geliştirmek için artık yaygın olarak kullanılmaktadır (Pernave ark., 2019). Süt ve süt ürünlerine arı ürünlerinin katılıp tüketilmesi eski zamanlardan beri bilinmekte ve kullanılmaktadır. Bunlar arasında en çok kullanılanı baldır (Simonetti ve ark., 2020).

3. ARI ÜRÜNLERİ

Arı ürünleri, genellikle bal arısı *Apis mellifera* aracılığıyla doğadan elde edilen ve çeşitli alanlarda kullanılan önemli doğal ürünlerdir. Bal arısı *Apis mellifera'*ya ait görsel şekil 1'de verilmiştir. Arı ürünleri eski zamanlardan beri hem beslenme amacıyla hem de çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır (Abdelmonem ve ark., 2012). Arı ürünleri içerisinde en çok bilineni baldır. Ancak balın yanı sıra diğer arı ürünleri de son derece değerli ve önemlidir. Bunlardan polen, propolis, arı ekmeği (perga), arı sütü, bal mumu ve arı zehrinin kullanımı da son zamanlarda yaygınlaşmaktadır.

Şekil 1. Bal arısı *Apis mellifera*

Arı ürünleri genel olarak vitaminler (tiamin, B6 vitamini, niasin, pantotenik asit ve riboflavin gibi), temel mineraller (kalsiyum, bakır, demir, magnezyum, manganez, fosfor gibi), aminoasitler, fenolik-flavonid bileşikler açısından zengin ürünlerdir (Mohamed ve ark., 2010; Karapetsaş, 2020). Arı ürünlerinin biyoaktivitesi, içerdiği bu değerli bileşenlerden kaynaklanmaktadır.

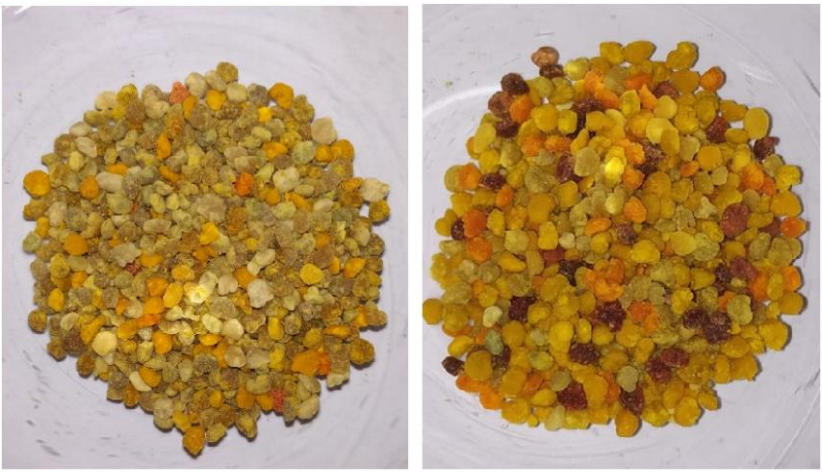
3.1. Bal

Kısa tanımıyla bal, farklı şekerler ve diğer bileşenlerden oluşan ve esas olarak bal arısı türleri (*Apis* spp.) tarafından üretilen tatlı kompleks bir salgıdır (Abdelmonem ve ark., 2012). Bal, bal arısı tarafından üretilen ve insanlar tarafından işlenmeden tüketilebilen tek doğal tatlandırıcı maddedir (Terrab ve ark., 2004). Bal, kamış ya da pancar şekerinin yaygınlaşmasından önce bile tarih boyunca tatlandırıcı olarak kullanılmaktaydı. Günümüzde artan hastalık ve salgınlar sonucu doğal ürün tüketme eğilimi nedeniyle bal, doğal olarak tatlılık sağlamak amacıyla ticari ürünlere de eklenmektedir. Tatlandırma amacıyla katkı maddesi olarak kullanılmasının yanı sıra, fermantasyon için substrat malzemesi olarak da kullanılmıştır (Mesías ve ark., 2019). Bal genelde eklendiği ürünlerin fonksiyonelliğini artırmaktadır.

3.2. Arı poleni

Farklı türlerden çiçek polenlerinin bir karışımı, bal arısı tükürük bezleri tarafından salgılanan nektar ve enzimlerle (örneğin amilaz, katalaz) muamele edildikten sonra granül şeklinde arı poleni olarak kabul edilen polen yükleri oluşur (Denisow ve Denisow-Pietrzyk, 2016). Şekil 2'de granül halde bulunan arı poleni görseli verilmiştir. Arı poleninin bileşimi

coğrafik kökene, ekolojik habitata ve hatta mevsime bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir.



Şekil 2. Arı poleni (Rajs, 2022)

Arı poleni insan gıdası olarak kabul edilmektedir. Kalite kontrol yapılabilmesi için ürünün fiziko-kimyasal parametreleri ve besin değeri ulusal mevzuata göre standartlaştırılmıştır. Analitik teknikler (kromatografi, spektrometre gibi) arı tarafından üretilen polenlerde çeşitli bitki türlerinden kaynaklanan yaklaşık 200 kimyasal bileşiğin varlığını kanıtlamıştır. Ana bileşenler arasında proteinler (% 5-60), esansiyel amino asitler, karbomnhidratlar (% 13-55), lipitler (% 4-7), nükleik asitler ve ham lif (% 0.3-20) içermektedir. Bileşimi göz önüne alındığında, arı poleni “mükemmel bir besin” olarak kabul edilmektedir (Szczêsna, 2006).

3.3. Arı ekmeği (Perga)

Polenin bitki kaynaklarından toplanıp taşınmasının bir sonraki aşaması, polenlerin toplayıcı arılar tarafından kovana depolanması ve bal peteği

hücrelerine paketlenmesidir. (Fuenmayor ve ark., 2014; Kieliszek ve ark., 2018). Polen, peteğe depolanırken balın yanı sıra arıların tükürük bezlerinin salgılarında bulunan sindirim enzimleri ve organik asitlerle daha da zengin hale getirilir (Deveza ve ark., 2015). Peteklerde anaerobik koşullar altında *Lactobacillus* bakterilerinin neden olduğu polenin laktik fermantasyon süreci meydana gelir. Polende bulunan kılıf yapısı, polenin arı ekmeğine dönüşmesi sürecinde çözülür ve bu formda emilimi daha fazladır. Polenin arı ekmeği formuna fermantasyon süreci, poleni sadece özellik kaybına karşı korumakla kalmaz, aynı zamanda enzimatik dönüşümlerin bir sonucu olarak yeni bileşenlerin ortaya çıkmasına da neden olur. Yani ortaya farklı bir ürün ortaya çıkmaktadır diyebiliriz (Deveza ve ark., 2015; Kieliszek ve ark., 2018).

Şekil 3. Petek hücrelerinde depolanmış arı ekmeği (Kieliszek ve ark., 2018).

3.4. Arı sütü

Arı sütü, işçi arılar tarafından arı larvaları ve kraliçe arı için üretilen özel besindir. Kraliçe arı diğer arılardan farklı olarak hayatı boyunca arı sütü ile beslenir. Kimyasal olarak arı sütü, su (% 50-60), protein (% 18),

karbonhidrat (% 15), lipit (% 3-6), mineral (% 1,5) ve vitaminler içermektedir. Ayrıca 10-hidroksil-2-dekenoik asit (10-HDA) gibi çeşitli biyoaktif maddeler açısından zengindir (Nagai ve Inoue 2004).

Şekil 4. Arı sütü (Anonim, 2023)

Gıdaların birbiri ile karıştırılıp farklı kombinasyonlar halinde tüketilmesi, gıda ürünlerinin fiziksel, duyusal ve fonksiyonel özelliklerini geliştirmek için gastronomi alanında çoğu zaman kullanılmıştır. Bunlar arasında süt ürünleri-arı ürünleri kombinasyonları bu gıdaların duyusal özelliklerini ve aynı zamanda nutrasötik özelliklerini geliştirmek için artık yaygın olarak kullanılmaktadır (Perna ve ark., 2019). Süt ve süt ürünlerine arı ürünlerinin katılıp tüketilmesi eski zamanlardan beri bilinmekte ve kullanılmaktadır. Bunlar arasında en çok kullanılanı baldır (Simonetti ve ark., 2020).

Perna ve ark. (2019) yaptıkları çalışmada bal ve biberiye esansiyel yağı ile güçlendirilmiş kefirin depolama sırasında fenolik içeriğini ve antioksidan aktivitesini araştırmışlardır. Tatlandırıcı olarak kullanılan balın, kefirin antioksidan aktivitesini güçlü bir şekilde etkilediğini öne sürmüşlerdir.

Diğer bir çalışmada, ABTS ve ferrik indirgeyici antioksidan güç (FRAP) testleri kullanılarak farklı peynir-bal kombinasyonlarının *in vitro* gastrointestinal sindirim öncesi ve sonrası antioksidan aktivite üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda bal ilavesinin peynir örneklerinin antioksidan aktivitesini önemli ölçüde arttırdığı bulunmuştur (Simonetti ve ark., 2020). Duyusal analiz sonuçları, tüm peynir-bal kombinasyonlarının tüketiciler tarafından iyi kabul edildiğini göstermiştir. Ayrıca tüketici sağlığı için yararlı biyoaktif bileşenlerin mevcudiyeti açısından peynir-bal kombinasyonlarının yaygınlaştırılabilir olduğunu vurgulamışlardır (Simonetti ve ark., 2020).

Abdelmonem ve ark. (2012) gebelik sırasında hastaları tedavi etmek için bal ve yoğurttan oluşan yeni bir karışımın klinik ve mikolojik kür oranlarını değerlendirmişlerdir. Çalışmada klinik ve mikolojik kür oranının kontrol grubuna göre daha yüksek olduğu ve her iki tedavi türü de hastaların çoğu tarafından olumlu tolere edildiği belirtilmiştir.

Bansal ve ark. (2017) karışık süt tozlarında bal ilavesinin konsantrasyon seviyesi değiştirilerek çeşitli fiziksel, fonksiyonel ve akış özelliklerini araştırmışlardır. Bal ilave edilerek hazırlanan tüm toz numunelerde DPPH süpürme kapasitesi, toplam fenolik ve toplam flavonoid içeriğinin arttığı tesğit edilmiştir.

Belewu ve Morakinyo (2009) bal ilave edilmiş ve edilmemiş yumuşak peynirlerin besinsel, mikrobiyolojik ve duyusal değerlendirilmesi üzerine çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada, peynire bal ilavesinin peynir numunesinin besin değerlerinin ve duyusal özelliklerinin

artmasına yardımcı olabileceği ve birçok mikroorganizmanın büyümesini veya kalıcılığını azaltabileceği sonucuna varılmıştır.

Al-Jabri (2005) süt ve bal kombinasyonunun, mikrobiyal enfeksiyona karşı korunmak için önemli bir besin kaynağı olabileceğini vugulamıştır.

Yapılan bir çalışmada bal katkılı az yağlı süt tozu için sprey kurutma proses parametrelerinin optimizasyonu araştırılmıştır (Bansal ve ark., 2014). Bal katkılı az yağlı süt tozu DPPH süpürme aktivitesi, toplam fenolik içerik ve toplam flavonoid içeriğinin yüksek olduğu bulunmuştur.

Machado ve ark. (2017) balın probiyotik *Lactobacillus acidophilus* içeren keçi yoğurdunun kalite özellikleri üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Eklenen bal keçi yoğurdunun teknolojik ve duyusal özelliklerini geliştirdiği, kalite özelliğini olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir. Ayrıca; tatmin edici besinsel, duyusal kalite ve fonksiyonel özellikleri nedeniyle yeni bir keçi süt ürününün başarılı bir şekilde katma pazar değerine dahil edildiğini ileri sürmüşlerdir.

Zlatev ve ark. (2018), bal ve arı poleni katkılı yoğurdun fizikokimyasal ve duyusal özelliklerini araştırmışlardır. Üretilen yoğurtlarda bal ve arı poleni kullanımının, yoğurtların organoleptik ve fizikokimyasal özelliklerini iyileştirdiği tespit edilmiştir.

Arı sütü ve arı poleninin probiyotik yoğurdun tekstür ve mikroyapı profili üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışmada arı sütü ve arı polenini içeren numune ile kontrol numunesi arasında esneklik ve yapışkanlık açısından önemli bir fark olmadığı

ancak sineresisin önemli ölçüde azaldığı ve kazein misellerinin nispeten eşit şekilde dağıldığını ve boyutlarının benzer olduğu sonucuna varılmıştır (Atallah ve Morsy, 2017).

4. SONUÇ

Sonuç olarak; içerdiği zengin besin içerikleri sayesinde insan beslenmesinde önemli bir yere sahip olan süt ve süt ürünlerinin, arı ürünleri katılarak tüketilmesi yaygındır. Yapılan literatüt taramalarında süt ve süt ürünlerinin arı ürünleri ile karıştırılması fonksiyonel özelliklerini olumlu yönde etkilediği gözlemlenmiştir. Arı ürünlerinin süt ve süt ürünlerinin biyoyararlılığı üzerindeki etkisinin incelenmesi için daha detaylı çalışmaların yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Abdelmonem, A. M., Rasheed, S. M., Mohamed, A. S. (2012). Bee-honey and yogurt: a novel mixture for treating patients with vulvovaginal candidiasis during pregnancy. *Archives of gynecology and obstetrics*, *286*, 109-114.

Al-Jabri, A. A. (2005). Honey, milk and antibiotics. *African Journal of Biotechnology*, *4*(13).

Atallah, A. A., Morsy, K. M. (2017). Effect of incorporating royal jelly and bee pollen grains on texture and microstructure profile of probiotic yoghurt. *Journal of Food Processing and Technology*, *8*(9), 1-4.

Bansal, V., Premi, M., Sharma, H. K., Nanda, V. (2017). Compositional, physical, functional attributes and flow characterization of spray-dried skim milk powder enriched with honey. *Journal of Food Measurement and Characterization*, *11*, 1474-1485.

Bansal, V., Sharma, H. K., Nanda, V. (2014). Optimisation of spray drying process parameters for low-fat honey-based milk powder with antioxidant activity. *International Journal of Food Science Technology*, *49*(4), 1196-1202.

Barba, F. J., Saraiva, J. M. A., Cravotto, G., Lorenzo, J. M. (2019). Innovative Thermal and Non-Thermal Processing, Bioaccessibility and Bioavailability of Nutrients and Bioactive Compounds. Woodhead Publishing, Cambridge

Beecher, G.R. (1999). Phytonutrients Role in Metabolism: Effect on Resistance to Degenerative Processes. Nutrition Reviews, 57: S3-S6.

Belewu, M. A., Morakinyo, O. A. (2009). Nutritional, microbiological and sensory evaluation of honey treated and untreated soft cheese. *European Journal of Scientific Research*, *26*(1), 124-131.

Cianciosi, D., Forbes-Hernández, T. Y., Afrin, S., Gasparrini, M., Quiles, J. L., Gil, E., Giampieri, F. (2020). The influence of in vitro gastrointestinal digestion on the anticancer activity of manuka honey. *Antioxidants*, 9(1), 64.

Çetiner, Ş. (2017). Süt Teknolojisi I. Intl.: www. akademik.adu.edu.tr, 15.09.2021.

Denisow, B., Denisow-Pietrzyk, M. (2016). Biological and therapeutic properties of bee pollen: A review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *96*(13), 4303-4309.

Deveza, M. V., Keller, K. M., Lorenzon, M. C. A., Nunes, L. M. T., Sales, É. O., Barth, O. M. (2015). Mycotoxicological and palynological profiles of commercial brands of dried bee pollen. *Brazilian Journal of Microbiology*, *46*, 1171-1176.

El Sohaimy, S. A. (2012). Functional foods and nutraceuticals-modern approach to food science. *World Applied Sciences Journal*, *20*(5), 691-708.

Fuenmayor, C., Zuluaga, D. (2014). Evaluation of the physicochemical and functional properties of Colombian bee pollen Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y funcionales del polen apícola colombiano. *Rev MVZ Córdoba*, *19*, 4003-4014.

Hammam, A. R. A. (2019). Compositional and therapeutic properties of camel milk : A review. Emirates Journal of Food and Agriculture 31(3),

Karapetsas, A., Voulgaridou, G.-P., Iliadi, D., Tsochantaridis, I., Michail, P., Kynigopoulos, S., Lambropoulou, M., Stavropoulou, M.-I., Stathopoulou, K., Karabournioti, S., Aligiannis, N., Gardikis, K., Galanis, A., Panayiotidis, M. I., Pappa, A. (2020). Honey Extracts Exhibit Cytoprotective Properties against UVBInduced Photodamage in Human Experimental Skin Models, In Antioxidants. 9 (7), 566.

Kieliszek, M., Piwowarek, K., Kot, A. M., Błażejak, S., Chlebowska-Śmigiel, A., Wolska, I. (2018). Pollen and bee bread as new health-oriented products: A review. *Trends in Food Science Technology*, *71*, 170-180.

Machado, T. A. D. G., de Oliveira, M. E. G., Campos, M. I. F., de Assis, P. O. A., de Souza, E. L., Madruga, M. S., ... do Egypto, R. D. C. R. (2017). Impact of honey on quality characteristics of goat yogurt containing probiotic Lactobacillus acidophilus. *Lwt*, *80*, 221-229.

Mohamed, M., Sirajudeen, K. N. S., Swamy, M., Yaacob, N. S., Sulaiman, S. A. (2010). Studies on the Antioxidant Properties of Tualang Honey of Malaysia, African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines. 7 (1), 59-63.

Perna, A., Simonetti, A., Gambacorta, E. (2019). Phenolic content and antioxidant activity of donkey milk kefir fortified with sulla honey and rosemary essential oil during refrigerated storage. *International Journal of Dairy Technology*, *72*(1), 74-81.

Simonetti, A., Perna, A., Grassi, G., Gambacorta, E. (2020). Antioxidant activity of different cheese-honey combinations before and after in vitro gastrointestinal digestion. *LWT*, *131*, 109725.

Smit, G. (Ed.). (2003). *Dairy processing: improving quality*. Elsevier.

Szczêsna, T. (2006). Protein content and amino acid composition of bee-collected pollen from selected botanical origins. *Journal of Apicultural Science*, *50*(2), 81-90.

Terrab, A., Recamales, A. F., Hernanz, D., Heredia, F. J. (2004). Characterisation of Spanish thyme honeys by their physicochemical characteristics and mineral contents. *Food Chemistry*, *88*(4), 537-542.

USK. Ulusal Süt Konseyi (2020). 2019 Süt Raporu, Dünya ve Türkiye’de Süt Sektörü İstatistikleri. I Basım, Ankara.

Wildman, R.E. (2001). Handbook of Nutraceuticals and Functional Foods (1 ed.). CRC Series in Modern Nutrition.

Zlatev, Z., Taneva, I., Baycheva, S., Petev, M. (2018). A comparative analysis of physico-chemical indicators and sensory characteristics of yogurt with added honey and bee pollen. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, *24*(1).

BÖLÜM 4

FERMENTE SÜT ÜRÜNLERİNİN SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ

Öğr. Gör. Kübra İSPİR[1]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10460093

[1] Bingöl Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü Bingöl, Türkiye. kubraispir97@gmail.com, Orcid ID: 0000-0002-2049-279X

1. GİRİŞ

Gelişmiş ülkelerde, gıda seçiminde dikkat edilecek en önemli noktalardan birisi sağlıktır. Diyetin, kişinin kardiyovasküler hastalıklar, obezite, kanser ve yaşam tarzıyla ilişkili olan diğer hastalıklara yakalanma riskini büyük ölçüde etkilediği bildirilmiştir. Fermente süt ürünleri, uzun süredir, diyetin önemli bir parçası haline gelmiştir. Tarihsel olarak fermantasyon süreci M.Ö yaklaşık 100-150 yıllarına dayanmaktadır ve bu yıllarda çiğ sütte doğal mikroorganizmaların kültürleriyle fermente edilerek bu ürünlerin tüketildiğine ilişkin veriler mevcuttur. Hem tüketiciler hem de üreticiler için büyük ölçüde önem kazanan noktalardan biri, fermente süt ürünlerinde yaşayan canlı mikroorganizmaların rolüdür (Demirgül ve Sağdıç, 2018). Fermente süt ürünleri ve özellikle yoğurtta genellikle bulunan mikroorganizmalar *L. bulgaricus* ve *S. thermophilus'*tur. Bu mikroorganizmalar tarafından fermente süt ürünleri asitleştirilir ve fermente edilir, bu da daha uzun raf ömrüne sahip daha koyu bir ürünle sonuçlanır (Hadjimbei ve ark., 2022).

Fermente süt ürünleri besin açısından yoğun bir besindir ve özellikle kalsiyum, fosfor, potasyum, A vitamini, B_2 vitamini ve B_{12} vitamininden zengin olmasının yanı sıra biyolojik değeri yüksek olan protein ve esansiyel yağ asitleri sağlarlar. Bileşiminde biyoaktif bileşenler ve fermantasyon sırasında üretilen bakterilerden türetilen metabolitler mevcuttur. Bu özel özellikleri sebebiyle nihai ürüne saf beslenmenin ötesinde özellikler kazandıran bileşenlerin ya da besin maddelerinin eklenmesi için mükemmel bir matris oluşturur ve bu da onları sağlıklı bir diyet için ilginç, gerçek fonksiyonel gıdalar haline getirir (Garcia-Burgos ve ark., 2020; Hadjimbei ve ark., 2022).

Fermente süt ürünlerinin tüketimi ile ilişkilendirilen sağlığa yararlı birçok durumun mevcut olduğu yapılan çalışmalarla bildirilmiştir (Demiroğlu ve Sağdıç, 2018). Özellikle fermente süt ürünlerinin osteoporoz, diyabet, kardiyovasküler, alerjik hastalıklarının önlenmesine ek olarak antioksidan, antikanserojen, hipotansif, hipokolesterolemik ve bağışıklık sistemini modüle edici potansiyel etkileri mevcuttur (Garcia-Burgos ve ark., 2020; Hadjimbei ve ark., 2022).

2. FERMENTE SÜT ÜRÜNLERİ

2.1. Fermantasyon

Latince mayalanmak anlamına gelen fermentare kelimesinden türeyen *fermantasyon,* dünyadaki bilinen en eski gıda muhafaza yöntemlerinden biridir (Wilburn ve Ryanii 2017; Nuraida, 2015). 'Besinlerin çeşitli mantarlar, bakteriler ve bunların ürettikleri enzimler aracılığıyla dönüştürülmesi' olarak daha geniş anlamda tanımlanabilmektedir (Wilburn ve Ryanii 2017). Daha az enerji gerektiren maliyeti düşük bir süreç olan fermantasyon gıda üretimin ana stratejisi olarak bazı kültürlerde sıklıkla kullanılmaktadır. Gıda fermantasyonları temelde iki gruba ayrılır: (1) Aerobik fermantasyon (alkalin fermantasyon ve mantar fermantasyonu), (2) Anaerobik fermantasyon (laktik asit ve alkol fermantasyonu) (Nout, 2014). Pek çok gıdaya uygulanan fermantasyon işlemleri, vitamin ve minerallerin biyoyararlılığını, çabuk bozulabilen gıdaların raf ömrünü artırır, ürünün organoleptik özelliklerini geliştirir ve besinsel ilgisini artırır (Garcia-Burgos ve ark., 2020; Altay ve ark., 2013; Nuraida, 2015). Fermente gıdaların uzun süredir tüketiciye sağlık açısından fayda sağladığı düşünülmektedir. Fermente gıdaların kan

kolesterol düzeylerini düşürücü, patojen mikroorganizmaların çoğalmasını engelleyici, immün sistemi geliştirici potansiyel etkileri mevcuttur. Bu etkiler ile osteoporoz, obezite, ateroskleroz, diyabet, alerji, kanserojenez, gibi hastalıklara karşı koruyucu, laktoz intoleransı semptomlarını hafifletici etkiler gösterir. Fermente gıdaların gösterdikleri sağlık yararı etkileri, proteinlerin fermantasyon sürecinde yer alan bakteriler tarafından mikrobiyal olarak hidroliz edilmesi sonucunda açığa çıkan biyoaktif peptidlere atfedilmiştir (Şanlıer ve ark., 2017).

2.2. Fermente Süt Ürünleri

Fermente süt ürünleri, eski çağlardan bu yana evcilleştirilmiş süt hayvanlarının sütünden elde edilir. (Parmijit, 2011). Fermente süt ürünlerinin, son yıllarda tüketimleri önemli bir artış göstermiş ve dünya çapında yaygın olarak tüketilen gıdalardan biri olduğundan bu artışın giderek artacağı pazar eğilimleri ile gösterilmiştir. Fermente süt ürünlerine tüketicilerin yoğun bir ilgisi vardır, bunun sebebi ise bu gıdalara bağırsaktaki mikroorganizmaların gösterdiği etkiler ile sunduğu besin, sağlık yararları ve sağlıklı bir yaşam ve yaşam beklentisinin artmasına katkıda bulunmasıdır (Garcia-Burgos ve ark., 2020). Fermente sütün içerisinde mikroorganizma kültürleri, canlı, aktif ve bol miktarda bulunur. Ancak bu fermente süt ürünleri ısıl işleme maruz kaldığında mikroorganizmalar canlılığını kaybedecektir. Farklı ülkelerde kullanılan fermente süt ürünleri üç kategoriye ayrılmıştır:

(1)Ekşiliği orta derecede olan, aroması hoş fermente süt ürünü (kültürlü süt)

(2)Ekşilik derecesi orta ve çok yüksek olan fermente süt ürünleri (lor ve yoğurt)
(3)Laktik aside ek olarak asit alkol içeriğine birlikte sahip olan fermente süt ürünleri (kımız ve kefir) (Parmijit, 2011).

Fermente süt türlerinin her birinin fermantasyonu için kullanılan spesifik kültürler mevcuttur (Codex Alimentarius, 2011) (Tablo 1). Fermente süt ürünleri hazırlanırken ilk adım çiğ süt standardize edildikten sonra, homojenize edilmesidir, sonrasında ısıl işleme tabi tutulup, fermantasyon için kullanılacak spesifik kültür süte aşılandıktan sonra, inkübe edilir ve soğutma işlemi uygulanır. Soğutma işlemi sonrasında bu fermente süt ürünleri doldurulup, soğuk depolarda depolanır (Parmijit, 2011).

Tablo 1. Fermente süt çeşitleri

Fermente süt ürünü	**Spesifik starter kültür**
Yoğurt	*Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii subsp.'nin bulgaricus* simbiyotik kültürleri.
Alternatif Kültür Yoğurt	*Streptococcus thermophilus* ve herhangi bir Lactobacillus türünün kültürleri.
Asidofil süt	*Lactobacillus acidophilus.*
Kefir	Kefir danelerinden hazırlanan starter kültür, *Lactobacillus* kefiri, *Leuconostoc, Lactococcus* ve *Acetobacter* cinsinin türleri güçlü bir spesifik ilişki içindedir. Kefir taneleri hem laktozu fermente eden mayaları (*Kluyveromyces marxianus*) hem de laktozu fermente etmeyen mayaları (*Saccharomyces unisporus, Saccharomyces cerevisiae* ve *Saccharomyces exiguus*) içerir.
Kumiler	*Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus and Kluyveromyces marxianus.*

2.3. Fermente Süt Ürünlerinin Bileşimi

Fermente süt ürünlerindeki biyoaktif bileşenlerin sayısı ile gücü düşünülenden daha fazladır. Fermente süt ürünlerinin bileşimindeki biyoaktif bileşenlerin bir kısmı normal süt bileşeni iken, bir diğer kısım sindirim ve fermantasyon uygulamaları sırasında ortaya çıkabilmektedir. Fermente süt ürünlerindeki biyoaktif bileşenler arasında spesifik proteinler, oligosakkaritler, biyoaktif peptidler ile organik asitler yer alır (Ebringer ve ark., 2008).

Fermente süt ürünleri yüksek kaliteli proteinler olan, α-s1, α-s2, β-kazein, κ-kazein fraksiyonları ile kazein, β-laktoglobülin, α-laktoalbümin, enzimler, laktoferrin, büyüme faktörleri, glikomakropeptidler, immünoglobülinler gibi peynir altı suyu proteinlerini içerir. Laktik asit bakterilerinin proteolotik enzimler ile hidrolizi soncunda spesifik peptitler açığa çıkar, biyoaktif özellik gösteren bu peptitlerin immünomodülatör, antifungal, antimikrobiyal, antioksidan ve anti-karsinojenik gibi pek çok sağlığa faydalı etkileri mevcuttur.

Yoğurtlar dahil olmak üzere fermente sütler, esansiyel yağ asitleri dahil [linoleik asit (w-6), linolenik asit (w-3)] çeşitli yağ asitleri için (konjuge linoleik asit) iyi kaynaklardır. Konjuge linoleik asitlerin anti-obezitik, anti-karsinojenik, anti-aterojenik, anti-diyabetajenik, immünomodülatör, apoptotik ve osteosentetik faydalı etkileri mevcutken, w-3 yağ asitlerin antiinflamatuar, antitrombotik, antiaritmik, hipolipidemik ve vazodilatör etkileri mevcuttur (Benjamin ve Spener, 2009; Hadjimbei ve ark., 2022).

Süt ürünlerinde bulunan laktoz, fermantasyon işlemi uygulamasından sonra laktik asit oluşturan ana karbonhidrattır. Doğal yoğurtta bulunan laktoz toplam karbonhidratın %98'ine kadar ulaşabilir ve içeriği ürünün türü ile kullanılan karbonhidrat türüne göre değişiklik gösterir. Laktik asit bakterileri homo ve heteropolisakkaritler gibi bazı ekzopolisakkaritleri üretir ve yoğurdun sağlık üzerine yararlı etkilerine katkıda bulunur. Laktoz, bağırsağın fırçamsı yüzeylerinde β-galaktosidaz enzimi yardımıyla hidrolize edilerek glikoz ve galaktoza dönüşür. Yoğurdun süte kıyasla, laktoz intoleransı ya da laktoz sindirim bozukluğu olan kişilerde daha iyi tolere edildiği bildirilmiştir (Frias ve ark., 2016).

Fermente süt ürünleri biyoyararlınımı yüksek olan pek çok vitamin ve mineralden açısından zengin besin kaynaklarıdır. Özellikler tiamin (B_1), riboflavin (B_2), niasin (B_3), pantetonik asit (B_5), pridoksin (B_6), folik asit (B_9), kobalamin (B_{12}) gibi B vitaminleri, kalsiyum, fosfor, magnezyum, potasyum, çinko açısından zengindir. Fermente süt ürünlerinin, çiğ süte göre mikro besin ögelerinin çoğunun biyoyararlanımı yüksektir, bunun sebebi ise vitamin içeriğini etkileyen asitlik ve fermantasyon sürecidir. Kalsiyum emiliminde, patojenik mikroorganizmaların inhibisyonunda, bağırsak sekresyonunun uyarılmasında laktik asitin katkısı büyüktür.

Yeterli miktarda verildiğinde konağın sağlığını geliştirici özellikler gösteren canlı mikroorganizmalar olan probiyotiklerin önemli taşıyıcılarından biri yoğurttur. Standart kültür yoğurt ve biyo ya da probiyotik yoğurt olmak üzere iki gruba ayrılabilir. *L. bulgaricus* ile *S. Thermophilus* ile yapılan yoğurtlar standart yoğurtlar olarak kabul edilirken, *Bifidobacteria* ve *L. acidophilus'un* probiyotik suşları gibi

faydalı mikroorganizmaların kültürlenmesiyle üretilenler ise biyo-yoğurtlar olarak kabul edilir. Probiyotiklerin, konstipasyon (Yang ve ark., 2008), irritabl bağısak sendromu (İBS), crohn hastalıkları, ülseratif kolit (Hadjimbei ve ark., 2022), diyare (Guandalini, 2011), egzama (Varga ve ark., 2014) gibi çeşitli hastalıklar üzerinde koruyucu etkileri olduğu bildirilmiştir.

2.4. Fermente Süt Ürünlerinin Sağlık Üzerine Etkileri

Geçmişten bu yana yapılan çalışmalarda fermente gıdaların özellikle fermente süt ürünlerinin tüketiminin, sağlık üzerine potansiyel faydalı etkilerinin olduğu belirtilmiştir (Şekil.1). Neredeyse tüm ulusal beslenme kılavuzları süt ve süt ürünlerinin tüketimine yönelik önerilerde bulunsa da, bu ulusal beslenme kılavuzlarından sadece birkaçı fermente gıdalarını tüketimini önermektedir. Araştırmacılar, son zamanlarda sağlığı iyileştirmeye yönelik beslenme stratejileri oluştururken, kanıtların da yeterli olduğu göz önünde bulundurularak canlı mikroorganizmaları içeren yoğurt ve diğer fermente süt ürünlerini dikkate almışlardır (Savaiano ve Hutkins, 2021).

Şekil 1. Yoğurt ve fermente süt ürünlerin sağlık üzerine etkileri (Hadjimbei ve ark., 2022)

2.4.1. Fermente Süt Ürünleri ve Diyabet

Diyabet dünyada küresel bir halk sağlığı sorunudur ve prevalansı giderek artmaktadır. Diyabet tedavisinde ilaçların yanı sıra probiyotiklerin de diyabet hastalarında kullanılabileceği düşünülmüştür (Ostadrahimi ve ark., 2015). Araştırmacıların genel görüş birliği, başta yoğurt olmak üzere süt ürünlerinin tüketiminin Tip 2 diyabet riski üzerinde orta derecede koruyucu etkiye sahip olmasıdır (Fernandez ve ark., 2017). Tip 2 diyabetli hastalar (35-65 yaş) üzerinde yapılan randomize kontrollü bir çalışmada, hastalara sekiz hafta süresince probiyotik fermente süt (kefir) ya da geleneksel fermente süt (hamur) verilmiştir. Kontrol grubu 600 ml/gün konvansiyonel fermente süt tüketirken, çalışma grubu *Lactobacillus casei, Lactobacillus acidophilus* ve *Bifidobacteria* içeren

600 ml/gün probiyotik fermente süt tüketmiştir. Çalışmanın soncunda, diyabetik hastalarda probiyotik fermente süt (kefir) tüketiminin, geleneksel fermente süt ile karşılaştırıldığında açlık kan şekeri ve HbA1C düzeylerini azalttığı bildirilmiştir (Ostadrahimi ve ark., 2015). Yapılan başka bir çalışmada ise süt, peynir, krema ve tereyağı alımı ile kardiyovasküler hastalıkların görülme sıklığı arasındaki ilişki incelenmiş ve sütler iki gruba ayrılmıştır (1) Yoğurt ve kükürtlü ekşi süt ile yapılmış fermente süt, (2) fermente edilmemiş süt. Çalışmanın sonucunda fermente süt tüketimi düşük HOMA indeksi ile önemli ölçüde ilişkilendirilmiştir. Fermente süt ürünlerini yüksek miktarda tüketenlerin insülin direncini daha düşük derecede gösterdikleri bildirilmiştir. Bu sonuçların etki mekanizmaları, fermente süt ürünlerinde bulunan probiyotik bakterilerin bağırsaktaki bakterilerinin bileşimini etkileyebileceği ve bağırsak mikrobiyatası bileşiminin ise metabolik bozuklukların gelişiminde önemli bir rol oynamasıyla ilişkilendirilebilirken, laktik asit bakterilerinin proteolotik aktivitesi fermente süt ürünlerinin proteinlerinden ortaya çıkan peptitlerin glikoz homeostazını düzenleyici etkileri ile ilişkilendirilmiştir (Sonestedt ve ark., 2011). Östman ve ark., 2001, normal ya da fermente süt ürünlerinin alımından sonra glisemik ve insülinemik yanıtlar ile yüksek glisemik indekse sahip olan ekmek içeren kahvaltıya fermente süt ürünü olan yoğurt takviyesinin akut metabolik etkileri değerlendirilmiştir. Yüksek glisemik indeksli ekmek içeren bir kahvaltıya fermente süt (yoğurt) ve salatalık turşusu eklenmesi, referans öğünle karşılaştırıldığında postprandiyal glisemi ve insülinemiyi önemli ölçüde azalttığı ancak normal süt ve taze salatalığın eklenmesinin metabolik tepkiler üzerinde olumlu bir etkiye sahip olmadığı bulunmuştur.

2.4.2. Fermente Süt Ürünleri ve Kardiyovasküler Hastalıklar

Dünya çapındaki ölümlerin ve morbiditenin en önemli nedenlerinden biri kardiyovasküler hastalıklardır ve bu hastalıkların önlenmesinde diyet ön plana çıkmaktadır. Özellikle fermente süt ürünlerinden peynir ve yoğurdu içeren diyetlerin, kardiyovasküler hastalıklar üzerinde olumlu ya da nötr etkileri olduğu tespit edilmiştir (Zhang ve ark., 2019). Yoğurt ve fermente süt ürünlerinin tüketiminin kardiyovasküler hastalıklar üzerinde potansiyel faydalı etkileri aşağıdaki şemada özetlenmiştir (Şekil 2).

Şekil 2. Yoğurt ve fermente süt tüketiminin kardiyovasküler etkileri (Hadjimbei ve ark., 2022)

Fermente süt ürünleri ve az yağlı fermente süt ürünleri ile felç mortalitesi arasında, anlamlı ters bir ilişki mevcuttur (Pragmaan ve ark., 2015). Toplam süt ürünleri alımı ve türleri ile tip 2 diyabet gelişme riski arasındaki ilişki incelenmiştir. Günlük toplam süt ürünleri alımı yüksek yağlı (≥%3.9), az yağlı süt ürünleri, yoğurt, peynir ve süt ürünleri olarak

alt gruplara ayrılmıştır. Kombine fermente süt ürünleri (yoğurt, peynir, ekşi krema) de yüksek ve düşük yağlı süt ürünleri olarak sınıflandırılmıştır. Çalışmanın sonucunda, toplam süt ürünleri, yüksek yağlı süt ürünleri, süt, peynir ve yüksek yağlı fermente süt ürünleri alımlarının diyabet gelişimiyle ilişkili olmadığı tespit edilmiştir. Az yağlı süt tüketiminin diyabetle ters ilişkili olduğu buna ek olarak az yağlı fermente süt alımı özellikle yoğurt alımının da diyabet ile ters ilişkili olduğu rapor edilmiştir (O'Connor ve ark., 2014). Toplam ve düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL-C) ile kardiyovasküler hastalıklar arasında yakın bir ilişki olduğu ve toplam kolesteroldeki %1'lik düşüşün, koroner kalp hastalığı riskini %3 oranında azalttığı yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur. Fermente süt ürünleri tüketimi ile total kolesterol ve LDL-C kolesterol düzeyleri arasındaki ilişki incelendiğinde, probiyotik fermente süt ürünlerinin özellikle serum total kolesterol ve LDL-C seviyelerini azalttığı ve kan lipit profillerini iyileştirdiği tespit edilmiştir. Özellikle sekiz hafta boyunca tüketilen probiyotik fermente süt ürünleri erkeklerde serum total kolesterol ve LDL-C düzeyini önemli ölçüde azaltmıştır (Ziaei ve ark., 2021).

Süt ürünlerinden biri olan yoğurtta yüksek miktarda bulunan biyoaktif peptitler ve çeşitli mekanizmalar aracılığıyla kardiyovasküler hastalıkları önleyebileceğine dair güçlü kanıtlar mevcuttur. Sağlıklı beslenme planına eklenen yoğurdun kardiyometabolik hastalıklar riski üzerindeki etkisini inceleyen bir çalışmada, yoğurdun aşırı kilolu ve obez bireylerde kardiyometabolik risk faktörleri üzerinde faydalı etlilerinin mevcut olduğu, yoğurt tüketiminin bel/kalça oranını, bel çevresini ve ağırlığı azalttığı tespit edilmiştir (Cormier ve ark., 2016).

2.4.3. Fermente Süt Ürünleri ve Kemik Sağlığı

Osteoporoz, kemik mineral yoğunluğunun azalması ve kırık riskinin artması sonucunda morbidite ve mortalite ile ilişkili kronik bir hastalıktır. Gizli bir şekilde seyredebilir ve düşme sebebiyle kırık oluşum sürecine kadar, yıllarca fark edilmeyebilir (Hadijimbei ve ark., 2022). Fermente süt ürünlerinden yoğurt ya da yumuşak peynirler kalsiyum, fosfor ve protein kaynaklarıdır ve bu besinler kemik kaybını azaltıcı, kemik büyümesini artırıcı etkiler gösterirler. İnülin gibi prebiyotiklerin matris yoğunluğunu artırabilmek için yoğurda eklenmesi ve fermente süt ürünlerinden sağlanan probiyotiklerin varlığı bağırsaktaki kalsiyum emilimini ile kemik metabolizmasını etkiler (Rizzoli ve Biver, 2018). Osteoporuzu ya da kemik kırılganlığı olan 40 hasta üzerinde yapılan bir çalışmada, hastalar altı ay süresince kefir fermente süt (müdahale grubu) ve fermente edilmemiş çiğ süt (plasebo grubu) tüketmiş ve çalışmanın sonucunda fermente süt ürünü tüketen grubun kemik mineral yoğunluğunun daha yüksek oluğu, serum paratiroid hormonunun önemli ölçüde arttığı tespit edilmiştir. Paratiroid hormonun altı ay süresince kefir tüketiminden sonra kemiğin yeniden şekillenmesini destekleyebileceği vurgulanmıştır (Tu ve ark., 2015). Altmış yaş üzerindeki yaşlı yetişkinlerde yapılan bir çalışmada yoğurt tüketiminin kemik sağlığı ve kırılganlık ile ilişkisi değerlendirildiğinde yoğurt tüketim sıklığı arttıkça kemik mineral yoğunluğunun artarak, kemik sağlığını iyileştirdiği rapor edilmiştir. Buna ek olarak kadınlarda yoğurt alımındaki her birim artışının osteopeni riskini %31, osteoporoz riskini %39 oranında azalttığı bulunmuştur (Laird ve ark., 2017). Günlük diyetle kalsiyum alımı 900 mg'ın altında olan 10-12 yaş arasındaki 195 kız

çocuğu üzerinde yapılan bir çalışmada, çocuklar 24 ay süresince 1000 mg kalsiyum içeren az yağlı peynir (müdahale grubu) ve 1000 mg/gün kalsiyum+ 200 IU vitamin D içeren tablet (plasebo grubu) tüketmiştir. Çalışmanın sonucunda az yağlı peynirin kortikal kemik kütlesi açısından tabletlerden daha faydalı olduğu görülmüştür (Cheng ve ark., 2005).

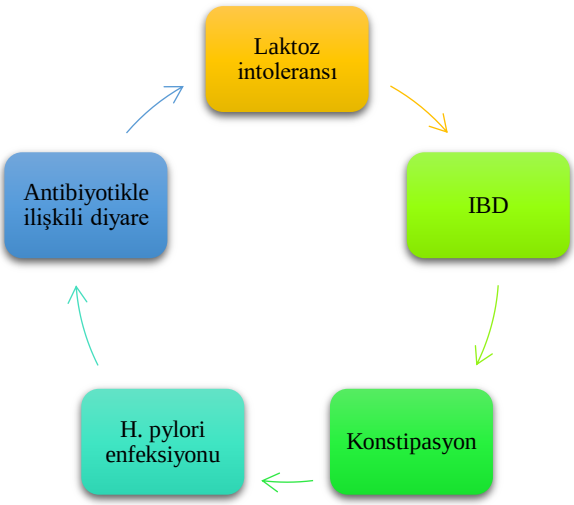
Fermente süt ürünlerinin kemik sağlığını desteklediğine ilişkin önerilen patofizyolojik mekanizmalar:

1. Kalsiyum emilimini artırarak, kemik mineralizasyonunu artırıcı etki gösterirler.
2. Bileşimindeki prebiyotiklerin varlığıyla kısa zincirli yağ asiti üretimini artırırlar, bu artış hem kalsiyum emilimini artırarak kemik mineralizasyonunu artırır hem de bağırsak geçirgenliğini modüle ederek, immün modülasyonu (kemik ve bağırsakta tümör nekroz faktör α (TNF-α) ekspresyonunu azaltır) sağlar ve kemik erimesini azaltıcı etki gösterir.
3. Fermente süt ürünlerinin protein içeriği yüksektir. Proteinlerin varlığı insülin büyüme faktörü- I ekspresyonunu artırarak kemik oluşumunu destekler.
4. Fermente süt ürünleri içerisindeki probiyotikler, bağırsak mikrobiyatasını modüle eder, bağırsak modülasyonu hem immün modülasyonu sağlayarak kemik erimesini azaltır, hem de bağırsak serotonini modüle ederek kemik oluşumunu destekler (Rizzoli ve Biver, 2018).

2.4.4. Fermente Süt Ürünleri ve Bağırsak Sağlığı

Laktik asit bakterilerin fermantasyonundan elde edilen ürünlerin bağırsak mikrobiyatası bileşimi üzerindeki etkilerini inceleyen bir çalışmada, bir hafta süresince sağlıklı yetişkinler peynir altı suyu grubundan olan *B. Breve C50* fermente süt (müdahale grubu) veya seyreltilmiş süt (kontrol grubu) tüketmişlerdir. Çalışmanın sonucunda, kontrol grubuna kıyasla müdahale grubunun dışkısındaki toplam bifidobakteri sayısının daha yüksek olduğu görülmüştür. Fermantasyon sırasında üretilen bileşenlerin bağırsak mikrobiyatasının bileşimini modüle etme konusunda potansiyel rolünün güçlü olduğu vurgulanmıştır (Granier ve ark., 2013). Fermente süt ürünlerinden yoğurt tüketiminin sağlık açısından potansiyel faydalar gösterdiği durumlar arasında; laktoz intoleransı, *Helicobacter Pylori* enfeksiyonu, konstipasyon, İBS, diyare, kolan kanseri ve laktoz intoleransı yer alır (Hadijimbei ve ark., 2022). Çocuklarda antibiyotiğe bağlı ishalin önlenmesinde pastörize yoğurtla karşılaştırıldığında probiyotik yoğurdun etkinliği araştırılmış ve 1-12 yaş arasında antibiyotik reçete edilen çocuklar *Lactobacillus rhamnosus* GG, *Bifidobacterium lactis* ve *Lactobacillus acidophilus* içeren 200 g/gün yoğurt (probiyotik) ya da pastörize yoğurt tüketmişler ve çalışmanın sonucunda *Lactobacillus rhamnosus* GG, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis*'i içeren yoğurt kombinasyonun antibiyotiğe bağlı ishal vakasını çocuklarda azaltmak için etkili bir yöntem olduğu gösterilmiştir (Fox ve ark., 2015). Bebeklerde hastane kaynaklı ishallerde, *Bifidobacterium lactis* ve *Streptococcus thermophilus* içeren bebek maması takviyesinin etkili olduğu bildirilmiştir. Kansız ve mukoid olmayan ishali olan 6-24 ay arası orta dereceli su kaybı nedeniyle

hastanede yatan bebeklerde pastörize sütle yapılan yerel fabrika yoğurdu tüketiminin etkinliğinin belirlendiği bir çalışmada, bebeklere ağızdan minimum 15 ml/kg/gün pastörize inek sütü verilmiş buna ek olarak rutin hastane tedavisi uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda bebeklerin ishal sıklığında ve hastanede kalış süresinde azalmalar tespit edilmiştir (Pashapour ve Iou, 2006). Agrawal ve ark.,'ları 2009 *Bifidobacterium lactis* DN-173 010 içeren fermente süt ürününün günlük tüketiminin fermente edilmemiş süt ürünü ile karşılaştırıldığında konstipasyon ve irritabl bağırsak sendromunun semptomları üzerindeki etkileri incelendiğinde, fermente süt ürününün irratbl bağırsak sendromlu hastalarda karın şişliğini azalttığı ve hem ince hem de kalın bağırsak geçişini hızlandırdığı ve şişkinlik ile birlikte irratbl bağırsak sendromla ilişkili önemli semptomların birçoğunu iyileştirdiği bulunmuştur. Fermente süt ürünlerinin bağırsak sağlığına etkisi Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Fermente süt ürünlerinin bağırsak sağlığına etkisi (Hadjimbei ve ark., 2022)

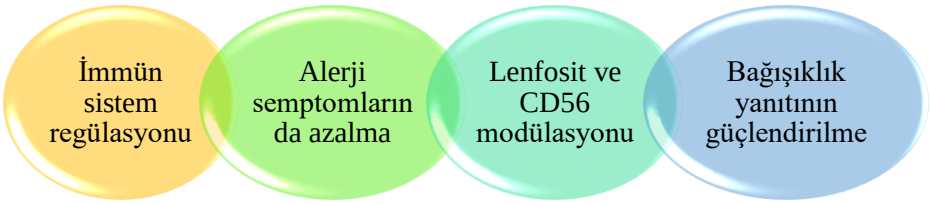
2.4.5. Fermente Süt Ürünleri ve Alerji

Son yıllarda dünyada, alerjik hastalıklar giderek artmış özellikle de astım ve gıda alerjisi vakalarının artmasına sebep olmuştur. Kefirin farmakolojik etkilerinin incelendiği çalışmada hava yolu inflamasyonu ovalbümin duyarlılığı ve yüklemesi oluşturulmuş, fare astım modeli kullanılmıştır. İntragastrik kefir alan fareler, kontrol fareleri (antiastmatik ilaç alan) ile kıyaslandığında, kefir alan farelerin hava yolu aşırı duyarlılığı daha düşük seviyede olduğu gösterilmiştir. Kefir alan farelerde akciğer dokusunda ve bronkoalveolar lavaj sıvısında eozinofillerin infiltrasyonu daha düşük seviyelerde olduğu bulunmuştur (Lee ve ark., 2007). Isıyla öldürülmüş *Bifidobacterium breve* C50 ve *Streptococcus thermophilus* 065 suşlarını içeren hidrolize edilmemiş fermente bebek formularının, atopi riski taşıyan çocuklarda alerji benzeri olaylarının görülme sıklığı üzerindeki etkileri incelendiği çalışmaya, 129 çocuk dahil edilmiş ve 63 çocuk standart bebek maması tüketirken, 66'sı *Bifidobacterium breve C50* ve *Streptococcus thermophilus 065* içeren hidrolize edilmemiş fermente bebek formülü tüketmiştir. Çalışmanın sonucunda fermente sütün, ailesinde atopi öyküsü olan çocuklarda yaşamın ilk aylarında ve mamanın kesilmesinden sonra potansiyel alerji görülme sıklığını azalttığı bulunmuştur. Bu çalışma hidrolize edilmemiş süt proteinlerini içeren fermente bebek mamasının yaşamın ilk ayında solunum ve sindirim sistemindeki alerjik belirtilerin azaldığını ortaya koymuştur (Morisset ve ark., 2010). İnek sütü alerjileri, dünyada başta bebek ve çocuklar olmak üzere yaygın bir beslenme sorunudur ve inek sütü alerjileri %7.5'e kadar varan morbidite oranıyla ilişkilendirilmiştir. Yapılan bir çalışmada laktik asit bakterileri ile fermente süt ürünlerinin

inek sütü alerjisini hafifletmedeki rolü incelenmiştir. Alerjenik süt proteinlerini hidrolize etme yeteneğine sahip olan dört adet laktik asit bakteri suşu seçilmiş ve bu suşlar ürünün sağlığı geliştirici özelliklerini artırmak amacıyla fermente süt içeceği olarak hazırlanmıştır. Bu fermente süt içeceğini tüketen farelerde, alerjiden kaynaklanan dalak ve karaciğer şişmesinin azaldığı, alerji semptom skorunun düştüğü ve alerjik semptomlarından biri olan kaşınmanın hafiflediği görülmüştür (Guo ve ark., 2023). Farelerde oral olarak süt kefiri tüketiminin ovaalbümin tarafından in vivo olarak indüklenen IgE ve IgG1 üretimi üzerindeki etkileri araştırıldığında, süt kefiri tüketimiyle birlikte ovalbumine özgü IgE ve IgG1 seviyelerini önemli ölçüde azalttığı tespit edilmiştir. Süt kefirinin gıda alerjisini önleyici, mukozal direnci artırıcı potansiyel etkileri sebebiyle bu fermente süt ürünün ümit verici gıda bileşeni olarak değerlendirilebileceği öne sürülmüştür (Liu ve ark., 2006).

2.4.6. Fermente Süt Ürünleri ve Bağışıklık

Yapılan pek çok çalışma, fermente süt ürünlerinin bağışıklık siteminin düzenlenmesinde potansiyel faydalı etkilerini doğrulamıştır. Yoğurt ve fermente süt tüketiminin bağışıklık sitemi üzerindeki etkileri Şekil 4’te özetlenmiştir.



Şekil 4. Yoğurt ve fermente süt tüketiminin bağışıklık sitemi üzerindeki etkileri (Hadjimbei ve ark., 2022)

Sınav stresi altındaki öğrencilerin bağışıklık tepkileri baskılanmıştır. Yapılan bir çalışmada yoğurt kültürleri ile birlikte *Lactobacillus casei DN-114001* ile fermente edilmiş sütün akademik sınav stresi altındaki üniversite öğrencilerinin bağışıklık sistemi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Üniversite öğrencileri iki gruba ayrılıp sınav döneminden üç hafta önce ve üç haftalık süre boyunca olmak üzere altı hafta süresince 63 öğrenci her gün bir bardak yarım yağlı süt tüketmiş, 73 öğrenci ise günde iki adet 100 ml'lik fermente süt tüketmiştir. Çalışma sonuçları altı haftalık süre boyunca lenfositlerin toplam sayısındaki ortalama değişimi fermente süt tüketen öğrencilerde azalırken, düşük yağlı süt tüketen öğrencilerde artmıştır. Nöral hücre adezyon molekülü (CD56), hücrelerinin fermente süt tüketen grupta önemli ölçüde azaldığı bulunmuştur (Marcos ve ark., 2004). Kırk beş yaş üzerindeki 205 gönüllü kişiler üzerinde yapılan bir çalışmada, *Lactobacillus paracasei N1115* türüyle desteklenmiş yoğurdun bu kişilerde üst solunum yolu enfeksiyonlarındaki koruyucu etkisi değerlendirilmiştir. *Lactobacillus paracasei N1115* türüyle desteklenmiş yoğurdun akut üst solunum yolu enfeksiyonu tanısı alan kişilerin sayısını ve üst solunum yolu

enfeksiyonu olaylarını önemli ölçüde azalttığı bildirilmiştir (Pu ve ark., 2022). Genç, sağlık kadınlarda günlük yoğurt tüketiminin hücresel bağışıklık fonksiyonunu modüle ettiği, ticari olarak temin edilen probiyotik ürünün geleneksel fermente süt ürünlerinden daha iyi bir performans göstermediği görülmüştür. Yoğurt tüketimiyle birlikte T hücrelerinde farklılaşması kümesi 69 (CD69) ekspresyonu artmıştır (Meyer ve ark., 2006).

3. SONUÇ

Süt ürünlerine uygulanan fermantasyonu işlemiyle elde edilen fermente süt ürünlerinin sağlık üzerine potansiyel faydalı etkileri olabileceği belirtilmektedir. Besin değerlerinin yüksek olması ve fermantasyondan sorumlu bakteriler tarafından üretilen biyoaktif peptitlerin varlığı nedeniyle fermente süt ürünlerine birçok sağlık faydası atfedilmektedir. Özellikle fermente süt ürünlerinin, hipokolesterolemik, antioksidan, bağırsak mikrobiyatasını ve bağışıklık sistemini modüle edici, antialerjik, bağışıklık yanıtını güçlendirici etkilerinin yanı sıra osteoporoz, kardiyovasküler hastalıklar, diyabet hastalıklarına karşı koruyucu etkileri yapılan deneysel çalışmalarla ortaya konmuştur. Bu ürünlerin tüketiminin sağlık üzerindeki olumlu etkileri giderek artan kanıtlarla desteklendiğinden, bu ürünlerin öğünlerle birlikte ya da öğün aralarında tüketilmesi ve atıştırmalıklara alternatif olarak düzenli tüketimi önerilebilir. Yapılan çalışmaların sonucu ümit vericidir ve bu sonuçlar fonksiyonel fermente süt ürünlerinin geliştirmesine olanak sağlar.

KAYNAKLAR

Agrawal, A., Houghton, L. A., Morris, J., Reilly, B., Guyonnet, D., Goupil Feuillerat, N., & Whorwell, P. J. (2009). Clinical trial: the effects of a fermented milk product containing Bifidobacterium lactis DN-173 010 on abdominal distension and gastrointestinal transit in irritable bowel syndrome with constipation. *Alimentary pharmacology & therapeutics*, *29*(1), 104-114.

Alimentarius, C. (2011). Milk and milk products. CODEX STAN, 243-2003.

Altay, F., Karbancıoglu-Güler, F., Daskaya-Dikmen, C., & Heperkan, D. (2013). A review on traditional Turkish fermented non-alcoholic beverages: Microbiota, fermentation process and quality characteristics. *International Journal of Food Microbiology*, *167*(1), 44-56.

Benjamin, S., & Spener, F. (2009). Conjugated linoleic acids as functional food: an insight into their health benefits. *Nutrition & Metabolism*, 6, 1-13.

Cheng, S., Lyytikäinen, A., Kröger, H., Lamberg-Allardt, C., Alén, M., Koistinen, A., & Tylavsky, F. (2005). Effects of calcium, dairy product, and vitamin D supplementation on bone mass accrual and body composition in 10–12-y-old girls: a 2-y randomized trial. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *82*(5), 1115-1126.

Cormier, H., Thifault, É., Garneau, V., Tremblay, A., Drapeau, V., Pérusse, L., & Vohl, M. C. (2016). Association between yogurt consumption, dietary patterns, and cardio-metabolic risk factors. *European journal of nutrition*, 55, 577-587.

Demirgül, F., & SAĞDIÇ, O. (2018). Fermente süt ürünlerinin insan sağlığına etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (13),* 45-53.

Ebringer, L., Ferenčík, M., & Krajčovič, J. (2008). Beneficial health effects of milk and fermented dairy products. *Folia microbiologica*, 53, 378-394.

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.

Fox, M. J., Ahuja, K. D., Robertson, I. K., Ball, M. J., & Eri, R. D. (2015). Can probiotic yogurt prevent diarrhoea in children on antibiotics? A double-blind, randomised, placebo-controlled study. *BMJ open*, *5*(1).

Frias, J., Martinez-Villaluenga, C., & Peñas, E. (Eds.). (2016). Fermented foods in health and disease prevention.

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.

Granier, A., Goulet, O., & Hoarau, C. (2013). Fermentation products: immunological effects on human and animal models. *Pediatric research*, *74*(2), 238-244.

Guandalini, S. (2011). Probiotics for prevention and treatment of diarrhea. *Journal of clinical gastroenterology*, *45*, S149-S153.

Guo, Z. H., Wang, Q., Zhao, J. H., Xu, Y. P., Mu, G. Q., & Zhu, X. M. (2023). Lactic acid bacteria with probiotic characteristics in fermented dairy products reduce cow milk allergy. *Food Bioscience*, *55*, 103055.

Hadjimbei, E., Botsaris, G., & Chrysostomou, S. (2022). Beneficial effects of yoghurts and probiotic fermented milks and their functional food potential. *Foods*, *11*(17), 2691.

Laird, E., Molloy, A. M., McNulty, H., Ward, M., McCarroll, K., Hoey, L.,& Casey, M. C. (2017). Greater yogurt consumption is associated with increased bone mineral density and physical function in older adults. *Osteoporosis International*, 28, 2409-2419.

Lee, M. Y., Ahn, K. S., Kwon, O. K., Kim, M. J., Kim, M. K., Lee, I. Y., & Lee, H. K. (2007). Anti-inflammatory and anti-allergic effects of kefir in a mouse asthma model. *Immunobiology, 212*(8), 647-654.

Liu, J. R., Wang, S. Y., Chen, M. J., Yueh, P. Y., & Lin, C. W. (2006). The anti-allergenic properties of milk kefir and soymilk kefir and their beneficial effects on the intestinal microflora. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 86*(15), 2527-2533.

Marcos, A., Wärnberg, J., Nova, E., Gómez, S., Alvarez, A., Alvarez, R & Cobo, J. M. (2004). The effect of milk fermented by yogurt cultures plus Lactobacillus casei DN-114001 on the immune response of subjects under academic examination stress. *European journal of nutrition, 43*, 381-389.

Meyer, A. L., Micksche, M., Herbacek, I., & Elmadfa, I. (2006). Daily intake of probiotic as well as conventional yogurt has a stimulating effect on cellular immunity in young healthy women. *Annals of nutrition and metabolism, 50*(3), 282-289.

Morisset, M., Aubert-Jacquin, C., Soulaines, P., Moneret-Vautrin, D. A., & Dupont, C. (2011). A non-hydrolyzed, fermented milk formula reduces digestive and respiratory events in infants at high risk of allergy. *European Journal of Clinical Nutrition*, *65*(2), 175-183.

Nout, M. J. R. (2014). Food technologies: fermentation. In *Encyclopedia of food safety, volume 3: Foods, materials, technologies and risks* (pp. 168-177). Academic Press.

Nuraida, L. (2015). A review: Health promoting lactic acid bacteria in traditional Indonesian fermented foods. *Food Science and Human Wellness*, *4*(2), 47-55.

O'Connor, L. M., Lentjes, M. A., Luben, R. N., Khaw, K. T., Wareham, N. J., & Forouhi, N. G. (2014). Dietary dairy product intake and incident type

2 diabetes: a prospective study using dietary data from a 7-day food diary. *Diabetologia, 57*, 909-917.

Ostadrahimi, A., Taghizadeh, A., Mobasseri, M., Farrin, N., Payahoo, L., Gheshlaghi, Z. B., & Vahedjabbari, M. (2015). Effect of probiotic fermented milk (kefir) on glycemic control and lipid profile in type 2 diabetic patients: a randomized double-blind placebo-controlled clinical trial. *Iranian journal of public health, 44*(2), 228.

Östman, E. M., Liljeberg Elmståhl, H. G., & Björck, I. M. (2001). Inconsistency between glycemic and insulinemic responses to regular and fermented milk products. *The American journal of clinical nutrition, 74*(1), 96-100.

Parmjit, S. (2011). Fermented dairy products: starter cultures and potential nutritional benefits. *Food and Nutrition Sciences,* 2011.

Pashapour, N., & Lou, S. G. (2006). Evaluation of yogurt effect on acute diarrhea on 6-24 months old hospitalized infants. *Turkish Journal of Pediatrics, 48*(2), 115.

Praagman, J., Dalmeijer, G. W., Van Der Schouw, Y. T., Soedamah-Muthu, S. S., Verschuren, W. M., Bueno-de-Mesquita, H. B., ... & Beulens, J. W. (2015). The relationship between fermented food intake and mortality risk in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition-Netherlands cohort. *British Journal of Nutrition, 113*(3), 498-506.

Pu, F., Guo, Y., Li, M., Zhu, H., Wang, S., Shen, X., & He, F. (2017). Yogurt supplemented with probiotics can protect the healthy elderly from respiratory infections: a randomized controlled open-label trial. *Clinical interventions in aging*, 1223-1231.

Rizzoli, R., & Biver, E. (2018). Effects of fermented milk products on bone. *Calcified tissue international, 102*, 489-500.

Savaiano, D. A., & Hutkins, R. W. (2021). Yogurt, cultured fermented milk, and health: A systematic review. *Nutrition reviews, 79*(5), 599-614.

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.

Şanlier, N., Gökcen, B. B., & Sezgin, A. C. (2019). Health benefits of fermented foods. *Critical reviews in food science and nutrition, 59(*3), 506-527.

Tu, M. Y., Chen, H. L., Tung, Y. T., Kao, C. C., Hu, F. C., & Chen, C. M. (2015). Short-term effects of kefir-fermented milk consumption on bone mineral density and bone metabolism in a randomized clinical trial of osteoporotic patients. *PloS one*, *10*(12), e0144231.

Varga, L., Süle, J., & Nagy, P. (2014). Survival of the characteristic microbiota in probiotic fermented camel, cow, goat, and sheep milks during refrigerated storage. *Journal of Dairy Science*, *97*(4), 2039-2044.

Wilburn, J. R., and E. P. Ryan. 2017. Chapter 1 – Fermented foods in health promotion and disease prevention: An overview A2 – Frias, Juana. In Fermented foods in health and disease prevention, eds. C. Martinez-Villaluenga and E. Peñas, 3–19. Boston: Academic Press.

Yang, Y. X., He, M., Hu, G., Wei, J., Pages, P., Yang, X. H., & Bourdu-Naturel, S. (2008). Effect of a fermented milk containing Bifidobacterium lactis DN-173010 on Chinese constipated women. *World journal of gastroenterology: WJG*, *14*(40), 6237.

Ziaei, R., Ghavami, A., Khalesi, S., Ghiasvand, R., & Mokari_yamchi, A. (2021). The effect of probiotic fermented milk products on blood lipid concentrations: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, *31*(4), 997-1015.

BÖLÜM 5

SÜT KAYNAKLI BAKTERİLERİN POSTBİYOTİK ÖZELLİKLERİ

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Çağlar FIRAT[1]
Zeynep GÜNYEL[2]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10460096

[1] Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Turizm ve Otelcilik MYO, Aşçılık Programı, Erzincan, Türkiye. ORCID: 0000-0003-4920-4920, E-posta: mcfirat@erzincan.edu.tr, (Sorumlu yazar)
[2] Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Müh. Fak, Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzincan, Türkiye. ORCID: 0000-0002-0654-4346 E-posta: zeynep-94@hotmail.com

GİRİŞ

On sekiz ve 19. yüzyılların sonu geldiğinde mikrobiyolojideki gelişmelere paralel olarak gıda mikrobiyolojisinde de gelişmeler yaşanmıştır. Yirminci yüzyılın ikinci yarısı moleküler biyoloji ve genetik alanındaki çalışmalar, mikroorganizmaların gıdalardaki rolünü daha iyi anlaşılmasına ve gıda güvenliği konusunda daha etkili stratejiler geliştirilmesine olanak tanımıştır. Gıda mikrobiyolojisi, biyoteknoloji ve genetik mühendislik uygulamaları ile daha da ilerlemiştir. Laktik asit bakterilerinin doğasının daha iyi anlaşılmasıyla fermente gıdalardaki rolü, sağlık kazanımları ticari anlamda laktik asit bakterilerini ön plana çıkarmıştır.

Laktik Asit Bakterileri (LAB) genel anlamda Gram pozitif, aerobik-fakültatif anaerobik, spor oluşturmayan, oksidaz ve katalaz negatif olan, sitokrom içermeyen, nitratları nitrite indirgemeyen, jelatinaz negatif olan ve laktatı kullanamayan çubuklar ve koklar olarak tanımlanabilir (Carr ve ark., 2002). Laktik asit Bakterilerinin genel özellikleri birbirine benzese de cins bazında farklılık arz eder. Morfolojik olarak birbirinden farklı olan bu bakteri grubun yanında bir de LAB'a dahil olmasa da laktik asit üreten ve virülans özelliği bulunmayan bazı faydalı bakteriler bulunmaktadır. Bunlar hem süt ürünlerinde hem insan sindirim sistemi rahatsızlıklarında kullanılabilmektedir. Tablo 1 Süt teknolojisi açısından önemli olan bu bakterileri göstermektedir.

Tablo 1. Süt teknolojisi açısından önemli olan bakteriler

Cins/Tür	Süt veya süt ürünlerinden izole ediliyor mu?	Laktik asit bakterisi mi?	Starter veya probiyotik olarak kullanılıyor mu?
Lactobacillus	Evet	Evet	Evet
Lacticaseibacillus[1]	Evet	Evet	Evet
Ligilactobacillus[1]	Evet	Evet	Evet
Lactiplantibacillus[1]	Evet	Evet	Evet
Limosilactobacillus[1]	Evet	Evet	Evet
Levilactobacillus[1]	Evet	Evet	Evet
Lentilactobacillus[1]	Evet	Evet	Evet
Streptococcus	Evet	Evet	Evet
Pediococcus	Evet	Evet	Evet
Leuconostoc	Evet	Evet	Evet
Bifidobacterium	Evet	Hayır	Evet
Brevibacterium	Evet	Hayır	Evet
Bacillus[2]	Evet	Hayır	Evet (Bazı türleri)
Enterococcus[2]	Evet	Evet	Evet (Bazı türleri)
Alcaligenes, Arthrobacter Campylobacter, Clostridium Enterobacter, Escherichia Flavobacterium, Listeria Microbacterium, Micrococcus Mycrobacterium, Proponibacterium Pseudomonas[3]	Evet	Hayır	Hayır

[1] Eski sınıflandırmada *Lactobacillus* cinsi içinde bulunmaktadır. [2] Bazı türleri bozucu bazı türleri ise gıdalarda kullanılmakta, [3]Bozucu ya da patojen. **Kaynak** (Metin , 2003)

Postbiyotik nedir?

Gıdalarda kullanılabilir mikroorganizmalar tarafından üretilen fermantasyon sonucu oluşan fonksiyonel bileşiklerini tanımlamak için farklı terminolojiler kullanılmıştır, ancak günümüzde en çok postbiyotikler (metabiyotikler veya biyojenikler) kullanılmaktadır (Martín & Langella, 2019; Moradi vd., 2021). Fonksiyonel gıdaların alt gruplarından bazıları nutrasötikler, probiyotikler, prebiyotikler ve sinbiyotiklerdir. Probiyotikler, genellikle bağırsak mikroflorasını

iyileştirerek veya eski haline getirerek sağlık açısından fayda sağlayan canlı mikroorganizmalardır. Sinbiyotikler, bir veya daha fazla sağlık yararı sağlamak için farklı işlev gören veya farklı uygulandığında gözlemlenemeyecek bir sağlık yararı sunmak üzere birlikte çalışan probiyotikler ve prebiyotiklerin bir kombinasyonudur. Ancak son yıllarda paraprobiyotikler (probiyotiklerin aktif olmayan hücreleri) ve postbiyotikler (probiyotiklerin metabolitleri) gibi yeni terimler eklenmiştir; çünkü araştırmalar ister sağlam ister parçalanmış olsun, ölü hücrelerin de insan sağlığı açısından önemli olabileceğini ortaya koymuştur (Thorakkattu ve ark., 2022). Bununla birlikte, tanımın belirsiz olması, probiyotik ve probiyotik olmayan bakteriler tarafından üretilen metabolitlerin geniş biyoaktivitesi nedeniyle postbiyotik terimi herhangi bir çözünür faktör (mikrobiyal metabolizmanın ürünleri/metabolik yan ürünleri veya LAB'ın etkisi ile üretilen maddeler) olarak tanımlanabilir (Moradi ve ark., 2021). Ancak, probiyotiklerden elde edilen metabolitlere odaklanan tanımların sorunlu olduğu öne sürülmüştür; bu tanıma göre, bir probiyotik tarafından üretilen bir metabolit postbiyotik olabilirken, probiyotik olduğu belirlenmemiş bir mikroorganizma tarafından üretilen kimyasal olarak özdeş metabolit bu olmayabilir. Bir diğer sorun, sağlık yararına yönelik açık bir gerekliliğin bulunmamasıdır. Sağlık açısından herhangi bir fayda belirtilmemişse postbiyotik kullanımının ne gibi bir değer kattığı ise belirsizdir (Vinderola ve ark., 2022).

Postbiyotik terimi, Yunanca sonrası anlamına gelen 'post' ve yaşam anlamına gelen 'bios' kelimelerinden türetilmiş bir terimdir. Bu nedenle postbiyotik terimi, canlı olmayan mikroorganizmaların veya başka bir

deyişle cansız, ölü veya inaktif hale gelmesinden sonra elde edilen maddeleri ifade eder. Birçok postbiyotik preparatı aynı zamanda metabolitler, proteinler veya peptidler gibi mikroorganizmaların ürettiği maddeleri de ifade eder; bunlar postbiyotik tarafından sağlanan genel sağlık etkisine katkıda bulunabilir, ancak bu tür bileşenler bir postbiyotik için gerekli değildir. Bir postbiyotik, genomik dizileri bilinen ve güvenilir bir şekilde yeniden üretilebilen biyokütle üretimi ve inaktivasyonuna ilişkin belirlenmiş bir teknolojik süreç kullanılarak hazırlanan, iyi tanımlanmış bir mikroorganizmadan veya mikroorganizmaların birleşiminden türetilmelidir (Vinderola ve ark., 2022).

Postbiyotikler, mikrobiyotanın ürettiği, insan sağlığına olumlu etki eden metabolitler veya bileşenler olarak tanımlanmasına rağmen postbiyotiklerin sağlığı iyileştirici özellikleri veya yönleri ve bunların biyoaktiviteleri hala bilinmemektedir veya belirsizdir (Thorakkattu ve ark., 2022). Uluslararası Probiyotik ve Prebiyotik Bilimsel Birliği, yaptığı tanıma göre, postbiyotikleri "konakçıya sağlık açısından fayda sağlayan cansız mikroorganizmalar ve/veya bunların bileşenlerinin hazırlanması" olarak tanımlamaktadır (Mayorgas ve ark., 2021). Bu tanımlamalara yenilerinin eklenmesi ve postbiyotiklerin fonksiyonlarına dair geniş çaplı çalışmalar yeni teknolojik gelişmelerin ışığında hız kazanma potansiyeli barındırmaktadır.

LAB'dan elde edilen postbiyotikler, ham konsantre (ekstrakt) veya yarı saflaştırılmış form olarak kullanılan yüzlerce ayrı metabolitten oluşur. Probiyotik kültürlerin postbiyotikleri, başlıca gıda kaynaklı patojenler üzerinde antagonistik aktiviteye sahip, zengin bir bakteriyosin ve

bakteriyosin benzeri inhibitör madde kaynağı gibi görünmektedir (Moradi ve ark., 2021). Bunların dışında organik asitler, antimikrobiyal maddeler ve halihazırda gıdalarda koruyucu olarak kullanılan bazı ajanları içerir.

Postbiyotiklerin güvenilir bir alternatif olarak ön plana çıkmasındaki sebepler; kimyasal profillerinin güvenilir olması, canlı hücre içermediği için kıyasla çok uzun raf ömrü olması, toksisite açısından güvenilir olmaları, memeli intestinal sistemi enzimlerine karşı dirençli olmaları, probiyotikler gibi insan sağlığını olumlu yönde etkileyecek immünomodülatör, anti-enflamatuar, antihipertansif , anti-obezojenik, antiproliferatif, hipokolesterolemik gibi özellikler barındırmaları, antioksidan özellikte bazı molekülleri ihtiva etmeleri ve sindirim sisteminde aktif olarak kalabilmeleri olarak sıralanabilir (Gökirmakli ve ark., 2021). Amfifilik membran aktif biyosürfaktanlar, bakteriyosinler, organik asitler (yağ asitleri dahil) ile sahip diğer metabolitler (glutatyon, triptofan ve poliamin metabolitleri gibi) hücre içermeyen süpernatanlarda bulunan potansiyel antimikrobiyal etkilere metabolitler arasındadır (Fijan, 2023).

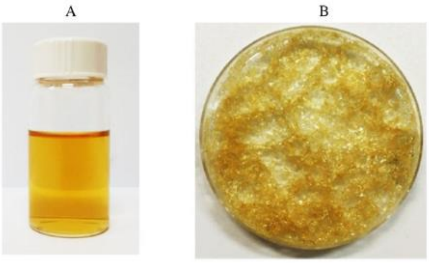
Postbiyotikler nasıl üretilir?

Postbiyotikleri elde etmek için yapılan çalışmalarda, hücre lizisi olsun ya da olmasın, hücre içermeyen çözeltiler kullanılmıştır. Bu çözeltiler; mikrobiyal metabolik aktivitelerinden elde edilen ürünleri, Laktik asit bakterilerinin kültür/gıda içerikleri üzerindeki etkisi ile sentezlenen metabolitleri veya LAB tarafından üretilen ve postbiyotik karışımı olarak kullanılan yapısal maddeleri içermektedir. Ürünlerin miktarı ve

türü temel olarak bakteri suşunun türü, kültür ortamının türü, çoğaltım sonrası bakteriyel uygulamaları vb. ile ilgilidir (Moradi ve ark., 2021). LAB'ın farklı suşlarının farklı fermantasyon mekanizmaları yaygın olarak bilinmektedir. LAB tarafından organik asit üretimi esas olarak *Lactobacillus* cinsine özgüdür (Ahmad Rather ve ark., 2013). Örneğin; *Lactobacillus* spp tarafından üretilen laktik asit miktarı ve *Bifidobacterium* spp. asetik asit üretiminden önemli ölçüde daha yüksektir (Tejero-Sariñena ve ark., 2012). Postbiyotiklerin laktik ve asetik asit içerikleri ile antimikrobiyal özellikleri arasında güçlü pozitif ve negatif korelasyonlar bulunmuştur (Moradi ve ark., 2021). Şekil 1 genel hatları ile postbiyotik üretimini göstermektedir.

Şekil 1. Postbiyotiklerin üretim basamakları

Postbiyotiklerin üretimleri öncelikle canlandırılan kültür LAB'ın ilgili sıvı besiyerinde ya da çeşitli konsantrasyonlardaki yağsız sütlere inoküle edilir. 15-24 saat arası inkübasyon sonunda tercihen lizisi arttırmak ve canlı hücreleri öldürmek için ısıl işlem, enzim, sonikasyon gibi uygulamalar yapılır. Hücresiz süpernatant elde edebilmek amacıyla santrifüj ve 0,45µm steril filtrasyon uygulanır. Elde edilen sıvı postbiyotik metabolitleri içerir (Şekil 2 a). Bu metabolitlere daha stabil hale getirmek amacıyla liyofilizasyon veya sprey kurutma işlemleri uygulanır.



Şekil 2. a. MRS broth içinde üretilmiş sıvı postbiyotik ve **b.** Liyofilize edilmiş postbiyotik ürün **Kaynak:** (Moradi et al., 2021)

Elde edilen toz formdaki ürünler (Şekil 2 b) gıda kaplama materyali, doğrudan gıda ingrediyenti, gıda takviyesi gibi çeşitli amaçlarla kullanılabilir. Burada dikkat edilmesi gerek husus öncelikle hangi mikroorganizmanın hangi ortamda çoğaltıldığı ve metabolitlerinin neler olabileceğidir. Metabolitlerin içeriği ve konsantrasyonu da HPLC ve GS&MS gibi cihazlarla tayin edilmektedir.

Kültürlerin postbiyotik ürünleri ve özellikleri

Hem fonsiyonel gıda üretiminde hem de gıda patojenlerinin inaktive edilmesinde, laktik asit bakterileri ve/veya metabolitleri (paraprobiyotikler ve postbiyotikler), patojen ve bozulmaya neden olan mikroorganizmaları inhibe ederek gıda güvenliğini sağlar ve böylelikle gıdaların raf ömrünü uzatır (İncili ve ark., 2022). Fonsiyonel olarak kullanıldığında postbiyotikler; mide suyunun, sindirim enzimlerinin ve safranın yıkıcı etkilerine dayanabilir ve canlı probiyotiklerin geleneksel üçlemesinden geçmeden uygulamadan hemen sonra doğrudan emilebilir. Probiyotiklerle karşılaştırıldığında postbiyotiklerin çeşitli avantajları vardır: Birincisi, postbiyotikler daha stabildir, daha uzun raf ömrüne ve daha iyi çevresel toleransa sahiptir. Postbiyotikler, yeni doğanlar ve

hassas insanlar gibi bazı özel popülasyonlara da eşit derecede uyarlanabilir. Postbiyotikler aynı zamanda antibiyotiklerin etkisiyle de inhibe edilmez ve ilaca dirençli genlerin aktarılması riski yoktur. Postbiyotiklerin daha geniş bir eylem hedefi yelpazesi vardır. Canlı bakterilerin varlığıyla ilişkili zayıf stabilite ve potansiyel güvenlik riskleri, postbiyotikler tarafından iyi bir şekilde ele alınmaktadır; bu nedenle, daha güvenli ve daha etkili bağırsak mevcut bakterileri *Lactobacillus*, postbiyotik gelişimin temel dayanağı olacaktır. *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium*, bebek mamalarında kullanımı onaylanmış tek suşlardır; bu da onların gerçek kullanımda güvenlik ve etkinliğini gösterir (Liang & Xing, 2023).

LAB'ın postbiyotik etkileri bu noktada oldukça dikkat çekmektedir. LAB'ın postbiyotik etkisinin altında yatan moleküler mekanizmaların daha fazla araştırılmasına ihtiyaç duyulmasına rağmen, bilimsel kanıtlar, probiyotiklere benzerşekilde, hücre yüzeylerinde bulunan moleküllerin (peptidoglikan, teikoik asit, hücre duvarı polisakkaritleri, hücre yüzeyi ile ilişkili proteinler) postbiyotikler ile konakçı arasındaki özellikle antimikrobiyal aktivite durumunda, faydalı etkilerini arttıracak ilk etkileşimi temsil edebileceğini göstermektedir (Karbowiak ve ark., 2022; Siciliano ve ark., 2021). Birçok çalışma, LAB'den üretilen postbiyotiklerin geniş antagonistik aktiviteler sergilediğini ve bunların çeşitli türlerin patojenlerini inhibe etme potansiyelini ortaya koyduğunu göstermiştir (Thanh ve ark., 2010). LAB'ın antimikrobiyal özellikleri açık olmasına rağmen postbiyotiklerin etki mekanizması ve LAB hücre hasarı derecesinin bu etki üzerindeki etkisi hala belirsizdir (Karbowiak ve ark., 2022).

LAB'ın en geniş grubunu oluşturan Laktobasiller tarafından salgılanan bileşenler, farklı patojenlerin gelişmesini ve aktivitelerini kısıtlayan zengin bir bakteriyosin kaynağı gibi görünmektedir. Bunlardan en önemlisi *Lactobacillus reuteri* tarafından üretilen bir gliserol türevi bileşik olan reuterin; *Escherichia, Salmonella, Shigella, Proteus, Pseudomonas, Clostridium, Staphylococcus* mantarlar ve protozoa gibi insanlar için patojenik olan birçok bakteri türünü içeren geniş bir mikroorganizma yelpazesini inhibe eder (Cicenia ve ark., 2014). El-Mokhtar ve ark., 2020 yoğurt kaynaklı Lactobacilli'nin hücresiz süpernatanlarının genişletilmiş spektrumlu β-Laktamaz üreten *Klebsiella pneumoniae* ve *Pseudomonas aeruginosa*'ya karşı antagonistik aktiviteleri üzerinde yaptığı araştırmada test edilen tüm suşların çoklu ilaca direnç göstermesine rağmen, hücresiz süpernatanlarının (CFS), her iki patojene karşı agar difüzyon testlerinde 13 mm'den büyük inhibisyon zon çaplarıyla yüksek bir anti-ESBL aktivitesi sergilediğini tespit etmiştir. *K. pneumoniae* ve *P. aeruginosa'nın* büyüme kinetiği, CFS'nin varlığında önemli ölçüde azaldığı görülmüştür. CFS'nin, bu patojenlerin yalnızca biyofilm oluşumunu engellemekle kalmayarak, aynı zamanda 24 saatte oluşan biyofilmleri de ortadan kaldırdığı da ifade edilmiştir.

Singh ve ark., 2018 çalışmasında, keçi sütü kökenli laktik asit bakterilerinin (LAB), iki patojenik suşun gelişmesi ve biyofilm oluşumu üzerindeki etkilerini araştırdığı bir çalışmada *Psedomonas aeruginos* ve *Staphylococcus aureus,* laktobasillerin işlenmemiş hücresiz süpernatanları (CFS'ler), pH nötrleştirilmiş CFS'leri (N-CFS) ve ısıl işlem görmüş CFS'leri (H-CFS) gibi farklı LAB preparatları, antimikrobiyal ve biyofilm önleyici özellikleri incelenmiştir. Ayrıca

antagonistik aktivite açısından referans probiyotik türü olan *L. acidophilus* ile karşılaştırma yapılmıştır. LAB CFS'lerinin patojen gelişmesini çeşitli derecelerde inhibe ettiği ve hem post hem de ortak inkübasyon stratejisi altında, oynanmamış CFS'ye maruz kalma üzerine sesil patojen hücrelerinin sayısında bir azalma rapor etmiştir. Çalışmada elde edilen bulgular, bu çalışmada taranan keçi sütü kökenli *Lactobacillus* suşlarının, enfeksiyonları önlemek için profilaktik kullanıma yönelik biyo-kontrol ajanları olarak hizmet edebileceğine işaret edilmiştir.

Kousheh ve ark., 2020 tarafından laktik asit bakterilerinden sentezlenen karbon noktalı antimikrobiyal/ultraviyole koruyucu bakteriyel nanoselüloz filmin hazırlanması üzerine bir çalışma yapmıştır. İlk kez antimikrobiyal karbon benekleri (CD'ler*) Lactobacillus acidophilus'un* hücresiz süpernatanından hidrotermal yöntemle sentezlenip karakterize edildi. CD'lerin antimikrobiyal performansı *Escherichia coli* (Gram-negatif) ve *Listeria monocytogenes* (Gram-pozitif) üzerinde incelenmiştir. 500 mg mL^{-1} konsantrasyonundaki CD'lerin her iki bakteriye karşı antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu ifade edilmiştir.

Hussain *ve ark.* yaptığı bir çalışmada süt ürünlerinden izole ettikleri 32 adet LAB ile probiyotik ve postbiyotik özellikleri incelemişlerdir. Asit nötralizasyonu yapılmış ancak proteaz uygulanmamış CFS'lerin antibakteriyel aktivitesinin ortadan kalktığını ifade etmişlerdir. Araştırmacılar laktik asit, asetik ve propiyonik asitlerin CFS'lerdeki. LAB kültürlerinin ana antibakteriyel aktivitesini oluşturduğunu ortaya koymuştur.

Çiğ sütten elde edilen *Lactobacillus* türeleri ile yapılan başka bir çalışmada izole edilen 24 bakteriden 1 tanesinin patojen bakterilere karşı etkisinin olduğu görülmüştür. *Lactobacillus sakei* olarak tanımlanan bakterinin minimum inhibitör konsantrasyonu 46-50 mg/L olarak belirlenmiştir. Araştırmacılar antibakteriyel etkinin organik asitlerden kaynaklandığını ve antibakteriyel aktivitenin, postbiyotikler patojenlerin biyofilm oluşumunu önemli ölçüde azalttığı da tespit edilmiştir (Sevin ve ark., 2021).

Labne gibi yoğurt benzeri ürünlerden elde edilen *Streptococcus thermophilus, Lactobacillus delbrueckii, Enterococcus faecium ve Lacticaseibacillus rhamnosus* türü bakterilerin postbiyotik ürünleri ile *E. coli, S. aureus S. Typhi L. monocytogenes* gibi gıda kaynaklı patojenlere karşı yapılan bir çalışmada, antimikrobiyal testlerde genel anlamda en az 1 logkob/ml düzeyinde bir inhibisyon olduğu ifade edilmiştir (Tarique ve ark, 2022).

El yapımı Manchego peyniri ve biradan izole edilen 52 *Leuconostoc* suşu ile üretilen postbiyotiklerin bazı özellikleri incelemiştir. Sonuçlar, kaynağı dikkate alınarak analiz edildiğinde suşların kökenine bağlı olarak sonuçların da farklı olduğu gözlendiği belirtilmektedir. Örneğin Geleneksel Manchego peynirinden elde edilen suşlar, en düşük biyojenik amin üretimini ve en yüksek α-glukosidaz inhibisyonu yüzdesi sağlarken teknolojik stres faktörlerine karşı daha iyi bir tepki gösterdiği bildirilmiştir. (Ramos ve ark, 2022)

SONUÇ

Görüldüğü üzere hem laktobasillerin hem de laktokokların gıda kaynaklı patojenlere karşı belirli seviyelerde inhibisyon etkisi bulunmaktadır. Araştırmalar bu etkinin biyofilm oluşmasını da engellediğini göstermektedir. Laktik asit bakterilerinden elde edilen postbiyotikler çok çeşitli etkileri olan bileşenlerden oluşur. LAB türlerinin postbiyotiklerinin epitel hücre bariyerinin koruması, anti-tümör etkisi, immün modülasyon ve patojenlere karşı antagonistik etkiler dahil olmak üzere insan sağlığı üzerinde faydalı işlevlere sahip olduğu birçok çalışmada gösterilmiştir. Ayrıca probiyotiklerle karşılaştırıldığında net kimyasal yapıları ve güvenli doz parametrelerinin yanı sıra daha uzun raf ömrü gibi çeşitli avantajlara sahiptirler. Bu nedenle insan sağlığının korunması için postbiyotiklerin kullanımı canlı probiyotik bakterilere karşı geçerli bir alternatif oluşturabilir ve probiyotiklerin yanında kullanımı konusunda iyi bir potansiyele sahiptir. Probiyotikler ve prebiyotikler ile postbiyotikler üretildiğinden, probiyotik ve prebiyotik gıdalar açısından zengin bir diyet yemek, bağırsakta bu temel bileşiklerin yeterli düzeyde olmasını sağlayabilir. Bu yararlı etkilerin atında yatan nedenlere dair birçok çalışma yapılmıştır fakat hala birçok araştırmaya duyulan ihtiyaç artarak devam etmektedir. Bu derlemede işaret ettiğimiz gibi posbiyotikler insan sağlığı ve gıdaların korunmasında oldukça etkilidir. Fakat bu etki ne derece olduğu oluş biçimleri araştırmaya muhtaç alanlar olarak önümüzde durmaktadır. Bu bağlamda teknolojik gelişmelerin de etkisiyle postbiyotikler hakkında daha fazla araştırma yapıldıkça şüphesiz daha fazla bilgi elde edilecek, böylece etki mekanizmalarının yanı sıra oluşma biçimleri,kimyasal yapıları ve etki

dereceleri hakkında daha fazla bilgi elde edilecektir.

Gıdalarda kullanımı konusunda ise hem pratikte hem de mevzuat anlamında henüz oturmuş bir durum gözlenmemektedir. Probiyotiklerin tanımı ve kullanım miktarları mevzuatta açık bir şekilde belirtilirken, postbiyotiklerin birer kimyasal madde olması, sentetik olarak da üretilebilmeleri, bazılarının kullanımının ve kalıntılarının süt ürünlerinde yasak olması gibi sınırlamalar dolayısıyla güvenilirlik açısında daha kapsamlı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

Ahmad Rather, I., Seo, B. J., Rejish Kumar, V. J., Choi, U.-H., Choi, K.-H., Lim, J. H., & Park, Y.-H. (2013). Isolation and characterization of a proteinaceous antifungal compound from Lactobacillus plantarum YML007 and its application as a food preservative. Letters in Applied Microbiology, 57(1), 69-76. https://doi.org/10.1111/lam.12077

Bajpai, V. K., Han, J.-H., Rather, I. A., Park, C., Lim, J., Paek, W. K., Lee, J. S., Yoon, J.- I., & Park, Y.-H. (2016). Characterization and Antibacterial Potential of Lactic Acid Bacterium Pediococcus pentosaceus 4I1 Isolated from Freshwater Fish Zacco koreanus. Frontiers in Microbiology, 7. https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.02037

Borchers, A. T., Selmi, C., Meyers, F. J., Keen, C. L., & Gershwin, M. E. (2009). Probiotics and immunity. Journal of Gastroenterology, 44(1), 26-46. https://doi.org/10.1007/s00535-008-2296-0

Caplice, E. (1999). Food fermentations: Role of microorganisms in food production and preservation. International Journal of Food Microbiology, 50(1-2), 131-149. https://doi.org/10.1016/S0168-1605(99)00082-3

Chuah, L.-O., Foo, H. L., Loh, T. C., Mohammed Alitheen, N. B., Yeap, S. K., Abdul Mutalib, N. E., Abdul Rahim, R., & Yusoff, K. (2019). Postbiotic metabolites produced by Lactobacillus plantarum strains exert selective cytotoxicity effects on cancer cells. BMC Complementary and Alternative Medicine, 19(1), 114.

Cicenia, A., Scirocco, A., Carabotti, M., Pallotta, L., Marignani, M., & Severi, C. (2014). Postbiotic Activities of Lactobacilli-derived Factors. Journal of Clinical Gastroenterology, 48(Supplement 1), S18-S22. https://doi.org/10.1097/MCG.0000000000000231

Corsetti, A., & Settanni, L. (2007). Lactobacilli in sourdough fermentation. Food Research International, 40(5), 539-558. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.11.001

de Almada, C. N., de Almada, C. N., & de Souza Sant'Ana, A. (2018). Paraprobiotics as Potential Agents for Improving Animal Health. Içinde D. Di Gioia & B. Biavati (Ed.), Probiotics and Prebiotics in Animal Health and Food Safety (ss. 247-268). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-71950-4_10

El-Mokhtar, M. A., Hassanein, K. M., Ahmed, A. S., Gad, G. F., Amin, M. M., & Hassanein, O. F. (2020). Antagonistic Activities of Cell-Free Supernatants of Lactobacilli Against Extended-Spectrum β-Lactamase Producing Klebsiella pneumoniae and Pseudomonas aeruginosa. Infection and Drug Resistance, Volume 13, 543-552. https://doi.org/10.2147/IDR.S235603

Gänzle, M. G., Höltzel, A., Walter, J., Jung, G., & Hammes, W. P. (2000). Characterization of Reutericyclin Produced by Lactobacillus reuteri LTH2584. Applied and Environmental Microbiology, 66(10), 4325-4333. https://doi.org/10.1128/AEM.66.10.4325-4333.2000

Giraffa, G. (2014). Overview of the ecology and biodiversity of the LAB. Içinde W. H. Holzapfel & B. J. B. Wood (Ed.), Lactic Acid Bacteria (1. bs, ss. 45-54). Wiley. https://doi.org/10.1002/9781118655252.ch4

Gökirmakli, Ç., Üçgül, B., & SeydiM, Z. (2021). Fonksiyonel gıda kavramına yeni bir bakış: Postbiyotikler. Gıda, 46(4), 872-882. https://doi.org/10.15237/gida.GD21035

Hartmann, H. A., Wilke, T., & Erdmann, R. (2011). Efficacy of bacteriocin-containing cell-free culture supernatants from lactic acid bacteria to control Listeria monocytogenes in food. International Journal of Food Microbiology, 146(2), 192-199. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.02.031

https://doi.org/10.1186/s12906-019-2528-2

Hussain, N., Tariq, M., Saris, P. E. J., & Zaidi, A. (2021). Evaluation of the probiotic and postbiotic potential of lactic acid bacteria from artisanal dairy products against pathogens. *The Journal of Infection in Developing Countries*, *15*(01), 102-112.

İncili, G. K., Karatepe, P., Akgöl, M., Güngören, A., Koluman, A., İlhak, O. İ., Kanmaz, H., Kaya, B., & Hayaloğlu, A. A. (2022). Characterization of lactic acid bacteria postbiotics, evaluation in-vitro antibacterial effect, microbial and chemical quality on chicken drumsticks. Food Microbiology, 104, 104001. https://doi.org/10.1016/j.fm.2022.104001

Karbowiak, M., Gałek, M., Szydłowska, A., & Zielińska, D. (2022). The Influence of the Degree of Thermal Inactivation of Probiotic Lactic Acid Bacteria and Their Postbiotics on Aggregation and Adhesion Inhibition of Selected Pathogens. Pathogens, 11(11), 1260. https://doi.org/10.3390/pathogens11111260

Karovičová, J., & Kohajdová, Z. (2005). Lactic acid fermentation of

various vegetable juices. Acta Alimentaria, 34(3), 237-246. https://doi.org/10.1556/AAlim.34.2005.3.5

Klaenhammer, T. R., Barrangou, R., Buck, B. L., Azcarate-Peril, M. A., & Altermann, E. (2005). Genomic features of lactic acid bacteria effecting bioprocessing and health. FEMS Microbiology Reviews, 29(3), 393-409. https://doi.org/10.1016/j.fmrre.2005.04.007

Kousheh, S. A., Moradi, M., Tajik, H., & Molaei, R. (2020). Preparation of antimicrobial/ultraviolet protective bacterial nanocellulose film with carbon dots synthesized from lactic acid bacteria. International Journal of Biological Macromolecules, 155, 216-225. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.03.230

Liang, B., & Xing, D. (2023). The Current and Future Perspectives of Postbiotics.

M. (2016). Strategies to increase the hygienic and economic value of fresh fish: Biopreservation using lactic acid bacteria of marine origin. International Journal of Food Microbiology, 223, 41-49. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.02.005

M. E., Shamir, R., Swann, J. R., Szajewska, H., & Vinderola, G. (2021). The International Scientific Association of Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of postbiotics. Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology, 18(9), 649-667. https://doi.org/10.1038/s41575-021-00440-6

Martín, R., & Langella, P. (2019). Emerging Health Concepts in the Probiotics Field: Streamlining the Definitions. Frontiers in Microbiology, 10, 1047. https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01047

Mayorgas, A., Dotti, I., & Salas, A. (2021). Microbial Metabolites, Postbiotics, and Intestinal Epithelial Function. Molecular Nutrition & Food Research, 65(5), 2000188. https://doi.org/10.1002/mnfr.202000188

Mokoena, M. P. (2017). Lactic Acid Bacteria and Their Bacteriocins: Classification, Biosynthesis and Applications against Uropathogens: A Mini-Review. Molecules, 22(8), 1255. https://doi.org/10.3390/molecules22081255

Moradi, M., Molaei, R., & Guimarães, J. T. (2021). A review on preparation and chemical analysis of postbiotics from lactic acid bacteria. Enzyme and Microbial Technology, 143, 109722. https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2020.109722

Probiotics and Antimicrobial Proteins. https://doi.org/10.1007/s12602-

023-10045-x

Quinto, E. J., Jiménez, P., Caro, I., Tejero, J., Mateo, J., & Girbés, T. (2014). Probiotic Lactic Acid Bacteria: A Review. Food and Nutrition Sciences, 05(18), 1765-1775. https://doi.org/10.4236/fns.2014.518190

Salminen, S., Collado, M. C., Endo, A., Hill, C., Lebeer, S., Quigley, E. M. M., Sanders,

Sanders, M. E., Merenstein, D. J., Reid, G., Gibson, G. R., & Rastall, R. A. (2019). Probiotics and prebiotics in intestinal health and disease: From biology to the clinic. Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology, 16(10), 605-616. https://doi.org/10.1038/s41575-019-0173-3

Schleifer, K. H., & Ludwig, W. (1995). Phylogenetic relationships of lactic acid bacteria. Içinde B. J. B. Wood & W. H. Holzapfel (Ed.), The Genera of Lactic Acid Bacteria (ss. 7-18). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5817-0_2

Shafipour Yordshahi, A., Moradi, M., Tajik, H., & Molaei, R. (2020). Design and preparation of antimicrobial meat wrapping nanopaper with bacterial cellulose and postbiotics of lactic acid bacteria. International Journal of Food Microbiology, 321, 108561. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108561

Siciliano, R. A., Reale, A., Mazzeo, M. F., Morandi, S., Silvetti, T., & Brasca, M. (2021). Paraprobiotics: A New Perspective for Functional Foods and Nutraceuticals. Nutrients, 13(4), 1225. https://doi.org/10.3390/nu13041225

Singh, N., Sharma, C., Gulhane, R. D., Rokana, N., Singh, B. P., Puniya, A. K., Attri, S., Goel, G., & Panwar, H. (2018). Inhibitory effects of lactobacilli of goat's milk origin against growth and biofilm formation by pathogens: An in vitro study. Food Bioscience, 22, 129-138. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2018.02.001

Tejero-Sariñena, S., Barlow, J., Costabile, A., Gibson, G. R., & Rowland, I. (2012). In vitro evaluation of the antimicrobial activity of a range of probiotics against pathogens: Evidence for the effects of organic acids. Anaerobe, 18(5), 530-538. https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2012.08.004

Thanh, N. T., Chwen, L. T., Foo, H. L., Hair-Bejo, M., & Kasim, A. B. 2010). Inhibitory activity of metabolites produced by strains of lactobacillus plantarum isolated from malaysian fermented food.

Thorakkattu, P., Khanashyam, A. C., Shah, K., Babu, K. S., Mundanat, A. S., Deliephan, A., Deokar, G. S., Santivarangkna, C., & Nirmal,

N. P. (2022). Postbiotics: Current Trends in Food and Pharmaceutical Industry. Foods, 11(19), 3094. https://doi.org/10.3390/foods11193094

van Geel-Schutten, G. H., Flesch, F., ten Brink, B., Smith, M. R., & Dijkhuizen, L. (1998).Screening and characterization of Lactobacillus strains producing large amounts of exopolysaccharides. Applied Microbiology and Biotechnology, 50(6), 697-703. https://doi.org/10.1007/s002530051353

Vinderola, G., Sanders, M. E., & Salminen, S. (2022). The Concept of Postbiotics. Foods, 11(8), 1077. https://doi.org/10.3390/foods11081077

Walter, J. (2008). Ecological Role of Lactobacilli in the Gastrointestinal Tract: Implications for Fundamental and Biomedical Research. Applied and Environmental Microbiology, 74(16), 4985-4996. https://doi.org/10.1128/AEM.00753-08

Xie, C., Wang, H., Deng, S., & Xu, X.-L. (2016). The inhibition of cell-free supernatant of Lactobacillus plantarum on production of putrescine and cadaverine by four amine- positive bacteria in vitro. LWT- Food Science and Technology, 67, 106-111. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.11.028

Youn, H.-Y., Seo, K.-H., Kim, H.-J., Kim, Y.-S., & Kim, H. (2022). Effect of postbiotics derived from kefir lactic acid bacteria-mediated bioconversion of citrus pomace extract and whey on high-fat diet-induced obesity and gut dysbiosis. Food Research International, 162, 111930. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111930

BÖLÜM 6

ÇEVRE DOSTU VE ALTERNATİF PROTEİN KAYNAĞI OLARAK *SPIRULINA* (*ARTHROSPIRA*) *PLATENSIS* VE *CHLORELLA VULGARIS*'İN SÜT TEKNOLOJİSİNDE KULLANIM OLANAKLARI

Dr. Öğr. Üyesi Murat Emre TERZİOĞLU[1]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10460103

[1]Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 25240, Erzurum, Türkiye.
ORCID ID: 0000-0001-6370-0694; e-posta: murat.terzioglu@atauni.edu.tr

1. GİRİŞ

Dünya genelinde yaklaşık 820 milyon insanın yetersiz beslenme sorunuyla karşı karşıya kaldığı tahmin edilmektedir (Golden ve ark., 2021). Küresel anlamda nüfusun artması, yüksek şehirleşme oranıyla birlikte ekilebilir tarım arazilerinin azalması ve yanlış tarım politikalarının yanı sıra fazla su tüketiminin ve küresel ısınmanın bir sonucu olarak su kaynaklarının yok olması gıda teminini giderek zorlaştırmaktadır. Ayrıca yaşanan doğal afetler, salgın hastalıklar ve savaşlar neticesinde gıda üretimi ve dağıtımı büyük ölçüde zarar görmektedir (Cavlak ve Selvi, 2022; Chen ve ark., 2022). Dünya Araştırma Enstitüsü raporunda, 2050 yılına kadar dünya nüfusunun 10 milyara ulaşacağı ve bu durum karşısında mevcut gıda üretim kapasitesinin en azından %50 oranında artırılmasına ihtiyaç duyulacağı bildirilmiştir (Yang ve ark., 2024). Buna ilaveten, mevcut tarım arazilerinin büyük bir bölümünün su sıkıntısı yaşadığı, tarım arazilerinin sadece yarısının gıda üretimi için kullanıldığı ve gıda talebi artışı karşısında yaklaşık 593 milyon hektarlık yeni tarım arazisinin gerekli olduğu ifade edilmiştir (Golden ve ark., 2021; Liceaga ve ark., 2022). Sürdürülebilir gıda temininin zorlaşması, tüketicilerin doğal ve sağlıklı gıdalara ulaşma bilincinin giderek artması, gıda üreticilerinin tüketici taleplerine karşılık verememesi ve mevcut gıda kaynaklarının tüketiciye yüksek maliyetle sunulması gıda sektöründe farklı kaynak arayışlarını gündeme getirmiştir (Yang ve ark., 2024).

Artan kentleşme oranının yanı sıra değişen tüketici profili nedeniyle protein açısından zengin gıdalar gün geçtikçe popüler hale gelmektedir (Ahmad ve Ashraf, 2023). Proteince zengin gıdalar insan sağlığı ve

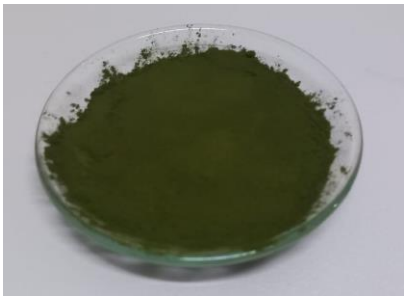
beslenmesi açısından oldukça önemli bir yer tutmakta olup protein tüketim oranı, ülkelerin gelişmişlik düzeyleri hakkında fikir veren önemli bir parametre olarak karşımıza çıkmaktadır. Gıdaların besin değerinin ve maliyetinin belirlenmesinde büyük bir paya sahip olan proteinler yeterli düzeyde (günlük 0,8 g protein/1 kg vücut ağırlığı) vücuda alındığında büyüme, gelişme, yapım ve onarım gibi birçok temel metabolik aktivitede görev almaktadır (Recommended Dietary Allowance, 2005; Bilişli, 2019; Yetim ve Tekiner, 2020). Mevcut protein kaynaklarının yetersiz olması ve yüksek fiyatlarla tüketiciye sunulmasının yanı sıra hayvansal üretim faaliyetleri neticesinde çevre kirliliğinin oluşması ve iklim değişikliğinde önemli bir rol oynayan sera gazı emisyon oranının artması nedeniyle farklı protein kaynaklarına yönelim hız kazanmıştır. Son yıllarda tüketicilerin protein ihtiyacının karşılanmasında alternatif zengin protein kaynakları arasında gösterilen *Spirulina* (*Arthrospira*) *platensis* ve *Chlorella vulgaris* gibi farklı mikroalg türleri düşük maliyetli, çevre dostu, doğal ve sürdürülebilir özelliğe sahip olmakla birlikte daha az enerji kullanılarak tüketime uygun hale getirilmektedir (Hocquette ve ark., 2015; Zhang ve ark., 2021; Heppner ve Livney, 2023). Genellikle sucul ortamlarda (nehir, okyanus, dere, göl ve su birikintileri gibi) yaşayabilen algler basit yapılı, selüloz çeperli, dış ipliksi mikroskobik yapıda, fotosentez yapabilen ve genellikle ökaryot sınıfına dahil olan canlılar olarak tanımlanmaktadır (Pereira ve Neto, 2014).

Mikroalg türlerinin, besin içeriğini zenginleştirmek ve fonksiyonel özellikleri arttırmak amacıyla süt ve süt ürünlerine takviye edilmesi üzerine yapılan bilimsel çalışmalar günümüzde nispeten yetersiz

kalmakla birlikte, farklı mikroalg türlerinin yan ürün olarak kullanımı döngüsel bir ekonominin gelişmesine katkıda bulunmakta ve biyoekonomiyi destekleme konusunda umut vaat etmektedir (Ahmad ve Ashraf, 2023). Bu amaç doğrultusunda mevcut çalışmada çevre dostu ve alternatif protein kaynağı olan *S. platensis* ve *C. vulgaris*'in genel özelikleri ve süt teknolojisinde kullanım olanaklarından bahsedilmektedir.

2. *SPIRULINA* (*ARTHROSPIRA*) *PLATENSIS*

Dünya çapında en çok yetiştirilen mikroalg olarak bilinen *S. platensis* veya diğer bir adıyla *Arthrospira platensis*, *Oscillatoriaceae* familyasına ve *Spirulina* cinsine ait spiral şeklinde ve ipliksi yapıda yeşil bir siyanobakteri olarak tanımlanmakta ve kökeni Amerika ve Afrika kıtasına dayanmaktadır (Aktaş, 2022; Gökçurak, 2022). Tarihçiler *S. platensis*'in ilk olarak Aztekler tarafından Texcoco gölü etrafında keşfedildiğini bildirmişler. Ardından yerli kabilelerin ise Çad gölü etrafından topladıkları *S. platensis*'i hastalıkları tedavi etmek amacıyla yiyecek olarak kullandıkları belirtilmiştir (Ciferri, 1983; Habib ve ark., 2008). Günümüzde ise insan tüketimi için birçok ülkede sağlık kuruluşları tarafından onaylanan *S. platensis* gıda takviyesi niteliğinde tablet, toz veya kapsül olarak pazarlanmakta ve kullanılmaktadır (Ali ve Saleh, 2012; Güler ve ark., 2021). Şekil 1'de *S. platensis*'in toz formuna ait görsel yer almaktadır.



Şekil 1. *S. platensis*

S. platensis'in kimyasal bileşimi incelendiğinde özellikle protein içeriği ön plana çıkmaktadır. *S. platensis*'in yaklaşık %50-70 oranında protein içerdiği, içermiş olduğu proteinlerin vücutta sindirilebilirliğinin yüksek seviyelerde olduğu ve esansiyel amino asitler açısından baskın amino asitlerin valin, lösin ve izolösin olarak sıralandığı bildirilmiştir. Buna ilaveten *S. platensis*'in %13,5-15 oranında karbonhidrat içerdiği ve baskın şekerlerin glikoz, galaktoz, mannoz, ramnoz ve ksiloz olarak sıralandığı rapor edilmiştir (Şahin Cebeci, 2015; Gupta ve ark., 2017; Costa ve ark., 2019). Ayrıca *S. platensis*'in yapısında yer alan polisakkaritlerin immünomodülatör ve antiviral özellikler sergilediği ortaya konulmuştur (Parages ve ark., 2012). *S. platensis*'in kuru ağırlık üzerinden yağ içeriğinin ise %6-13 arasında değiştiği, toplam yağ içeriğinin %1,5-2'sinin çoklu doymamış yağ asitlerinden meydana geldiği ve bu çoklu doymamış yağ asitlerinin ise yaklaşık %36'sını γ-linolenik asidin oluşturduğu belirtilmiştir. Aynı zamanda *S. platensis*, bazı bitkisel yağları (frenk üzümü tohumu, çuha çiçeği ve kenevir yağı gibi) takiben iyi bir γ-linolenik asit kaynağı olarak kabul edilmektedir (Hoseini ve ark., 2013). Bununla birlikte *S. platensis*, bileşiminde çeşitli vitaminlerin (A, B_2, B_3 ve B_{12} vitaminleri) yanı sıra kalsiyum, potasyum, magnezyum, selenyum, çinko ve demir gibi mineral maddeleri de yüksek

oranda bünyesinde barındırmaktadır (Carcea ve ark., 2015). Lafarga ve ark. (2020) tarafından ortaya konan *Spirulina*'nın ortalama bileşimi Tablo 1'de sunulmuştur.

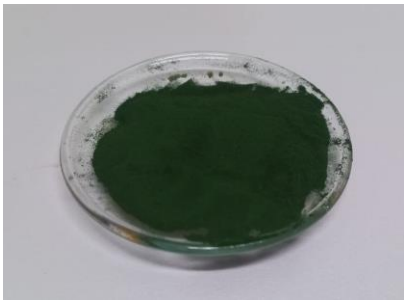
Tablo 1. *Spirulina*'nın ortalama bileşimi

Genel Kompozisyon	**Ortalama Bileşimi**
Su	4,7 g/100 g
Lipit	7,7 g/100 g
Protein	57,5 g/100 g
Karbonhidrat	23,9 g/100 g
Kül	6,2 g/100 g
Mineral Madde İçeriği	
Demir	28,5 mg/100 g
Magnezyum	195,0 mg/100 g
Fosfor	118,0 mg/100 g
Potasyum	1,4 mg/100 g
Sodyum	1,0 mg/100 g
Çinko	2,0 mg/100 g
Bakır	6,1 mg/100 g
Manganez	1,9 mg/100 g
Selenyum	7,2 mg/100 g
Vitamin İçeriği	
K vitamini	25,5 µg/100 g
B_1 vitamini	2,4 mg/100 g
B_2 vitamini	3,7 mg/100 g
B_3 vitamini	12,8 mg/100 g
B_6 vitamini	0,4 mg/100 g
E vitamini	5,0 mg/100 g
Amino Asit Kompozisyonu	
Alanin	4,51 g/100 g
Arjinin	4,15 g/100 g
Aspartik asit	5,79 g/100 g
Fenilalanin	2,77 g/100 g
Glisin	3,09 g/100 g
Glutamik asit	8,39 g/100 g
Histidin	1,08 g/100 g
İzolösin	3,21 g/100 g
Lisin	3,02 g/100 g
Lösin	4,95 g/100 g
Metiyonin	1,15 g/100 g
Prolin	2,38 g/100 g
Serin	2,99 g/100 g
Sistein	0,66 g/100 g
Tirozin	2,58 g/100 g
Treonin	2,97 g/100 g
Triptofan	0,93 g/100 g
Valin	3,51 g/100 g

Fotosentez yapabilme özelliği bulunan ve fikobiliprotein, klorofil ve karotenoid açısından zengin bir içeriğe sahip olan *S. platensis* obezite, diyabet, anemi, kardiyovasküler hastalıklar, bazı kanser türleri ve dejeneratif kronik hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır. Bununla birlikte *S. platensis* yeterli miktarda tüketildiğinde vücutta antioksidan, antitümör, antiinflamatuar, antikoagülan ve antibakteriyel özellikler sergilemektedir (Sotiroudis ve Sotiroudis, 2013; Rodriguez-Concepcion ve ark., 2018). Ayrıca günlük diyeti desteklemek adına beslenme eksikliği yaşayan hamile kadınlara, gelişim çağındaki çocuklara ve yetişkin bireylere *S. platensis* tavsiye edilmektedir (Mercan, 2022).

3. *CHLORELLA VULGARIS*

Dünya genelinde özellikle daha çok Japonya'da proteince zengin gıda katkı maddesi ve besin takviyesi olarak tercih edilmesinin yanı sıra hastalıkların tedavisinde ilaç olarak kullanılan *Chlorella vulgaris*, *Chlorellaceae* familyasına ve *Chlorella* cinsine ait yeşil ökaryotik bir mikroalgdir (Safi ve ark., 2014). Boyutu yaklaşık 2-10 µm arasında değişen *C. vulgaris*, yapısında çeşitli metabolik reaksiyonlar vasıtasıyla enerji üreten bir mitokondri, dış etkilere karşı savunma mekanizması görevi gören bir hücre duvarı ve fotosentezin gerçekleştirilmesinden sorumlu bir kloroplast içermektedir. *C. vulgaris*'in yapısında fosfolipitlerden meydana gelen çift katlı bir zar bulunmakta olup iç katmanda yer alan zar, proteinlerin taşınmasında önemli bir rol oynamakta, dış katmanda yer alan zar ise iyon ve metabolitlerin geçirgenliğini sağlamaktadır (Yamamoto ve ark., 2004; Safi ve ark., 2014). Şekil 2'de *C. vulgaris*'in toz formuna ait görsel yer almaktadır.



Şekil 2. *C. vulgaris*

C. vulgaris'in kimyasal bileşimi incelendiğinde *S. platensis*'te olduğu gibi yine protein içeriği ön plana çıkmaktadır. *C. vulgaris*'in toplam kurumaddesinin yaklaşık %42-58'ini oluşturan proteinler hücrelerin yapı taşını oluşturmaktadır. Aynı zamanda *C. vulgaris*'in yapısında bulunan proteinlerin bir kısmı hücre içinde hücre duvarına yakın bir yerde bulunarak hücre içi bileşen transferini sağlamaktayken, diğer bir kısmı ise enzimlerin yapısına katılarak hücre içi ve hücre dışı birçok görevde rol oynamaktadır. *C. vulgaris*'in yapısında bulunan proteinlerin molekül ağırlığı genellikle 39-75 kDa arasında değişmekte olup, amino asit profili açısından başta glutamik asit ve aspartik asit olmak üzere metiyonin, valin, histidin, sistein, fenilalanin treonin, lösin, izolösin ve prolin açısından zengin bir içeriğe sahiptir (Coronado-Reyes ve ark., 2022). Günümüzde ticari olarak satılan protein hidrolizatlarıyla kıyaslandığında *C. vulgaris* bileşimindeki proteinlerin, daha üstün emülsifiye edici özelliğinin bulunduğu bildirilmiştir (Ursu ve ark., 2014). *C. vulgaris*'in yağ içeriğinin ise toplam kurumadde oranının yaklaşık %5-40'ını oluşturduğu ve toplam yağ içeriğinin ise hidrokarbonlar, glikolipitler, fosfolipitler, yağ asitleri ve mumlardan meydana geldiği belirtilmiştir (Hu ve ark., 2008). Klorofil ve lutein gibi antioksidanları içeren *C. vulgaris*'in yaklaşık %13,7 oranında

karbonhidrat, iz elementler (alüminyum, selenyum, fosfor, çinko, kalsiyum ve magnezyum) ve vitaminler (B_1, B_2, B_6, C, D, E ve K vitaminleri) içerdiği de ortaya konmuştur (Beheshtipour ve ark., 2012). *C. vulgaris*'in, Safi ve ark. (2014) ile Coronado-Reyes ve ark. (2022) tarafından ortaya konan ortalama bileşimi Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. *C. vulgaris*'in ortalama bileşimi

Genel Kompozisyon	**Ortalama Bileşimi**
Su	5,83 g/100 g
Yağ	12,18 g/100 g
Protein	51,45 g/100 g
Karbonhidrat	11,86 g/100 g
Kül	9,50 g/100 g
Mineral Madde İçeriği	
Demir	0,26 g/100 g
Magnezyum	0,34 g/100 g
Fosfor	1,76 g/100 g
Potasyum	0,05 g/100 g
Sodyum	1,35 g/100 g
Kalsiyum	0,59 g/100 g
Vitamin İçeriği	
B_1 vitamini	1,5 mg/100 g
B_2 vitamini	4,8 mg/100 g
B_3 vitamini	23,8 mg/100 g
B_5 vitamini	1,3 mg/100 g
B_6 vitamini	1,7 mg/100 g
B_7 vitamini	191,6 mg/100 g
B_9 vitamini	26,9 mg/100 g
B_{12} vitamini	125,9 mg/100 g
C vitamini	15,6 mg/100 g
Amino Asit Kompozisyonu	
Alanin	10,90 g/100 g protein
Arjinin	7,38 g/100 g protein
Aspartik asit	10,94 g/100 g protein
Fenilalanin	5,81 g/100 g protein
Glisin	8,60 g/100 g protein
Glutamik asit	9,08 g/100 g protein
Histidin	1,25 g/100 g protein
İzolösin	0,09 g/100 g protein
Lisin	6,83 g/100 g protein
Lösin	7,49 g/100 g protein
Metiyonin	0,65 g/100 g protein
Prolin	2,97 g/100 g protein

Serin	7,77 g/100 g protein
Sistein	0,19 g/100 g protein
Tirozin	8,44 g/100 g protein
Treonin	6,09 g/100 g protein
Triptofan	2,21 g/100 g protein
Valin	3,09 g/100 g protein
Yağ Asidi Kompozisyonu	
Palmitik asit (C16:0)	%17,5
Palmitoleik asit (C16:1)	%3,27
Stearik asit (C18:0)	%15,39
Oleik asit (C18:1)	%13,87
Linolelaidik asit (C18:2n6)	%9,18
Lignoserik asit (C24:0)	%22,11

Yapılan çalışmalarda *C. vulgaris*'in kardiyovasküler hastalıklar, kanser ve katarakt gibi hastalıkları önlediği, cilt sağlığı için kolajen sentezini uyardığı, bağışıklık sistemini güçlendirdiği ve ateroskleroz riskini azalttığı rapor edilmiştir (Justo ve ark., 2001; Queiroz ve ark., 2013). Bunlara ilaveten *C. vulgaris* tüketimiyle hipertansiyon, hiperlipidemi ve kolesterol gibi hastalıkların önlendiği ve vücutta yaraların iyileşmesine önemli katkılar sağladığı tespit edilmiştir (Merchant ve Andre, 2001; Janczyk ve ark., 2007).

4. SÜT TEKNOLOJİSİNDE KULLANIM OLANAKLARI

Süt teknolojisinde *S. platensis* ve *C. vulgaris*'in başta zengin protein içeriği olmak üzere üstün özelliklerinden yararlanmak, çevre kirliliğinin önüne geçilerek sürdürülebilir gıda teminini sağlamak, süt ve süt ürünlerinin var olan özelliklerini geliştirmek, fonksiyonel özelliklerini arttırmak ve eksik yönlerini gidermek adına literatürde bazı çalışmalar yer almaktadır.

Beheshtipour ve ark. (2012) yapmış oldukları çalışmalarında 3 farklı oranda (%0,25, %0,5 ve %1 oranlarında) *C. vulgaris* ve *A. platensis* ilave ederek ürettikleri yoğurt örneklerinde 28 günlük depolama periyodu

boyunca probiyotik mikroorganizmaların canlılık düzeylerini incelemişlerdir. Araştırmacılar, *C. vulgaris* ve *A. platensis* ilavesiyle probiyotik mikroorganizmaların canlılığının arttığını bildirmişlerdir. Ayrıca *A. platensis* ilaveli yoğurt örneklerinde *C. vulgaris* ilaveli yoğurt örneklerine kıyasla daha uzun bir inkübasyon süresinin gerçekleştiğini belirtmişlerdir.

Agustini ve ark. (2016) ürettikleri dondurma ve yumuşak peynir örneklerine *S. platensis* ilavesinin çeşitli kalite kriterleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Peynir örneklerini incelediklerinde kontrol grubuna kıyasla *S. platensis* ilavesi yapılan örneklerde toplam kurumadde, protein, yağ, kül ve β-karoten içeriğinin arttığını belirlemişlerdir. Dondurma örneklerini incelediklerinde ise kontrol grubuna kıyasla *S. platensis* ilavesi yapılan örneklerde toplam kurumadde, protein ve erime oranının arttığını rapor etmişlerdir.

Barkallah ve ark. (2017) üretmiş oldukları yoğurt örneklerine farklı oranlarda (%0,25, %0,5, %0,75 ve %1 oranlarında) *S. platensis* ilave ederek, yapısal ve duyusal özelliklerdeki değişimleri incelemişlerdir. Çalışmalarının sonunda *S. platensis* ilavesiyle yoğurt örneklerinin besin içeriğinin ve su tutma kapasitesinin arttığını, duyusal özelliklerin ise korunduğunu rapor etmişlerdir.

Tohamy ve ark. (2019) fonksiyonel ve nutrasötik özellikleri geliştirmek amacıyla peynir örneklerine %2, %4 ve %6 oranlarında *S. platensis* ilave etmişlerdir. *S. platensis* ilavesiyle peynir örneklerinde antioksidan aktivitenin yanı sıra protein, lif, kül, demir, çinko ve selenyum içeriğinin arttığını bildirmişlerdir.

Gökçurak (2022) yoğurt örneklerine *S. platensis* ilave ederek örneklerin besin içeriğini ve fonksiyonel özelliklerini incelemiştir. Yoğurt örneklerinde *S. platensis* ilavesinin kurumadde, yağ ve toplam fenolik madde içeriği ile titrasyon asitliği değerlerini arttırdığını tespit etmiştir.

Üstün-Aytekin ve ark. (2022) 5 farklı oranda (%0,05, %0,1, %0,5, %1 ve %2 oranlarında) *A. platensis* ilave ederek üretmiş oldukları kefir örneklerinde arjinin, alanin, fenilalanin, glutamik asit, glisin, lisin, lösin, tirozin ve valin amino asitlerinin miktarlarının arttığını bildirmişlerdir. Bununla birlikte *A. platensis* ilavesiyle kefir örneklerinde demir içeriğinin ve antioksidan aktivitenin de arttırdığını rapor etmişlerdir.

Falcão ve ark. (2023) üretmiş oldukları kuark ve krem peyniri örneklerine *C. vulgaris* ilavesinin kontrol gruplarına kıyasla protein, demir, magnezyum, kükürt, çinko, bakır, mangan ve fosfor içeriğini arttırdığını vurgulamışlardır.

Kahraman Ilıkkan ve Bağdat (2023) *A. platensis* ve *C. vulgaris* ilave ederek ürettikleri kefir örneklerinin çeşitli fizikokimyasal özelliklerini, mikrobiyotasını, antioksidan aktivitesini ve toplam fenolik içeriğini incelemişlerdir. Kefir örneklerine %0,5 ve %1 oranlarında *A. platensis* ve *C. vulgaris* ilavesinin fizikokimyasal özellikleri değiştirmediğini, antioksidan aktivitesinin ve toplam fenolik içeriğinin ise arttığını vurgulamışlardır. Aynı zamanda kefir mikrobiyotası üzerinde *C. vulgaris*'e kıyasla *A. platensis*'in daha etkili olduğunu ortaya koymuşlardır.

5. SONUÇ

Terapötik, nutrasötik ve fonksiyonel özellikleriyle sağlık ve beslenme açısından önemli bir rol oynayan ve her yaş grubuna hitap eden süt ve süt ürünleri, bileşim ve yapısal özellikleri nedeniyle farklı gıda takviyeleri kullanılarak zenginleştirilmeye oldukça yatkın gıdalardır. Süt ürünlerinin üretim prosesinde kullanılan gıda takviyelerinin bileşimi ve yapısal özellikleri son ürünün özelliklerini doğrudan etkilemektedir. Bu sebeple gıda takviyelerinin seçiminde öncelikle dikkat edilmesi gereken husus, gıda takviyesinin bileşimi ve genel kompozisyonudur. Bununla birlikte gıda takviyelerinin seçiminde maliyet, doğallık ve sürdürülebilirlik süt teknolojisinde önem arz eden diğer parametrelerdir. Nitekim son yıllarda düşük maliyetli, doğal, çevre dostu ve sürdürülebilir gıda takviyesi özelliği taşıyan *S. platensis* ve *C. vulgaris* dikkatleri üzerine çekmektedir. *S. platensis* ve *C. vulgaris* zengin protein içeriğiyle de mevcut yüksek maliyetli ve üretimi esnasında çevre kirliliğine ve sera gazı emisyon oranının artmasına neden olan hayvansal protein kaynaklarına da önemli bir alternatif olarak ön plana çıkmaktadır. Süt teknolojisinde yoğurt, kefir, dondurma ve peynir gibi süt ürünlerinin üretiminde *S. platensis* ve *C. vulgaris* kullanımıyla son ürünün fonksiyonelliğinin ve biyoaktivitesinin arttığı yapılan bilimsel çalışmalarla kanıtlanmıştır. Böylelikle tüketiciye doğal, besleyici ve sağlıklı ürünler sunmak amacıyla *S. platensis* ve *C. vulgaris* kullanımının başta süt endüstrisi olmak üzere küresel gıda sektörünün ihtiyaçlarını karşılamak adına önemli bir adım olduğu kanısına varılmıştır.

KAYNAKLAR

Agustini, T.W., Ma'ruf, W.F., Widayat, Suzery, M., Hadiyanto, Benjakul, S. (2016). Application of *Spirulina platensis* on ice cream and soft cheese with respect to their nutritional and sensory perspectives. *Jurnal Teknologi* 78 (4-2): 245-251.

Ahmad, A., Ashraf, S.S. (2023). Sustainable food and feed sources from microalgae: Food security and the circular bioeconomy. *Algal Research* 74: 103185.

Aktaş, B. (2022). *Spirulina platensis ilave edilerek üretilen kefirin besin içeriğinin belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi) Sağlık Bilimleri Üniversitesi Hamidiye Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Ali, S.K., Saleh, A.M. (2012). *Spirulina*-an overview. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences* 4 (3): 9-15.

Barkallah, M., Dammak, M., Louati, I., Hentati, F., Hadrich, B., Mechichi, T., et al. (2017). Effect of *Spirulina platensis* fortification on physicochemical, textural, antioxidant and sensory properties of yogurt during fermentation and storage. *LWT* 84: 323-330.

Beheshtipour, H., Mortazavian, A.M., Haratian, P., Darani, K.K. (2012). Effects of *Chlorella vulgaris* and *Arthrospira platensis* addition on viability of probiotic bacteria in yogurt and its biochemical properties. *European Food Research and Technology* 235: 719-728.

Bilişli, A. (2019). Gıda Kimyası. Sidaş Yayınları, İzmir.

Carcea, M., Sorto, M., Batello, C., Narducci, V., Aguzzi, A., Azzini, E., et al. (2015). Nutritional characterization of traditional and improved dihé, alimentary blue-green algae from the lake Chad region in Africa. *LWT-Food Science and Technology* 62 (1): 753-763.

Cavlak, N., Selvi, M.S. (2022). Gıda fiyatlarındaki aşırı artışların olası nedenleri ve COVID-19'un etkisi. *Gıda* 47 (1): 42-54.

Chen, C., Tang, T., Shi, Q., Zhou, Z., Fan, J. (2022). The potential and challenge of microalgae as promising future food sources. *Trends in Food Science & Technology* 126: 99-112.

Ciferri, O. (1983). *Spirulina*, the edible microorganism. *Microbiological Reviews* 47 (4): 551-578.

Coronado-Reyes, J.A., Salazar-Torres, J.A., Juárez-Campos, B., González-Hernández, J.C. (2022). *Chlorella vulgaris*, a microalgae important to be used in Biotechnology: a review. *Food Science and Technology* 42: e37320.

Costa, J.A.V., Freitas, B.C.B., Rosa, G.M., Moraes, L., Morais, M.G., Mitchell, B.G. (2019). Operational and economic aspects of *Spirulina*-based biorefinery. *Bioresource Technology* 292: 121946.

Falcão, R.L., Pinheiro, V., Ribeiro, C., Sousa, I., Raymundo, A., Nunes, M. C. (2023). Nutritional improvement of fresh cheese with microalga *Chlorella vulgaris*: impact on composition, structure and sensory acceptance. *Food Technology and Biotechnology* 61 (2): 259-270.

Golden, C.D., Koehn, J.Z., Shepon, A., Passarelli, S., Free, C.M., Viana, D.F., et al. (2021). Aquatic foods to nourish nations. *Nature* 598 (7880): 315-320.

Gökçurak, E.N. (2022). *Spirulina platensis katkılı yoğurdun antioksidan ve probiyotik özelliklerinin belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi) Amasya Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Amasya.

Gupta, S., Gupta, C., Garg, A.P., Prakash, D. (2017). Prebiotic efficiency of blue green algae on probiotics microorganisms. *Journal of Microbiology & Experimentation* 4 (4): 11-12.

Güler, Ç., Türkoğlu, Z., Salık, M.A., Türkmen, Ö., Arslaner, A. (2021). Fonksiyonel bir gıda katkısı olarak *Spirulina platensis*. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 52 (3): 351-360.

Habib, M.A.B., Parvin, M., Huntington, T.C., Hasan, M.R. (2008). A review on culture, production and use of *Spirulina* as food for humans and feeds for domestic animals and fish. *FAO Fisheries and Aquaculture Circular* 1034: 1-33.

Heppner, S., Livney, Y.D. (2023). Green leaves as a promising source for sustainable food protein: seeking the productivity-functionality balance. *Trends in Food Science & Technology* 142: 104207.

Hocquette, A., Lambert, C., Sinquin, C., Peterolff, L., Wagner, Z., Bonny, S. P.F., Lebert, A., Hocquette, J.F. (2015). Educated consumers don't believe artificial

meat is the solution to the problems with the meat industry. *Journal of Integrative Agriculture* 14 (2): 273-284.

Hoseini, S.M., Khosravi-Darani, K., Mozafari, M.R. (2013). Nutritional and medical applications of *Spirulina* microalgae. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry* 13 (8): 1231-1237.

Hu, Q., Sommerfeld, M., Jarvis, E., Ghirardi, M., Posewitz, M., Seibert, M., Darzins, A. (2008). Microalgal triacylglycerols as feedstocks for biofuel production: perspectives and advances. *The Plant Journal* 54: 621-639.

Janczyk, P., Franke, H., Souffrant, W.B. (2007). Nutritional value of *Chlorella vulgaris*: effects of ultrasonication and electroporation on digestibility in rats. *Animal Feed Science and Technology* 132 (1-2): 163-169.

Justo, G.Z., Silva, M.R., Queiroz, M.L.S. (2001). Effects of the green algae *Chlorella vulgaris* on the response of the host hematopoietic system to intraperitoneal ehrlich ascites tumor transplantation in mice. *Immunopharmacology and Immunotoxicology* 23 (1): 119-132.

Kahraman Ilıkkan, Ö., Bağdat, E.Ş. (2023). The effect of kefir enrichment with *Arthrospira platensis* and *Chlorella vulgaris* on kefir microbiota, antioxidant, and physicochemical properties. *Journal of Applied Phycology* 35: 713-720.

Lafarga, T., Fernández-Sevilla, J.M., González-López, C., Acién-Fernández, F.G. (2020). *Spirulina* for the food and functional food industries. *Food Research International* 137: 109356.

Liceaga, A.M., Aguilar-Toala, J.E., Vallejo-Cordoba, B., Gonzalez-Cordova, A.F., Hernandez-Mendoza, A. (2022). Insects as an alternative protein source. *Annual Review of Food Science and Technology* 13: 19-34.

Mercan, F. (2022). *Spirulina (Arthrospira) platensis biyokütlesinin laktik asit fermentasyonu için substrat olma potansiyelinin değerlendirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi) Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Merchant, R.E., Andre, C.A. (2001). A review of recent clinical trials of the nutritional supplement *Chlorella pyrenoidosa* in the treatment of fibromyalgia, hypertension, and ulcerative colitis. *Alternative Therapies* 7 (3): 79-91.

Parages, M.L., Rico, R.M., Abdala-Díaz, R.T., Chabrillón, M., Sotiroudis, T. G., Jiménez, C. (2012). Acidic polysaccharides of *Arthrospira* (*Spirulina*)

platensis induce the synthesis of TNF-α in RAW macrophages. *Journal of Applied Phycology* 24: 1537-1546.

Pereira, L., Neto, J.M. (Eds.). 2014. Marine algae: biodiversity, taxonomy, environmental assessment, and biotechnology. CRC Press.

Queiroz, J.S., Barbosa, C.M.V., Rocha, M.C.D., Bincoletto, C., Paredes-Gamero, E.J., Queiroz, M.L.D.S., Neto, J.P. (2013). *Chlorella vulgaris* treatment ameliorates the suppressive effects of single and repeated stressors on hematopoiesis. *Brain, Behavior, and Immunity* 29: 39-50.

Recommended Dietary Allowance (2005). Institute of Medicine. Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids. Washington, DC: The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/10490 (Erişim tarihi 28.02.2023)

Rodriguez-Concepcion, M., Avalos, J., Bonet, M.L., Boronat, A., Gomez-Gomez, L., Hornero-Mendez, D., et al. (2018). A global perspective on carotenoids: metabolism, biotechnology, and benefits for nutrition and health. *Progress in Lipid Research* 70: 62-93.

Safi, C., Zebib, B., Merah, O., Pontalier, P.Y., Vaca-Garcia, C. (2014). Morphology, composition, production, processing and applications of *Chlorella vulgaris*: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 35: 265-278.

Sotiroudis, T.G., Sotiroudis, G.T. (2013). Health aspects of *Spirulina* (*Arthrospira*) microalga food supplement. *Journal of the Serbian Chemical Society* 78 (3): 395-405.

Şahin Cebeci, O.I. (2015). *Spirulina platensis'ten farklı ortam koşullarında biyokütle ve gama-linolenik asit üretimi* (Doktora Tezi) Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Tohamy, M.M., Shaaban, H.A., Ali, M.A., Hasanain, A.M. (2019). Effect of *Spirulina platensis* as nutrition source on the chemical, rheological and sensory properties of spreadable processed cheese. *Journal of Biological Sciences* 19 (1): 84-91.

Ursu, A.V., Marcati, A., Sayd, T., Sante-Lhoutellier, V., Djelveh, G., Michaud, P. (2014). Extraction, fractionation and functional properties of proteins from the microalgae *Chlorella vulgaris*. *Bioresource Technology* 157: 134-139.

Üstün-Aytekin, Ö., Çoban, I., Aktaş, B. (2022). Nutritional value, sensory properties, and antioxidant activity of a traditional kefir produced with *Arthrospira platensis*. *Journal of Food Processing and Preservation* 46 (3), e16380.

Yamamoto, M., Fujishita, M., Hirata, A., Kawano, S. (2004). Regeneration and maturation of daughter cell walls in the autospore-forming green alga *Chlorella vulgaris* (Chlorophyta, Trebouxiophyceae). *Journal of Plant Research* 117: 257-264.

Yang, S., Wang, Y., Wang, J., Cheng, K., Liu, J., He, Y., Zhang, Y., Mou, H., Sun, H. (2024). Microalgal protein for sustainable and nutritious foods: A joint analysis of environmental impacts, health benefits and consumer's acceptance. *Trends in Food Science & Technology* 143: 104278.

Yetim, H., Tekiner İ.H. (2020). Alternatif protein kaynaklarından yapay et üretimi kavramına eleştirel bir bakış. *Helal ve Etik Araştırmalar Dergisi* 2 (2): 85-100.

Zhang, L., Hu, Y., Badar, I.H., Xia, X., Kong, B., Chen, Q. (2021). Prospects of artificial meat: Opportunities and challenges around consumer acceptance. *Trends in Food Science & Technology* 116: 434-444.

BÖLÜM 7

SÜT VE SÜT ÜRÜNLERİNİN DİYET LİF İÇERİĞİ YÜKSEK GIDALAR İLE ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

Öğr. Gör. Esma Nur BULUT[1]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10460108

[1] Bingöl Üniversitesi, Gıda Tarım ve Hayvancılık Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Bingöl, Türkiye
ORC-ID: https://orcid.org/0000-0002-1740-7152 / eposta: enbulut@bingol.edu.tr

1.GİRİŞ

Türk Gıda Kodeksi'ne göre çiğ süt; bir veya daha fazla inek, koyun, manda veya keçinin sağılmasıyla elde edilen, 40°C üzerine ısıtılmamış veya herhangi bir işlem görmemiş kolostrum dışındaki meme bezi salgısı şeklinde tanımlanır. Genel anlamda ise süt, dişi memeli hayvanların yavrularını besleyebilmek için, içinde yavrunun kendi kendini besleyebilecek bir duruma gelinceye kadar almak zorunda olduğu tüm besin maddelerini yeterli miktarlarda bulunduran, porselen beyazı renkli, kendine özgü kokusu ve tadı olan bir maddedir (Metin, 2005; Yerlikaya ve Karagözlü, 2008).

Mikro ve makro besin ögeleri açısından oldukça zengin bir kaynak olan süt, insan yaşamının her döneminde yer edinmektedir. Gebelik-emziklilik, yaşlılık, çocukluk dönemlerinde kemik ve vücut sağlığı için önem arz eden sütün, kronik hastalıklar, hipertansiyon, obezite ve kanserle ilişkisini gösteren birçok araştırma mevcuttur (Jain, 1998; Black ve ark., 2002; Ünal ve Besler, 2008).

Süt ve süt ürünleri, günlük beslenmemizde yer alan dört besin grubundan birini oluşturmaktadır. Özellikle kalsiyum ve protein içeriği açısından tüketilen süt ve süt ürünleri, A vitamini, B_2 vitamini, B_{12} vitamini, tiamin, niasin, magnezyum ve fosfor olmak üzere birçok besin ögesi için önemli kaynaktır. Çocuklar, gençler ve yetişken kadınlar başta olmak üzere tüm yaş gruplarının bu grubu her gün tüketmesi önerilmektedir (Maijala, 2000; Miller ve ark., 2000; Ünal ve Besler, 2008).

İnsan vücudunda sindirilemeyen bitkisel kaynaklı maddeler besinsel lif olarak tanımlanmaktadır. Son yıllarda araştırmacılar besinsel liflere

büyük ilgi göstermektedir. Bu durum, besinsel liflerin kabızlık, kolon kanseri, obezite, kalp hastalıkları ve diabet gibi hastalıklara karşı koruyucu etkisinden ileri gelmektedir. Yapılan çalışmalarda makarna, fırın ürünleri, et ürünleri, kahvaltılık gevrekler ve daha birçok alanda kullanılan diyet liflerin süt ve süt ürünlerinde yaygınlaşması bu ürünlerin fonksiyonelliği açısından oldukça önemlidir (Göncü, 2016).

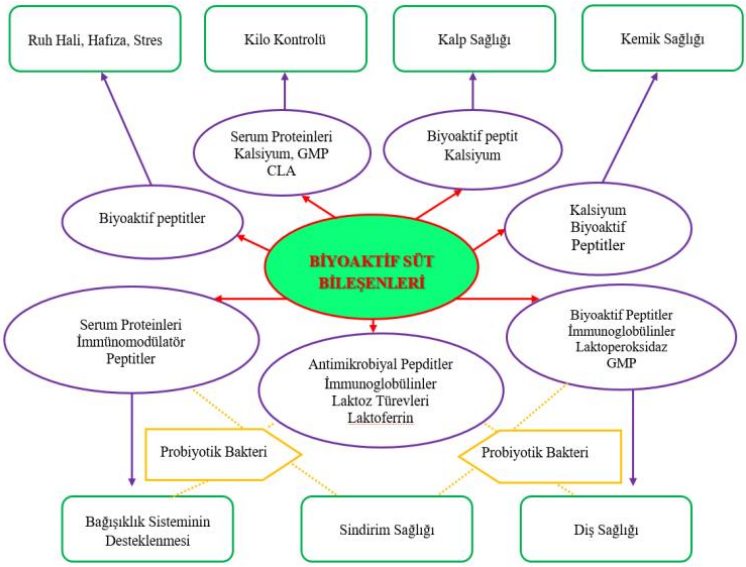
Düşük enerji değeri ile bilinen diyet lifler, diyet ürünlerinin ana bileşenini oluşturmaktadır. Diyet liflerin sağlık üzerine birçok sayıda pozitif etkisi bulunmakla birlikte teknolojik ve fonksiyonel özellikleri nedeniyle de gıda formülasyonlarında da tercih edilmektedir. Diyet lif bileşenlerinin lipit ve glukoz metabolizması ile mineral absorbsiyonu üzerinde fizyolojik etkileri olduğu ve kalın bağırsak fonksiyonlarını düzenlediği belirtilmektedir (Dülger ve Şahan, 2011).

2.LİTERATÜR TARAMASI

2.1.Beslenmede süt ve ürünlerinin önemi

Süt, dişi memeli hayvanların doğumdan sonra meme bezlerinde salgılanan besleyici bir üründür. Bileşimi memeliden memeliye göre oldukça farklılık gösterir. Bu nedenle, sütler hayvanın türü ile anılır. Sadece süt sözcüğü, inek sütlerini kapsar. Çünkü inek sütü, temel süt kaynağı olarak kabul edilir. Ayrıca inek sütü, birçok ürünün ana maddesidir. Süt; süt yağı, protein, laktoz ve mineral maddelerden oluşan polidispers bir gıdadır. Süt yağı, emülsiyon; mineral maddeler ve laktoz, gerçek çözelti; protein ise kolloidal dispersiyon halinde bulunur (Üçüncü, 2021).

Beslenme, kemik sağlığında oldukça önemlidir. Kemik sağlığı için gerekli maddeleri süt ve süt ürünlerinin kaynaklık ettiği kalsiyum, fosfor ve D vitamini oluşturmaktadır. Kemik mineral yoğunluğu ile kalsiyum alımı arasında pozitif bir ilişki vardır. Kalsiyum, diş çürümelerini ve osteoporozu önler. Kalsiyum depolarının tükenmesi ve kemik yoğunluğunun zayıflaması osteoporozun gelişmesine neden olabilir (Baysal, 2015; Aksakal ve Oğuz Öncül, 2017; Özkorucuklu, 2018).



Şekil 2.1. Biyoaktif Süt Bileşenleri ve Sağlığa Etkileri (Park, 2009; Arslaner ve Salık, 2019).

Süt ve süt ürünleri, kazein, serum proteinleri, immünoglobülinler, serum albümini, laktoperoksidaz, lizozim, laktoferrin, glikomakropeptidler, fosfolipitler, steroller, vitaminler ve melatonin gibi maddelerce zengindir. Bu biyoaktif bileşenlerin, bağışıklık sistemini güçlendirdiği ve insan organizmasında birçok fonksiyonel aktivitenin

düzenlenmesinde rol oynadığı bilinmektedir (Şekil 1) (Arslaner ve Salık, 2009).

2.2.Diyet lif

Diyet lifi, sindirim enzimlerine dirençli bitkisel gıda bileşenleri olup insan sindirim sisteminden herhangi bir değişikliğe uğramadan çıkmaktadır. Diyet liflerin başlıca kaynakları tahıl, meyve ve sebzeler olarak bilinmektedir (Ergene ve Bingöl, 2019; Salçın ve Ercoşkun, 2021). Suda çözünmeyen ve çözünür lif olmak üzere iki temel başlıkta incelenen diyet lifi pektin, hemiselüloz ve selüloz gibi polisakkaritleri, lignin ile türevlerini ve bazı dirençli nişastaları içermektedir (Ramulu ve Rao, 2003; Samur, 2008; Salçın ve Ercoşku, 2021). Bunlara ek olarak, guar gum ve gum arabik gibi gum maddeleri, aljinat, deniz yosunu ve karragenan da diyet lifi olarak geçmektedir (Ekici ve Ercoşkun, 2007; Salçın ve Ercoşkun, 2021).

Çözünür lifler, suyu bağlama özellikleri ile bilinmektedir. Böylece gıdalarda jel ve sıkı yapının oluşmasına kaynaklık etmektedirler. Aynı zamanda yapılan çalışmalarda, çözünür diyet liflerin, glikozun bağırsaktaki absorbsiyonunun azaltılmasında ve kolesterolün düşürülmesinde aktif rol oynadığı belirtilmiştir. Çözünmez lifler, ağırlıklarının yaklaşık 20 katı kadar suyu absorbe edebilme kapasitesine sahiptir. Böylece dışkı hacmi artar, dışkının bağırsaktan atılım süresi kısalır ve kabızlık engellenir. Bu açıdan değerlendirildiğinde çözünmez liflerin ciddi bir kullanım potansiyeline sahip oldukları bilinmektedir (Bemiller ve Whistler, 1996; Thebaudin ve ark., 1997; Salçın ve Ercoşkun, 2021).

Diyet liflerin yağı hapsetme özelliği, hammadde ve ürün kalitesi açısından gıda sanayinde önemli bir özellik olarak değerlendirilmektedir. Diyet liflerin yağı hapsetme kapasitesi sayesinde, pişirme sırasında gıda maddesinde oluşabilecek yağ kayıpları önlenmekte ve bu şekilde plazma kolesterolü düzenlenmektedir (Schneeman, 1998; Anderson ve Berry, 2001; Sert, 2019). Diyet liflerin sahip olduğu, hidrofilik özellikler, yüzey özellikleri ve yük yoğunluğu yağ tutma kapasitesi ile ilişkili özelliklerdir. Partikül boyutu yağ tutma kapasitesinde etkili bir diğer faktördür. Artan partikül boyutu ile bünyede daha fazla yağ absorbe edilirken, boyutun azalması ile yağ absorbsiyonu da düşmektedir (Sosulski ve Cadden 1982; Fleury ve Lahaye, 1991; Sert, 2019).

Hidrasyon özelliği, şişme, su bağlama, su tutma kapasitesi ve çözünürlük ile tanımlanmaktadır. Diyet lifin kimyasal yapısına, parçacık boyutuna ve moleküler yapısına bağlı olarak hidrsayon hızı değişmektedir (Cui ve ark., 2011; Sert, 2019). Şişme ve çözünürlük, birbiri ile alakalı iki parametredir. Polisakkaritlerin suda çözünürlüğü şişme şeklindedir. Su, makromoleküller dağılana olana kadar tüm yapıya yayılmaktadır. Bu durum, çözünürlük olarak tanımlanmaktadır. Diyet liflerin su bağlama kapasitesi ise, santrifüj gibi bir kuvvetin etkisi sonucu liflere bağlanan suyun ifadesi olarak tanımlanmaktadır. Su bağlama kapasitesinden farklı olarak su tutma kapasitesi, herhangi bir dış kuvvet olmadan, lif tarafından tutulan suyun ifadesidir. Yapılan çalışmalarda, pektin içeriği yüksek liflerin, diğer liflere göre daha fazla su tutma kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durum jel oluşturma yeteneğine sahip polisakkaritlerden ileri gelmektedir. Yani çözünür liflerin, su tutma

kapasitesinde etkili olduğu ifade edilmektedir (Harris ve Fergusan, 1993; Thebaudin, 1997; Sert, 2019).

Diyet lifler, bugüne kadar çeşitli sağlık yararları ile ilişkilendirilmiş olup sağlıklı bir beslenmenin temel bileşeni olarak kabul edilir. Sağlıklı yetişkinlerde yüksek diyet lif alımı, tüm nedenlere bağlı ölümlerde ve kardiyovasküler hastalıklarda önemli ölçüde azalma göstermiştir (Aune ve ark., 2011; Kim ve Je, 2014; Snauwaert ve ark., 2023). Yapılan klinik araştırmalar diyet lifin, kanser, ishal, tip 2 diyabet, obezite ve kronik hastalıkların önlenmesinde etkili olduğunu ispatlamıştır. Çözünür liflerin, insülin ve glisemik indeks üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu da bildirilmiştir (Cui ve ark., 2015, Coşkuner, 2023). Son araştırmalarda, diyet lif tüketiminin, meme, gırtlak, ince bağırsak ve kolorektal gibi kanser türlerinde olumlu etkisinin olduğu ifade edilmiştir. Fakat diyet lif etki mekanizması hala tartışma konusudur. Bu etkinin; diyet liflerin antioksidan düzeylerinde olumlu etkiye sahip olmalarından, diyet liflerin sindirilmeden kalın bağırsağa geçmesi ve burada kısa zincirli yağ asitlerinin oluşmasını sağlaması, kansorejenlerin safra asitleri ile bağlanmasını sağlayarak, atılmasını desteklemesi, dışkının yumuşaklığını, hacmini ve viskozitesini artırdığı için mukoz hücrelerden geçiş süresini azaltması ve son olarak östrojeni dışkı ile vücuttan uzaklaştırma yetenekleri ile ilişkili olabileceği şeklinde ifade edilmektedir. Ek olarak kısa zincirli yağ asitlerinden olan propiyonatın kolestrol üzerinde olumlu etkileri bulunmaktadır (Lattimer ve Haub, 2010; Coşkuner, 2023).

2.3.Süt ve süt ürünlerinde diyet lif kullanımı

İnsan vücudunda sindirilemeyen bitkisel kaynaklı maddeler besinsel lif olarak tanımlanmaktadır. Besinsel liflere olan ilgi son zamanlarda büyük artış göstermektedir. Bu durumun temel nedeni; diabet, kolon kanseri, kalp hastalıkları, divertiküloz, obezite ve hemoroid hastalıklarına karşı besinsel liflerin gösterdiği koruyucu etkisinden kaynaklanmaktadır. Günümüzde makarna, kahvaltılık hububatlar, et ürünleri, fırın ürünleri, içecekler ve daha birçok çeşitli alanda kullanılan besinsel liflerin süt ve süt ürünlerinde de giderek yaygınlaşması bu ürünlerin fonksiyonelliği açısından oldukça önemlidir (Göncü, 2016).

Süt ürünlerinde genellikle, su bağlama özelliklerinden ve ilave edildiği üründe fark edilmemelerinden dolayı çözünür diyet lifleri tercih edilmektedir. Çözünür olmayan diyet lifleri ise süt ürünlerinde sınırlı kullanıma sahiptir (Elleuch ve ark., 2011; Göncü, 2016). Besinsel liflerin süt ürünlerinde kullanım amaçları başlıca, ürün viskozitesini artırmak, kremsilik gibi dokusal özellikleri geliştirmek, sineresisi önlemek şeklinde sıralanabilir. Pektin, inülin, guar gam, keçiboynuzu gamı, alginatlar gibi çözünür besinsel lifler kullanılan besinsel liflere örnek olarak verilebilir (Göncü, 2016).

Günümüzde insanların hareketsiz yaşam tarzı ve zararlı beslenme alışkanlıkları sonucu; diyabet, sindirim sistemi hastalıkları, bağırsak rahatsızlıkları, kalp damar hastalıkları, ve obezite gibi bazı hastalık oranlarında yükselme tespit edilmiştir (Burdurlu ve Karadeniz, 2003; O'Shea ve ark., 2012; Akın ve Akın, 2016). Tüketicilerin sağlık konusunda bilinçlenmeye başlamasıyla birçok hastalığa karşı etkisi olduğu bilinen diyet lifleri sağlıklı beslenme ve sağlıklı yaşama

önerilerinin başını çekmeye başlamıştır. Bunun sonucunda da gıda endüstrisinde yan ürün olarak açığa çıkan, ekonomik olarak düşük katma değere sahip ve önemli miktarda lif içeren kaynakların insan beslenmesinde kullanımı yaygınlaşmıştır (Özkaya, 1993; Gül, 2007; Akın ve Akın, 2016).

Lif yönünden zengin ürünlerin, yağ ve su tutmayı artırıcı maddeler olarak şeker, un ve yağın kısmi ikamesi için kalorisiz, ucuz hacim artırıcı maddeler olarak kullanımı yaygındır. Aynı zamanda bu maddeler emülsiyon ve oksidatif stabiliteyi iyileştirmek için de gıda ürünlerinin formülasyonuna dahil edilebilmektedir. Süt ürünlerine ilave edildiğinde besinsel lifler reolojik özellikleri, duyusal özellikleri ve jelleşmeyi etkilemektedir. Formülasyona eklenebilecek lif yüzdesi gıdaların renginde ve dokusunda istenmeyen değişikliklere neden olabileceğinden dolayı sınırlıdır (Mudgil ve Barak, 2013; Demirkol, 2021).

Yoğurt, yüksek besleyici değeri ile neredeyse tüm dünyada kabul gören fermente süt ürünüdür. Yoğurdun insan sağlığına olan olumlu etkileri *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii bulgaricus*'tan ileri gelmektedir (Anonim, 1991; Akın ve Akın, 2016). Lif içeriği yüksek bileşenler yoğurtlarda fonksiyonelliğin artmasına neden olmaktadır. Lif katımı yoğurtlarda kıvamı iyileştirmekte, yağ miktarını azaltmakta, ürün viskozitesini artırmakta ve sineresisi önlemektedir (Göncü, 2016).

Akın ve Akın (2016), set tipi yoğurtların elma lifiyle zenginleştirilmesi amacıyla bir çalışma yapmıştır. Çalışmada 4 farklı oranda (%0, %0.25, %0.50, %1) elma lifi kullanılarak set tipi yoğurt üretimi gerçekleştirilmiştir. 20 günlük depolama süresince (1., 10., 20. günler)

yoğurt örneklerinde duyusal, kimyasal ve fiziksel bazı analizler gerçekleştirilmiştir. Elma lifi oranı arttıkça yoğurt örneklerinin pH değerinde azalma, %laktik asit değerinde ise artış belirlenmiştir. Depolama süresi ve lif ilavesinin yoğurtların, viskozite, serum ayrılması, su tutma kapasitesi, pH ve titrasyon asitliğine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. Yapılan analizler sonucunda, elma lifi katkısının yoğurt örneklerinin duyusal niteliklerini ve reolojik özelliklerini olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir. Abou El Samh ve ark. (2013), *B. Lactis BB-12* probiyotik bakterisini ve farklı oranlarda (%0.5, %1, %1.5) çilek, kabak ve siyah havuç katkılarını kullanarak yoğurt üretimi gerçekleştirmiştir. Çalışmada yoğurt örneklerinin reolojik, kimyasal, antioksidan ve mikrobiyolojik özellikleri incelenmiştir. Depolama süresi boyunca kabak ilaveli yoğurt örneklerinin pH değerlerinde bir artış tespit edilmiştir. Kabak içeriğindeki diyet lifin, suyu bağlama özelliğinden kaynaklı olarak kabak oranı arttıkça viskozite değerlerinde de artış görülmüştür. Artan kabak miktarı yoğurtlarda sineresizin azalmasına neden olmuştur (Kıyak ve ark., 2022).

Dondurma süt ve süt ürünleri, emülsifiyerler, tatlandırıcılar, stabilizörler, aroma ve renk maddelerinden oluşan karışıma hava verilerek donduruculardа işlenmesiyle elde edilen süt ürünüdür (Gürsoy, 2007; Türkmen ve Gürsoy, 2017). Dondurma, formülasyonu kolay değiştirilebilen süt ürünlerindendir. Fonksiyonel gıdaların sağlık üzerindeki etkilerinden dolayı, fonksiyonel dondurma formülasyonu geliştirme çalışmaları son yıllarda giderek artmaktadır (Türkmen ve Gürsoy, 2017). Bu amaçla diyet liflerin dondurmada kullanımı ile ilgili çeşitli çalışmalar bulunmaktadır.

Yapılan bir çalışmada, bal kabağı lif konsantresi (% 0, 0.5, 1.0, 1.5) dondurma üretiminde kullanılmıştır. Balkabağı lifinin 1., 30., 60. ve 90. günlerde dondurmanın duyusal, fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Balkabağı lifi katkısı, dondurma örneklerinin viskozite değerlerini, kül ve kuru madde miktarlarını artırırken, titrasyon asitliği ve pH değerlerini etkilememiştir. Balkabağı lif oranı arttıkça dondurmaların antioksidan aktivite değerleri, toplam diyet lif miktarları ve toplam fenolik madde miktarları artış göstermiştir. Duyusal analiz sonucu en yüksek kabul edilebilirliği %1.0 balkabağı içeren dondurma almıştır (Kahveci Erdoğan, 2016). Turunçgil lifleri, stabilizör/emülsifiyerle ve stabilizör/emülsifiyer olmadan dondurma üretiminde kullanılmıştır. Turunçgil lifi ile stabilizör/emülsifiyer kombinasyonu diğer dondurma örneklerine göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Çalışmada, dondurma üretiminde kullanılabilecek maksimum lif konsantrasyonun %0.8 olabileceği ifade edilmiştir (Dervişoğlu ve Yazıcı, 2006). Soukoulis ve ark. (2009), buğday, inülin, yulaf ve elma lifleri ile dondurma üretimi gerçekleştirmiştir. Çalışmada, kullanılan liflerin dondurmanın termal özellikleri ve reolojik özelliklerine etkisi incelenmiştir. Selüloz ve hemiselülozdan kaynaklı suda çözünür olmayan lifler viskozluğu büyük oranda artırırken, suda çözünen lifler ise dondurmaların reolojik özelliklerine büyük bir etki göstermemiştir. Çalışmanın sonucunda, dondurma ürünlerinde kristilizasyonu kontrol altına almak amacıyla diyet liflerin kullanımı önerilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada, soya fasulyesi polisakkaritleri değişik oranlarda dondurma üretiminde kullanılmış ve bu dondurma örneklerinin duyusal özellikleri araştırılmıştır. Duyusal analizlere göre tatlılık, görünüş, aroma ve tekstür kriterleri açısından %2 soya fasulyesi polisakkariti

içeren dondurma örnekleri en iyi puanları, %4 soya fasulyesi polisakkariti içeren örnekler ise en düşük puanları almıştır (Chen ve ark., 2010).

Peynir, tamamen veya kısmen yağı ayrılmış süt, krema, yayıklatı ile bunların bazılarının veya tamamının karışımının, peynir mayası veya zararsız organik asitler ile pıhtılaştırılması, peyniraltı suyunun ayrılması, pıhtının şekillendirilip tuzlanmasıyla elde edilen, taze veya olgunlaştırılmış formda tüketilen süt ürünüdür (Paxson, 2012).

Aydınol Sönmez (2019), yağı azaltılmış labne peynirinin tekstürel özelliklerinin geliştirilmesi üzerine bir çalışma yapmıştır. Çalışmada %18, %12 ve %6 olmak üzere 3 farklı yağ oranına sahip labne peyniri üretimi gerçekleştirilmiştir. Peynir formülasyonunda diyet lif olarak inülin ve beta glukan, hayvansal protein kaynağı olarak süt protein konsantratı ve peyniraltı suyu protein konsantratı, bitkisel protein kaynağı olarak da buğday gluteni, bezelye protein izolatı ve soya protein izolatı kullanılmıştır. 4ºC'de 120 gün boyunca depolanan peynir örneklerinde organik asit, fizikokimyasal özellikler, amino asit içeriği, tekstür, mikroyapı ve duyusal özellikleri araştırılmıştır. Diyet lifi katkılı peynir örneklerinde, kesilebilirlik ve sıkılık değerlerinde depolama süresince azalma, dış yapışkanlık ve yapışkanlık değerlerinde ise artış belirlenmiştir. İnülin ilavesi %12 yağ içeren peynirlerin tekstürel özelliklerini geliştirmiş ve daha sıkı bir mikroyapının oluşmasına neden olmuştur. Toplam kabul edilebilirlik açısında diyet lifi katkılı örnekler protein katkılı peynirlere tercih edilmiştir.

3.SONUÇ

Her geçen gün artan tüketici bilinci ve değişen yaşam koşullarına bağlı olarak insanların tükettikleri gıdalardan beklentileri de değişmektedir. Biyoaktif bileşenler bakımında oldukça zengin olan süt ve süt ürünleri, her yaştan birey için temel gıda maddesi olarak nitelendirilmektedir. Bu amaçla son yıllarda fonksiyonel gıda kavramı yaygınlık kazanmıştır. Hem sağlık açısından yararları hem de günlük beslenmede yer alması gerektiğinde süt ve süt ürünleri de fonksiyonel gıda geliştirme çalışmalarına kaynaklı etmiştir. Diyet lifler, bu amaçla kullanılmaktadır. Lif içeriği yüksek bileşenler süt ürünlerinin viskozitesinin artmasına, kıvamının iyileşmesine, sineresizin azalmasına, sağlık yararlarının artmasına neden olmaktadır. Bu alanda yapılan birçok çalışma diyet liflerin süt ürünlerinde kullanımının pozitif sonuçlar doğurduğunu doğrulamıştır.

KAYNAKLAR

Abou El Samh, M. M., Sherein, A. A. & Essam, H. H. (2013). Properties and antioxidant activity of probiotic yoghurt flavored with black carrot, pumpkin and strawberry. *Int. J. Dairy Sci*, 8: 48-57.

Akın, M.S. & Akın, M.B. (2016). Elma lifi ile zenginleştirmenin set tipi yoğurtların bazı özelliklerine etkisi, *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 20(2): 94-104.

Aksakal, B.Y. & Oğuz Öncül, A.F. (2017). Elazığ kent merkezinde bulunan ortaöğretimde okuyan öğrencilerde obezite sıklığı ve etkileyen faktörlerin incelenmesi. *Dicle Tıp Dergisi,* 44(1): 13-23.

Anderson, E.T. & Berry, B.W. (2001). Effects of ınner pea fiber on fat retention and cooking yield in high fat ground beef, *Food Research International*, 34(8): 689-694.

Anonim. (1991). *Dairy Processing Handbook*, Tetra Pak Processing Systems AB S-221 86 Lund, Sweden, 436 pp.

Arslaner, A., & Salık, M. A. (2019). Sütün Fonksiyonel nitelikli Biyoaktif Bileşenleri. *Erzincan University Journal of Science and Technology*, 12(1): 124-135.

Aune, D., Chan, D.S., Lau, R., Vieira, R., Greenwood, D.C., Kampman, E. & Norat, T. (2011). Dietary fibre, whole grains, and risk of colorectal cancer: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies, *BMJ*, 343:d6617.

Aydınol Sönmez, P. (2019). *Yağı azaltılmış labne peynirinin tekstürel özelliklerinin geliştirilmesi* (Doktora Tezi) Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Baysal, A. (2015). *Beslenme, 15.Basım,* Ankara.

Bemiller, J.N. & Whistler, R.L. (1996). Dietary fiber and carbonhydrate digestibility, *Food Chemistry, Marcel Dekker,* USA, pp. 157-224.

Black, R E., Williams, S M., Jones, I.E, & Goulding. (2002). A.Children who avoid drinking cow milk have low dietary calcium intakes and poor bone health, *American Journal of Clinical Nutrition*, 76: 675-80.

Burdurlu, H.S. & Karadeniz, F. (2003). Gıdalarda diyet lifinin önemi. *Gıda Mühendisliği Dergisi*, 7(15): 18-25.

Chen, W., Duizer, L., Corredig, M. & Goff, D. (2010). Addition of soluble soybean polysaccharides to dairy products as a source of dieatary fiber. *Journal of Food Science,* 75(6): 478-484.

Coşkuner, G. (2023). *Kuru kayısı diyet liflerinin kalın bağırsak mikroorganizmaları tarafından fermente edilebilirliklerinin ın vıtro şartlar altında belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi) Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu.

Cui, J., Gu, X., Zhang, Q., Ou, Y. & Wang, J. (2015). Production and anti-diabetic activity of soluble dietary fiber from apricot pulp by Trichoderma viride fermentation. *Food & Function*, 6(5): 1635-1642.

Cui, S.W., Nie, S., & Roberts, K.T. (2011). Functional properties of dietary fiber. *Researchgate,* 517-524.

Demirkol, M. (2021). *Meyve Suyu İşleme Atıklarından Diyet Liflerinin İzolasyonu ve Yoğurt Üretiminde Kullanımı* (Doktora Tezi) Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu.

Dervisoglu, M. & Yazici, F. (2006). The effect of citrus fibre on the physical, chemical and sensory properties of ıce cream. *Food Sci. Tech. Intl*, 12:159, 64.

Dülger, D. & Şahan, Y. (2011). Diyet lifin özellikleri ve sağlık üzerine etkileri, *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi,* 25(2): 147-157.

Ekici, L., & Erçoskun, H. (2007). Et ürünlerinde diyet lif kullanımı. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 1: 83-90.

Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C. & Attia, H. (2011). Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing:

Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry*, 124: 411–421.

Ergene, E. & Bingöl, E.B. (2019). Diyet Lif İçeriği Yüksek Bazı Gıdalar Ve Beslenme Üzerine Etkileri. *Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık bilimleri Fakültesi Dergisi,* 3(1): 70-78.

Fleury, N. & Lahaye, M. (1991). Chemical and Physico-Chemical Characterisation of Fibres from Lamiaria digitata (Kombu Breton): A Physiological Approach. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 55: 389–400.

Göncü, B. (2016). Süt endüstrisinde liflerin kullanım olanakları, *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi,* 6(2): 198-205.

Gül, H. (2007). *Mısır ve buğday kepeğinin hamur ve ekmek nitelikleri üzerindeki etkilerinin incelenmesi* (Doktora Tezi) Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Gürsoy, A. (2007). *Dondurma teknolojisi*. In: Süt Teknolojisi, Edited by Yetişemiyen, A., Ankara Üniversitesi Yayınları No: 249, Ankara.

Hacettepe Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü. (2004). T.C Sağlık Bakanlığı, *Türkiye'ye Özgü Beslenme Rehberi*, Ankara, 16-18.

Harris, P. J. & Ferguson, L. R. (1993). Dietary fibre: ıts composition and role in protection against colorectal cancer, *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagene*sis, 290(1): 97-110.

Jain, M. (1998). Dairy foods, dairy fats, and cancer: a review of epidemiological evidence, *Nutrition Research*, 18 (5): 905-937.

Kahveci Erdoğan, A. (2016). *Dondurma üretiminde balkabağından elde edilen lif konsantresinin kullanılması* (Yüksek Lisans Tezi) Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Kıyak, E., Kılıç Kanak, E. & Öztürk Yılmaz, S. (2022) Kabak türlerinin (*Cucurbita maxima, C. moschata, C. pepo*) probiyotik yoğurt

çeşitlerinde prebiyotik amaçlı kullanımı, *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi,* 36(2): 433-446.

Kim, Y. & Je, Y. (2014). Dietary fber intake and total mortality: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Am J Epidemiol*, 180:565–573.

Lattimer, JM. & Haub, MD. (2010). Effects of dietary fiber and its components on metabolic health. Nutrients, 2(12): 1266-1289.

Maijala, K. (2000) Cow milk and human development and well-being. *Livestock Production Science*, 65: 1-18.

Metin, M. (2005). *Süt Teknolojisi, Sütün Bileşimi ve İşlenmesi, E.Ü. Mühendislik Fakültesi Yay.* No: 33. Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova-İzmir.

Miller, GD., Jarvis, KJ., McBean, LD. (2000). *Handbook of Dairy Foods and Nutrition.* In: Jensen RG, Kroger M, editors, The Importance of Milk and Milk Products in the Diet, CRC Press, New York, p 4-24.

Mudgil, D., & Barak, S. (2013). Composition, properties and health benefits of indigestible carbohydrate polymers as dietary fiber: a review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 61: 1-6.

O'Shea, N., Arendt, E.K. & Gallagher, E. (2012). Dietary fibre and phytochemicals of fruit and vegetable by-products and their recent applications as novel ingredients in food products. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 16: 1-10.

Özkaya, B. & Özkaya, H. (1993). Farklı ısıl işlem uygulanarak stabilize edilmiş yulaf unununun ekmeklik unlarının kalitesine etkileri. *Standard, Ekonomik ve Teknik Dergi*, 32 (380): 20-26.

Özkorucuklu, Y.N. (2018). *Üniversite öğrencilerinde süt ve süt ürünleri tüketimi, süt ve süt ürünleri ile alınan kalsiyumun antropometrik ölçümlerle ilişkisi* (Yüksek Lisans Tezi) Yeditepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Paxson, H. (2012). *The Life of Cheese*. University of California Press, USA, pp:332.

Park, Y.W. (2009). Overview of bioactive components in milk and dairy products. bioactive components in milk and dairy products, (WileyBlackwell Publishers), Ames, Iowa and Oxford, England. pp. 3-14.

Ramulu, P., & Rao, P.U. (2003). Total insoluble and soluble dietary fiber contents of indian fruits. *Journal of Food Composition Analysis*, 16(6): 677-688.

Salçın, N. & Ercoskun, H. (2021). Diyet lifi ve sağlık açısından önemi, *Akademik Gıda,* 19(2): 234-243.

Samur, G. (2008). Diyet posası ve kalp damar hastalıkları. *Türk Kardiyoloji Seminerleri*, 8(2): 271-277.

Schneeman, B. O. (1998). Dietary fiber and gastrointestinal function, *Nutrition Research*, 18(4): 625-632.

Sert, D. (2019). *Alternatif Diyet Lif Kaynaklarının Araştırılması ve Diyet Lifi Üretimi* (Yüksek Lisans Tezi) Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İzmir.

Snauwaert, E., Paglialonga, F., Walle, J.V., Wan, M., Desloovere, A., Polderman, N., Renken-Terhaerdt, J., Shaw, V. & Shroff, R. (2023) The benefits of dietary fiber: the gastrointestinal tract and beyond. *Pediatric Nephrology*, 38: 2929-2938.

Sosulski, F.W. & Cadden, A.M. (1982). Composition and physiological properties of several sources of dietary fiber, *Journal of Food Scien*ce, 47: 1472-1477.

Soukoulis, C., Lebesi, D. & Tzia, C. (2009). Enrichment of ice cream with dietary fibre: Effects on rheological properties, ıce crystallisation and glass transition phenomena. *Food Chemistry*, 115: 665–671.

Thebaudin, J.Y., Lefebvre, A.C., Harrington, M. & Bourgeois, C.M. (1997). Dietary fibres: nutritionaland technological interest. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 8: 41-48.

Türkmen, N. & Gürsoy, A. (2017). Fonksiyonel Dondurma. *Akademik Gıda,* 15(4): 386-395.

Üçüncü, M. (2021). *Süt ve Mamülleri Teknolojisi*. ISBN: 978-975-98951-3-6.

Ünal, N. & Besler, T. (2008). *Beslenmede Sütün Önemi*, Sağlık Bakanlığı Yayın No: 727.

Yerlikaya, O. & Karagözlü, C. (2008). İnsan Beslenmesinde İnek Sütü, *Türkiye 10. Gıda Kongresi 21-23 Mayıs*, Erzurum.

BÖLÜM 8

SÜT VE SÜT ÜRÜNLERİNDE BULUNAN ANTİHİPERTANSİF ETKİLİ ACE İNHİBİTÖRÜ BİYOAKTİF BİLEŞİKLER ve IN VOTRO SİNDİRİM DAVRANIŞLARI

Öğr. Gör. Dr. Murat KAYA[1]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10460112

[1]Kayseri Üniversitesi, Safiye Çıkrıkçıoğlu MYO, Gıda İşleme Bölümü, 38280, Kayseri, Türkiye, ORCID No: 0000-0002-3181-2517, e-posta: muratkaya@kayseri.edu.tr

1.GİRİŞ

Süt, içerdiği minör ve majör besin elementleri ile en eksiksiz gıda maddelerinden bir tanesi olarak nitelendirilmektedir. Günümüzde süt ile ilgili genel yaklaşım sadece bebekler için değil, yetişkin bireylerin de sıklıkla tükettiği önemli bir besin elementi olduğu şeklindedir. Süt, memeli türlerinin yenidoğanları için olduğu kadar çocukların büyümesi ve yetişkin insanların beslenmesi için de bir besin kaynağı konumundadır. Son çalışmalarla sütün sadece temel besin elementlerini yeterli ve dengeli oranda içermediği aynı zamanda insan metabolizması ve sağlığı üzerine önemli etkileri olduğu bilinen kazein ve peynir altı suyu proteinleri, sfingomiyelinler, laktoferrin, laktoperoksidazlar vb. gibi biyoaktif bileşikleri de yapısında bulundurduğu tespit edilmiştir (Schanbacher ve ark., 1998; Gill ve ark., 2000; Gobbetti ve ark., 2002; Korhonen ve Pihlanto-Leppälä, 2003; Özdemir ve ark., 2021).

Yenidoğan ve yetişkinleri patojenlere ve çeşitli hastalıklara karşı koruyucu nitelikteki süt ve süt ürünleri biyoaktif bileşiklerine immunoglobulinler, antibakteriyel peptitler, antimikrobiyal proteinler, oligosakkaritler ve lipitler örnek olarak verilebilir (Mada ve ark., 2020). Son yıllarda, özellikle sığır sütü ve kolostrumdaki minör bileşikler olarak nitelendirilen ancak önemli potansiyele sahip olan biyoaktif bileşiklerin çokluğu ve karmaşıklığı konusunda yapılan çalışmalarla; bilimde, teknolojide ve ticari uygulamalarda büyük ilerlemeler kaydedilmiştir. İnek sütü; gelişmiş ülkelerde, özellikle batı dünyasında, süt ve süt ürünlerinin ana kaynağını oluştururken dünya genelinde ve daha az gelişmiş ülkelerde hakkında önemli aktif bileşik içerdiği

hakkında çalışmalar görülen keçi sütü fazlaca tüketilmektedir (Haenlein ve Caccese, 1984; Park, 1990, 2017). Sütteki birçok değerli bileşen arasında yüksek düzeydeki kalsiyum, çocuklarda kemiklerin gelişimi, gücü ve yoğunluğunda, yaşlılarda ise osteoporozun önlenmesinde önemli rol oynar. Kalsiyumun aynı zamanda kolesterol emilimini azaltmada, vücut ağırlığını ve kan basıncını kontrol etmede de faydalı olduğu belirlenmiştir. Son zamanlarda yapılan çok sayıda araştırmada süt ve süt ürünlerindeki bulunan biyoaktif bileşiklerin ileri düzey tanımlamaları yapılmıştır. Tanımlanan bu bileşiklerin insan sağlığı üzerinde etkiler açısından önemli potansiyele sahip oldukları belirlenmiştir (Gobbetti ve ark., 2002).

Süt ve süt ürünleri bünyesinde yer alan biyoaktif bileşiklerin iki ana kaynağı bulunmaktadır. Bu kaynaklar; % 80 oranında kazein, % 20 oranında süt serum proteinleridir (Gill ve ark., 2000). Süt ve süt ürünlerinde bulunan biyoaktif bileşikler ve sağlık üzerine potansiyel etkileri Tablo 1'de verilmiştir.

Vücutta pek çok faydası olan bileşikler arasında önemli yer tutan bileşenlerden bir tanesi biyoaktif peptitlerdir. Süt ve süt ürünleri matrisindeki protein içerisinde yer alan biyoaktif peptitler, enzimatik hidroliz veya fermantasyon gibi gıda işleme prosesleri sırasında veya in vivo sindirim mide fazında hidrolize olarak bağırsak fazında vücuda alınan ve beslenme özelliklerinin ötesinde insan sağlığına bazı fizyolojik faydaları olan gıda proteinlerinin spesifik bölümleri veya parçalarıdır. Bu kısa fragmentler düşük molekül ağırlığına sahiptirler

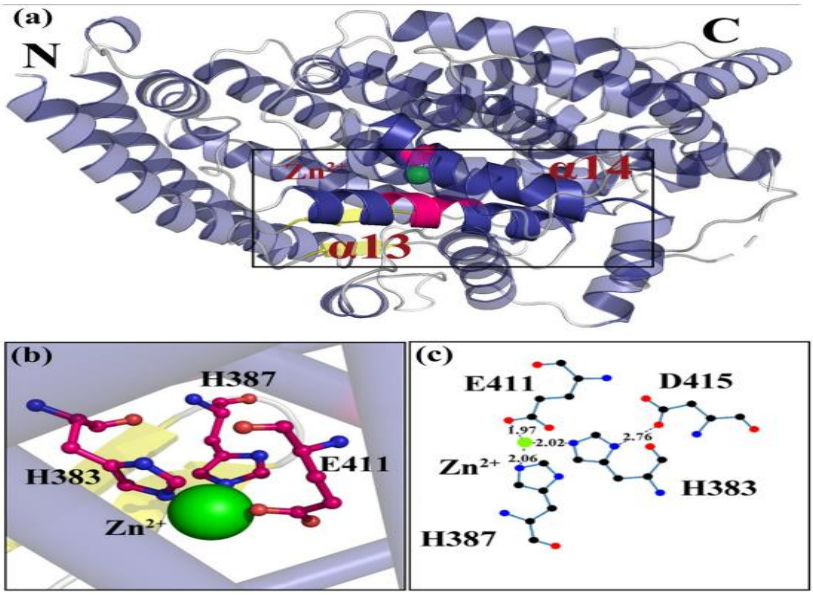
ve yaklaşık 2-30 adet amino asit zinciri ile karakterize edilirler (Ryder ve ark., 2016).

Tablo 1. Süt ve Süt Ürünlerinde Yer Alan Biyoaktif Bileşikler ve Potansiyel Sağlık Üzerine Etkileri (Gill ve Rutherfurd, 1998; Gill ve ark., 2000; Park, 2009)

Biyoaktif Bileşik Adı	**Bileşiğin Sağlık Üzerine Potansiyel Etkisi**
Peyniraltı suyu proteinlerinden elde edilen immunomodülatör peptitler, laktoferrin	Bağışıklığı düzenleyici-güçlendirici
Peyniraltı suyu proteinleri, Kalsiyum, GMP, CLA	Kilo kontrolü
Antimikrobiyal peptitler, immunoglobulinler, laktozdan türevleri, laktoferrin	Sindirim sağlığı
Biyoaktif peptitler	Hafızayı güçlendirme, stres azaltıcı
Biyoaktif peptitler	Kalp-damar sağlığını destekleyici, tansiyon düşürücü
Kalsiyum, Biyoaktif peptitler	Kemik sağlığı
Biyoaktif peptitler, immunoglobulinler, laktoperoksidazlar, GMP	Diş sağlığı

Anjiyotensin dönüştürücü enzimi (ACE) kan damarlarının daralmasını uyaran bir hormondur. ACE inhibitörleri, ACE sentezini inhibe ederek enzim tarafından kan damarlarının daralmasının önüne geçmekte, dolayısıyla kan basıncının düşük kalmasını sağlamaktadırlar (Ding ve ark., 2023).

Modern tıpta hipertansiyon hastalarının semptomatik tedavisinde ACE'yi inhibe etmek amacıyla çeşitli ilaç tedavileri uygulanmaktadır (Şekil 1). Bu ilaçların amacı kan basıncını düşürmek için damarların gevşemesine yardımcı olmaktır. ACE inhibitörü olan ilaçlar, vücuttaki bir enzimin kan damarlarını daraltan hormon sentezini teşvik eden bir madde olan anjiyotensin II'yi üretmesini engelleyerek etkisini göstermektedir. Eğer ilaç tedavisi ile vücut damarlarının genişlemesi sağlanmazsa damarlardaki bu daralma yüksek tansiyona (hipertansiyon) ve kalbin daha fazla çalışmasına (taşikardi) neden olabilmektedir. Anjiyotensin II kan damarlarını daraltmanın yanında aynı zamanda kan basıncını yükselten hormonların da salgılanmasını teşvik etmektedir.



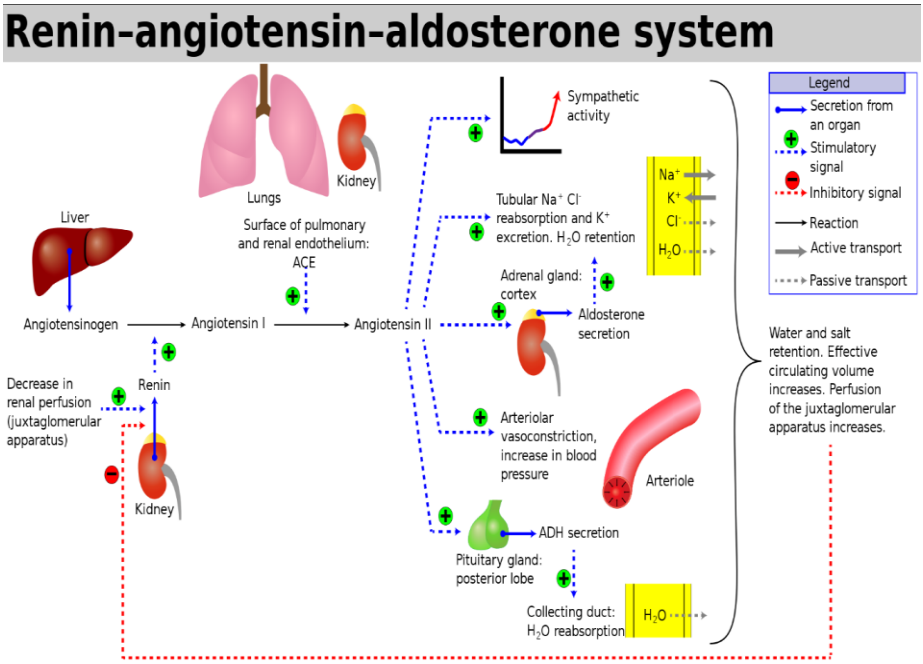
Şekil 1. a) ACE Enzimi 3D Çizimi b) Zn Çevrelendiği Çubuk-Top Görünümü c) Zn-H bağları görünümü (Fang ve ark., 2019)

Renin anjiyotensin sistemi-RAS ya da renin anjiyotensin aldosteron sistemi-RAAS, vücut kan basıncı ve vücutta su tutulumunu düzenleyen bir sistemdir.

Kan basıncı belirli bir seviyenin altında kaldığında, böbrekte bulunan juksta glomerüler hücreye taşınan NaCl azalır. Bu durumda böbrekte yer alan jukstaglomerüler hücreler küçük molekül büyüklüğüne sahip bir protein olan renin enzimini salgılarlar. Salgılanan renin enzimi kanda bulunan anjiyotensinojen bileşiğinden Anjiyotensin-I oluşumunu stimüle eder. Anjiyotensin I ise daha sonra ACE ile Anjiyotensin-II'ye dönüştürülür (Bösze ve ark., 2008). Anjiyotensin II damarlarda basınç yükselmesiyle sonuçlanan vazokonstriksiyona sebep olur. Anjiyotensin-II aynı zamanda adrenal korteksten aldosteron sekresyonunu teşvik eder. Kandaki miktaır artan aldosteron böbrekten kana Na ve su alımını yükseltir. Bu da vücuttaki sıvı tutulumunu arttırmakta ve nihayetinde tansiyon yükselmektedir. Vücut RAS mekanizmasının şematize hali Şekil 2'de gösterilmektedir.

RAAS'ın aktif olduğu durumlarda kan basıncını yükselterek sağlık üzerinde olumsuz etkilere sebep olur (Turgutlualp ve Kıykım, 2011; Guyton ve Hall, 2021; Yousafi ve ark., 2021). Birçok ilacın amacı farklı seviyelerde bu sistemi bloke ederek tansiyonu düşürmektir. Bu blokırlar, hipertansiyonun, böbrek yetmezliğinin, kalp yetmezliğinin, diyabetin olumsuz etkilerinin engellenmesi noktasında temel yöntemlerden birini oluşturur (FitzGerald ve ark., 2004).

Hipertansiyon ve kalp-damar hastalıklarının semptomatik tedavisinde



Şekil 2. Renin Anjiyotensin Aldosteron Sistem (Anonim, 2023a)

kullanılan, ACE inhibitörü olan ilaçlar; Benazepril (Lotensin), Kaptopril, Enalapril (Vasotec), Fosinopril, Lisinopril (Zestril), Moeksipril, Perindopril, Kinapril, Ramipril (Altace), Trandolapri'dir (Wu ve ark., 2017; Yousafi ve ark., 2021; Anonim, 2023b).

ACE inhibitörü görevi gören ilaçlar aşağıdaki belirtilen durumlarda hastalık semptomlarını önlemek, tedavi etmek veya iyileştirmek için kullanılmaktadır (Seppo ve ark., 2003).

Bu semptomlar:

- Hipertansiyon,
- Koroner atardamar hastalığı,
- Kalp yetmezliği,

- Diyabet,
- Bazı kronik böbrek hastalıkları,
- Kalp krizidir.

Kronik hastalıklar için düzenli ve sürekli ilaç kullanımı önemli yan etkileri de beraberinde getirmektedir.

ACE inhibitörü ilaçların yan etkileri;

- Kuru öksürük,
- Kanda çok fazla potasyum birikmesi,
- Kan basıncının çok düşmesi nedeniyle aşırı yorgunluk veya baş dönmesi,
- Nadiren böbrek fonksiyonlarında kısa süreli kötüleşmedir (FitzGerald ve ark., 2004; Asoodeh ve ark., 2012; Anonim, 2023b).

Biyoaktif peptitler, gıda bileşenlerinin önemli grubunu oluşturmaktadırlar ve protein yapıları içerisinde aktif olmazken proteinin proteolitik enzimler tarafından hidrolizi ya da sindirim faaliyetleri sonucunda meydana gelmektedirler. Hormon benzeri özellikleri sayesinde farklı fizyolojik etkiler sergileyebilmektedirler. Genelde 2-20 aminoasite sahip düşük molekül ağırlıklı bileşikler, yapısal özelliklerine, aminoasit kompozisyonuna, dizilişlerine bağlı olarak biyolojik özellikler sergilemektedirler (Korhonen ve Pihlanto-Leppälä, 2003; Phelan ve ark., 2009; Marciniak ve ark., 2018). Biyoaktif peptitler; antioksidan, antimikrobiyal, antiproliferatif ve Anjiyotensin I gibi enzimleri inhibe edici aktiviteleri dahil olmak üzere çeşitli fonksiyonel özellikleri açısından kapsamlı bir şekilde

araştırılmışlardır. Özellikle, ACE, α-amilaz ve α-glukozidaz gibi çeşitli enzimleri inhibe etmedeki etkinlikleri büyük ilgi görmüştür. Enzim inhibisyonu özellikleri, hipertansiyon ve tip 2 diyabet gibi sağlık sorunları bağlamında dikkate değerdir (Admassu ve ark., 2018; González-Montoya ve ark., 2018; Olalere ve ark., 2023; Altınyüzük-Akıllı ve ark., 2023; An ve Wei, 2023; Wang ve ark., 2023).

Yapılan çalışmalarda çeşitli bitkilerde bulunan farklı proteinlerin potansiyel biyoaktif peptitlere sahip olduğu tespit edilmiştir. Ancak yine de biyoaktif peptitlerin en önemli kaynakları halen süt ve süt ürünleri ile yumurtadır (Korhonen ve Pihlanto-Leppälä, 2003).

Bu kitap bölümünde ACE inhibitörü olan ve antihipertansif etki gösteren süt ve süt ürünleri biyoaktif bileşikleri ile ilgili son yıllarda yapılan çalışmalar gelişmeler hakkında bilgi verilmesi amaçlanmaktadır.

2. ANTİHİPERTANSİF ACE İNHİBİTÖRÜ SÜT VE SÜT ÜRÜNLERİ BİYOAKTİF MADDELERİ

Hipertansiyon, toplumun % 25'ini etkileyen kalp krizi, felç, damar sertliği gibi pek çok kalp damar hastalığı ile ilişkili, ölümcül sonuçlara neden olan önemli bir risk faktörüdür (Jao ve ark., 2012). ACE inhibitörleri, kan basıncını düşürmek için kan damarlarını, özellikle arterleri gevşetmeye yardımcı olan aktif bileşiklerdir. Bazı süt ve süt ürünlerinde yer alan biyoaktif bileşikler de ACE inhibe edici ve kan basıncını düşürücü özelliğe sahiptirler (Yamamoto ve Takano, 1999).

Gıdalarda ve gıda kaynaklı proteinlerde doğal olarak bulunan biyoaktif peptitler, sindirim veya gıda işleme prosesi sırasında proteinlerin kısmi hidrolizi yoluyla meydana gelmektedirler. Genellikle bir serbest karboksil ve bir serbest amino grubu içerirler. Ancak enzimatik hidrolizden sonra peptitlerin pirolil ve piroglütamil peptitleri gibi serbest amino grubuna sahip olamayacağını gösteren son çalışmalar da bulunmaktadır (López-Fandiño ve ark., 2006).

Süt proteinleri yalnızca eksojen amino asitlerin kökeni değil aynı zamanda önemli sağlık faydaları olan biyolojik yönden aktif peptitlerin de ciddi bir kaynağıdırlar. Süt proteininden türetilen peptitlerin faydaları arasında ACE'yi inhibe ederek antihipertansif etkiler ile antioksidan ve immunomodülatör aktiviteler yer almaktadır (Korhonen ve Pihlanto, 2006; Martínez-Augustin ve ark., 2014). Bu tip özellikler damar sağlığını etkileyen özelliklerdir. Süt proteinlerinden izole edilen ACE inhibitörü peptitler yapılan çalışmalarla tanımlanmış ve antihipertansif aktivite gösterdikleri belirlenmiştir (López-Fandiño ve ark., 2006).

Yapılan çalışmalarla süt proteini hidrolizatlarının, fermente ürünlerin ve izole edilmiş sütten türetilen biyoaktif peptitlerin spontan hipertansif sıçanlarda kısa süreli uygulanmasının sıçanlar üzerinde hipotansif etkilere neden olduğu gösterilmiştir (FitzGerald ve ark., 2004). ACE inhibitörü olan süt proteini biyoaktif bileşikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Süt Proteinleri kaynaklı ACE İnhibitörü Biyoaktif Bileşikler (Ding ve ark., 2023)

Biyoaktif peptit kaynağı	Enzimatik hidroliz metodu	Aminoasit sekansı	Molekül büyüklüğü KDa	Referans
αs1- kazein	Proteinaz	YKVPQL	747,2	(Maeno ve ark., 1996)
αs2- kazein	Pepsin	YQKFPQY	973,3	(Maeno ve ark., 1996)
β- kazein	*Leu. lactis*	PTCC1899MVPYPQR	890.3	(Lee ve Lee, 2000)
αs1- kazein	Fermantasyon	YVPFPPF	278,2	(Bösze ve ark., 2008)
αs1- kazein	Tripsin	FFVAPFPEVFGK	1384,6	(De Leo ve ark., 2009)
αs1- kazein	Tripsin	AYFYPEL	901,6	(Anadón ve ark., 2010)
αs1- kazein	-	RYLGY	620,5	(Anadón ve ark., 2010)
Laktoferrin	Alkalaz	AEWLHDWKL	1197,4	(Wada ve Lönnerdal, 2014)
αs1- kazein	Tripsin	TTMPLW	747,7	(McClean ve ark., 2014)
κ- kazein	Tripsin,kimotripsin	INNQFLPYPY	1117,4	(Zhang ve ark., 2015)
αs1- kazein	Peptidaz	FFVAP	579,6	(Lu ve ark., 2016)
Keçi β- kazein	Tripsin	GPFPILV	849,7	(Zhang ve ark., 2016)
αs1- kazein	*Lac. plantarum*	QS670GA	146,1	(Xu ve ark., 2017)
Bufalo süt tozu	Papain,pepsin,tripsin	4Hppgpıkıppkqpp	1582,5	(Bhat ve ark., 2018)
Sığır αS2 –kazein	Tripsin	NMAINPSKENLCSTFCK	2185,7	(Tu ve ark., 2018)
Deve β- kazein	Tripsin	LPVP	478,4	(Nongonierma ve ark., 2018)

2.1. Antihipertansif peptit üretim yöntemleri

2.1.1. Kimyasal yolla hidroliz

Proteinlerden antihipertansif peptit bileşikleri üretimi için alkali ya da asit çözeltiler kullanılmaktadır. Kimyasal yolla hidroliz yöntemi

kullanılarak biyoaktif peptit üretiminde kontrollü üretim gerçekleştirmek güçtür. Bu nedenle işlem sırasında biyoaktif peptitler kadar biyoaktif olmayan peptitlerin üretimi de görülmektedir. Son üründeki düşük spesifite ve üretimde organik çözücü kullanımı nedeniyle antihipertansif biyoaktif peptit üretiminde kimyasal hidroliz yönteminin kullanımı sınırlı kalmıştır. Bazlar ve asitler gibi kimyasal hidrolizatların enzimler gibi belirli lipit fragmentlerine spesifitesinin olmaması bu tekniğin kullanışlılığını azaltmaktadır. (Bhat ve ark., 2018).

2.1.2. Enzimatik yolla hidroliz

Eksojen proteolitik enzimler, çeşitli protein içeren gıda substratlarını hidrolize ederek farklı biyoaktivite özelliklerine sahip peptitler üretmede yaygın olarak kullanılmaktadır. Yüksek antihipertansif aktiviteye sahip farklı peptitler fragmentleri, ticari olarak temin edilebilen alkalaz, pepsin, aromazim, trypsin, aktinidin ve papain gibi çeşitli kaynaklardan elde edilen proteazlar kullanılarak üretilebilmektedir (Toopcham ve ark., 2015). Enzimatik hidroliz yöntemi daha modifiye edilebilir koşulların uygulanabilmesi ve daha kontrollü şartların oluşturulabilmesi nedeniyle, biyoaktif peptit üretiminde en iyi metot olarak kabul edilmektedir. Elde edilen hidrolizatların aminoasit dağılımı, hidroliz için kullanılan enzimlerin türüne bağlı olarak az bir değişiklikle protein olarak kullanılan substratla benzerlikler göstermektedir. Bu yöntem, herhangi bir toksik kimyasal veya organik çözücü içermemesi nedeniyle gıda ve ilaç endüstrisi için hidrolizatların üretimi açısından uygundur (Kim ve

Wijesekara, 2010; Tian ve ark., 2023). Spesifik biyoaktiviteye sahip protein hidrolizatları, kimyasal hidroliz yöntemiyle karşılaştırıldığında spesifik enzimler kullanılarak koşulların kontrol edilebilmesiyle avantaj sağlamaktadır. Bu yöntemle farklı enzim ve enzim:substrat oranı kullanılarak istenilen ve değişik özelliklerde peptit profilleri elde edilebilmektedir (Bhat ve ark., 2018).

2.1.3. Mikrobiyal fermantasyonla hidroliz

Gıdaların fermantasyon süreçlerinde yer alan birçok mikroorganizma, proteolitik enzimlere sahip olmaları sayesinde biyoaktif peptit içeren protein hidrolizatları üretebilmektedir. Bu mikroorganizmaların en yaygın örnekleri süt ürünlerinin fermantasyonunda rol oynayanlardır (Castellano ve ark., 2013). En iyi bilinen hipotansif peptitler; IPP (Ile-Pro-Pr) ve VPP (Val-Pro-Pro) ilk olarak fermente sütten izole edilmiş ve tanımlanmıştır (Clare ve Swaisgood, 2000; Nasri, 2017). Mikrobiyal fermantasyonun kullanılarak protein hidrolizatı üretimi için çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Fakhfakh ve ark., 2013).

2.1.4. Rekombinant DNA teknolojisiyle üretim

Yıllar içerisinde endüstriyel ölçekte biyoaktif peptitlerin üretimi için genetik mühendisliğine dayalı birçok yeni teknik geliştirilmiştir. Rekombinant DNA teknolojisi bu teknolojilerden birisidir. Bu teknoloji ile birkaç yüze kadar amino asitten oluşan, nispeten diğer tekniklerle üretilen peptitlere göre büyük moleküle sahip peptitlerin üretimi yapılabilmektedir. Rekombinant DNA teknolojisi üretimi tesisinin kurulum maliyeti çok ucuzdur. Ancak bu teknolojinin dezavantajı uzun

ve pahalı bir araştırma ve geliştirme aşaması gerektirmesidir. Bu yöntemlerle peptitlerin üretiminde, hipotansif peptitlerin peptidazlar veya proteazlar tarafından hidrolizi ve ekspresyon ürünlerinin konakçıya zararlı olabileceği tehdidi gibi belirli zorluklar vardır. Bu eksiklikler, peptitlerin füzyon proteinlerinin bir parçası olarak üretilmesi ve ardından hedef peptitlerin enzimler kullanılarak ayrılması ve saflaştırılmasıyla giderilmektedir. İlave üretim prosesleri maliyeti yükseltmektedir. Yapılan çalışmalarla antihipertansif özelliklere sahip FFVAPFPEVFGK, GHIATFQER, HVLPVP ve HHL dizilerine sahip peptitler, *E. coli'*de başarılı bir şekilde eksprese edilmiştir (Hernández-Ledesma ve ark., 2011). Yapılan başka bir çalışmada 11 farklı hipotansif peptidin öncüsü olan bir multimer eksprese edilmiş ve simüle edilmiş in vitro gastrointestinal sindirim sırasında peptitlerin serbest hale geldiği gösterilmiştir (Rao ve ark., 2009).

3. ANTİHİPERTANSİF PEPTİTLERLE İLGİLİ IN VITRO SİNDİRİM ÇALIŞMALARI

İn vitro gastrointestinal sindirim metodu pek çok biyoaktif maddenin in vivo sindirim koşullarında ki davranışlarının simüle edildiği güncel bir yöntemdir. Bu yöntemde zaman içerisinde farklı metotlar kullanılmış olsa da bir COST aksiyonu INFOGEST tarafından geliştirilen *"Statik In Vitro Sindirim Metodu"* günümüzde genel geçerliliği olan, tüm kesimlerce kabul görmüş kullanışlı bir metottur.

Antihipertansif aktiviteye sahip biyoaktif süt ve süt ürünleri bileşenleri ile ilgili çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Yapılan bir çalışmada 11 farklı hipotansif peptitin öncüsü olan bir multimer eksprese edilmiş ve

simüle edilmiş in vitro gastrointestinal sindirim sırasında peptitlerin serbest kaldığı gösterilmiştir. Antihipertansif peptit multimerinden yüksek aktif parçaların salınımı, simüle edilmiş gastrointestinal sindirim ile doğrulanmıştır. Sonuçlar, Antihipertansif peptit multimerinin tasarım stratejisi ve üretim yönteminin, düşük maliyetle büyük miktarda rekombinant antihipertansif peptit elde etmek için faydalı olacağını göstermiştir (Rao ve ark., 2009).

Kazein türevi ACE inhibitörü (ACE-I) peptitleri; VPP, IPP, RYLGY, RYLG, AYFYPEL, AYFYPE, LHPLLP ve HLPLP'nin varlığı 12 farklı peynir örneğinde UPLC-MS ile araştırılmıştır. ACE-I peptitlerinin toplam miktarı 0,87–331 mg/kg aralığında tespit edilmiştir. VPP ve IPP tüm peynir çeşitlerinde baskın olan peptit çeşitleri olduğu görülmüştür. Cheddar, Gorgonzola, Maasdam ve Grana Padano peynirlerinin *in vitro* statik gastrointestinal sindirimi sonrasında ACE I inhibitörü peptitlerinin tipi ve miktarı değişmiş ve bağırsak sindirim ürünlerinde sadece VPP, IPP, HLPLP ve LHPLLP tespit edilebilmiştir. Sonuçlar, proteoliz derecesinin kendisinin, peynir sindirimi sırasında ACE I inhibitörü peptit salınımı için teşvik edici veya engelleyici bir faktör olarak kabul edilemeyeceğini kanıtlamıştır. Ayrıca veriler, peynirlerin ACE I inhibisyonu potansiyelinin, sindirilmemiş örneklerde bulunan ACE I inhibe edici peptitlerinin türüne ve miktarına dayalı olarak çıkarılamayacağını göstermiştir (Stuknytė ve ark., 2015).

4. SONUÇ

Konvansiyonel batı tıbbının yan etkisi yüksek klasik tedavi yöntemleri yerine antihipertansif özelliğe sahip biyoaktif süt bileşeni gibi gıda

bazlı biyoaktif maddelerin tüketimi noktasındaki tüketici eğilimi, gıda sektörüne önemli fırsatlar sunmaktadır. Biyoaktif peptitlerin kolostrum ve sütten ekstrakisyonu ve çeşitli yöntemlerle izolasyonu için endüstriyel ölçekte işleme teknikleri geliştirilmiş ve daha da geliştirilmeye devam etmektedir. Günümüzde peynir altı suyundan elde edilen protein, peptit, büyüme faktörü ajanlar ve lipit fraksiyonları ticari olarak üretilmektedir. Yakın gelecekte bu tip bileşenleri içeren birçok çığır açıcı ürünün dünya çapındaki pazarlara sunulması öngörülmektedir. Bu gibi fonksiyonel ürünlerin; bebekler, yaşlılar ve bağışıklık sistemi zayıf bireyleri potansiyel hedef kitle olarak belirlemekle birlikte gün içinde performansını artırmak isteyen ve yanlış diyet kaynaklı kronik hastalıklarını önlemeyi hedefleyen tüketici grubuna da hitap edebileceği düşünülmektedir. Ayrıca kolostrum ve sütte doğal olarak bulunan sekonder bileşiklerin sağlık yönünden potansiyelinin derinlemesine araştırılması sonrasında kullanılması faydalı olacaktır. Gelecekteki çalışmalarla dünya çapında yaygın olarak üretimi ve tüketimi gerçekleştirilen fermente süt ve süt ürünlerinin fonksiyonel özelliklerinin daha iyi anlaşılmasıyla popülaritesi ve önemi artacağı düşünülmektedir.

Biyoaktif peptitlerin yapıları ile bağlantılı olarak fonksiyonel gıda bileşimlerinde yer alması durumunda ki sindirim davranışlarının tespiti ve karakterizasyonu önemlidir. Bu tespitler tansiyon kontrolünde biyoaktif maddelerce zenginleştirilmiş antihipertansif özellikli ürünlerin ticarileşmesine olanak sağlayacaktır.

Bağırsakta bulunan metal iyonlarının peptitlerle yapacağı şelatların sindirim ve emilim blokajlarına neden olacağı göz önünde bulundurulmalı ve farklı işleme teknikleri ile süt ve süt ürünleri biyoaktif peptitlerinin kana geçiş düzeyinin iyileştirilmesi gerekmektedir.

Antihipertansif peptit üretiminde rekombinant DNA ile üretim teknolojisinin ucuz üretim için iyi bir alternatif olduğu düşünülmektedir. Ancak bu teknolojinin handikapının da Ar-Ge ve ciddi tecrübe gerektirmesi olduğu göz ardı edilmemelidir.

KAYNAKLAR

Admassu, H., Gasmalla, M. A. A., Yang, R., & Zhao, W. (2018). Identification of Bioactive Peptides with α-Amylase Inhibitory Potential from Enzymatic Protein Hydrolysates of Red Seaweed *(Porphyra spp*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66 (19): 4872-4882

Altınyüzük-Akıllı, A., Erkin, Ö. C., Aydemir, L. Y., & Erbay, Z. (2023). Variation of bioactive potentials during the production of enzyme-modified cheese. *International Dairy Journal*, *147*, 105788

An, D., & Wei, J. (2023). Bioaccessibility of novel antihypertensive short-chain peptides in goat milk using the INFOGEST static digestion model by effect-directed assays. *Food Chemistry*, *427*, 136735

Anadón, A., Martínez, M. A., Ares, I., Ramos, E., Martínez-Larrañaga, M. R., Contreras, M. M., Ramos, M., & Recio, I. (2010). Acute and repeated dose (4 weeks) oral toxicity studies of two antihypertensive peptides, RYLGY and AYFYPEL, that correspond to fragments (90–94) and (143–149) from αs1-casein. *Food and Chemical Toxicology*, *48* (7): 1836-1845

Anonim (2023a). Renin anjiyotensin sistem. By Soupvector - By Soupvector - Own work, CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=66583851, (Erişim tarihi: 18.12.2023)

Anonim (2023b). What do ACE inhibitors do for heart health? Mayo Clinic. https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/high-blood-pressure/in-depth/ace-inhibitors/art-20047480, (Erişim tarihi: 17.12.2023)

Asoodeh, A., Memarpoor Yazdi, M., & Chamani, J. (2012). Purification and characterisation of angiotensin I converting enzyme inhibitory peptides from lysozyme hydrolysates. *Food Chemistry*, *131* (1): 291-295

Bhat, Z. F., Mason, S., Morton, J. D., Bekhit, A. E.-D. A., & Bhat, H. F. (2018). Antihypertensive peptides from animal proteins. Içinde J.-M. Merillon & K. G. Ramawat (Ed.), *Bioactive Molecules in Food* (ss. 1-36). Springer International Publishing, Berlin

Bösze, Z., Back, N., Cohen, I. R., Lajtha, A., Lambris, J. D., & Paoletti, R. (2008). Bioactive Components of Milk. Springer, New York.

Castellano, P., Aristoy, M.-C., Sentandreu, M. Á., Vignolo, G., & Toldrá, F. (2013). Peptides with angiotensin I converting enzyme (ACE) inhibitory activity generated from porcine skeletal muscle proteins by the action of meat-borne *Lactobacillus*. *Journal of Proteomics*, *89*, 183-190

Clare, D. A., & Swaisgood, H. E. (2000). Bioactive milk peptides: A prospectus1. *Journal of Dairy Science*, *83* (6): 1187-1195

De Leo, F., Panarese, S., Gallerani, R., & Ceci, L. R. (2009). Angiotensin converting enzyme (ace) inhibitory peptides: Production and implementation of functional food. *Current Pharmaceutical Design*, *15*(31): 3622-3643

Ding, Q., Sheikh, A. R., Chen, Q., Hu, Y., Sun, N., Su, X., Luo, L., Ma, H., & He, R. (2023). Understanding the mechanism for the structure-activity relationship of food-derived ACEI peptides. *Food Reviews International*, *39*(4), 1751-1769

Fakhfakh, N., Ktari, N., Siala, R., & Nasri, M. (2013). Wool-waste valorization: Production of protein hydrolysate with high antioxidative potential by fermentation with a new keratinolytic bacterium, *Bacillus pumilus* A1. *Journal of Applied Microbiology*, *115* (2): 424-433

Fang, L., Geng, M., Liu, C., Wang, J., Min, W., & Liu, J. (2019). Structural and molecular basis of angiotensin-converting enzyme by computational modeling: Insights into the mechanisms of different inhibitors. *PLOS ONE*, *14* (4): e0215609

FitzGerald, R. J., Murray, B. A., & Walsh, D. J. (2004). Hypotensive peptides from milk proteins. *The Journal of Nutrition*, *134* (4): 980-988

Gill, H. S., Doull, F., Rutherfurd, K. J., & Cross, M. L. (2000). Immunoregulatory peptides in bovine milk. *British Journal of Nutrition*, *84* (S1): 111-117

Gill, H. S., & Rutherfurd, K. J. (1998). Immunomodulatory properties of bovine milk. *Bulletin of IDF*, *336*, 31-35

Gobbetti, M., Stepaniak, L., De Angelis, M., Corsetti, A., & Di Cagno, R. (2002). Latent bioactive peptides in milk proteins: Proteolytic activation and significance in dairy processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *42* (3): 223-239

González-Montoya, M., Hernández-Ledesma, B., Mora-Escobedo, R., & Martínez-Villaluenga, C. (2018). Bioactive Peptides from Germinated Soybean with Anti-Diabetic Potential by Inhibition of Dipeptidyl Peptidase-IV, α-Amylase, and α-Glucosidase Enzymes. *International Journal of Molecular Sciences*, *19*(10): Article 10

Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2021). Medical Physiology. Elsevier, St. Louis, Missouri.

Haenlein, G. F. W., & Caccese, R. (1984). Goat milk versus cow milk. In: Goat Extension Handbook. USDA Publuction, Washington D.C.

Hernández-Ledesma, B., del Mar Contreras, M., & Recio, I. (2011). Antihypertensive peptides: Production, bioavailability and incorporation into foods. *Advances in Colloid and Interface Science*, *165* (1): 23-35

Jao, C.-L., Huang, S.-L., & Hsu, K.-C. (2012). Angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptides: Inhibition mode, bioavailability, and antihypertensive effects. *BioMedicine*, *2* (4): 130-136

Kim, S.-K., & Wijesekara, I. (2010). Development and biological activities of marine-derived bioactive peptides: A review. *Journal of Functional Foods*, *2* (1): 387-394

Korhonen, H., & Pihlanto, A. (2006). Bioactive peptides: Production and functionality. *International Dairy Journal*, *16* (9): 945-960

Korhonen, H., & Pihlanto-Leppälä, A. (2003). Milk-derived bioactive peptides: Formation and prospects for health promotion. In: Handbook of Functional Dairy Products (ss. 109-124). CRC Press, Boca Raton, Florida.

Lee, H. S., & Lee, K. J. (2000). Cathepsin B inhibitory peptides derived from β-casein. *Peptides*, *21* (6): 807-809

López-Fandiño, R., Otte, J., & van Camp, J. (2006). Physiological, chemical and technological aspects of milk-protein-derived peptides with antihypertensive and ACE-inhibitory activity. *International Dairy Journal*, *16* (11): 1277-1293.

Lu, Y., Govindasamy-Lucey, S., & Lucey, J. A. (2016). Angiotensin-I-converting enzyme-inhibitory peptides in commercial Wisconsin Cheddar cheeses of different ages. *Journal of Dairy Science*, *99* (1): 41-52

Mada, S. B., Ugwu, C. P., & Abarshi, M. M. (2020). Health promoting effects of food-derived bioactive peptides: A review. *International Journal of Peptide Research and Therapeutics*, *26* (2): 831-848

Maeno, M., Yamamoto, N., & Takano, T. (1996). Identification of an antihypertensive peptide from casein hydrolysate produced by a

proteinase from *Lactobacillus helveticus* cp790. *Journal of Dairy Science*, *79*(8), 1316-1321.

Marciniak, A., Suwal, S., Naderi, N., Pouliot, Y., & Doyen, A. (2018). Enhancing enzymatic hydrolysis of food proteins and production of bioactive peptides using high hydrostatic pressure technology. *Trends in Food Science & Technology*, *80*, 187-198

Martínez-Augustin, O., Rivero-Gutiérrez, B., Mascaraque, C., & Sánchez de Medina, F. (2014). Food derived bioactive peptides and intestinal barrier function. *International Journal of Molecular Sciences*, *15*(12), 22857-22873

McClean, S., Beggs, L. B., & Welch, R. W. (2014). Antimicrobial activity of antihypertensive food-derived peptides and selected alanine analogues. *Food Chemistry*, *146*, 443-447

Nasri, M. (2017). Protein Hydrolysates and Biopeptides: Production, Biological Activities, and Applications in Foods and Health Benefits. A Review. In: F. Toldrá (Ed.), Advances in Food and Nutrition Research (C. 81, ss. 109-159). Academic Press.

Nongonierma, A. B., Paolella, S., Mudgil, P., Maqsood, S., & FitzGerald, R. J. (2018). Identification of novel dipeptidyl peptidase IV (DPP-IV) inhibitory peptides in camel milk protein hydrolysates. *Food Chemistry*, *244*, 340-348

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

Özdemir, S., Edebali, E., & Özdemir, C. (2021). Süt ve süt ürünlerinde bulunan biyoaktif peptitler ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Journal of the Institute of Science and Technology*, *11* (1): 268-280

Park, Y. W. (1990). Nutrient profiles of commercial goat milk cheeses manufactured in the United States. *Journal of Dairy Science*, *73* (11): 3059-3067

Park, Y. W. (2009). Bioactive Components in Milk and Dairy Products. Wiley-Blackwell,

Park, Y. W. (2017). Goat Milk – Chemistry and Nutrition. Içinde Y. W. Park, G. F. W. Haenlein, & W. L. Wendorff (Ed.), *Handbook of Milk of Non-Bovine Mammals* (1. bs, ss. 42-83). Wiley, New Jersey

Phelan, M., Aherne, A., FitzGerald, R. J., & O'Brien, N. M. (2009). Casein-derived bioactive peptides: Biological effects, industrial uses, safety aspects and regulatory status. *International Dairy Journal*, *19* (11): 643-654

Rao, S., Su, Y., Li, J., Xu, Z., & Yang, Y. (2009). Design and expression of recombinant antihypertensive peptide multimer gene in *Escherichia coli* Bl21. *Food Microbiology and Biotechnology*, *19* (12): 1620-1627.

Ryder, K., Bekhit, A. E.-D., McConnell, M., & Carne, A. (2016). Towards generation of bioactive peptides from meat industry waste proteins: Generation of peptides using commercial microbial proteases. *Food Chemistry*, *208*, 42-50.

Schanbacher, F. L., Talhouk, R. S., Murray, F. A., Gherman, L. I., & Willett, L. B. (1998). Milk-borne bioactive peptides. *International Dairy Journal*, *8* (5-6): 393-403

Seppo, L., Jauhiainen, T., Poussa, T., & Korpela, R. (2003). A fermented milk high in bioactive peptides has a blood pressure–lowering effect in hypertensive subjects. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *77* (2): 326-330

Stuknytė, M., Cattaneo, S., Masotti, F., & De Noni, I. (2015). Occurrence and fate of ACE-inhibitor peptides in cheeses and in their digestates

following in vitro static gastrointestinal digestion. *Food Chemistry*, *168*, 27-33

Tian, W., Ma, H., Liu, D., Lu, F., & Zhu, J. (2023). Effect of enzymolysis and in vitro simulated gastrointestinal digestion on the ACE inhibitory activity of defatted goat milk powder. *Science and Technology of Food Industry*, *44* (9): 387-395.

Toopcham, T., Roytrakul, S., & Yongsawatdigul, J. (2015). Characterization and identification of angiotensin I-converting enzyme (ACE) inhibitory peptides derived from tilapia using *Virgibacillus halodenitrificans* SK1-3-7 proteinases. *Journal of Functional Foods*, *14*, 435-444.

Tu, M., Wang, C., Chen, C., Zhang, R., Liu, H., Lu, W., Jiang, L., & Du, M. (2018). Identification of a novel ACE-inhibitory peptide from casein and evaluation of the inhibitory mechanisms. *Food Chemistry*, *256*, 98-104.

Turgutlualp, K., & Kıykım, A. A. (2011). Lokal renin anjiyotensin sistemi: Fizyolojik ve patofizyolojik etkinliği. *Mersin Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, *4* (1): 1-6.

Wada, Y., & Lönnerdal, B. (2014). Bioactive peptides derived from human milk proteins—Mechanisms of action. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, *25* (5): 503-514.

Wang, W., Yang, W., Dai, Y., Liu, J., & Chen, Z.-Y. (2023). Production of food-derived bioactive peptides with potential application in the management of diabetes and obesity: A review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *71* (15): 5917-5943.

Wu, J., Liao, W., & Udenigwe, C. C. (2017). Revisiting the mechanisms of ACE inhibitory peptides from food proteins. *Trends in Food Science & Technology*, *69*, 214-219.

Xu, W. H., Shuang, Q., & Wu, N. (2017). Progression of antihypertensive peptides. *Food Research and Development*, *5*, 51.

Yamamoto, N., & Takano, T. (1999). Antihypertensive peptides derived from milk proteins. *Nahrung/Food*, *43* (3): 159-164.

Yousafi, Q., Batool, J., Khan, M. S., Perveen, T., Sajid, M. W., Hussain, A., Mehmood, A., & Saleem, S. (2021). In silico evaluation of food derived bioactive peptides as inhibitors of angiotensin converting enzyme (ACE). *International Journal of Peptide Research and Therapeutics*, *27*, 341-349.

Zhang, Y., Chen, R., Ma, H., & Chen, S. (2015). Isolation and identification of dipeptidyl peptidase iv-inhibitory peptides from trypsin/chymotrypsin-treated goat milk casein hydrolysates by 2d-tlc and lc–ms/ms. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *63* (40): 8819-8828.

Zhang, Y., Chen, R., Zuo, F., Ma, H., Zhang, Y., & Chen, S. (2016). Comparison of dipeptidyl peptidase IV-inhibitory activity of peptides from bovine and caprine milk casein by in silico and in vitro analyses. *International Dairy Journal*, *53*, 37-44.

BÖLÜM 9

MOZZARELLA PEYNİRİ

Dr. (c) Gamze YILDIRIM[1]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10460124

[1]Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü Afyon, Türkiye. gamzey100@gmail.com, Orcid ID: 0000-0002-7260-7130

1. GİRİŞ

Gıda endüstrisinin ve tüketicilerin sağlık üzerindeki olumlu etkilerine artan ilgi, peynir üretimi ve fonksiyonel gıdalar arasındaki etkileşimlere odaklanmayı önemli kılmaktadır. Bu bağlamda, Mozzarella peyniri gibi geleneksel peynirlerin üretim süreçleri, besleyici değeri ve sağlık üzerindeki etkileri, özellikle probiyotik ve prebiyotik gibi fonksiyonel gıda bileşenleri açısından incelenmeye değer konular arasında yer almaktadır.

Son yıllarda beslenme ve gıda bilimi alanında yapılan araştırmalar, gıdaların sağlık üzerindeki etkilerinin anlaşılmasına yeni bir bakış açısı kazandırmıştır. Bu bağlamda, fermente gıdaların tüketimi ve bu gıdaların içerdiği biyoaktif bileşenlerin sağlık üzerindeki olumlu etkileri üzerine yoğun bir ilgi oluşmuştur. Fermente gıdaların içerisinde bulunan probiyotik mikroorganizmalar, prebiyotik lifler ve postbiyotik metabolitler, bağırsak mikrobiyotası üzerindeki etkileriyle sağlığın korunmasına ve geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. Bu bölümde, özellikle peynir üretiminde kullanılan mozzarella peyniri örneği üzerinden, probiyotik, prebiyotik ve postbiyotik kavramlarının anlamı, sağlık üzerindeki etkileri ve gıda endüstrisindeki rolü ele alınacaktır.

Süt ürünleri, fiziksel ve kimyasal özellikleri (pH, aw, redoks potansiyeli) nedeniyle mantarlar da dahil olmak üzere birçok mikroorganizmanın büyümesi ve hayatta kalması için uygun bir yaşam alanı sağlar (Garnier ve ark., 2017, Cenci-Goga ve ark., 2021). Fermente gıdalar, genellikle mikroorganizmaların (bakteri, maya veya küf gibi) katılımıyla gerçekleşen bir fermantasyon süreci sonucunda oluşan ürünlerdir. Bu süreç, gıdaların lezzet, aroma ve tekstür özelliklerini değiştirebilirken,

aynı zamanda bu gıdaların besin profiline çeşitli biyoaktif bileşenler eklenebilmektedir. Mozzarella peyniri üretimi gibi fermente gıda üretiminde kullanılan mikroorganizmalar, sağlık açısından faydalı etkileri olan probiyotiklerdir. Probiyotik terimi, bağırsak mikrobiyotasını olumlu yönde etkileyebilen ve insan sağlığına katkı sağlayan canlı mikroorganizmaları ifade etmektedir. Süt ve süt ürünleri probiyotik mikroorganizmaların en fazla eklendiği besin türleridir. Peynir daha sert bir yapıya ve uygun pH'a, yağ içeriğine ve katı dokuya sahiptir; diğer fermente süt ürünlerine göre probiyotik mikroorganizmaları daha verimli ve daha uzun süre koruyabilmektedir. (Mazinani ve ark. 2016, Akarca ve Yildirim, 2021). Mozzarella peyniri üretiminde kullanılan mikroorganizmalar arasında *Lactococcus lactis* ve *Streptococcus thermophilus* gibi probiyotik özelliklere sahip bakteriler bulunabilir. Bu mikroorganizmalar, bağırsakta sağlıklı bakteri dengesini koruyarak sindirim sistemine ve bağışıklık sistemine olumlu etkiler sağlamaktadır.

Prebiyotikler, bağırsak mikrobiyotasının seçici olarak kullanabileceği sindirilemeyen gıda bileşenleridir. Mozzarella peyniri üretiminde kullanılan sütte doğal olarak bulunan laktoz gibi prebiyotikler, bağırsak mikrobiyotasının sağlıklı bir şekilde gelişmesine katkıda bulunabilmektedir. Bu prebiyotikler, sindirim sistemine ulaştıklarında bağırsakta yaşayan sağlıklı bakterilerin büyümesini teşvik etmektedir.

Postbiyotikler, probiyotik mikroorganizmaların fermantasyon sürecinde ürettikleri biyoaktif bileşenlerdir. Bu bileşenler, sağlık üzerinde olumlu etkiler gösterebilir ve genellikle gıda endüstrisinde kullanılarak ürünlerin raf ömrünü artırabilmektedir. Postbiyotikler, canlı probiyotik

bakterilerin kullanım zorluklarına çözüm sunarak sağlık avantajları sağlayabilmektedir.

2. MOZZARELLA PEYNİRİ

Mozzarella peynirinin kökeni İtalya'nın Battipaglia Bölgesine dayanan ve Pasta-filata ailesine ait olgunlaşmamış, beyaz renkli bir peynirdir (Jana ve Mondal 2011, Raquib ve ark., 2022). Mozzarella peyniri, taze ve sütlü bir tat ve son derece yumuşak bir doku ile karakterize edilmektedir. Mozzarella'nın kelime kökeni, Napoliten lehçesinde "Mozzarella" şeklini aldığı belirtilen "mozzo" kelimesinden gelmektedir. Bu özel peynir türü, Güney İtalya'da 13. yüzyılda başlayan manda sütünün doğal mikroflorasıyla, spontan laktik fermantasyon yoluyla üretilmiştir (Faccia ve ark., 2021). Bir efsaneye göre, Mozzarella peyniri ilk kez bir peynir fabrikasında sıcak su içeren bir kova içine kaza ile lor peynirinin düşmesiyle ortaya çıkmıştır. Bu hata, yeni peynirlerin gelişebileceği gerçeğini taşımaktadır. Günümüzde Pasta filata peyniri endüstriyel üretim süreçlerine tabi olmasına rağmen, Campania Bölgesi'nde (güney İtalya) Mozzarella ve Caciocavallo peyniri üretimi genellikle geleneksel mandıra faaliyetlerine dayanmaktadır (Marasco ve ark., 2022). Bu bölgedeki geleneksel üretim, peynirin eşsiz lezzet ve kalitesine katkıda bulunarak sürdürülmektedir.

Peynirin besleyici değeri, hammadde kalitesi ile yakından ilişkilidir. Süt ürünü verimini etkileyen faktörler genellikle hayvan ve süt kalitesiyle veya ham maddelerin işlenmesiyle ilişkilendirilmektedir. Ham madde ve diğer bileşenlerin miktarı ve kalitesinin yanı sıra (örneğin, başlangıç kültürü, peynir mayası) kesme işlemi, fermantasyon ve pıhtı gerdirme, hijyen koşulları, üretim teknikleri gibi işleme teknolojisi faktörleri de

önemli rol oynamaktadır (Citro 2010, Sales ve ark., 2020). Mozzarella gibi peynirler farklı şekillerde kesilebilir, üretilebilir ve piyasada blok, dilim, kesilmiş, parçalanmış veya rendelenmiş olarak bulunabilmektedir.

Mozzarella peyniri genellikle manda sütünden üretilir, ancak çeşitli türleri, inek ve manda sütü karışımı veya sadece inek sütü ile üretilebilmektedir. Manda sütü, organoleptik ve besin değerleri açısından üstün olduğu için geleneksel Mozzarella peyniri üretiminde sıklıkla tercih edilmektedir (Vogt ve ark., 2015, Raquib ve ark., 2022). Yüksek yağ, A vitamini, kalsiyum içeriği ve düşük kolesterol seviyeleri manda sütünün tercih edilme nedenleri arasında sayılmaktadır (Bhat ve ark., 2022). Günümüzde, sığır sütü Mozzarella peynirinin üretiminde temel hammadde haline gelmiş ve küresel üretim hacmi 3.000.000 tonun üzerindedir (Faccia ve ark., 2021). İnek sütünden yapılanlar peynirler sarı renkli bloklar oluştururken, manda sütünden üretilenler beyaz renkli toplar şeklinde bulunabilmektedir. Genellikle küre veya yumurta şeklinde olan Mozzarella peyniri, 10-15 cm çapında ve 125-350 g ağırlığındadır (Kindstedt 1993, Üçüncü 2004).

Mozzarella peyniri, özellikle pizza üretiminde vazgeçilmez bir bileşen olarak kabul edilmektedir. Bu özellikleriyle Mozzarella, hem geleneksel mandıra üretimiyle hem de endüstriyel süreçlerle Dünya genelinde önemli bir lezzet unsuru olmaya devam etmektedir. Günlük beslenmenin bir parçası olan Mozzarella peyniri yüksek kaliteli ihraç ürünleri arasında kabul edilmektedir. Mozzarella peyniri, Türkiye kökenli kaşar peyniri ile benzerlik göstermektedir.

Dünya genelinde Mozzarella peyniri, kuru madde oranına ve raf ömrüne bağlı olarak iki farklı türde üretilir. İlk tür, genellikle pizza endüstrisinde

kullanılan daha düşük nem oranına (% 45-52 nem), daha yüksek yağ içeriğine (% 30-45) ve uzun raf ömrüne sahiptir. Bu tür, Pasta filata peynirlerinin eşsiz fonksiyonel özelliklerini karakterize eden germe aşamasına kadar Çedar peyniri ile benzer bir prosese göre üretilmektedir. Diğer tür ise yüksek nem içeriğine (%52-62 nem) sahip, geleneksel olarak üretilen ve olgunlaştırılmadan taze olarak tüketilen peynirdir. Geleneksel Mozzarella peyniri, yüksek nem içeriği nedeniyle sınırlı bir raf ömrüne sahiptir, dilimlenme özellikleri zayıftır ve kümelenme özelliklerinden dolayı pizza üretiminde nadiren kullanılmaktadır. Diğer taraftan, düşük nemli Mozzarella peyniri uzun raf ömrüne, sert dokuya, iyi esneme ve uzama özelliklerine sahiptir ve genellikle pizza üretiminde tercih edilmektedir (Kindstedt 1993).

Geleneksel üretim yöntemlerine göre mozzarella peyniri üretiminde ilk olarak uygun mikrobiyolojik kriterlerde süt temin edilerek, daha uzun raf ömrü ve patojen mikroorganizmaların inhibisyonu için süte yaklaşık 72 °C'de 15 sn pastörizasyon işlemi uygulanmaktadır. Yaklaşık 36 °C'ye soğutulan süte mezofilik ve termofilik starter kültürler eklenmektedir. Bu mikroorganizmalar, laktik asit üreterek sütün pıhtılaşmasını, lorun laktik asit üretmesini sağlamaktadır. Mozzarella peyniri üretiminde, mezofilik (*Lactococcus lactis* ssp. *lactis* ve *Lactococcus lactis* ssp. *cremoris*) ve termofilik (*Streptococcus salyarius* ssp. *thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *Bulgaricus* veya *Lactobacillus helveticus*) kültürler kullanılmaktadır. Bu kültürlerin kullanımının ana amacı, Termofilik kültürler, özellikle pizza üretimi için kullanılan Mozzarella peynirlerinde istenen nem içeriğini elde etmek için daha uygun olduğundan, bu kültürler üretimde sıklıkla tercih edilmektedir. Ardından

peynir mayası eklenir ve bu enzimler süt proteini olan kazeinin parçalanarak pıhtının oluşumunu desteklemektedir. Pıhtı olgunlaşması tamamlandıktan sonra, yaklaşık pH 5,40 değerinde peynir altı suyunun daha kolay ayrılabilmesi için pıhtı kesimi yapılmakta ve pıhtı yaklaşık 40±2 ^{o}C'de pişirilmektedir. Teleme fermentasyonu tamamlandıktan sonra yaklaşık 4,80 pH, mozzarella peynirine özgü karakteristik lifli dokusunu elde edebilmek için sıcak su içinde germe işlemi yapılmaktadır. Kalıplanıp, son formu kazandırılan mozzarella peyniri buzlu su içerisine bırakılmaktadır. Buzlu suya batırma aşaması, mozzarella peynirinin özgün dokusunu ve yapısını şekillendiren kritik bir adımdır. Bu işlem, peynirin lifli dokusunu geliştirmekte ve elastik bir yapı kazanmasına katkı sağlamaktadır. Bu sayede özgün yumuşaklığı ve elastikiyetiyle bilinen mozzarella peynirinin benzersiz lezzet ve kıvamı elde edilmektedir. Mozzarella peyniri, karakteristik lifli dokusuyla bilinmektedir. Bu lifli dokuya ulaşmak için germe işlemi önemli bir rol oynamaktadır. Endüstriyel üretim de olgunlaşma prosesi olmasına rağmen, geleneksel mozzarella peyniri taze olarak direkt tüketilmektedir. Üretilen yüksek kaliteli mozzarella peyniri, tazeliğini ve nem oranının korunması amacıyla genellikle kendi peynir altı suyu (serum) ile tuzlu su karışımı içinde paketlenmektedir. Bu şekilde, ürünün raf ömrünü uzatmaya ve lezzet profilini korunmakta ve tüketicilere ürün üst düzeyde kalite ile sunulmaktadır.

Günümüzde, endüstriyel kasnaklarda farklı konfigürasyonlara sahip, tek veya çift vidalı sistemlere dayalı kesikli veya sürekli işlemlerle Mozzarella peyniri pişirilmektedir. Bu işlem sırasında peynir lorunun sıcak suda pişirilmesi veya buhar enjeksiyonu ile döndürülmesi gibi

çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Peynir loru bu işlemler sırasında moleküler değişimlere uğramakta ve belirli bir sıcaklıkta plastik yapı göstermektedir. Su sıcaklığı ve vida hızı gibi parametreler, peynirin yapısal ve fonksiyonel özelliklerini etkilemektedir. Ardından, peynir loru belirli bir sıcaklıkta preslenir ve lifli protein yapısı elde edilmektedir. Peynir iplikleri soğuk suda şekillendirilmekte ve tuzlanmaktadır. Tuzlama işlemi, peynirin biyokimyasal, lezzet ve aroma özelliklerini belirleyen önemli bir adımdır.

Bu peynir türü, genellikle yüksek nem oranına sahip olup, salamura çözeltisi kullanılarak paketlenmektedir. Salamura çözeltisi, peynirin porsiyonlanmasından sonra serum sızıntısını önleyen özel bir özellik göstermektedir. Peynirin paketlenmesi için çeşme suyu veya su ile seyreltilmiş sodyum klorür veya kalsiyum klorür ve peynir altı suyu çözeltisi kullanılmaktadır. Bu süreç, peynirin kalitesini ve dayanıklılığını artırmak amacıyla uygulanmaktadır.

Tüketici bilincinin artmasıyla birlikte, temel gıda öğelerinin yanında sağlık üzerinde olumlu etkilere sahip bileşenlerle zenginleştirilerek üretilen fonksiyonel gıdalara ilgi her geçen gün artmaktadır. Bu amaçla gıdalara probiyotikler, vitaminler, fitokimyasallar, mineraller, antioksidanlar, lifler, gibi biyoaktif bileşenleri eklenmektedir. Bu bağlamda günlük diyetin bir parçası olan ve besin değeri açısından zengin olan peynir daha sağlıklı hale getirilmek amacıyla probiyotikler, prebiyotik lifler, omega-3 yağ asitleri, antioksidanlar gibi bileşenlerle zenginleştirilmektedir.

3. PROBİYOTİK

Probiyotik terimi, daha önce de insanlar tarafından bazı geleneksel gıdaların sağlıklı mikrrorganizmalar içerdiği bilinmesine rağmen, ilk olarak Lily ve Stillwell tarafından 1965 yılında belirlenmiştir. Latince kökenli, "Pro" ve "bios" kelimelerinden türetilen bu terim, "yaşam için" anlamına gelmektedir. Daha sonra, Nobel ödüllü Elie Metchnikoff'un "Yaşamın Uzatılması" adlı kitabında, süt ürünlerinden fermente basillerin (*Lactobacillus bulgaricus*) tüketiminin bağırsak mikrobiyotasını olumlu yönde etkileyebileceği öne sürülmesi ile probiyotik terimi daha geniş bilinirlik kazanmıştır. Metchnikoff, Kafkas bölgesindeki uzun ömürlü nüfus ve yoğun fermente süt tüketimi gözlemlerine dayanarak, fermente süt ürünlerinde bulunan asit üreten mikroorganizmaların kalın bağırsakta "kirliliği" azaltabileceğini ve böylece tüketicilerin yaşam süresini uzatabileceğini öne sürmüştür.Probiyotik, vücutta sindirim sisteminde bulunan canlı mikrobiyal bir gıda katkısı olarak bilinmektedir. Bu mikroorganizmaların sağlık konusundaki faydalı etkileri bilinmektedir. Probiyotikler, canlı mikroorganizmalar içermektedir ve yeterli miktarlarda (10^8 kob/g) gıdanın raf ömrü boyunca canlılığını koruyacak şekilde verildiğinde, konakçı üzerinde sağlık açısından olumlu etkiler gösterebilmektedir. Geçtiğimiz dönemde yaşanan Covid-19 salgınına karşı tüketici eğilimleri sağlıklı ve bağışıklık sistemini güçlendiren bileşenlere yönelse de konuyla alakalı araştırmalar hala devam etmektedir. Günümüzde, insan sağlığı üzerinde etkili olduğu bilimsel çalışmalarla desteklenmiş ve yaygın olarak kullanılan probiyotik mikroorganizmalar arasında öne çıkanlar şunlardır: *Bifidobacterium*

animalis, Lactobacillus casei Shirota, Lactobacillus rhamnosus GG, *Saccharomyces cerevisiae Boulardii, Enterococcus, Lactococcus* ve *Streptococcus* (Markowiak ve Slizewska 2017, Vargas-Ramella ve ark.,. 2021).

Tablo 1: Probiyotik Olarak Bilinen Mikroorganizmalar.

Bifidobacterium Türleri	*Lactobacillus* Türleri	Diğer
Bifidobacterium essensis	*Lactobacillus fermentum*	*Aspergillus niger*
Bifidobacterium breve	*Lactobacillus acidophilus*	*Bacillus subtilis*
Bifidobacterium infantis	*Lactobacillus curvatus*	*Bacteriodes capillus*
Bifidobacterium lactis	*Lactobacillus paracasei*	*Candida torulopsis*
Bifidobacterium animalis	*Lactobacillus reuteri*	*Leuconostoc mesenteroides ssp. Mesenteroides*
Bifidobacterium adolescentis	*Lactobacillus lactis* ssp. *Lactis*	*Pediococcus acidilactici*
Bifidobacterium longum	*Lactobacillus plantarum*	*Propionibacterium shermanii*
Bifidobacterium breve	*Lactobacillus johsonii*	*Saccharomyces cerevisiae*
Bifidobacterium bifidum	*Lactobacillus delbrueckii* ssp. *Bulgaricus*	*Streptococcus cremoris*
Bifidobacterium thermophilum	*Lactobacillus casei*	*Streptococcus thermophilus*

(Salminen ve ark., 1998, Vargas-Ramella ve ark., 2021).

4.PREBİYOTİK

Prebiyotikler, konakçı organizmanın sağlığı üzerinde olumlu etkiye sahip olan, bağırsaktaki bakteri türlerinin büyümesini ve aktivitesini seçici olarak uyaran, sindirilmeyen gıda bileşenleri olarak bilinmektedir (Martyniak ve ark., 2021). Kısaca prebiyotikler için, yararlı mikroorganizmaların seçici olarak kullandığı substratlar denilmektedir.

Gastrointestinal sistem, metabolik, kemik ve zihinsel sağlık için de faydalı olduğu yapılan araştırmalar tarafından kanıtlanmıştır. Diyet lifleri, özellikle prebiyotik olarak kabul edilen karbonhidrat polimerleri, bağırsak mikrobiyotasını olumlu yönde etkileyebilen önemli bileşenlerdir. Prebiyotikler insan gaz ve bağırsak kanalındaki endojen enzimler tarafından sindirilmezler, bu nedenle kolona ulaşırlar ve orada bakteriyel mikroflora tarafından fermente edilirler Prebiyotikler insan bağırsağı *Lactobacillus, Bifidobacterium* ve *Bacteroides* yararlı bakterin sayısını artırmaktadır (Martyniak ve ark., 2021).

Prebiyotikler doğal olarak enginar, kuşkonmaz, hindiba, sarımsak, soğan, buğday ve muz dahil olmak üzere 36.000'den fazla bitki kökenli üründe bulunmaktadır. Ayrıca prebiyotikler yapay olarak üretilebilir ve gıdanın besin ve sağlık değerini artırmak amacıyla gıdalara dahil edilebilmektedir. FOS, GOS ve inülin gibi prebiyotik olarak belgelenen diyet liflerinin yanı sıra, selüloz, lignin ve kitinler gibi prebiyotik olarak tanımlanmayan diyet lifleri de vardır. Ayrıca, fenolik bileşikler, karotenoidler, çoklu doymamış yağ asitleri ve vitaminler gibi karbonhidrat olmayan maddelerin de prebiyotik özelliklere sahip olabileceği bilinmektedir (Machado ve ark., 2023).

Bir ürünün (gıda veya takviye) prebiyotik olarak kabul edilebilmesi için aşağıdaki şartları karşılaması gerekir:

- Sağlık üzerinde faydalı etkisi olan seçilmiş bakteri türlerinin büyümesini ve aktivitesini teşvik etmesi,
- Bağırsak içeriğinin pH'ını düşürmesi,
- Hidrolize ve mide-bağırsak enzimlerinin etkisine karşı dirençli olması.

- Üst gastrointestinal kanalda emilmemeli,
- Kolondaki bir veya daha fazla faydalı mikroorganizma için ortam sağlamalı
- Gıda işleme sürecinde stabil olmalıdır (Martyniak ve ark., 2021).

5. POSTBİYOTİKLER

Postbiyotikler, bağırsak mikrobiyomunda yaşayan bakteriler ve probiyotiklerin fermantasyon sürecinde ürettikleri metabolitler olarak tanımlanımaktadır. Kısaca bu terim vücudumuzda hem prebiyotikleri hem de probiyotikleri sindirdikten sonra geride kalan atığı ifade etmektedir. Bu metabolitler, biyojenik, süpernatant, abiyotik, metabolik, psödobiyotik gibi terimlerle ifade edilse de, genellikle "postbiyotik" terimi kullanılmaktadır. Postbiyotikler, konakçıya faydalı etkiler sağlayan bağırsak mikrobiyomunun tamamını kapsamaktadır (Calame ve ark., 2022).

Probiyotiklerin ürettikleri postbiyotikler, suda çözünen biyoaktif moleküllerdir. Bu metabolitler, gıda endüstrisinde antimikrobiyal etkilerinden yararlanmak, raf ömrünü artırmak ve mikrobiyal bozulmayı önlemek için kullanılmaktadır. Ancak, canlı probiyotik bakterilerin muhafaza edilmesi ve tüketilmesi zorlukları nedeniyle postbiyotiklerin kullanımı avantajlı hale gelmektedir.

Laktobasiller, doğal fermantasyon reaksiyonlarında rol alarak çeşitli postbiyotik yapılar ve metabolitleri üretmektedir. Bu metabolitler, insan sağlığı üzerinde olumlu etkilere sahiptir. Postbiyotiklerin canlı mikroorganizmalar içermemesi, kullanım risklerini azaltmaktadır. Özellikle probiyotik tüketiminin sağlık sorunlarına neden olabileceği

durumlarda, postbiyotikler güvenli bir alternatif sunmaktadır (Rad ve ark., 2021).

Postbiyotiklerin önemli avantajlarından biri de stabil olmalarıdır. Gıda endüstrisinde kullanıldıklarında, mikropları inhibe ederek gıda güvenliğini arttırmaktadırlar. Ayrıca, immünmodülatör, antioksidan, anti-inflamatuar gibi çeşitli sağlık yararları da bulunmaktadır.

Bu bileşenler arasında organik asitler, kısa zincirli yağ asitleri, triptofan ve bakteriyosinler öne çıkmaktadır. Özellikle kısa zincirli yağ asitleri, antimikrobiyal özelliklere sahiptir ve sağlıklı bakterilerin gelişmesine yardımcı olur ve mikroorganizmalar üzerinde çeşitli etkiler göstermektedir. Aynı zamanda postbiyotikler, B ve K vitaminleri, amino asitler ve antimikrobiyal peptitler olarak adlandırılan, zararlı bakterilerin büyümesini yavaşlatmaya yardımcı olan maddeleri içermektedir. Laboratuvar yöntemleri ile üretilebilen postbiyotikler, termal tedavi, yüksek basınç, formalin inaktivasyonu gibi yöntemlerle elde edilebilmektedir.

Postbiyotikler, bağırsak sağlığından gıda güvenliğine kadar bir dizi olumlu etkiye sahip yenilikçi bileşenlerdir. Canlı probiyotiklerin zorluklarına çözüm sunmaları ve çeşitli sağlık avantajlarıyla öne çıkmaları, bu alanın gelecekteki potansiyelini vurgulamaktadır.

Fermente gıdaların alımını artırarak sisteminizdeki faydalı postbiyotiklerin miktarını artırabilmektedir. Sağlıklı bağırsak bakterilerinin karışımını destekleyen gıdalar yeterince tüketildiğinde, genel sağlık da iyileşeceği bilinmektedir. Postbiyotiklerin biyolojik etkileri ve mekanizmaları hala tam olarak anlaşılamamıştır, bu nedenle

bilimsel araştırmalar bu alanda aktif olarak devam etmektedir. Mikrobiyal metabolitlerin ve diğer postbiyotik bileşenlerin organizma üzerindeki spesifik etkileri, bağırsak mikrobiyotasının karmaşıklığı ve bireyler arasındaki farklılıklar nedeniyle geniş bir konudur. Bu alandaki güncel araştırmalar, postbiyotiklerin sağlık üzerindeki potansiyel olumlu etkilerini anlamak ve belirli biyokimyasal mekanizmalarını açıklamak amacıyla yapılmaktadır.

Postbiyotiklerin tam etkileri ve nasıl çalıştığı konusundaki anlayışın eksikliği, bu alandaki araştırmalara daha fazla odaklanmayı ve derinlemesine inceleme yapmayı gerektirmektedir. Bu bağlamda, bilim insanları postbiyotiklerin sağlık üzerindeki spesifik etkilerini belirleme, bunların moleküler düzeydeki etkileşimlerini çözme ve bu bilgileri klinik uygulamalara dönüştürme amacıyla çalışmaktadır. Yeni bulgular, postbiyotiklerin kullanımının sağlık ve hastalık yönetimindeki potansiyel avantajlarının daha iyi anlaşılmasına yardımcı olacaktır.

6. SONUÇ

Mozzarella peyniri, geleneksel bir peynir olmasına rağmen, modern beslenme ve sağlık trendlerine uygun bir gıda matrisidir. Üretim sürecinde kullanılan probiyotik bakteriler, prebiyotik lifler ve ortaya çıkan postbiyotikler, peynirin sağlık üzerindeki olumlu etkilerine katkıda bulunabilir. Bu bileşenlerin kombinasyonu, sindirim sistemini destekleyerek bağışıklık sistemini güçlendirebilir ve genel olarak sağlıklı bir yaşam tarzına katkıda bulunabilir.

Mozzarella peyniri üretim süreci, uygun mikroorganizmaların seçilmesi, sütün işlenmesi, peynir kültürlerinin eklenmesi, peynirin şekillendirilmesi ve olgunlaştırılması gibi aşamalardan oluşur. Bu

süreçte probiyotik bakteriler, peynirin olgunlaşma sürecinde laktik asit üreterek pH'ı düşürebilir ve peynirin dokusunu ve lezzetini oluşturabilir. Prebiyotik lifler ise sütte doğal olarak bulunan laktoz gibi bileşenler aracılığıyla bağırsak mikrobiyotasının gelişimine katkıda bulunabilir. Oluşan postbiyotikler ise stabil olmaları nedeniyle ürünün raf ömrünü artırabilir ve sağlık yararları sağlayabilir.

Mozzarella peyniri gibi geleneksel peynirlerin üretim süreçleri ve içerdikleri probiyotik, prebiyotik ve postbiyotik bileşenler üzerine yapılan araştırmalar, gıda endüstrisi ve tüketiciler için önemli bilgiler sunmaktadır. Bu bileşenlerin sağlık üzerindeki olumlu etkilerini anlamak, geleneksel gıdaların modern beslenme ihtiyaçlarına uygunluğunun değerlendirilmesi açısından önemlidir.

KAYNAKLAR

Bhat, A. R., Shah, A. H., Ayoob, M., Ayoob, M. F., Saleem, F., Ali, M. M., & Fayaz, M. (2022). Chemical, rheological, and organoleptic analysis of cow and buffalo milk mozzarella cheese. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*.

Calame, W., van Olderen, D., Calabretta, V., Bottari, L., Paparo, L., Bruno, C., ... & Budelli, A. (2022). Baseline Concentrations of Various Immune Biomarkers Determine Their Increase after Consumption of a Postbiotic Based on Cow's Milk Fermented with Lactobacillus paracasei CBA L74 in Both Newborns and Young Children. *Applied Sciences*, *12*(4), 2009.

Cenci-Goga, B., Cruciani, D., Crotti, S., Karama, M., Yıldırım, G., Bulut, M., ... & Grispoldi, L. (2021). Diversity of yeasts and moulds in dairy products from Umbria, central Italy. *Journal of Dairy Research*, *88*(2), 217-220.

Citro, A. (2010). Classificazione dei formaggi a pasta filata e tecnologia di produzione. *AIVEMP Newsletter*, *7*(1), 8-12.

Faccia, M., Gambacorta, G., Pasqualone, A., Summo, C., & Caponio, F. (2021). Quality characteristics and consumer acceptance of high-moisture mozzarella obtained from heat-treated goat milk. *Foods*, *10*(4), 833.

Garnier, L., Valence, F., Pawtowski, A., Auhustsinava-Galerne, L., Frotté, N., Baroncelli, R., ... & Mounier, J. (2017). Diversity of spoilage fungi associated with various French dairy products. *International journal of food microbiology*, *241*, 191-197.

Jana, A. H., & Mandal, P. K. (2011). Manufacturing and quality of mozzarella cheese: a review. *International Journal of dairy science*, *6*(4), 199-226.

Kindstedt, P. S. (1993). Cheese: Chemistry. Physics and Microbiology. volume 2. major cheese groups. Mozzarella and Pizza Cheese: Department of Food Chemistry. University Collage, Cork, Ireland.

Machado, M., Ferreira, H., Oliveira, M. B. P., & Alves, R. C. (2023). Coffee by-products: An underexplored source of prebiotic ingredients. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1-20.

Marasco, R., Gazzillo, M., Campolattano, N., Sacco, M., & Muscariello, L. (2022). Isolation and identification of lactic acid bacteria from natural whey cultures of buffalo and cow milk. *Foods*, *11*(2), 233.

Markowiak, P., & Śliżewska, K. (2017). Effects of probiotics, prebiotics, and synbiotics on human health. *Nutrients*, *9*(9), 1021.

Martyniak, A., Medyńska-Przęczek, A., Wędrychowicz, A., Skoczeń, S., & Tomasik, P. J. (2021). Prebiotics, probiotics, synbiotics, paraprobiotics and postbiotic compounds in IBD. *Biomolecules*, *11*(12), 1903.

Mazinani, S., Fadaei, V., & Khosravi-Darani, K. (2016). Impact of Spirulina platensis on physicochemical properties and viability of Lactobacillus acidophilus of probiotic UF feta cheese. *Journal of Food Processing and Preservation*, *40*(6), 1318-1324.

Rad, A. H., Aghebati-Maleki, L., Kafil, H. S., Gilani, N., Abbasi, A., & Khani, N. (2021). Postbiotics, as dynamic biomolecules, and their promising role in promoting food safety. *Biointerface Res. Appl. Chem*, *11*(6), 14529-14544.

Raquib, M., Borpuzar, T., Hazarika, M., Laskar, S. K., Saikia, G. K., & Hazarika, R. A. (2022). Effect of coagulating enzymes and types of milk on the physico-chemical, proximate composition and sensory attributes of iron fortified Mozzarella cheese. *Emirates Journal of Food and Agriculture*.

Sales, D. C., Urbano, S. A., Lima Junior, D. M. D., Galvao Junior, J. G. B., Brito, A. F., Cipolat-Gotet, C.,& Rangel, A. H. D. N. (2020). Factors affecting buffalo Mozzarella cheese yield: a study using regression analysis. *Food Science and Technology*, *41*, 852-855.

Üçüncü, M, (2004). A‘dan Z‘ye Peynir Teknolojisi, Cilt I, Meta Basım Matbaacılık, İzmir.

Vargas-Ramella, M., Pateiro, M., Maggiolino, A., Faccia, M., Franco, D., De Palo, P., & Lorenzo, J. M. (2021). Buffalo milk as a source of probiotic functional products. *Microorganisms*, *9*(11), 2303.

Vogt, S. J., Smith, J. R., Seymour, J. D., Carr, A. J., Golding, M. D., & Codd, S. L. (2015). Assessment of the changes in the structure and component mobility of Mozzarella and Cheddar cheese during heating. *Journal of Food Engineering*, *150*, 35-43.

BÖLÜM 10

SÜT VE SÜT ÜRÜNLERİNDEKİ KONJUGE LİNOLEİK ASİT ve SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ

Dr. Öğr. Üyesi Nurhayat Tuğra ÖZER[1]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10460132

[1] Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü Ağrı, Türkiye. dyttugraozer@gmail.com, Orcid ID: 0000-0002-8260-9295

1. GİRİŞ

Konjuge linoleik asit (CLA), insan vücudu için esansiyel olan linoleik asidin bir grup pozisyonel ve geometrik izomerlerini (cis-9, trans-11 ve trans-10, cis-12) temsil etmektedir. Besinlerde yer alan en yaygın izomer formu olan cis-9, trans-11 biyolojik olarak da en aktif formudur. CLA, ruminant hayvanların rumenlerindeki bakterilerinin biyohidrojenasyonu ile ara ürün olarak elde edilmektedir (Bauman ve ark., 2020). Yapılan son çalışmalara göre ruminant olmayan hayvanlar ve insanların bağırsaklarındaki bazı mikroorganizmalar çok kısıtlı miktarda linoleik asitten CLA eldesi sağlayabildiği bildirilmektedir. CLA'nın diyet ile alınabilecek en zengin kaynakları ruminant hayvanlardan elde edilen süt ve yoğurt, peynir, tereyağı, dondurma gibi süt ürünleri, sığır eti, kuzu eti, dana eti gibi ruminant hayvan etleridir (İnanç, 2006). Bireyler günlük CLA gereksiniminin %60'ını süt ve süt ürünlerinden, %37'sini ruminant hayvan etlerinde çoğunlukla cis-9, trans-11 CLA izomeriyle sağlamaktadır. CLA üzerine yapılan erken çalışmalarda antikanserojen etkisi keşfedilmiştir. Ardından CLA'nın antioksidatif etki, antikarsinojenik etki, antiobezite etkisi, antidiyabetik etki, antiaterojenik etki gibi birçok fizyolojik etkisinin olabileceği keşfedilmiştir. Bu etkiler birçok kronik hastalığın tedavisinde umut verici olabilecek düzeydedir (Koba ve Yanagita, 2014).

2. KONJUGE LİNOLEİK ASİT (CLA)

2.1. CLA'nın Tanımı ve İzomerleri

CLA, esansiyel yağ asidi olan linoleik asidin bir grup konumsal ve geometrik izomerlerini temsil eden yağ asitleridir. CLA'nın 28 farklı

izomeri bulunmakla birlikte günümüze kadar yalnızca cis-9, trans-11 ve trans-10, cis-12 izomerlerinin biyolojik aktiviteleri belirlenmiştir (Kim ve ark., 2016). Cis-9, trans-11 CLA, rumenik asit veya c-9, t-11 oktadekadienoik asit olarak da bilinmektedir. Trans-10, cis-12 CLA, t-10, c-12 oktadekadienoik asit olarak da tanımlanmaktadır. Genel olarak oktadekadienoikler, CLA ile eş anlamlı olarak da kullanılabilmektedir. Bu izomerlerden ise cis-9, trans-11 formu besinlerde en yaygın bulunan formudur. İzomerlerin %75-80'inini oluşturmaktadır. Aynı zamanda cis-9, trans-11 izomeri, hücre zarında yer alan fosfolipitlerle yüksek birleşebilme özelliğine bağlı olarak biyolojik olarak en aktif formudur (Shen ve McIntosh, 2016; Çelik, 2006; Pariza ve ark., 2001).

2.2. CLA'nın Keşfi ve Tarihsel Gelişimi

CLA, 1932 yılında keşfedilmiştir ancak biyoaktif bir besin bileşeni olarak tanımlanması 1980'lere kadar dayanmaktadır. 1932 yılında, yazdan alınan süt örneklerinin kıştan alınan süt örnekleriyle karşılaştırıldığında 230 nm'de daha fazla ışık emilimine sahip olduğunun tespit edilmesi ile CLA'da konjuge çift bağlarının varlığı çıkarılabilir. Ardından merayla beslenen ineklerden elde edilen sütün, tahılla beslenen ineklerden elde edilen sütten daha fazla CLA içerdiği kanıtlandı (Parodi, 1999).

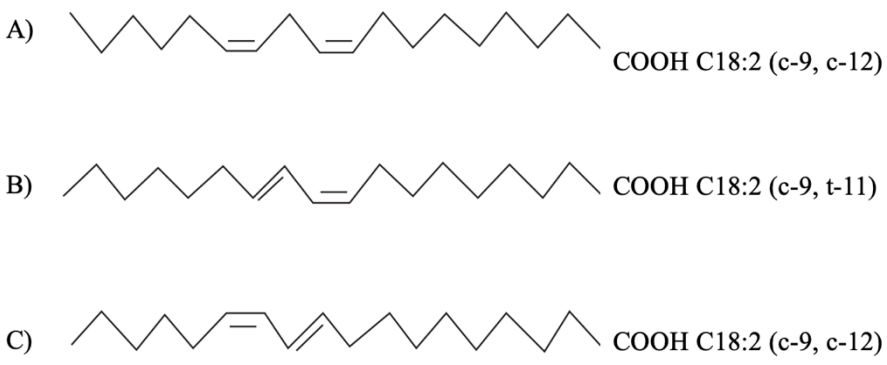
Kepler ve ark., 1966 yılında ruminant hayvanlarda biyohidrojenasyon mekanizmasıyla çoklu doymamış yağ asidi olan linoleik asidin steraik aside dönüştüğü keşfetmiştir. Bu süreçte ise cis-9 trans-11 CLA ara madde olarak oluşmuştur. Böylece ruminant hayvanlardan elde edilen et, süt ve süt ürünleri de dahil olmak üzere rumen kaynaklı bir dizi gıda

ürününde cis -9, *trans* -11 CLA izomerinin varlığını açıklamaktadır (Kepler ve ark., 1966).

Bununla birlikte 1987 yılında Wisconsin-Madison Üniversitesi'nden Dr. Pariza'nın çalışma grubu, hamburger etinin pişirme süresi ve iç sıcaklığına bağlı mutajenik etkisini araştırırken gelişen pişmiş ve pişmemiş etteki mutajenik inhibitör etkinin varlığını belirlemiştir. Sığır ekstraktının antikanser özelliğinin CLA'ya bağlı olduğunu keşfedilmiş ve böylece CLA biyoaktif bir besin bileşeni olarak tanımlanması gerçekleşmiştir (Ha ve ark., 1987; Kim ve ark., 2016).

2.3. CLA'nın Biyokimyasal Yapısı

CLA, çoklu doymamış yağ asidi olan 18 karbon içeren linoleik asidin cis-9 ve cis-12 izomerlerini temsil etmektedir. CLA kompozisyonunda 8 ve 10, 9 ve 11, 10 ve 12 ve 11 ve 13 arasında bir çift bağ içermektedir (Eulitz ve ark., 1999). Bu pozisyonel konjuge dien izomerlerinin her biri cis-trans, trans-cis, cis-cis veya trans-trans geometrik konfigürasyonlarda meydana gelebilir (Şekil 1).



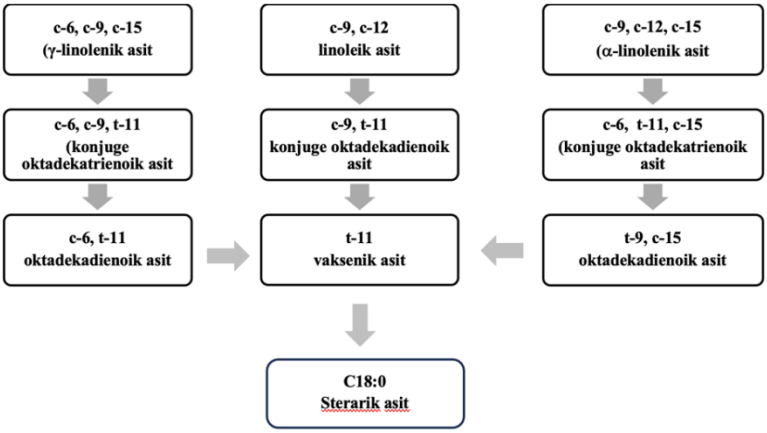
Şekil 1. A): Linoleik asit, B): cis-9, trans-11 CLA, C) trans-10, cis-12 CLA izomerlerinin kimyasal formülleri

2.4. CLA'nın Biyohidrojenasyonu

Ruminant hayvanların, rumenlerinde yer alan *"Butyrivibro fibrosolvens"* bakterilerinin biyohidrojenasyon yöntemi ile ara ürün olarak CLA elde edilmektedir. Son çalışmalarda ise ruminant olmayan hayvanlar ve insanlarda bağırsaktaki mikroorganizmaların çok sınırlı miktarda olmakla birlikte linoleik asitten CLA sentezleyebildiği belirtilmektedir (Kelly, 2001).

Bitkisel kaynaklı yağların nerdeyse tamamı cis konfigürasyonundadır. Bunların daha kuvvetli formda olan trans konfigürasyonuna getirilmeleri katalitik hirojenasyon ile mümkün olmaktadır.

Ruminant hayvanlarda beslenme yolu ile alınan yağlar, rumen bakterileri tarafından iki temel dönüşüme maruz kalır. İlk dönüşüm, ikinci basamak için temel olan ester bağlarının hidrolizidir. İkinci dönüşümde ise doymamış yağ asitlerinin biyohidrojenasyonu gerçekleşir. Linoleik asit ilk olarak cis-9, trans-11 oktadekadienoik aside ardından trans-vaksenik aside (C18:1, trans-11) ve nihai olarak stearik aside dönüşmektedir. α-linolenik asit ise, ilk olarak konjuge oktadekatrienoik (cis-9, trans-11, cis-15) aside, ardından oktadekadienoik (trans-9, cis-15) aside, bunu takiben trans vaksenik (C18:1, trans-11) aside ve nihai olarak stearik aside (C18:0) dönüşmektedir (Aydın, 2005) (Şekil 2).



Şekil 2. Doymamış yağ asitlerinin (C:18) ruminant hayvanların rumeninde gerçekleşen biyohidrojenasyonu

Rumende gerçekleşen biyohidrojenasyonun yanı sıra Cis-9, trans-11 CLA'nın dokularda da endojen biyosentezinin gerçekleştirilebileceği belirtilmektedir (House ve ark., 2005).

Son çalışmalar, cis-9, trans-11 ve trans-10, cis-12 izomerlerinin Δ^9 desaturaz enzimi aracılığıyla trans-vaksenik (C18:1, trans-11) asitten de sentezlenebileceğini göstermektedir. Birçok enzimin (sitokrom b5, asetil-coA sentetez vb.) aktivitesinde yer alan Δ^9 desaturaz enzimi, hayvanın türüne göre farklılık gösterebilmektedir. Kemirgenlerde karaciğerde yüksek oranda aktivite gösterirken gelişme dönemindeki ruminantlarda adipoz dokuda, laktasyon sürecindeki ruminantlarda ise meme bezlerinden sentezlenmektedir (Çelik, 2006; House ve ark., 2005; Murru ve ark., 2021).

2.5. CLA'nın Kaynakları

CLA, diyetin en zengin doğal kaynakları ruminant hayvanlardan elde edilen süt ve yoğurt, peynir, tereyağı, dondurma gibi süt ürünleri, sığır eti, kuzu eti, dana eti gibi ruminant hayvan etleridir.

Süt ve süt ürünlerindeki CLA konsantrasyonu, elde edildiği ruminant hayvanın türüne, hayvanın diyetine, mevsime ve süt ve süt ürününün türüne göre farklılık gösterebilmektedir (İnanç, 2006). Mera ve otlak alanlarda beslenen ineklerden elde edilen sütteki CLA miktarı, tahıl/yem ile beslenen ineklerden elde edilen sütteki CLA miktarına göre daha yüksek olduğu bildirilmektedir (Parodi, 1999; Kim, 2016).

CLA miktarı, peynirde 3,6-8,0 mg/g yağ, yoğurtta 2,8-4,8 mg/g yağ, sütte ise 3,4-6,4 mg/g yağ şeklinde değişken oranlarda belirtilmektedir (Martin-Gonzalez, 2020). İnsan sütünde yer alan CLA miktarı, inek sütünden daha düşüktür ve yağ oranı %0,37-0,75 arasında değişmektedir. Tereyağının 100 gram yaş ağırlığında ise ortalama 720 mg CLA bulunduğu belirtilmektedir. Bazı süt ve süt ürünlerinde tespit edilen CLA konsantransyonları detaylı olarak Tablo 1'de gösterilmektedir (İnanç, 2006; Lin ve ark., 1995; MacDonald, 2000; Wang ve ark., 2020).

Ruminant hayvanların etlerinde yer alan CLA konsantrasyonu, elde edildiği hayvanın türü, doku bölgesi ve hayvanın diyetini bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Ruminant hayvanlardaki CLA miktarı, etin türüne ve elde edildiği hayvana ait faktörlere bağlı olarak 2,7– 5,6 mg/g yağ arasında değişiklik göstermektedir. (MacDonald, 2000; Wang ve ark., 2020). Kümes hayvanlarının etlerinde, balıklarda ve bitkisel

yağlarda ise çok sınırlı miktarda CLA bulunduğu tespit edilmiştir (Wang ve ark., 2020) (Tablo 1).

Tablo 1. Bazı besinlerin CLA miktarı (mg/g yağ)

BESİNLER	CLA miktarı (mg/g yağ)
Süt ve süt ürünleri	
Homojenize süt	5,5
%2 yağlı süt	4,1
Az yağlı süt	4,4
Konsantre süt	7,0
Sade yoğurt	4,8
Krema kıvamında yogurt	4,8
Beyaz peynir	4,5
Çedar peyniri	3,6-4.1
Mozzarella peyniri	4,9
Süzme peynir	4,5
Az yağlı isviçre peyniri	6,7
Işlenmiş amerikan peyniri	5,0
Ekşi krema	4,6
Tereyağı	4,7
Dondurma	3,6
Et/Balık	
Taze sığır eti	4,3
Buğulama sığır eti	3,8
Dana eti	2,7
Kuzu eti	5,6-5,8
Domuz eti	0,6
Tavuk eti	0,9
Hindi eti	2,5
Sığır etiyle yapılmış sucuk	2,9
Sığır etiyle yapılmış sosis	3,3
Alabalık	0,5
Somon	0,3
Karides	0,6
Yumurta sarısı	0,6
Bitkisel yağlar	
Ayçiçek yağı	0,4
Mısır yağı	0,2
Kanola yağı	0,5
Aspir yağı	0,7

2.6. Bireylerde Günlük CLA Alımı

Bireylerde CLA'nın günlük alım dozu ile ilgili veriler tartışmalıdır. Genel olarak günlük besin alımının %0.1'inin CLA'dan gelmesi önerilmektedir. Günlük CLA gereksiniminin %60'ı süt ve süt ürünlerinden, %37'si ise et ve et ürünlerinden çoğunlukla c-9, t-11 CLA konfigürasyonunda sağlandığı belirtilmektedir. Amerikan Tarım Bakanlığı (United States Department of Agriculture, USDA) tarafından yapılan besin tüketim araştırmasında (Continuing Survey of Food Intake of Individuals, CSFII 1994-1996); et tüketen bireylerde 221 mg/gün, et tüketmeyen bireylerde diyet ile CLA alımı sağlandığı rapor edilmiştir.

Diyetle CLA alımı konsantrasyonları ülkelere göre farklı düzeylerde olabilir. Avrupa'da günlük besin tüketimine göre erkeklerde 2,4 g/gün ve kadınlarda 2 g/gün CLA alındığı tahmin edilmektedir. İsviçre'de et ve süt ürünleri ile alınan CLA konsantrasyonu 0,16 g/gün, Almanya'da kadınlarda 0,35 g/gün ve erkeklerde 0,43 g/gün olarak bildirilmektedir.

Diyet ile CLA alım konsantrasyonları kısıtlı olması ticari formlarının geliştirilmesine yönlendirmiştir. CLA, alkalin izomerizasyon yoluyla sentetik olarak linoleik asitten (örneğin, yüksek linoleik tip aspir yağı) elde edilmektedir. CLA'nın ticari preparatları, linoleik asidin izomerizasyonuyla oluşan c-9, t-11-18:2 ve t-10, c-12-18:2 oktadeenoik asitlerinin 50:50 oranında üretilmektedir. Bu oran ABD Gıda ve İlaç İdaresi (US Food and Drug Administration) genel olarak güvenli (GRAS) olarak kabul edilerek onaylanmıştır. Mevcut GRAS iddiası şu şekildedir: "Soya sütü, öğün yerine geçen içecekler ve barlar, süt ürünleri ve meyve suları genel kategorilerindeki belirli gıdalarda

porsiyon başına 1,5 g CLA düzeyinde CLA bakımından zengin yağın kullanımı muaftır.” Şeklindedir (Kim ve ark., 2016).

Daha önceki klinik çalışmalara göre ise 1 yıl boyunca 6 g CLA/gün veya 2 yıla kadar 3,4 g CLA/gün tüketiminin şu anda güvenli olduğu düşünülmektedir (Onakpoya ve ark., 2012; Watson, 2014).

2.7. CLA’nın Fizyolojik Etkileri

Dr. Pariza ve çalışma grubunun antikanserojen etkisini keşfetmesi ile birlikte CLA’ya dair ilgi artmış ve bu konuda yapılan çalışma sayısında ciddi bir artış olmuş, olası birçok fizyolojik etkilerinin olabileceği bildirilmiştir. Bunlar,

3. Antioksidatif etki
4. Antikarsinojenik etki
5. Antiobezite etkisi
6. Antidiyabetik etki
7. Antiaterojenik etkidir.

2.7.1. Antikarsinojenik Etki

CLA'nın antikarsinojenik aktivitesi, kimyasal olarak indüklenen bir sıçan meme tümörü modelinde incelenmiştir. CLA’ nın meme ve prostat tümörlerinin büyümesinde olumlu katkı sağladığı gösterilmiştir (Koba ve Yanagita, 2014). Kanıtlar, CLA’ nın kemirgenlerde meme tümörlerinin başlamasını ve görülme sıklığını engellediğini göstermektedir. Serbest yağ asidi-CLA ve trigliserit- CLA'nın antikanser aktivitesinin esasen benzer olduğu bildirilmektedir (Ip ve ark., 1996). Diyetteki CLA miktarının önemli olduğu gelişen olumlu

etkinin doza bağımlı olduğu bildirilmektedir. CLA'nın antikarsinojenik etkisinin, antikarsinojenik etkileri iyi bilinen eikosapentaenoik (EPA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA) gibi n-3 yağ asitlerinden çok daha güçlü olduğunu ve önemli bir etki yaratmak için en az %5-10 dozunda olması gerektirdiğini göstermektedir (Koba ve Yanagita, 2014).

Aynı zamanda CLA'nın olası antikarsinojenez mekanizmalarından biri peroksizom proliferatörüyle aktifleştirilen reseptörlerin (PPAR) aktivasyonu olduğu belirtilmektedir. PPAR'ın ligand aktivasyonunun apoptozu indüklediği ve in-vitro ve in-vivo çalışmalarda prostat, meme, kolon ve mide kanseri hücrelerinin proliferasyonunu inhibe ettiği gösterilmiştir. Aynı zamanda, PPAR aktivatörleri nfK-B ve aktivatör protein 1 (AP1) aktivasyonunu da inhibe edebilir. CLA'nın kanserli prostat epitel hücrelerinde hücresel proliferasyonu azalttığı ve nükleer faktör kappa-B (NFκ-B) aktivasyonunu inhibe ettiği gösterilmiştir (Shen ve McIntosh, 2016).

2.7.2. Antioksidatif Etki

CLA, hücre membran bileşenidir ve fosfolipitler ile birlikte vücuda alınırlar (Aydın, 2005). Genel olarak CLA'nın katalaz, dismutaz ve glutatyon peroksidaz gibi enzimlerin aktivitesinde inhibasyon sağlayarak antioksidatif etki sağlayabileceği bildirilmektedir. Ayrıca, CLA izomerlerinin α-tokoferolden daha güçlü, bütillenmiş hidroksi toluen (BHT) ile benzer, β-karotene göre ise 2 kat daha fazla antioksidatif kapasiteye sahip olabileceği belirtilmektedir (Shen ve McIntosh, 2016).

2.7.3. Antiinflamatuvar Etki

Bazı deneysel hayvan çalışmalarında CLA'nın immun uyarımının olumsuz etkilerini hafiflettiği, inflamatuvar tepkileri ve aşırı duyarlılığı azalttığı gösterilmiştir. Bununla birlikte, CLA’nın alerjik tepkilerin baskılanması, aşılama sonrasında antikor üretiminin arttırılması, atopik dermatit semptomlarının azaltılması gibi immün sistemde iyileşme sağlayabileceği belirtilmektedir (Shen ve McIntosh, 2016).

Yakın zamanda yapılan klinik çalışmalarda CLA’nın romatoid hastalarında TNF-α veya NFκ-B gibi majör proinflamatuar belirteçleri azalttığı bildirilmektedir. Ayrıca CLA ve E vitaminin birlikte takviyesi romatoid artiritli hastalarda CCPA, matriks metaloproteinaz 3 (MMP-3) ve beyaz kan hücresi (WBC) düzeylerinde azalma sağlayabileceğini göstermektedir. Bu sonuçlar CLA takviyesinin romatoid artrit semptomlarını yönetmek için kullanılma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir (Shen ve McIntosh, 2016).

CLA’nın inflamatuvar bağırsak hastalıkların progresyonunda pozitif etkiler sağlayabileceği düşünülmektedir. İnflamatuvar bağırsak hastalıkları çok yaygın olup başlıca formları Crohn hastalığı ve ülseratif kolittir. CLA'nın olumsuz bağışıklık ve inflamatuvar yanıtları azalttığına dair önceki gözlemlerin yanı sıra CLA inflamatuvar bağırsak hastalığının semptomlarının azaltılmasında da yardımcı olabilir. Crohn hastalarına 12 hafta boyunca 6 g CLA takviyesi verildiğinde hastalık yükünü gösteren Crohn hastalığı aktivite indeksi (CDAI) değerinde azalma olduğu tespit edilmiştir. Bu durum interferon-y, TNF-a ve IL-17 gibi inflamatuar sitokinlerin azalmasıyla ilişkilendirilmiştir (Bassaganya-Riera ve ark., 2012). Bu doğrultuda

CLA'nın inflamatuvar yanıtların azalmasına katkıda bulunabileceği ve inflamatuvar bağırsak hastalığıyla ilişkili semptomların hafifletilmesinde potansiyel olarak yararlı olabileceğini düşündürmektedir. Aynı zamanda inflamatuar bağırsak hastalığı ile belirli kolorektal kanser türlerinin gelişme riskinin artması arasında bilinen bağlantı göz önüne alındığında, CLA'nın inflamatuvar bağırsak hastalığını kontrol etmek için takviye olarak verilmesi umut verici olarak görünmektedir ve olası kolorektal kanser gelişme riskinin azalmasını sağlayabileceği düşünülmektedir (Shen ve McIntosh, 2016).

2.7.4. Antiobezite Etki

CLA'nın antiobezite etkisi ilk kez 1997 yılında Dr. Pariza'nın grubu tarafından rapor edildiğinden beri CLA'nın ana ilgi odağı olmuştur. Her ne kadar CLA'nın antiobezite etkileri üzerine insan çalışmalarından elde edilen genel sonuçlar, hayvan çalışmalarından elde edilenlerle karşılaştırıldığında biraz zayıf olsa da bir dizi klinik çalışma, CLA takviyesi ile beden kütle indeksi (BKİ), vücut ağırlığı, vücut yağ kütlesi, abdominal yağlanma ve yağsız vücut kütlesinde iyileşme arasında pozitif korelasyon olduğu bildirilmektedir. CLA takviyesinin olası antiobezite etkisinde, verilen CLA dozu, süresi, izomer çeşidi, bireyin yaş ve cinsiyeti farklı klinik sonuçlara yol açabilir (Koba ve Yanagita, 2014).

CLA’nın adipozitede azalmayı sağladığına dair olası mekanizmalar enerji harcamasını düzenleyen metabolik yolaklardan oluşmaktadır. CLA’nın verilmesi ile birlikte artan oksijen tüketimi ile ilişkilendirilmektedir (Rahman ve ark., 2001; Koba ve Yanagita, 2014).

Noradrenalin ve adrenalin hormonlarının yüksekliğine bağlı CLA'nın sempatik sinir aktivitesini arttırdığını, bunun da enerji metabolizmasının artmasına ve sonunda yağ dokusu kütlesinin azalmasını sağlamaktadır. Aynı zamanda, CLA'nın yağ dokusu kütlesini azaltma yeteneği aynı zamanda adiposit apoptozunun ve/veya farklılaşmasının indüklenmesiyle de bağlantılıdır (Shen ve McIntosh, 2016).

CLA'nın vücut kompozisyonu üzerindeki etkileri cinsiyete göre farklılık gösterebilmektedir. Yapılan deneysel çalışmalarda erkek sıçanların diyetteki CLA'ya daha duyarlı olduğu bu da dişi yavrularla karşılaştırıldığında yağ dokusunun azalmasına ve kas kütlesinin artmasını sağladığı bildirilmektedir (Koba ve Yanagita, 2014).

CLA'nın adipozite üzerinde izomere özgü bir etkisinin olduğu trans 10, cis12 CLA, farelerde adipoz doku kütlesini azaltmada cis-9, trans-11 CLA izomerinden çok daha etkili olduğu rapor edilmektedir (Bauman ve ark., 2020; Koba ve Yanagita, 2014).

CLA dozu ve uygulama süresi vücut ağırlığı/vücut yağında azalmada önemli rol oynayabilmektedir. Obez yetişkin bireylere verilen 3,4-6,0 g/gün CLA takviyesinin vücut yağ kütlesinde anlamlı düzeyde azalma sağlayabileceği belirtilmektedir. Ancak 12 hafta boyunca günde 3,0 g CLA tüketen bireylerde vücut ağırlığı veya yağlanma açısından herhangi bir olumlu etki gözlemlenmemiştir. Aynı zamanda, CLA takviyesinin leptin düzeyinde iyileşme sağlayabileceği bildirilmektedir (Onakpoya ve ark., 2012; Shen ve McIntosh, 2016).

Obezitenin temel bileşenlerinden olduğu metabolik sendromu olan bireylerde 30 gün boyunca 3 g/gün CLA verilmesinin vücut yağ yüzdesinde anlamlı bir azalma sağlayacağı gösterilmiştir (Riserus ve ark., 2001).

2.7.5. Antidiyabetik Etki

Tip 2 diyabetin gelişimi için bozulmuş glukoz toleransı, etnik köken, yaş, cinsiyet ve genetik gibi çok sayıda risk faktörü vardır. Tüm bu risk faktörlerinin merkezinde obezite bulunmaktadır. CLA'nın antiobezite ilişkisinin antidiyabetik etkisi ile benzer etiyolojiye bağlı olduğu belirtilmektedir (Koba ve Yanagita, 2014).

CLA'nın glikoz metabolizmasını normalleştirebileceğine dair kanıtlar vardır. Aynı zamanda trans-10, cis- 12 CLA izomerinin diyabet gelişimini önlemede biyolojik olarak aktif izomer olabileceğini öne sürülmektedir. Obez, diyabetik sıçanlarla yapılan çalışmalarda, %1.5 CLA içeren diyet ile beslenmenin, bozulmuş glukoz toleransını 2 hafta içinde normalleştirdiği ve CLA'nın etkisinin farmasötik ajan olan troglitazonun etkisine benzer olduğu görülmüştür. CLA'nın antidiyabetik etkisi, troglitazonun etkisine benzer şekilde PPAR aktivasyonuna bağlı olabileceği belirtilmekedir. PPAR'ın aktivasyonu, plazma adiponektin konsantrasyonunu artırabilir ve hiperinsülinemiyi iyileştirebilir (Houseknecht ve ark., 1998; Koba ve Yanagita, 2014; Shen ve McIntosh, 2016).

Ancak diğer yandan CLA'nın kan şekeri kontrolünü kötüleştirebileceğine dair kanıtlar da artmaktadır. Diyabeti olmayan aşırı kilolu bireylerde CLA, insülin direncini artırabilir ve dolayısıyla

insülin duyarlılığını azaltarak pre-diyabetik bir klinik durum yaratabilir (Koba ve Yanagita, 2014).

2.7.6. Antiaterojenik Etki

CLA’nın deney hayvanlarında aterosklerotik plak oluşumunu azalttığına dair giderek artan sayıda kanıt bulunmaktadır. Diyete eklenen CLA takviyesinin serum trigliserit, LDL ve kolesterol seviyelerinde iyileşme sağladığı bildirilmektedir. Diyetteki CLA, önemli ölçüde azalmış dien oluşumuyla ilişkili olduğundan CLA'nın aortik plak oluşumunu azaltma yeteneğinin, LDL’nin oksidatif duyarlılığındaki değişikliklere bağlı olabileceği sonucuna varılmıştır (Shen ve McIntosh, 2016).

CLA'nın kan hücrelerinin trombotik özellikleri üzerindeki etkileri, in vitro kültürlenmiş trombositlerde ve insan deneklerde incelenmiştir. Kültürlenmiş trombositlerde CLA, cis-9, trans-11-CLA ve trans-10, cis-2-CLA, kollajen veya araşidonik asidin indüklediği trombosit agregasyonunu inhibe ettiği bildirilmektedir. Bu bulgular, 14C-araşidonat, 14C-tromboksan A2 ve 14C-tromboksan-B2'nin proagregan siklooksijenaz ürünlerinin üretiminin azalmasıyla ilişkilendirilmektedir. Ancak, 93 gün boyunca CLA (3,9 g/gün) veya plasebo (ayçiçek yağı) ile desteklenen insan deneklerde trombosit agregasyonu veya protrombin zamanında herhangi bir fark bulunmaması da CLA’nın antiaterojenik etkisini tartışmalı hale getirmektedir (Bauman ve ark., 2020; Shen ve McIntosh, 2016).

3. SONUÇ

Besinsel olarak zengin kaynakları olan süt ve süt ürünlerindeki CLA'nın sağlığa bazı olumlu katkılarının olabileceği belirtilmektedir. CLA'nın antikarsinojenik, antioksidatif, antiobezite, antidiyabetik ve antiaterojenik etkilerinin olabileceği deneysel çalışmalarda tutarlı bir şekilde ortaya konmuştur. Ancak yapılan insan çalışmalarında bu etkinin daha kısıtlı olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışmalarda veriler genellikle tartışmalıdır. CLA'nın sağlığa olumlu etkilerinin gözlemlenmesinde miktarı, türü, süresi, etki edeceği popülasyona göre farklılık gösterebilmektedir. Bu konuda kesin bir yargıya ulaşmak için daha büyük popülasyon gruplarında daha uzun zaman dilimine sahip randomize kontrollü çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

Aydın, R. (2005). Conjugated linoleic acid: chemical structure, sources and biological properties. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, *29*(2), 189-195.

Bassaganya-Riera, J., Hontecillas, R., Horne, W. T., Sandridge, M., Herfarth, H. H., Bloomfeld, R., & Isaacs, K. L. (2012). Conjugated linoleic acid modulates immune responses in patients with mild to moderately active Crohn's disease. *Clinical nutrition*, *31*(5), 721-727.

Bauman, D. E., Lock, A. L., Conboy Stephenson, R., Linehan, K., Ross, R. P., & Stanton, C. (2020). Conjugated linoleic acid: biosynthesis and nutritional significance. *Advanced Dairy Chemistry, Volume 2: Lipids*, 67-106.

Çelik, L. (2006). Konjuge linoleik asidin ruminatlarda biyosentezi, fizyoloji ve lipid metabolizması üzerine etkileri. *Hayvansal Üretim*, *47*(1).

Eulitz, K., Yurawecz, M. P., Sehat, N., Fritsche, J., Roach, J. A., Mossoba, M. M., ... & Ku, Y. (1999). Preparation, separation, and confirmation of the eight geometrical cis/trans conjugated linoleic acid isomers 8, 10-through 11, 13–18: 2. *Lipids*, *34*(8), 873-877.

Ha, Y. L., Grimm, N. K., & Pariza, M. W. (1987). Anticarcinogens from fried ground beef: heat-altered derivatives of linoleic acid. *Carcinogenesis*, *8*(12), 1881-1887.

House, R. L., Cassady, J. P., Eisen, E. J., Eling, T. E., Collins, J. B., Grissom, S. F., & Odle, J. (2005). Functional genomic characterization of delipidation elicited by trans-10, cis-12-conjugated linoleic acid (t10c12-CLA) in a polygenic obese line of mice. *Physiological Genomics*, *21*(3), 351-361.

Houseknecht, K. L., Heuvel, J. P. V., Moya-Camarena, S. Y., Portocarrero, C. P., Peck, L. W., Nickel, K. P., & Belury, M. A. (1998). Dietary conjugated linoleic acid normalizes impaired glucose tolerance in the

Zucker diabetic fattyfa/farat. *Biochemical and biophysical research communications*, *244*(3), 678-682.

Ip, C., Briggs, S. P., Haegele, A. D., Thompson, H. J., Storkson, J., & Scimeca, J. A. (1996). The efficacy of conjugated linoleic acid in mammary cancer prevention is independent of the level or type of fat in the diet. *Carcinogenesis*, *17*(5), 1045-1050.

İnanç, N. (2006). Konjuge linoleik asit: obezitede etkileri. *Sağlık Bilimleri Dergisi*, *15*(2), 137-143.

Kelly, G. S. (2001). Conjugated linoleic acid: a review. *Alternative Medicine Review*, *6*(4), 367-367.

Kepler, C. R., Hirons, K. P., McNeill, J. J., & Tove, S. B. (1966). Intermediates and products of the biohydrogenation of linoleic acid by Butyrivibrio fibrisolvens. *Journal of Biological Chemistry*, *241*(6), 1350-1354.

Kim, J. H., Kim, Y., Kim, Y. J., & Park, Y. (2016). Conjugated linoleic acid: potential health benefits as a functional food ingredient. *Annual Review of Food Science and Technology*, *7*, 221-244.

Koba, K., & Yanagita, T. (2014). Health benefits of conjugated linoleic acid (CLA). *Obesity research & clinical practice*, *8*(6), e525-e532.

Lin, H., Boylston, D., Chang, M. J., Luedecke, L. O., & Shultz, T. D. (1995). Survey of the conjugated linoleic acid contents of dairy products. *Journal of Dairy Science*, *78*(11), 2358-2365.

MacDonald, H. B. (2000). Conjugated linoleic acid and disease prevention: a review of current knowledge. *Journal of the American College of Nutrition*, *19*(sup2), 111S-118S.

Martín-González, M. Z., Palacios, H., Rodríguez, M. A., Arola, L., Aragonès, G., & Muguerza, B. (2020). Beneficial effects of a low-dose of conjugated linoleic acid on body weight gain and other cardiometabolic risk factors in cafeteria diet-fed rats. *Nutrients*, *12*(2), 408.

Murru, E., Carta, G., Manca, C., Sogos, V., Pistis, M., Melis, M., & Banni, S. (2021). Conjugated linoleic acid and brain metabolism: a possible anti-neuroinflammatory role mediated by PPARα activation. *Frontiers in Pharmacology*, *11*, 587140.

Onakpoya, I. J., Posadzki, P. P., Watson, L. K., Davies, L. A., & Ernst, E. (2012). The efficacy of long-term conjugated linoleic acid (CLA) supplementation on body composition in overweight and obese individuals: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *European journal of nutrition*, *51*, 127-134.

Pariza, M. W., Park, Y., & Cook, M. E. (2001). The biologically active isomers of conjugated linoleic acid. *Progress in lipid research*, *40*(4), 283-298.

Parodi PW (1999) Conjugated linoleic acid: the early years. In: Yurawecz MP, Mossoba MM, Kramer JKG, Pariza MW, Nelson GJ (eds) Advances in conjugated linoleic acid research. AOCS Press, Urbana)

Rahman, S. M., Wang, Y. M., Yotsumoto, H., Cha, J. Y., Han, S. Y., Inoue, S., & Yanagita, T. (2001). Effects of conjugated linoleic acid on serum leptin concentration, body-fat accumulation, and β-oxidation of fatty acid in OLETF rats. *Nutrition*, *17*(5), 385-390.

Riserus, U., Berglund, L., & Vessby, B. (2001). Conjugated linoleic acid (CLA) reduced abdominal adipose tissue in obese middle-aged men with signs of the metabolic syndrome: a randomised controlled trial. *International Journal of Obesity*, *25*(8), 1129-1135.

Shen, W., & McIntosh, M. K. (2016). Nutrient regulation: conjugated linoleic acid's inflammatory and browning properties in adipose tissue. *Annual Review of Nutrition*, *36*, 183-210.

Wang, J., Han, L., Wang, D., Li, P., & Shahidi, F. (2020). Conjugated fatty acids in muscle food products and their potential health benefits: A

review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *68*(47), 13530-13540.

Watson, R. R. (Ed.). (2014). *Nutrition in the prevention and treatment of abdominal obesity*. Elsevier.

BÖLÜM 11

MEME DOKUSUNUN HİSTOLOJİSİ

Arş. Gör. Dr. Elif ERBAŞ[1]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10460134

[1] Atatürk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Histoloji ve Embriyoloji Anabilim Dalı, Erzurum, Türkiye. E-mail: eliferbas4154@gmail.com, Orcid ID: 0000-0003-1750-3889

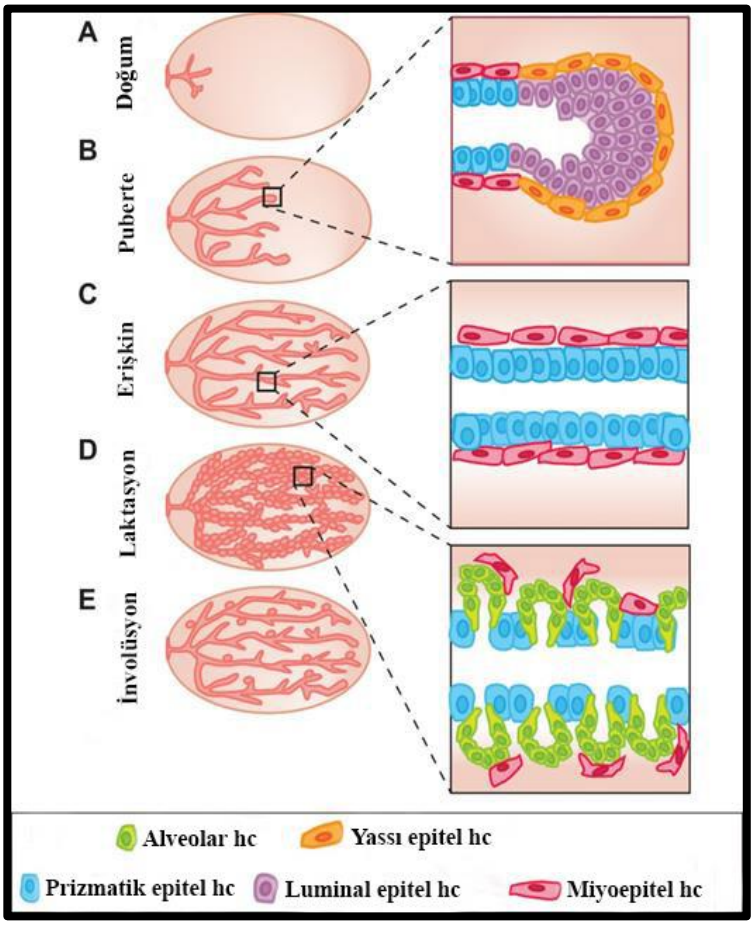
1. GİRİŞ

Meme dokusu memelileri diğer türlerden ayırt eden bir özelliktir ve canlının yaşına, menstrüel siklus dönemine ve doğum durumuna göre devamlı değişiklik gösteren dinamik bir dokudur. Meme dokusunun büyüme ve gelişimi her iki cinste de embriyolojik dönemden itibaren devam eder. Puberteye kadar bu gelişme her iki cinste de benzerdir. Erkekte puberte ile birlikte testosteronun etkisi ile meme bezlerinin gelişimi inhibe olur. Dişilerde ise östrojen ve progesteronun etkisi ile meme gelişimi devam eder. Östrojen hormonunun stimülasyonu ile mezenkimal hücrelerin gelişimi ilerler. İnterlobüler adipoz dokunun gelişmesi ile meme dokusu büyür. Meme kanalları da genişleyen bağ dokusu içine doğru dallanarak yayılır. Yetişkin çağa gelindiğinde ise meme bezlerinin büyüme ve gelişimi tamamlanmış olur. Gebeliğe kadar inaktif olarak bulunan meme bezleri gebelik ile birlikte tam olarak morfolojik ve fonksiyonel olgunluk durumuna geçer. Gebeliğin son dönemlerinde ise epitelyal hücrelerde salgı vezikülleri oluşur. Progesteron seviyesinin yüksek olması nedeni ile süt üretimi durdurulur. Doğumdan hemen sonra, prolaktin hormonunun etkisi ile, süt salgısı başlar. Memeden sütün indirilmesi ise oksitosin hormonu tarafından kontrol edilir. Menopoz döneminde ise değişen hormonlar nedeniyle meme bezlerinin yerini yağ ve bağ dokusu alır (Pawlina ve Ross, 2018; Junqueire ve ark., 2009).

2. MEME BEZLERİNİN GELİŞİMİ

Embriyonik dönemde meme bezleri, ektodermal kalınlaşmaların (meme çıkıntıları, crista mammaria) alt kısmında yer alan mezenkim dokudaki epitelyal tomurcuklardan (gemma mammaria) gelişir. Bu çıkıntılar

ruminantlarda kasık bölgesinde bulunur. Genellikle, erişkin canlılarda daha çok sayıda tomurcuklanma vardır ve fazla tomurcuklar ilerleyen dönemlerde gerileyerek yok olur. Kaybolmayan tomurcuklar ise kalıcı aksesuar meme başlarını meydana getirir. Bunlar bağımsız olarak bulunurlar ya da gelişmiş diğer bezlere bağlıdırlar. Meme başları, tomurcuğu çevreleyen mezenşim dokunun çoğalması neticesinde meme ucunun (papilla mamma) vücut yüzeyinden çıkıntı oluşturmasıyla meydana gelir. Bu filizlenmeler birden fazla sayıda epidermal kattan oluşur, bu yapılar bağdokusu içerisinde meme tomurcuğundan ortaya çıkar ve kanallar oluşturmaya başlar. Oluşan bu filizler glanduler doku ile bağlantılıdır. Fakat birbirlerinden bağımsız olarak gelişen ductus lactiferileri meydana getirir. Tüm bu gelişimsel aşamaların sonunda her bir filizden, meme ucuna bir kanal ile açılan ve sütün meme dışına çıkmasını sağlayan sistem oluşur. Meme başlarını oluşturan tomurcukların sayısı birden fazla olduğunda, her biri ayrı bir glanduler yapı ile bağlantılı olan ve ayrı deliğe sahip olan çok sayıda kanal sistemleri oluşur. Meme bezinin gelişimi ve kanalların oluşması canlının puberte dönemine gelmesi sonrası ve ilk gebelik aşamasında da devam eder. Süt bezlerinde şekillenen bu büyüme sonucunda meme uçları vücut duvarlarından uzaklaşır. Bu gelişim süreci; hipofiz bezi, ovaryumlar ve diğer endokrin bezlerden salgılanan çok sayıdaki hormonun etkileştiği karmaşık bir mekanizma ile kontrol edilir (König ve Liebich, 2018).



Şekil 1. Meme bezi gelişimi çok aşamalıdır ve doğumdan sonra ortaya çıkar. (A) Meme dokusunun temeli doğumda mevcuttur ve ergenliğe kadar hareketsiz kalır. (B) Ergenlik hormonları nedeniyle, epitelyal duktal hücreler, oldukça proliferatif çok katmanlı terminal uç tomurcuklarının önderliğinde meme yağ yastığına doğru genişler. (C) Yetişkin meme bezi epitelyal dallanma yapılarıyla doludur. Bu yapının kanalları (iç kısım), miyoepitelyal hücrelerin bir dış katmanını ve luminal epitelyal hücrelerin bir iç katmanını içerir. (D) Gebelikte ve emzirme sırasında süt salgılayan alveoller ile olgunlaşan alveolar hücrelerin genişlemesine farklı hormonal değişiklikler eşlik eder. Alveoller (iç kısım), yağ yastığının çoğunu dolduran kanallardan dışarı doğru genişler. (E) Sütten kesme sonrasında, hücre ölümü ile yetişkin meme bezine benzeyen bir görüntü ortaya çıkar. (Chuong ve ark., 2014; Hennighausen ve Robinson, 2005; Inman ve ark., 2015).

3. MEME BEZLERİNİN YAPISI

Meme bezleri subkutan dokuda yerleşir ve tübüloalveolar bez yapısındadır. İnaktif durumda bulunan yetişkin meme bezleri 15-20 adet düzensiz lobdan meydana gelir. Bu loblar meme papillasından ya da meme başından ışınsal olarak yayılır ve birçok lobüle ayrılır. Her meme bezi bir süt kanalında (laktiferöz kanal) sonlanır. Bu süt kanallarından her biri de dar bir yol ile meme başına açılır. Meme başının çevresindeki koyu pigmentli, büzüşmüş olarak bulunan bölüme areola denir. Areolanın altında bulunan her kanal laktiferöz sinüslere bağlanır. Bu genişlemelerin (laktiferöz sinüsler) son kısımlarında (meme başına açılan kısmı) epitel dokusu keratinize ve çok katlı yassıdır. Laktiferöz sinüslerin epiteli iki katlı kübik hücrelerden oluşurken, kanalın geri kalanını ise tek katlı prizmatik ya da kübik hücreler döşer. Areola ve meme başının derin katmanlarında (sıkı bağ dokusunda) düz kas lifleri demetler halinde bulunur. Bu kas demetleri radial, sirkümferansiyel ve laktiferöz kanallar hizasında da longitudinal olarak uzanır.

Areola' nın yapısında sebase bezler ve ter bezlerinin yanı sıra Montgomery bezleri bulunmaktadır. Montgomery bezleri meme bezi ile ter bezi arasında bir yapısal özelliğe sahip özelleşmiş bezlerdir. Areola dokusunun yüzeyinde görülen minik kabartıları bu bezler oluşturur. Areola' da bulunan duyusal sinir sonlanmaları ise meme başına göre daha az sayıdadır (Pawlina ve Ross, 2018).

3.1. Meme bezlerinin terminal duktal lobüler birimleri (Tdlb)

Terminal duktal lobüler birimler, ard arda gelen laktiferöz kanalların yaptıkları dallanmalar ile meydana gelen alveol kümeleridir. Terminal

duktüller, intralobüler toplayıcı kanal ve intralobüler stromadan meydana gelirler. İnaktif durumdaki meme bezinde bulunan terminal duktüller gebelikte ve doğum sonrasında sekretuar alveollere dönüşerek fonksiyonel hale gelirler. İntralobüler toplayıcı kanal ise alveollerde üretilen salgıyı taşıyarak laktiferöz kanala iletir. İntralobüler stroma, terminal duktülleri ve alveol yapılarını saran gevşek bir bağ dokudur. Bu bağ doku yapısı hormonlara karşı duyarlıdır ve az miktarda yağ doku bulundurur.

Meme bezinde epitel hücreler ile miyoepitel hücreler oldukça önem arz eder. Bezin kanal sistemini epitel hücreler döşer ve miyoepitelyal hücreler ise epitelin iç kısmında bazal laminaya yakın yerleşmişlerdir. Miyoepitelyal hücreler süt verimi sırasında kasılarak sütün indirilmesini kolaylaştıran yapılardır (Pawlina ve Ross, 2018; Junqueire ve ark., 2009).

3.2. Meme bezinde sekretuar komponentin yapısal değişimi

İnaktif durumdaki meme bezinde kanal yapısı esastır ve glandüler yapılar az bulunur. Menstrüel siklusun foliküler fazında intralobüler stroma az yoğundur. Terminal duktüllerin lümeni kübik epitel hücreler ile döşelidir ve oldukça dardır. Luteal fazda bu epitel hücrelerin boyları uzar ve lümen biriken salgının etkisi ile biraz genişler. Menstrüel fazda ise ani involüsyon ve apopitoz gözlenir.

Meme bezleri gebelik esnasında süt verimine hazırlık yaparlar ve bu nedenle ileri proliferasyon ve gelişim gözlenir. Gebeliğin birinci trimesterinde terminal duktüller uzar ve dallanma gösterir. Bu kanallarda bulunan epitel hücreler ve miyoepitel hücreler prolifere olur. İkinci

trimesterde ise büyümekte olan terminal duktüllerin uç kısımlarında alveoller oluşur. Alveollerin gelişimi ile birlikte bez dokusunda miktar olarak artma olur ve meme boyutu büyür. Üçüncü trimesterde alveoller olgunlaşır. Epitel hücrelerin sitoplazmasında salgı vezikülleri ile yağ damlacıkları oluşur. İnterlobüler stromada proliferasyon yavaşlar. Bunun yerine salgı yapan hücrelerde hipertrofi gözlenir ve alveollerde salgı birikimi hızlanır (Pawlina ve Ross, 2018; Junqueire ve ark., 2009).

4. SÜT ÜRETİMİ

Salgı yapan hücrelerde granüllü endoplazmik retikulum miktarı fazladır. Bununla birlikte büyük mitokondriler, golgi aygıtı ve yoğun lizozomlar içerirler. Salgı yapma durumuna göre apikal sitoplazmalarında yağ damlacıkları ile salgı granülleri bulunabilir. Salgı yapan hücrelerde iki tip salgılama mekanizması vardır. Bu iki mekanizma ile iki farklı ürün salınır. Merokrin salgılama ile sütün protein içeriği salgılanırken, apokrin salgılama ile sütün yağı salgılanır.

Yavrunun doğması ile birlikte ilk günler kolostrum adlı salgı oluşur. Bu salgı normal süte kıyasla daha yüksek protein, A vitamini, sodyum, klorür ve antikor (özellikle IgA) içerir. Lipid, karbonhidrat ve potasyum içeriği ise daha azdır (Pawlina ve Ross, 2018).

4.1. Kolostrum

Dişi memelilerin doğumdan hemen sonra ürettiği, besin açısından zengin bir sıvı olan kolostrum, bağışıklık, büyüme ve doku onarım faktörleriyle yüklüdür. Yenidoğanda bağışıklığın gelişmesine yardımcı olan karmaşık bir biyolojik sıvıdır. Yeni doğan yavrunun bağışıklık sisteminin olgunlaşmasını aktif olarak uyarmak için doğal anti-mikrobiyal ajanlar

olarak görev yapan önemli miktarlarda tamamlayıcı bileşenler içerir. Kolostrum, bir ineğin yıllık süt üretiminin yaklaşık %0,5' ini oluşturur. Çoğu sağlıklı süt ineği, buzağının gereksinimlerinin çok üzerinde kolostrum üretir. Bağışıklık sütü preparatlarının hammaddesi olan sığır kolostrumu, gastrointestinal sistem enfeksiyonlarını tedavi etmek veya önlemek için kullanılabilir. Belirli tüketicilere yönelik kolostral preparatların gelecekte sağlık hizmetlerinde önemli bir rol oynaması mümkündür. Bağışıklık desteği sağlamanın yanı sıra, kolostrumun olağanüstü kas-iskelet onarımı ve büyümeye destek olma yeteneği vardır. Çalışmalar, kolostrumun iki ana büyüme faktörünün, yani dönüştürücü büyüme faktörleri alfa ve beta ile insülin benzeri büyüme faktörleri 1 ve 2' nin, tek doğal kaynağı olduğunu göstermiştir. Bu büyüme faktörleri, önemli kas ve kıkırdak onarım özelliklerine sahiptir. Doku travması olan hastalar için pratik uygulamalarla yara iyileşmesini destekler. Kolostral büyüme faktörleri, tüm yapısal vücut hücrelerine yayılan çoklu yenileyici etkilere sahiptir (Uruakpa ve ark., 2002; McGrath ve ark., 2016).

5. HORMONAL DÜZEN

Meme bezlerinin puberte başlangıcındaki yapısal gelişimi ovaryumlar tarafından salgılanan östrojenler ve progesteron hormonunun etkisi altındadır. Bu hormonal etki ile Tdlb' ler gelişerek fonksiyonel olgunluğa ulaşırlar. Bu gelişim ile birlikte her ovaryan siklus döneminde meme bezlerinde ufak değişimler gözlenir. Menstrüel siklusun foliküler faz döneminde östrojen hormonu laktiferöz kanalların fonksiyonlarını indükler. Ovulasyon gerçekleştikten sonra luteal faz dönemine geçilir ve bu dönemde de progeteron hormonu ile alveollerin gelişimi indüklenir.

Luteal fazda meme dokusunda hassasiyet ve kütlesel artış gözlenebilir. Gebelik döneminde ise korpus luteum ve plasenta aktif olarak östrojenleri ve progesteron hormonunu üretir. Bu sayede Tdlb' lerde artış ve gelişme gözlenir.

Gebelik sonlandığında ise korpus luteum ve plasentanın hormonal etkisi ani olarak ortadan kalkar. Bu sayede de salınımı oldukça artmış olan prolaktin hormonunun etkisi ile laktasyon başlar. Laktasyon için aynı zamanda büyüme hormonu, adrenal glukokortikoidler ile paratiroid hormonu gerekmektedir. Aktif olarak emzirmenin başlaması ile birlikte meme başında bulunan reseptörler hipotalamusa impulsları taşır. Bu sayede prolaktin inhibe edici faktörün salınması engellenir ve adenohipofiz bezinden prolaktin hormonu salgılanmaya başlar. Aynı zamanda bu impulslar sayesinde nörohipofizden de oksitosin hormonu salgılanır. Oksitosinin miyoepitel hücrelerini stimüle etmesi ile de alveol ve süt kanallarından sütün indirilmesi başlar. Emme refleksi sütün salınımı için hayati önem taşır. Emmenin durması ile süt bezleri inaktif hale gelir.

Menopozla birlikte meme bezinde atrofi ve involüsyon gözlenir. Geriye kalan kanallar erkek memesindeki görüntüye benzeyen bir histolojik görüntü oluşturur. Bağ dokusundaki hücre ve fibrillerin azalması ile birlikte de dokuda dejenerasyon meydana gelir (Pawlina ve Ross, 2018).

6. SIĞIRLARDA MEME BEZLERİNİN YAPISI

İneklerde meme, dört adet meme kompleksinden oluşur. Meme dokusu asıcı bağlar ile kasık bölgesine sıkı şekilde tutunmuştur. Dört adet meme

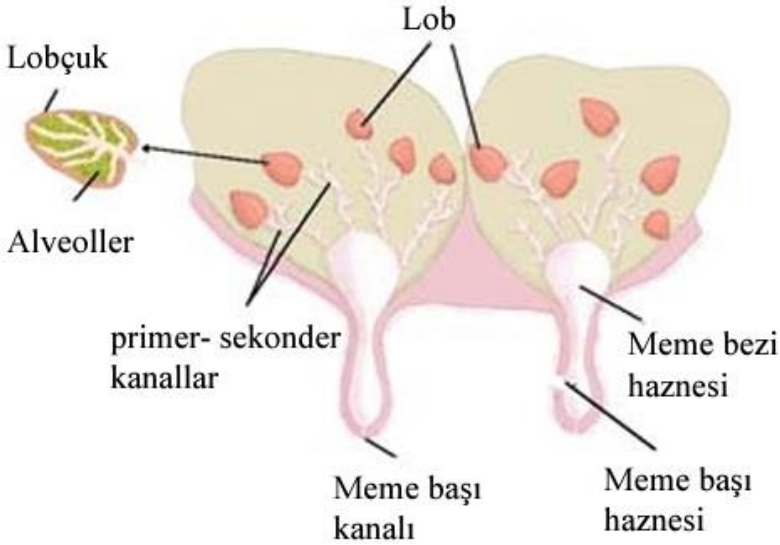
kompleksinin her biri ayrı birer açıklığa ve kanala sahiptir ve her birinin meme başı vardır.

İstenmeyen ve işlevsiz olan fazla meme başlarına sıkça rastlanır. Bu dokular fonksiyonel meme başlarına kaynaşmış ya da çok yakın olursa süt sağımı zorlaşır. Eklenik bez dokusunda yangı meydana gelebilir ve bu fonksiyonel çeyreklere yayılarak süt üretiminin azalmasına sebep olabilir.

Oldukça sağlam bir median sulcus intermammarius vardır ve meme bezini sağ ve sol yarımlara ayırır. Aynı tarafa ait olan ön ve arka lobların arasındaki hat, orta hat kadar belirgin değildir. Meme loblarının birbirinden ayrı ve dört adet olarak bulunmasının klinik olarak önemi vardır. Yangı oluşursa eğer bu durum tek çeyrek lobda sınırlı kalabilir.

Meme bezini besleyen ana arter a. pudenda externa' nın devamıdır. Bu damar canalis inguinalis' ten geçer ve dorsokaudalden memenin tabanına iner. Arteria mammaria cranialis ve caudalis' e ayrılmadan hemen önce 'S' biçiminde kıvrım yapar. İki meme arteri, ön kısımdan organa girer ve a. epigastrica cranialis ile anastomozlaşan a. epigastrica caudalis superficialis ile anastomoz yapar. Arteria pudenda interna ise organa kaudalinden giren ramus labialis dorsalis et mammarius isimli bir dal vererek memeye arteriyel kan getirir. Memenin venöz damarları canalis inguinalis' ten gelen vena pudenda eksterna' lar ve karın alt duvarında deri altında ilerleyen vena epigastrica cranialis superficialis, vena subcutanea abdominis' tir (süt damarı). Süt damarı dışarıdan fark edilebilir şekilde şişkin ve kıvrımlı bir seyri olan, kapak bulundurmayan bir damardır. Vena epigastrica superficialis cranialis ve caudalis

arasındaki anastomozlaşma ilk gebelikte belirgin şekilde genişler. (König ve Liebich, 2018; Dursun, 2000).



Şekil 2. Meme bezinin yapısı (Kul ve ark., 2006).

KAYNAKLAR

Chuong, C. M., Bhat, R., Widelitz, R. B., & Bissell, M. J. (2014). SnapShot: branching morphogenesis. *Cell*, *158*(5), 1212-1212.

Dursun N. Veteriner Anatomi III. Baskı. Ankara, Medisan Yayınevi, 2000

Hennighausen, L., & Robinson, G. W. (2005). Information networks in the mammary gland. *Nature reviews Molecular cell biology*, *6*(9), 715-725.

Inman, J. L., Robertson, C., Mott, J. D., & Bissell, M. J. (2015). Mammary gland development: cell fate specification, stem cells and the microenvironment. *Development*, *142*(6), 1028-1042.

Junqueira LC, Carneiro J, Kelley RO, Aytekin Y, Solakoğlu S. *Temel histoloji*. Baskı. Barış Kitabevi, 2009.

König, H. E., Liebich, H. G., & Aurich, C. (Eds.). (2015). *Veteriner anatomi:(evcil memeli hayvanlar): metin ve renkli atlas*. Medipres.

Kul, E., Erdem, H., & Atasever, S. (2006). Süt sığırlarında farklı meme özelliklerinin mastitis ve süt somatik hücre sayısı üzerine etkileri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, *21*(3), 350-356.

McGrath, B. A., Fox, P. F., McSweeney, P. L., & Kelly, A. L. (2016). Composition and properties of bovine colostrum: a review. *Dairy Science & Technology*, *96*, 133-158.

Pawlina W, Ross MH. (2018). Histology: a text and atlas: with correlated cell and molecular biology. Baskı. Lippincott Williams & Wilkins, 2018.

Uruakpa, F. O., Ismond, M. A. H., & Akobundu, E. N. (2002). Colostrum and its benefits: a review. *Nutrition research*, *22*(6), 755-767.

BÖLÜM 12

TİP 2 DİYABETİN ÖNLENMESİNDE VE TEDAVİSİNDE SÜT VE SÜT PROTEİNLERİNİN POTANSİYEL ROLÜ

Arş. Gör. Mesut AKYÜZ[1]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10460146

[1]Erzurum Teknik Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Erzurum, Türkiye, mesut.akyuz@erzurum.edu.tr, Orcid:0000-0001-8161-2479

1. GİRİŞ

Diyabet, dünyadaki ölüm ve metabolik hastalıkların önde gelen nedeni olarak kabul edilirken, bununla mücadele eden ülkelere önemli bir ekonomik yük de oluşturmaktadır. Tip 2 diyabetin (T2DM) önlenmesi ve tedavisinde literatürde tanımlı araçların yanında gıda bileşenlerinin uygulanabileceğine dair giderek artan kanıtlar vardır. Artan süt ürünleri tüketimi daha düşük T2DM riskiyle ilişkilendirilmiş ve süt ürünlerinin T2DM gelişimindeki koruyucu rolü büyük ölçüde süt proteinlerine bağlanmıştır. Süt proteinlerinin hem sağlıklı bireylerde hem de T2DM'li hastalarda tokluk insülin tepkisini arttırdığına ve tokluk kan şekeri tepkisini azalttığına dair önemli kanıtlar vardır. Süt proteinlerinin tokluk glukoz düzeylerini düşürdüğü kesin mekanizmalar henüz belirlenememiş olsa da düşük postprandiyal glukoz seviyelerine yol açtığı düşünülmektedir (Hidayat ve ark., 2019). Bu bölüm, T2DM'nin önlenmesi ve tedavisinde süt proteinlerinin potansiyeli üzerinde duracaktır.

2. DİYABET VE SÜT

Diabetes Mellitus, uzun bir süre boyunca yüksek kan şekeri seviyeleri ile karakterize edilen ciddi bir kronik tıbbi durumdur. Metabolik hastalıklar arasında açık ara en yaygın olan diyabet hastalığı, tip 1 diyabet ve tip 2 diyabet olmak üzere ikiye ayrılır ve tip 2 toplam diyabet vakalarının büyük çoğunluğunu oluşturur. Tip 2 diyabet (T2DM), insülin direnci ve artan kan glukoz seviyelerine karşı yetersiz insülin tepkisi ile gelişirken kalıcı hiperglisemiye de yol açar. Artan diyabet insidansı bu hastalıkla mücadele eden kişilerin hayat kalitesini düşürmenin yanında ekonomik olarakta zorlayıcı olabilmektedir ((NCD-RisC), 2016; Bommer ve ark.,

2017). Diyabet kontrol edilemezse hem kılcal damarlarda hem de büyük arter veya venlerde ciddi hasara neden olabilir. Kılcal damarların hasar görmesi ileri görme kaybına ve körlüğe yol açabilen göz hasarı (retinopati), böbrek yetmezliğine yol açan böbrek hasarı (nefropati) ve duyu kaybı, kas zayıflığı ve ağrıya yol açan sinir hasarı (nöropati) gibi mikrovasküler komplikasyonlara, arter ve venlerin hasar görmesi ise yaralanmaların iyileşmemesine, kangrene ve sonunda amputasyona yol açan kardiyovasküler hastalık (KVH), felç ve periferik arter hastalığını içeren makrovasküler komplikasyonlara yol açar (Cade, 2008; Deshpande ve ark., 2008). KVH, diyabetli bireylerde morbidite ve mortalitenin başlıca nedenidir (Baena-Díez ve ark., 2016; Centers for Disease Control and Prevention., 2021). 102 prospektif çalışmanın meta analizi, diyabetli bireylerde koroner kalp hastalığı, iskemik felç, hemorajik felç ve damar hastalıklarına bağlı ölüm riskinin yaklaşık iki kat daha yüksek olduğunu göstermiştir. Diabetes Mellitus ve onun makrovasküler ve mikrovasküler komplikasyonları her yıl 2 milyondan fazla ölüme yol açmaktadır; bu ölümlerin yaklaşık %40'ı erken, 70 yaşın altında meydana gelmektedir (Collaboration, 2014). 2016 yılında diyabet dünya çapında engelliliğin sekizinci önde gelen nedeniydi. 2017 yılında, 18 ila 99 yaşları arasındaki 374 milyon kişinin glukoz toleransında bozulma olduğu ve bu nedenle T2DM gelişme riskinin yüksek olduğu rapor edildi; bu sayının 2045 yılına kadar 587 milyona çıkması bekleniyor (Cho ve ark., 2018). Dünyada genetik yatkınlık T2DM'nin bir nedeni olarak gözükse de aslında bu hastalığının nedenleri çok yönlüdür. Obezite, hareketsiz yaşam tarzı ve sağlıksız gıdaların artan tüketimi küresel T2DM’in ana faktörleri arasında sayılmaktadır (Chatterjee ve ark., 2017; Fuchsberger ve ark., 2016). Çoğu durumda T2DM, sağlıklı

vücut ağırlığını korumak, sağlıklı beslenmek, fiziksel olarak aktif olmak, sigara içmemek ve ölçülü alkol tüketmek gibi yaşam tarzı değişiklikleriyle önlenebilir veya en azından geciktirilebilir (Zheng ve ark., 2018).

Diyabetin önlenmesi veya geciktirilmesi için yaşam tarzının değiştirilmesi ve bazı farmakolojik tedavilerin yanı sıra gıdaların ve bileşenlerinin uygulanabileceğine dair kanıtlar giderek artmaktadır (Ley ve ark., 2014; Wang ve Hu, 2018). Yapılan çalışmalar bize artan süt tüketimi ile daha düşük T2DM riski arasında bağlantı kurulduğunu göstermiştir (Gijsbers ve ark., 2016). Süt ürünlerinin T2DM gelişimindeki koruyucu rolünün altında yatan mekanizmalar tam olarak anlaşılamamıştır çünkü süt, çok sayıda besin maddesi içeren (örn. insan sağlığını korumak için gerekli olan protein, peptitler, vitaminler ve mineraller) oldukça besleyici kompleks bir sıvıdır. Bu nedenle, belirli süt ürünlerinin glukoz metabolizması üzerindeki etkisini araştırmak özellikle ilgi çekicidir; çünkü bu tür bilgiler, süt ürünlerinin terapötik etkilerini ve bunların süt tüketimi ile T2DM riski arasındaki ters ilişkiyi anlamamıza katkı sağlayabilir. Bu amaçla, süt proteinleri (peynir altı suyu ve kazein) ve bunlardan türetilen peptitler, insanlarda kapsamlı şekilde araştırılan süt bileşenleri olurken süt proteini takviyesinin glukoz kontrolü üzerindeki etkisi araştırılmaktadır (Hall ve ark., 2003). Genel olarak bu araştırmalardan elde edilen sonuçlar, süt proteinlerinin postprandiyal (öğün sonrası) insülini uyarabileceğini dolayısıyla da T2DM'nin önlenmesi ve tedavisinde besin takviyesi olarak uygulanmasının geleceği üzerine odaklanmaktadır.

3. DÜNYA NÜFÜSUNUN SÜT TÜKETİMİ

Süt ve süt türevi ürünler ilkel çağlardan bugüne dünya çapında yaygın olarak bulunmakta ve insanların kullanımına sunulmaktadır. Küresel süt üretimi 1983 ile 2019 yılları arasında 538 milyon tondan yüzde 64 artışla 883 milyon tona çıktı (Food and Agriculture Organization. Milk facts 2019). Süt tüketimi ve süt talebi, ülkeler arasında büyük farklılıklar göstermekle birlikte genel olarak gelişmiş ülkelerde gelişmekte olan ülkelere göre daha yüksektir (Milk anddairy products in human nutrition., 2013). Ancak gelişmekte olan ülkelerde yaşanan kentleşme ve hızlı gelir artışı, hayvansal kökenli gıdaların diyetlere eklenmesine neden olmuştur. Dolayısıyla bu sürecin bir sonucu olarak her iki grup arasındaki uçurum daralmaktadır (Delgado, 2003).

4. SÜT TÜKETİMİ VE T2DM RİSKİ

Süt ve süt ürünleri insan beslenmesine çok eski çağlardan beri dahil edilmiştir. Süt ve süt ürünleri tüketimi, tam protein ve mikrobesin alımına (örneğin, kalsiyum, magnezyum, selenyum, riboflavin, B12 vitamini ve pantotenik asit) katkıda bulunurken, aynı zamanda doymuş yağ alımına da katkıda bulunur (Ellen Muehlhoff, 2013). Bu ürünlerin doymuş yağ oranı yüksek olduğu bilindiğinden insanlar sıklıkla bu ürünleri tüketmenin KVH ve T2DM gibi metabolik durumların gelişimine yol açabileceği endişesine sahip olsa da yapılan çalışmalar süt ve süt ürünü tüketiminin KVD ve T2DM üzerinde nötr veya koruyucu bir etkisi olabileceğine dair kanıtlar ileri sürmektedir. (Thorning ve ark., 2016).

5. SÜT PROTEİNLERİ

Süt, meme bezlerinin salgı epitel hücreleri tarafından salgılanan besin açısından yoğun bir sıvıdır. Sütün besinsel içeriği memeliler arasında büyük farklılıklar gösterir (sığır sütünün protein içeriği, insan sütünden iki kat daha fazladır) ve onların beslenme gereksinimlerini karşılar. Kazein ve peynir altı suyu sütte bulunan iki ana protein türüdür. Bu iki proteinin birbirine oranı tüm memelilerde aynı değildir. Sığır sütünde bulunan peynir altı suyunun kazeine oranı, insan sütünde bulunandan farklıdır ve kazein, sığır sütünde baskın protein kaynağıdır (Hoffman ve Falvo, 2004). Karşılaştırıldığında, insan sütü, erken laktasyon döneminde peynir altı suyu açısından baskındır ve peynir altı suyu/kazein oranı 70:30 ile 80:20 arasında değişirken geç laktasyon döneminde oran 50:50'ye yaklaşmaktadır (Lönnerdal, 2003; Martin ve ark., 2016). Peynir altı suyu ve kazeinin kendine has özellikleri bulunmakta ve tüm esansiyel amino asitler bakımında eşsiz birer kaynak oluşturmaktadırlar. Ancak peynir altı suyunun biyolojik değeri, protein verimlilik oranı ve net protein kullanımı açısından kazeinden üstün olduğu kabul edilmektedir (Hoffman ve Falvo, 2004; Sindayikengera ve Xia, 2006). Ayrıca, peynir altı suyu proteininin daha yüksek oranda dallı zincirli amino asitler (BCAA'lar) (lösin, valin ve izolösin) içeren daha iyi bir esansiyel amino asit profiline sahip olduğu bilinmektedir (Sindayikengera ve Xia, 2006). Yine peynir altı suyu proteininin sindirim ve emilim hızları, kazeinden daha hızlıdır. Peynir altı suyunun yüksek çözünürlüğü, sindirim sonrası kısa bir süre içinde mide boşaltımından bağırsaklara emilim için geçmesine izin verir, bu da plazma amino asitlerinde dramatik, ancak kısa ömürlü bir yükselişe

neden olur. Buna karşılık, kazein asidik ortamın bir sonucu olarak midede pıhtılaşır ve mide boşaltımını geciktirir, bu da amino asitlerinin kana istikrarlı ve uzun süreli bir şekilde salınmasına neden olur (Boirie ve ark., 1997; Paul, 2009).

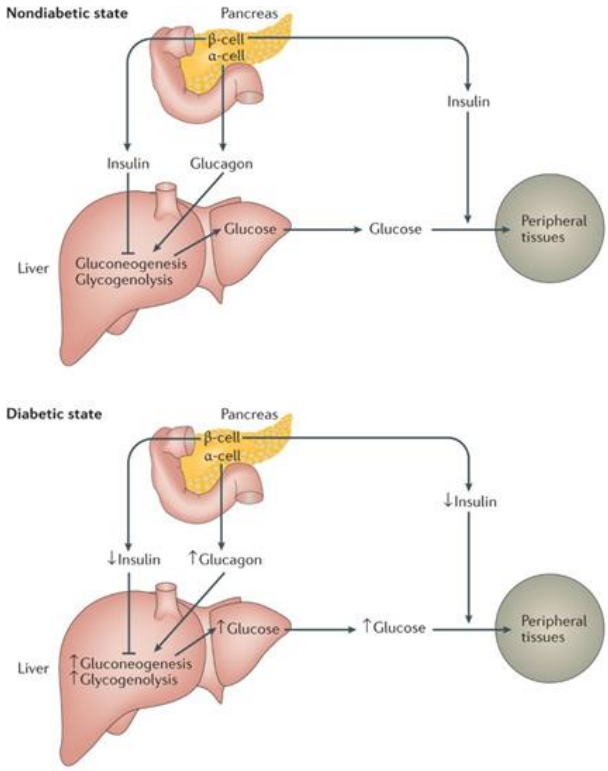
6. T2DM'NİN ÖNLENMESİNDE SÜT PROTEİNLERİNİN POTANSİYEL ROLÜ

Bir monosakkarit türü olan glukoz, canlılar tarafından kullanılan temel enerji kaynağıdır. Beslenme sonrası pankreas, artan kan glukoz seviyelerine düşürmek için veya açlık sonrası düşen glukozu artırmak için adacık hücrelerinden insülin ve glukagon salgılayarak glukoz homeostazisini korur. Yüksek kan şekeri seviyeleri, pankreas beta hücrelerinden insülin salgılanmasını uyarırken pankreas alfa hücrelerinden glukagon salgılanmasını bastırır; düşük kan şekeri seviyeleri ise glukagon salgısını uyarırken bu kez insülin salgılanmasını baskılar (Abdul-Ghani ve ark., 2006; Fonseca, 2009). T2DM insülinin yeterli ve etkili sekresyonunda kusurlarla karakterize edilir. T2DM'nin gelişimi, esas olarak β hücrelerinin insülin direncine karşı yetersiz telafi edici insülin salgılama tepkisinden kaynaklanır (Fonseca, 2009). İnsülin direnci, T2DM patogenezi için bir tetikleyici olarak kabul edilse de, β hücrelerindeki fonksiyon kaybı T2DM'nin gelişiminde ve ilerlemesinde lokomotif görevindedir (Tripathy ve Chavez, 2010). T2DM gelişiminin ilk aşamalarında, normal veya normale yakın plazma glukoz durumunda, pankreas daha fazla insülin üretmek için β hücre kitlesini artırarak insülin direncine uyum sağlar. (Abdul-Ghani ve ark., 2006; Cerf, 2013; Chang-Chen ve ark., 2008; Fonseca, 2009; Kasuga, 2006; Tripathy ve Chavez, 2010). Özetle T2DM'li bireylerde pankreatik β hücreleri normal kan

şekeri düzeylerini korumak için yeterli insülin üretemez (Fonseca, 2009) (Şekil 1).

T2DM'li hastalarda glukoz alımına yanıt olarak pankreastan insülin sekresyonu gerçekleştirilemezken, proteinler gibi diğer karbonhidrat olmayan besinlerin T2DM hastalarında insülin sekresyonunu uyarmada etkili olduğu bulunmuştur (Nuttall ve ark., 1984; van Loon ve ark., 2003). Süt proteinlerinin hem sağlıklı deneklerde hem de T2DM'li hastalarda tokluk insülin tepkisini arttırdığına ve tokluk kan şekeri tepkisini azalttığına dair çok sayıda kanıt vardır (Hidayat ve ark., 2019).

Yemek sonrası glukoz seviyelerinin, özellikle hafif veya orta derecede hemoglobin A1c(HbA1c) bulunan T2DM hastalarında, genel glukoz kontrolü için önemli belirleyiciler olduğu ileri sürülmüştür (Marathe ve ark., 2013). Süt proteinlerinin tokluk glukoz düzeylerini düşürdüğü kesin mekanizmalar henüz belirlenememiş olsada süt proteinlerinden türetilen aminoasitlerin ve biyoaktif peptitlerin düşük postprandiyal glukoz seviyelerine yol açtığı düşünülmektedir (Hidayat ve ark., 2019).



Şekil 1. Diyabetik olmayan ve diyabetik durumlarda glukoz homeostazisi (Rines ve ark., 2016)

6.1. Gecikmiş mide boşalması

Mide boşalmasının yemek sonrası glukoz düzeylerini etkilediği varsayılmıştır (Marathe ve ark., 2013). Uzun süredir devam eden diyabetli hastaların %30 ila %50'sinde mide boşalması geciktirilirken, erken T2DM hastalarında mide boşalması sıklıkla hızlanır (Horowitz ve ark., 1996; Marathe ve ark., 2013). Bu nedenle, oranın modüle edilmesi diyetle alınan besinler veya farmakolojik ajanlar yoluyla gastrik boşalmanın azaltılması, postprandiyal glukoz kontrolünü iyileştirmek için kullanılabilir. T2DM durumunda, insülin sekresyonundaki gecikmeyi ve onun etkilerine karşı direnci dengelemek için ince bağırsağa besin iletiminin daha yavaş bir hızda sağlanması

gerekmektedir (Marathe ve ark., 2013). Ayrıca kolesistokinin ve peptid YY gibi diğer mide-bağırsak hormonları da mide boşalmasının gecikmesine ve ana yemekten önce insülin salgısının artmasına neden olur ve sonuçta yemek sonrası glukoz seviyelerini azaltır (Ma ve ark., 2009). Kazeinin mide boşalmasını yavaşlatmada peynir altı suyuna göre daha etkili olması beklenebilir. Ancak çeşitli denemelerden elde edilen sonuçlar, peynir altı suyunun mide boşalmasını da etkili bir şekilde geciktirebileceğini göstermektedir (Calbet ve Holst, 2004; Stanstrup ve ark., 2014; Thorkelsson ve ark., 1994).

6.2. Süt proteinlerinin insülin üretimini uyarıcı(insülinotropik) etkileri

Protein alımının insanlarda insülin sekresyonunu uyardığı bilinmektedir (Nilsson ve ark., 2004). Süt proteinlerinin insülin üretimini uyarıcı etkilerinin çeşitli mekanizmalara bağlı olduğu düşünülmektedir. Glukozun yanı sıra, arginin, lizin, fenilalanin, alanin, lösin ve izolösin gibi amino asitlerin β-hücrelerinden insülin salınımını uyardığı gösterilmiştir (Blachier ve ark., 1989; Floyd ve ark., 1966; Sener ve Malaisse, 1981). van Loon ve arkadaşları (van Loon ve ark., 2000). Serbest amino asitlerin intravenöz infüzyonunu takiben hem sağlıklı deneklerde (Floyd ve ark., 1970a, 1970b) hem de T2DM hastalarında plazma insülin seviyelerinde bir yükselme rapor edilmiştir (Floyd ve ark., 1968). Amino asitlerin insülin sekresyonunu arttırdığı kesin mekanizmalar tam olarak anlaşılamamıştır fakat plazma zarı depolarizasyonu veya mitokondriyal fonksiyonun arttırılması dahil olmak üzere çeşitli olası mekanizmalar ileri sürülmüştür. Aminoasitlerden lösinin metabolizması, hücre içi enerjiyi artırarak

ATP'ye duyarlı K^+ kanallarını kapatır ve plazma zarı depolarizasyonuna neden olur. İkincisi voltajla aktifleşen Ca^{2+} kanalı aktivasyonuna ve insülin ekzositozunu uyaran Ca^{2+} akışına neden olur (Brennan ve ark., 2002; van Loon, 2012).

Manders ve arkadaşları (Manders ve ark., 2006; Manders ve ark., 2005) karbonhidratların kazein hidrolizat ve lösin karışımıyla birlikte alınmasının, uzun süredir devam eden T2DM hastalarında insülin üretimini önemli ölçüde arttırdığını göstermişlerdir. Yakın zamana kadar, Nilsson ve ark. (Nilsson ve ark., 2007) tarafından yapılan bir denemeden elde edilen bulgular, farklı amino asit karışımlarının (lösin, izolösin, valin, lizin ve treonin) ve glukoz karışımlarının tüketilmesinin, peynir altı suyu alımından sonra görülen glisemik ve insülinemik tepkileri taklit ettiğini göstererek süt proteini alımı ile insülin yanıtındaki iyileşme arasındaki korelasyonda amino asitlerin temel rolünü desteklemiştir. Belirli amino asitler, özellikle BCAA'lar, rapamisin kompleksinin memeli hedefinin (mTOR) aktivasyonu yoluyla dolaylı olarak insülin sekresyonunu artırabilir (Nishitani ve ark., 2004). mTOR, hücresel büyümeyi, farklılaşmayı ve proliferasyonu düzenlemek için mitojenlerden ve besinlerden gelen sinyalleri yöneten ve entegre eden bir protein kinazdır (Kwon ve ark., 2004; Nishitani ve ark., 2004). Lösinin, mTOR yolunu aktive eden en etkili amino asit olduğu gösterilmiştir (van Loon, 2012). mTOR yolunun aktivasyonu, T2DM'de optimal insülin salgılama tepkisinin sürdürülmesinde kritik öneme sahip olan beta hücre çoğalmasını ve fonksiyonunu uyarır (Xie ve Herbert, 2012).

6.3. İnkretin hormonu uyarıcıları olarak süt proteinleri

Normal bireylerde oral glukoz uygulaması, izoglisemik intravenöz glukoz uygulamasına göre daha fazla insülin salgılanmasına neden olur. Bu durum, GLP-1 ve GIP gibi bağırsaktan salgılanan hormonların insülinotropik etkisi ve buna bağlı olarak ortaya çıkan "inkretin etkisi" olarak adlandırılır. Bu etki, normal glukoz seviyelerine sahip bireylerde büyük ölçüde mevcut gibi görünse de, T2DM'li hastalarda inkretin etkisi belirgin bir şekilde azalır. Böylece insülin eksikliğine ve kronik yüksek kan şekeri seviyelerine katkıda bulunabilir. İnkretin etkisindeki azalma, açlık glukoz seviyelerinin yükseldiği durumlarda belirgin hale gelmektedir. (Nauck ve Meier, 2016).

Artan hormonlar karbonhidrat ve karbonhidrat olmayan besin alımından sonra da salgılanır (Ahrén ve ark., 2010). Protein ve amino asitlerin inkretin hormonlarının salgılanmasını uyardığı gösterilmiştir (Carr ve ark., 2008; Lindgren ve ark., 2015). Daha önce yapılan araştırmalar, sağlıklı bireylerde ve Tip 2 Diyabet hastalarında protein tüketiminin insülin tepkisini etkileyerek plazma amino asit seviyelerinde bir artışa neden olmadığını göstermiştir. Bu durum inkretin hormonlarının proteinle uyarılan insülin salgılanmasında potansiyel rol oynadığını düşündürmektedir. (Hidayat ve ark., 2019). Sağlıklı deneklerde ve T2DM hastalarında yapılan çeşitli denemeler, peynir altı suyunun postprandiyal GIP yanıtını kazein ve diğer protein türlerine göre daha fazla artırdığını göstermiştir. Öte yandan, süt proteinlerinin GLP-1 üzerindeki etkileri belirsizdir, ancak birçok çalışma, kazein veya soya ile karşılaştırıldığında peynir altı suyunun sağlıklı deneklerde en güçlü

GLP-1 tepkisini tetiklediğini ortaya koymaktadır (Hidayat ve ark., 2019).

7. SÜT PROTEİNLERİ VE GLUKOZ KONTROLÜ

7.1. Peynir altı suyu ve kazeinin glisemik kontrole etkileri

Farklı araştırmalarda, kazein ve peynir altı suyunun sağlıklı bireylerde, T2DM hastalarında ve prediyabetik bireylerde glukoz kontrolü üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır (Hidayat ve ark., 2019). Bunlardan yalnızca iki çalışma (Fekete ve ark., 2016; Pal ve ark., 2010) kronik kazein ve peynir altı suyu takviyesinin glukoz kontrolü üzerindeki uzun vadeli etkilerini araştırmıştır. Hall ve arkadaşları peynir altı suyu ön yüklemesinin mideye alınımının, kazein ön yüklemesinin alınımına kıyasla genel plazma GIP ve GLP-1 konsantrasyonlarında daha fazla artışa yol açtığını ileri sürmektedir. Kazein ve peynir altı suyu ön yüklemelerinin alınmasından sonra insülin tepkisinin arttığı, ancak proteinler arasında anlamlı bir fark gözlenmediği kaydedilmiştir. Acheson ve arkadaşları (Acheson ve ark., 2011) sağlıklı zayıf bireylerde dört izokalorik test öğününün glukoz kontrolü üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Peynir altı suyu, kazein veya soya proteinlerinden oluşan %50 protein, %40 karbonhidrat ve %10 yağ içeren üç öğün ile %95.5 karbonhidrat içeren yüksek karbonhidratlı bir öğün, glukoz içeren bir öğünle karşılaştırıldı. Öğünden sonraki glukoz tepkileri, protein içeren öğünlerin yüksek karbonhidratlı ve glukozlu öğünlerden belirgin şekilde daha düşük olduğu halde, kazein ve soya öğünlerinin peynir altı suyu öğünü kadar insülin salgısını artırmadığı görülmüştür. Bu bulgular, kazeinin postprandiyal glukoz yanıtını düzeltebileceğini ve insülin salgısı üzerinde neredeyse hiç etkisi olmadan veya en az etkisiyle sağlıklı

bireylerde glukoz kontrolünü sürdürmek için daha iyi bir seçenek olabileceğini öne sürmektedir.

Mortensen ve ekibinin yaptığı çalışmada (Mortensen ve ark., 2009) peynir altı suyu, kazein, morina balığı ve glüten gibi farklı protein kaynaklarının yüksek yağ içeren bir yemekle birleştirilmesinin T2DM hastalarında yemek sonrası insülin, glukoz ve inkretinler üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır. Şaşırtıcı bir şekilde, peynir altı suyuyla alınan protein, diğer proteinlere kıyasla glukoz tepkisinde belirgin bir şekilde daha düşük olsa da, insülin, glukagon veya inkretinlerde herhangi bir farklılık gözlenmemiştir. Peynir altı suyunun, diğer protein kaynaklarından daha güçlü bir şekilde insülin salınımını uyarmış olabileceği düşünülmüş; ancak bu durum çevresel faktörlerden dolayı belirgin bir şekilde gözlemlenememiş olabilir, zira daha yüksek portal insülin konsantrasyonu oluşturup çevrede seyrelmiş olabilir.

Bireysel denemelerin sonuçlarına göre hem kazeinin hem de peynir altı suyunun insülin tepkisini artırdığı gösterilmiş olsa da peynir altı suyunun kazeinden daha iyi insülinotropik özelliklere sahip olduğu açıktır, çünkü peynir altı suyu tüketiminde kazein alımına kıyasla daha tutarlı bir şekilde daha yüksek bir insülin tepkisi gözlemlenmiştir (Hidayat ve ark., 2019).

7.2. Protein hidrolizatı ve intakt(parçalanmamış) protein

Geerts ve arkadaşları (Geerts ve ark., 2011), lösin eklenmiş veya eklenmemiş kazein hidrolizatının, T2DM'li hastalarda intakt kazein ile karşılaştırıldığında plazma glukoz düzeylerini önemli ölçüde düşürdüğünü göstermiştir. Horneret ve arkadaşları (Horner ve ark.,

2019) intakt kazeinle karşılaştırıldığında kazein hidrolizatını takiben glukoz tepkisinde önemli bir azalmaya ve insülin tepkisinde önemli bir artışa işaret etmişlerdir. Kazein ve hidrolizatı arasındaki farklı etkiler muhtemelen periferik dolaşımda amino asitlerin ortaya çıkma oranındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. Kazein ve hidrolizatı mideden benzer oranlarda boşaltılırken, bağırsaktaki amino asit emiliminin hızı intakt kazein için daha yavaştır (Calbet ve Holst, 2004). Evet, aslında kesin kanıtlar hidrolize peynir altı suyunun intakt peynir altı suyundan daha güçlü olduğunu doğrulamıyor. Bu durumun nedeni, peynir altı suyunun zaten hızla sindirilen bir protein kaynağı olması olabilir, bu yüzden herhangi bir farkın minimal düzeyde olması muhtemel. Ayrıca, peynir altı suyu hidrolizatının genellikle intakt peynir altı suyundan daha maliyetli olması da göz önünde bulundurulmalıdır. Bununla birlikte, laktoz intoleransı olan bireyler, laktoz ve diğer potansiyel alerjenlerin belirli bir dereceye kadar uzaklaştırıldığı hidrolize formu tercih edebilirler. Bu şekilde, laktoz intoleransından kaçınırken peynir altı suyunun faydalarından yararlanabilirler. Yavaş sindirilen bir protein olan kazein ile ilgili olarak, hidrolize kazein muhtemelen peynir altı suyunun doğasını taklit edebilir. Bu durumda, intakt kazeinden daha güçlü insülinotropik ve glukoz düşürücü özelliklere sahip olan peynir altı suyu, benzer insülin ve glukoz tepkilerini tetikleyebilir. Bu durum, peynir altı suyunun etkilerinin, intakt kazeine benzer şekilde insülin salınımını artırarak ve glukoz seviyelerini düşürerek gerçekleşebileceğini gösterebilir.

7.3. Süt proteinleri için ideal doz

Süt proteinlerinin glukoz kontrolü için optimal dozu net olarak belirlenmemiştir. Mevcut bilgilere göre, sağlıklı bireylerde ve T2DM hastalarında süt proteinlerinin glukoz kontrolü üzerinde doza bağımlı etkileri bildirilmiştir. Bu durum, süt proteinlerinin alınan miktarına bağlı olarak glukoz seviyeleri üzerindeki etkisinin değişebileceğini göstermektedir. (Hidayat ve ark., 2019).

Akhavan ve arkadaşları (Akhavan ve ark., 2010) çeşitli dozlarda (5, 10, 20 veya 40 g) peynir altı suyu konsantresi ön yüklemesinin insülin ve glukoz tepkileri üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Postprandiyal glukoz seviyeleri 10, 20 ve 40 g peynir altı suyu ön yüklemesinin ardından azalırken, 5 g peynir altı suyu sonrasında azalma olmamıştır. Benzer şekilde insülin tepkisi tüm peynir altı suyu dozlarında artarken, 5 g dozda artış gözlenmemiştir. Petersen ve arkadaşları (Petersen ve ark., 2009), peynir altı suyu peptitleri ve intakt peynir altı suyu karışımından oluşan 5, 10 veya 20 gramlık karışık içecekle 50 gram glukozun postprandiyal glukoz tepkisi üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. 5, 10 ve 20 g protein dozları glukoz tepkisini sırasıyla %7,6, %13,3 ve %37,5 oranında azaltmıştır. Bu çalışmaların bulguları, yaklaşık 10 g'lık bir dozun istenen insülin ve glukoz tepkilerini ortaya çıkarmak için yeterli göründüğünü göstersede, araştırmalardaki heterojen yapı göz önüne alındığında, yalnızca bu sonuçlara dayanarak doz önerileri yapılamaz. Örneğin, peynir altı suyuyla ilgili tüm denemeler sağlıklı yetişkinlerde yapıldığından bu bulgular T2DM'li hastalar için geçerli olmayabilir. Üstelik karbonhidrat dozları denemeler arasında değişiklik göstermektedir.

8. SONUÇ

Bugüne kadar yapılan çalışmalar, akut süt proteini takviyesinin postprandiyal glukoz kontrolü üzerindeki etkilerinin, deneklerin sağlık durumundan bağımsız olduğunu gösteriyor. Çünkü bu tür bir takviye hem sağlıklı bireylerde hem de T2DM hastalarında yemek sonrası insülin ve glukoz tepkilerini iyileştirebiliyor. Ancak, süt proteinlerinin glukoz kontrolü üzerindeki akut etkilerinin uzun vadede devam edip etmediğini anlamak için hem sağlıklı hem de T2DM hastalarında büyük ölçekli ve uzun süreli çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Obezitenin, hipertrigliserideminin (kanda bulunan trigliserid seviyelerinin yüksek olması) ve başlangıçtaki yüksek GLP-1 düzeylerinin peynir altı suyuna zayıf bir tepkiyi öngördüğüne dair kanıtlar vardır (Almario ve ark., 2017). Bu nedenle, glukoz düşürücü ilaç kullanımı (kullananlar vs. kullanmayanlar), vücut ağırlığı/adipozite durumu, plazma biyobelirteç durumu ve glisemik kontrol durumu (iyi kontrol edilmiş vs. kötü kontrol edilmiş) gibi potansiyel etki değişkenlerinin uzun vadeli süt proteinlerinin etkinliği üzerindeki etkilerini açıklığa kavuşturmak, süt protein takviyesi önerilerini geliştirmeye ve bireylerin klinik özelliklerine göre takviye planını uyarlamaya yardımcı olabilir (Hidayat ve ark., 2019).

Süt proteinlerinin yemek sonrası glukoz tepkisini düşürdüğü kesin mekanizmalar henüz belirlenememiş olsa da, süt proteinlerinden türetilen amino asitlerin ve biyoaktif peptitlerin, gecikmiş mide boşalması, inkretin ve insülin tepkilerinin arttırılmasını içeren fizyolojik bir ortamı değiştirdiği ve sonuç olarak daha düşük bir postprandiyal glukoz tepkisine yol açtığı düşünülmektedir. Süt proteinlerinin GIP ve

GLP-1 üzerindeki etkileri çok sayıda çalışmada araştırılırken, insanlarda süt proteini takviyesinin DPP-4 üzerine etkileri konusunda bilgi eksikliği bulunmaktadır. Ayrıca süt proteinlerinin bağırsak mikrobiyota kompozisyonu ve aktivitesi ile potansiyel etkileşimleri ve bunların glukoz metabolizması üzerindeki etkilerinin araştırılması da faydalı olacaktır (Hidayat ve ark., 2019).

Peynir altı suyu kazeinden daha iyi bir inkretin uyarıcısı, glukoz düşürücüsü ve insülinotropik özellikler açısından da daha etkilidir. Hem kazein hem de peynir altı suyu, diğerine kıyasla belirli besinsel avantajlar sağlayabilen kendine özgü özelliklere sahiptir. Örneğin kazein, insülin sekresyonunu minimum düzeyde uyararak yemek sonrası glukozu azaltırken, peynir altı suyu sonrası artan insülin tepkisi, yemek sonrası glukoz seviyelerinde daha büyük bir azalmaya neden olur. Bu nedenlere dayanarak peynir altı suyu, T2DM'li (β hücre fonksiyonu bozulmuş) hastalar için kazeinden daha iyi bir seçenek olabilir. Ancak kazein, insülin sekresyonu üzerinde minimal etkiye sahip olduğundan sağlıklı bireylerde veya hiperinsülinemili bireylerde kan şekeri kontrolü için daha uygun olabilir (Hidayat ve ark., 2019).

Kazein ve peynir altı suyu arasında genel olarak mide boşalma hızı açısından önemli bir fark bulunmamaktadır, bu da her ikisinin de mide boşalmasını benzer şekilde geciktirebileceğini gösterir. İntakt peynir altı suyu ile karşılaştırıldığında, peynir altı suyu hidrolizatının insülin ve glisemik tepkilerde ek bir fayda sağlamayabileceği düşünülmektedir. Ancak, kazein hidrolizatının insülin salınımını artırdığı ve tokluk glukoz seviyelerini intakt kazeinden daha fazla düşürebildiği gözlemlenmiştir. (Hidayat ve ark., 2019).

Hem peynir altı suyu hem de kazeinin glukoz kontrolü üzerindeki etkileri için optimal doz henüz belirlenmemiştir. Peynir altı suyunun yemekten önce tüketilmesinin, yemekle birlikte alınmasıyla karşılaştırıldığında glukoz seviyelerini önemli ölçüde azalttığı gösterilmiştir (Ma ve ark., 2009).

Sonuç olarak; süt proteinin T2DM hastalarında uzun vadeli glukoz kontrolü için faydalı olabileceğini ileri sürmek için çok erken olsa da, akut olarak insülin salgısını uyardığı ve T2DM hastalarında öğünden sonraki glukoz seviyelerini azalttığına dair ikna edici kanıtlar bulunmaktadır. T2DM'de süt proteinlerinin potansiyel uzun vadeli uygulamaları konusundaki bilgide önemli eksiklikler bulunsa da mide boşalması, inkretin hormonları ve insülin tepkisinin öğünden sonraki glisemik yanıtları azaltmadaki katkıları göz önüne alındığında, T2DM tedavisi için beslenme veya diyet yaklaşımlarını ve süt protein takviyesini kullanma konsepti, gelecekteki çalışmalar için verimli bir alan gibi görünmektedir. Evet, günlük diyetinize düşük maliyetli ve düşük riskli süt proteinleri eklemek, glukoz kontrolü için etkili bir alternatif olabilir. Süt proteinleri, glukoz metabolizmasını destekleyebilir ve insülinin daha etkili bir şekilde çalışmasına yardımcı olabilir. Düşük maliyetli ve düşük riskli olan bu protein kaynakları, glukoz düzenlemesini desteklerken aynı zamanda diyetinizi çeşitlendirmenize ve daha dengeli bir beslenme alışkanlığı oluşturmanıza yardımcı olabilir. Bu da uzun vadede metabolik sağlığı iyileştirmeye katkıda bulunabilir. Ancak, süt proteinlerinin glukoz seviyelerini hızlı bir şekilde iyileştirebilecek sihirli bir çözüm olmadığını unutmamak önemlidir. Sağlıklı, dengeli bir diyet ve düzenli egzersiz,

T2DM'nin önlenmesinde ve yönetiminde temel unsurlar olarak önemini korumaktadır.

KAYNAKLAR

(NCD-RisC), N. R. F. C. (2016). Worldwide trends in diabetes since 1980: a pooled analysis of 751 population-based studies with 4.4 million participants. *Lancet*, *387*(10027), 1513-1530. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)00618-8

Abdul-Ghani, M. A., Tripathy, D., ve DeFronzo, R. A. (2006). Contributions of beta-cell dysfunction and insulin resistance to the pathogenesis of impaired glucose tolerance and impaired fasting glucose. *Diabetes Care*, *29*(5), 1130-1139. https://doi.org/10.2337/diacare.2951130

Acheson, K. J., Blondel-Lubrano, A., Oguey-Araymon, S., Beaumont, M., Emady-Azar, S., Ammon-Zufferey, C., . . . Bovetto, L. (2011). Protein choices targeting thermogenesis and metabolism. *Am J Clin Nutr*, *93*(3), 525-534. https://doi.org/10.3945/ajcn.110.005850

Ahrén, B., Carr, R. D., ve Deacon, C. F. (2010). Incretin hormone secretion over the day. *Vitam Horm*, *84*, 203-220. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-381517-0.00007-2

Akhavan, T., Luhovyy, B. L., Brown, P. H., Cho, C. E., ve Anderson, G. H. (2010). Effect of premeal consumption of whey protein and its hydrolysate on food intake and postmeal glycemia and insulin responses in young adults. *Am J Clin Nutr*, *91*(4), 966-975. https://doi.org/10.3945/ajcn.2009.28406

Almario, R. U., Buchan, W. M., Rocke, D. M., ve Karakas, S. E. (2017). Glucose-lowering effect of whey protein depends upon clinical characteristics of patients with type 2 diabetes. *BMJ Open Diabetes Res Care*, *5*(1), e000420. https://doi.org/10.1136/bmjdrc-2017-000420

Baena-Díez, J. M., Peñafiel, J., Subirana, I., Ramos, R., Elosua, R., Marín-Ibañez, A., . . . Investigators, F. (2016). Risk of Cause-Specific Death in Individuals With Diabetes: A Competing Risks Analysis. *Diabetes Care*, *39*(11), 1987-1995. https://doi.org/10.2337/dc16-0614

Blachier, F., Leclercq-Meyer, V., Marchand, J., Woussen-Colle, M. C., Mathias, P. C., Sener, A., ve Malaisse, W. J. (1989). Stimulus-secretion coupling of arginine-induced insulin release. Functional response of islets to L-arginine and L-ornithine. *Biochim Biophys Acta*, *1013*(2), 144-151. https://doi.org/10.1016/0167-4889(89)90042-6

Boirie, Y., Dangin, M., Gachon, P., Vasson, M. P., Maubois, J. L., ve Beaufrère, B. (1997). Slow and fast dietary proteins differently modulate postprandial protein accretion. *Proc Natl Acad Sci U S A*, *94*(26), 14930-14935. https://doi.org/10.1073/pnas.94.26.14930

Bommer, C., Heesemann, E., Sagalova, V., Manne-Goehler, J., Atun, R., Bärnighausen, T., ve Vollmer, S. (2017). The global economic burden of diabetes in adults aged 20-79 years: a cost-of-illness study. *Lancet Diabetes Endocrinol*, *5*(6), 423-430. https://doi.org/10.1016/S2213-8587(17)30097-9

Brennan, L., Shine, A., Hewage, C., Malthouse, J. P., Brindle, K. M., McClenaghan, N., . . . Newsholme, P. (2002). A nuclear magnetic resonance-based demonstration of substantial oxidative L-alanine metabolism and L-alanine-enhanced glucose metabolism in a clonal pancreatic beta-cell line: metabolism of L-alanine is important to the regulation of insulin secretion. *Diabetes*, *51*(6), 1714-1721. https://doi.org/10.2337/diabetes.51.6.1714

Cade, W. T. (2008). Diabetes-related microvascular and macrovascular diseases in the physical therapy setting. *Phys Ther*, *88*(11), 1322-1335. https://doi.org/10.2522/ptj.20080008

Calbet, J. A., ve Holst, J. J. (2004). Gastric emptying, gastric secretion and enterogastrone response after administration of milk proteins or their peptide hydrolysates in humans. *Eur J Nutr*, *43*(3), 127-139. https://doi.org/10.1007/s00394-004-0448-4

Carr, R. D., Larsen, M. O., Winzell, M. S., Jelic, K., Lindgren, O., Deacon, C. F., ve Ahrén, B. (2008). Incretin and islet hormonal responses to fat and protein ingestion in healthy men. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, *295*(4), E779-784. https://doi.org/10.1152/ajpendo.90233.2008

Centers for Disease Control and Prevention. (2021). https://www.cdc.gov/diabetes/data/statistics-report/index.html(Erişim Tarihi: 06.12.2023)

Centers for Disease Control and Prevention. National Diabetes Sta-tistics Report, 2021. https://www.cdc.gov/diabetes/data/statistics-report/index.html

Cerf, M. E. (2013). Beta cell dysfunction and insulin resistance. *Front Endocrinol (Lausanne)*, *4*, 37. https://doi.org/10.3389/fendo.2013.00037

Chang-Chen, K. J., Mullur, R., ve Bernal-Mizrachi, E. (2008). Beta-cell failure as a complication of diabetes. *Rev Endocr Metab Disord*, *9*(4), 329-343. https://doi.org/10.1007/s11154-008-9101-5

Chatterjee, S., Khunti, K., ve Davies, M. J. (2017). Type 2 diabetes. *Lancet*, *389*(10085), 2239-2251. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30058-2

Cho, N. H., Shaw, J. E., Karuranga, S., Huang, Y., da Rocha Fernandes, J. D., Ohlrogge, A. W., ve Malanda, B. (2018). IDF Diabetes Atlas: Global estimates of diabetes prevalence for 2017 and projections for 2045. *Diabetes Res Clin Pract*, *138*, 271-281. https://doi.org/10.1016/j.diabres.2018.02.023

Collaboration, G. B. o. M. R. F. f. C. D. (2014). Cardiovascular disease, chronic kidney disease, and diabetes mortality burden of cardiometabolic risk factors from 1980 to 2010: a comparative risk assessment. *Lancet Diabetes Endocrinol*, *2*(8), 634-647. https://doi.org/10.1016/S2213-8587(14)70102-0

Delgado, C. L. (2003). Rising consumption of meat and milk in developing countries has created a new food revolution. *J Nutr*, *133*(11 Suppl 2), 3907S-3910S. https://doi.org/10.1093/jn/133.11.3907S

Deshpande, A. D., Harris-Hayes, M., ve Schootman, M. (2008). Epidemiology of diabetes and diabetes-related complications. *Phys Ther*, *88*(11), 1254-1264. https://doi.org/10.2522/ptj.20080020

Ellen Muehlhoff, A. B., Deirdre McMahon. (2013). *Milk and dairy products in human nutrition.*

Fekete, Á., Giromini, C., Chatzidiakou, Y., Givens, D. I., ve Lovegrove, J. A. (2016). Whey protein lowers blood pressure and improves endothelial function and lipid biomarkers in adults with prehypertension and mild hypertension: results from the chronic Whey2Go randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr*, *104*(6), 1534-1544. https://doi.org/10.3945/ajcn.116.137919

Floyd, J. C., Fajans, S. S., Conn, J. W., Knopf, R. F., ve Rull, J. (1966). Stimulation of insulin secretion by amino acids. *J Clin Invest*, *45*(9), 1487-1502. https://doi.org/10.1172/JCI105456

Floyd, J. C., Fajans, S. S., Conn, J. W., Thiffault, C., Knopf, R. F., ve Guntsche, E. (1968). Secretion of insulin induced by amino acids and glucose in diabetes mellitus. *J Clin Endocrinol Metab*, *28*(2), 266-276. https://doi.org/10.1210/jcem-28-2-266

Floyd, J. C., Fajans, S. S., Pek, S., Thiffault, C. A., Knopf, R. F., ve Conn, J. W. (1970a). Synergistic effect of certain amino acid pairs upon insulin secretion in man. *Diabetes*, *19*(2), 102-108. https://doi.org/10.2337/diab.19.2.102

Floyd, J. C., Fajans, S. S., Pek, S., Thiffault, C. A., Knopf, R. F., ve Conn, J. W. (1970b). Synergistic effect of essential amino acids and glucose upon insulin secretion in man. *Diabetes*, *19*(2), 109-115. https://doi.org/10.2337/diab.19.2.109

Fonseca, V. A. (2009). Defining and characterizing the progression of type 2 diabetes. *Diabetes Care*, *32 Suppl 2*(Suppl 2), S151-156. https://doi.org/10.2337/dc09-S301

Food and Agriculture Organization. Milk facts 2019. https://www.fao.org/documents/card/en/c/i9966en/

Fuchsberger, C., Flannick, J., Teslovich, T. M., Mahajan, A., Agarwala, V., Gaulton, K. J., . . . McCarthy, M. I. (2016). The genetic architecture of type 2 diabetes. *Nature*, *536*(7614), 41-47. https://doi.org/10.1038/nature18642

Geerts, B. F., van Dongen, M. G., Flameling, B., Moerland, M. M., de Kam, M. L., Cohen, A. F., Burggraaf, J. (2011). Hydrolyzed casein decreases postprandial glucose concentrations in T2DM patients irrespective of leucine content. *J Diet Suppl*, *8*(3), 280-292. https://doi.org/10.3109/19390211.2011.593617

Gijsbers, L., Ding, E. L., Malik, V. S., de Goede, J., Geleijnse, J. M., ve Soedamah-Muthu, S. S. (2016). Consumption of dairy foods and diabetes incidence: a dose-response meta-analysis of observational studies. *Am J Clin Nutr*, *103*(4), 1111-1124. https://doi.org/10.3945/ajcn.115.123216

Hall, W. L., Millward, D. J., Long, S. J., ve Morgan, L. M. (2003). Casein and whey exert different effects on plasma amino acid profiles, gastrointestinal hormone secretion and appetite. *Br J Nutr*, *89*(2), 239-248. https://doi.org/10.1079/BJN2002760

Hidayat, K., Du, X., ve Shi, B. M. (2019). Milk in the prevention and management of type 2 diabetes: The potential role of milk proteins. *Diabetes Metab Res Rev*, *35*(8), e3187. https://doi.org/10.1002/dmrr.3187

Hoffman, J. R., ve Falvo, M. J. (2004). Protein - Which is Best? *J Sports Sci Med*, *3*(3), 118-130.

Horner, K., Drummond, E., O'Sullivan, V., S C Sri Harsha, P., ve Brennan, L. (2019). Effects of a casein hydrolysate versus intact casein on gastric emptying and amino acid responses. *Eur J Nutr*, *58*(3), 955-964. https://doi.org/10.1007/s00394-018-1610-8

Horowitz, M., Wishart, J. M., Jones, K. L., ve Hebbard, G. S. (1996). Gastric emptying in diabetes: an overview. *Diabet Med*, *13*(9 Suppl 5), S16-22.

Kasuga, M. (2006). Insulin resistance and pancreatic beta cell failure. *J Clin Invest*, *116*(7), 1756-1760. https://doi.org/10.1172/JCI29189

Kwon, G., Marshall, C. A., Pappan, K. L., Remedi, M. S., ve McDaniel, M. L. (2004). Signaling elements involved in the metabolic regulation of mTOR by nutrients, incretins, and growth factors in islets. *Diabetes*, *53 Suppl 3*, S225-232. https://doi.org/10.2337/diabetes.53.suppl_3.s225

Ley, S. H., Hamdy, O., Mohan, V., ve Hu, F. B. (2014). Prevention and management of type 2 diabetes: dietary components and nutritional strategies. *Lancet*, *383*(9933), 1999-2007. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)60613-9

Lindgren, O., Pacini, G., Tura, A., Holst, J. J., Deacon, C. F., ve Ahrén, B. (2015). Incretin effect after oral amino acid ingestion in humans. *J Clin Endocrinol Metab*, *100*(3), 1172-1176. https://doi.org/10.1210/jc.2014-3865

Lönnerdal, B. (2003). Nutritional and physiologic significance of human milk proteins. *Am J Clin Nutr*, *77*(6), 1537S-1543S. https://doi.org/10.1093/ajcn/77.6.1537S

Ma, J., Stevens, J. E., Cukier, K., Maddox, A. F., Wishart, J. M., Jones, K. L., . . . Rayner, C. K. (2009). Effects of a protein preload on gastric emptying, glycemia, and gut hormones after a carbohydrate meal in diet-controlled type 2 diabetes. *Diabetes Care*, *32*(9), 1600-1602. https://doi.org/10.2337/dc09-0723

Manders, R. J., Koopman, R., Sluijsmans, W. E., van den Berg, R., Verbeek, K., Saris, W. H., . . . van Loon, L. J. (2006). Co-ingestion of a protein hydrolysate with or without additional leucine effectively reduces postprandial blood glucose excursions in Type 2 diabetic men. *J Nutr*, *136*(5), 1294-1299. https://doi.org/10.1093/jn/136.5.1294

Manders, R. J., Wagenmakers, A. J., Koopman, R., Zorenc, A. H., Menheere, P. P., Schaper, N. C., . . . van Loon, L. J. (2005). Co-ingestion of a protein hydrolysate and amino acid mixture with carbohydrate improves plasma glucose disposal in patients with type 2 diabetes. *Am J Clin Nutr*, *82*(1), 76-83. https://doi.org/10.1093/ajcn.82.1.76

Marathe, C. S., Rayner, C. K., Jones, K. L., ve Horowitz, M. (2013). Relationships between gastric emptying, postprandial glycemia, and incretin hormones. *Diabetes Care*, *36*(5), 1396-1405. https://doi.org/10.2337/dc12-1609

Martin, C. R., Ling, P. R., ve Blackburn, G. L. (2016). Review of Infant Feeding: Key Features of Breast Milk and Infant Formula. *Nutrients*, *8*(5). https://doi.org/10.3390/nu8050279

Milk anddairy products in human nutrition. (2013). (Erişim Tarihi: 07.12.2023)

Mortensen, L. S., Hartvigsen, M. L., Brader, L. J., Astrup, A., Schrezenmeir, J., Holst, J. J., . . . Hermansen, K. (2009). Differential effects of protein quality on postprandial lipemia in response to a fat-rich meal in type 2 diabetes: comparison of whey, casein, gluten, and cod protein. *Am J Clin Nutr*, *90*(1), 41-48. https://doi.org/10.3945/ajcn.2008.27281

Nauck, M. A., ve Meier, J. J. (2016). The incretin effect in healthy individuals and those with type 2 diabetes: physiology, pathophysiology, and response to therapeutic interventions. *Lancet Diabetes Endocrinol*, *4*(6), 525-536. https://doi.org/10.1016/S2213-8587(15)00482-9

Nilsson, M., Holst, J. J., ve Björck, I. M. (2007). Metabolic effects of amino acid mixtures and whey protein in healthy subjects: studies using

glucose-equivalent drinks. *Am J Clin Nutr*, *85*(4), 996-1004. https://doi.org/10.1093/ajcn/85.4.996

Nilsson, M., Stenberg, M., Frid, A. H., Holst, J. J., ve Björck, I. M. (2004). Glycemia and insulinemia in healthy subjects after lactose-equivalent meals of milk and other food proteins: the role of plasma amino acids and incretins. *Am J Clin Nutr*, *80*(5), 1246-1253. https://doi.org/10.1093/ajcn/80.5.1246

Nishitani, S., Ijichi, C., Takehana, K., Fujitani, S., ve Sonaka, I. (2004). Pharmacological activities of branched-chain amino acids: specificity of tissue and signal transduction. *Biochem Biophys Res Commun*, *313*(2), 387-389. https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2003.11.023

Pal, S., Ellis, V., ve Dhaliwal, S. (2010). Effects of whey protein isolate on body composition, lipids, insulin and glucose in overweight and obese individuals. *Br J Nutr*, *104*(5), 716-723. https://doi.org/10.1017/S0007114510000991

Paul, G. L. (2009). The rationale for consuming protein blends in sports nutrition. *J Am Coll Nutr*, *28 Suppl*, 464S-472S. https://doi.org/10.1080/07315724.2009.10718113

Petersen, B. L., Ward, L. S., Bastian, E. D., Jenkins, A. L., Campbell, J., ve Vuksan, V. (2009). A whey protein supplement decreases post-prandial glycemia. *Nutr J*, *8*, 47. https://doi.org/10.1186/1475-2891-8-47

Rines, A. K., Sharabi, K., Tavares, C. D., ve Puigserver, P. (2016). Targeting hepatic glucose metabolism in the treatment of type 2 diabetes. *Nat Rev Drug Discov*, *15*(11), 786-804. https://doi.org/10.1038/nrd.2016.151

Sener, A., ve Malaisse, W. J. (1981). The stimulus-secretion coupling of amino acid-induced insulin release: insulinotropic action of branched-chain amino acids at physiological concentrations of glucose and glutamine. *Eur J Clin Invest*, *11*(6), 455-460. https://doi.org/10.1111/j.1365-2362.1981.tb02013.x

Sindayikengera, S., ve Xia, W. S. (2006). Nutritional evaluation of caseins and whey proteins and their hydrolysates from Protamex. *J Zhejiang Univ Sci B*, *7*(2), 90-98. https://doi.org/10.1631/jzus.2006.B0090

Stanstrup, J., Schou, S. S., Holmer-Jensen, J., Hermansen, K., ve Dragsted, L. O. (2014). Whey protein delays gastric emptying and suppresses plasma fatty acids and their metabolites compared to casein, gluten, and fish protein. *J Proteome Res*, *13*(5), 2396-2408. https://doi.org/10.1021/pr401214w

Thorkelsson, T., Mimouni, F., Namgung, R., Fernández-Ulloa, M., Krug-Wispé, S., ve Tsang, R. C. (1994). Similar gastric emptying rates for casein- and whey-predominant formulas in preterm infants. *Pediatr Res*, *36*(3), 329-333. https://doi.org/10.1203/00006450-199409000-00010

Thorning, T. K., Raben, A., Tholstrup, T., Soedamah-Muthu, S. S., Givens, I., ve Astrup, A. (2016). Milk and dairy products: good or bad for human health? An assessment of the totality of scientific evidence. *Food Nutr Res*, *60*, 32527. https://doi.org/10.3402/fnr.v60.32527

Tripathy, D., ve Chavez, A. O. (2010). Defects in insulin secretion and action in the pathogenesis of type 2 diabetes mellitus. *Curr Diab Rep*, *10*(3), 184-191. https://doi.org/10.1007/s11892-010-0115-5

van Loon, L. J. (2012). Leucine as a pharmaconutrient in health and disease. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, *15*(1), 71-77. https://doi.org/10.1097/MCO.0b013e32834d617a

van Loon, L. J., Saris, W. H., Verhagen, H., ve Wagenmakers, A. J. (2000). Plasma insulin responses after ingestion of different amino acid or protein mixtures with carbohydrate. *Am J Clin Nutr*, *72*(1), 96-105. https://doi.org/10.1093/ajcn/72.1.96

Veldhorst, M. A., Nieuwenhuizen, A. G., Hochstenbach-Waelen, A., van Vught, A. J., Westerterp, K. R., Engelen, M. P., . . . Westerterp-Plantenga, M. S. (2009). Dose-dependent satiating effect of whey relative to casein or soy.

Physiol Behav, *96*(4-5), 675-682. https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2009.01.004

Wang, D. D., ve Hu, F. B. (2018). Precision nutrition for prevention and management of type 2 diabetes. *Lancet Diabetes Endocrinol*, *6*(5), 416-426. https://doi.org/10.1016/S2213-8587(18)30037-8

Xie, J., ve Herbert, T. P. (2012). The role of mammalian target of rapamycin (mTOR) in the regulation of pancreatic β-cell mass: implications in the development of type-2 diabetes. *Cell Mol Life Sci*, *69*(8), 1289-1304. https://doi.org/10.1007/s00018-011-0874-4

Zheng, Y., Ley, S. H., ve Hu, F. B. (2018). Global aetiology and epidemiology of type 2 diabetes mellitus and its complications. *Nat Rev Endocrinol*, *14*(2), 88-98. https://doi.org/10.1038/nrendo.2017.151

BÖLÜM 13

ANNE SÜTÜ VE KANSER

Öğr. Gör. Aydın SEVER[1]*

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Kadir ERDOĞAN[2]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10460154

[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

Tüm dişi memeli canlılar, doğum sonrasında yavruları beslemek ve bağışıklığın güçlendirmek için zengin içeriğe sahip bir sıvı yani süt salgılarlar. İnsanlar; inek, bufalo, koyun ve keçi gibi hayvanların sütlerinden faydalanmaktadır. Genel olarak %90'ına yakını su olan süt; yağ, protein, laktoz ve mineral barındırmaktadır. Sütün içeriği türler arasında farklılık gösterebileceği gibi aynı türün bireyleri arasında; beslenme, sağlık, yaş, emzirmenin evresi ve iklim koşulları gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir (Manoj Kumar ve ark., 2022).

Sütün genel içeriğine bakıldığında;

- Su
- Yağ
    - ✓ Miristik asit
    - ✓ Palmitik asit
    - ✓ Linoleik asit
    - ✓ Alfa linoleik asit
    - ✓ Araşidonik asit
    - ✓ Dokosaheksaenoik asit
- Protein
    - ✓ Whey
    - ✓ Kazein
- Hormonlar
    - ✓ Leptin
    - ✓ Grelin
    - ✓ Adiponektin
    - ✓ İnsülin

- ✓ İnsülin benzeri büyüme faktörü I(IGF-I)
- ✓ İnsülin benzeri büyüme faktörü 2(IGF-2)
- ✓ Kortizol

- İmmün Faktörler
  - ✓ IgA
  - ✓ Laktoferrin
  - ✓ Lizozim
  - ✓ Dönüştürücü büyüme faktör Beta (TGFβ)
  - ✓ İnterlökin I (IL-I)
  - ✓ İnterlökin 6 (IL-6)
  - ✓ İnterlökin10 (IL- 10)
  - ✓ Tümör nekroz faktörü alfa (TNF-α)
- Karbonhidratlar
  - ✓ Laktoz
  - ✓ Oligosakkarit
- Vitamin ve Mineraller
  - ✓ A vitamini
  - ✓ D vitamini
  - ✓ Kalsiyum
  - ✓ Fosfor
  - ✓ Demir
  - ✓ Çinko
  - ✓ Bakır (Miller ve ark., 2013)

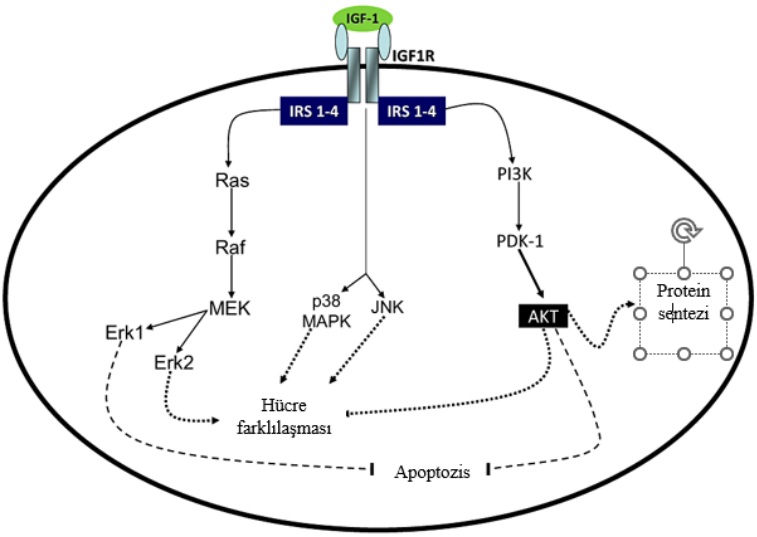
Besi hayvanlarının insanlar tarafından evcilleştirilmesiyle birlikte süt ve süt ürünleri insan diyetinin ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Hayvansal gıdalar arasında yer alan ve bireyin alması gereken birçok molekülü barındıran süt, biyolojik değer anlamında yüksek miktarda

kalsiyum ve fosfor içerir. Bu özellikleri sebebiyle kemik ve diş gelişimi-korunması açısından önemli bir yere sahip olan süt, günlük protein ve vitamin ihtiyacının önemli bir kısmını karşılamaktadır (Çelik, 2022).

Süt ve süt ürünlerinin bireyin sağlık parametreleri üzerine doğrudan ve dolaylı etkiye sahip olduğu ve bunların tüketimiyle kanser dahil birçok hastalığın azaltılmasının mümkün olduğu bildirilmiştir (Keri Marshall, 2004). Süt ve süt ürünleri milattan önce 4000'li yıllardan kalan taş yapıtlara bakıldığında önemli bir gıda olarak kabul edildiği görülmektedir. Batı ve Asya ülkelerinde süt ürünlerinin tüketiminde artış söz konusudur. Sütün insan beslenmesinde ihtiyaç duyulan hemen hemen tüm maddeleri içerdiği bilinmektedir (Davoodi ve ark., 2013). Dünya genelinde süt ve süt ürünlerinin tüketimindeki artış göze çarpmaktadır (Anand ve ark., 2022).

Son yıllarda süt ürünlerinin sağlık üzerinden ölçülebilir direkt etkileri olması sebebiyle bu ürünler fonksiyonel yiyecekler olarak tanımlanmaktadır. Süt ürünlerinde bulunan Whey proteinlerinin kanser, HIV, hepatit gibi hastalıkların da yer aldığı geniş bir hastalık grubunun tedavisinde etkili olduğu vurgulanmaktadır. Antioksidan, antihipertansif, hipolipidemik, antiviral, antibakteriyal özelliklerinin olması sütü özel bir noktaya taşımaktadır (Gill ve ark., 2000). Kanser üzerindeki etkisinin; glutatyon konsantrasyonunu artırması, immün sistemi tetiklemesi ve potansiyel karsinogenez moleküllerin detoksifiye edilmesi ile ilişkili olabileceği bildirilmektedir (Bounous, 2000). Demirin oksidasyon yolu ile mutajenik etki gösterebileceği göz önüne alındığında süt içerisinden bulunan Whey proteinlerinin demir bağlama kapasitesi sayesinde antikanser etki gösterebileceği bildirilmektedir (Weinberg, 1996).

Bununla beraber süt tüketimiyle serum IGF-1 seviyesinin regülasyonunun ilişkili olduğu (Topal ve ark., 2021), ve süt tüketiminin yumurtalık kanseri riskini azalttığını gösteren çalışmalar da bulunmaktadır (Larsson ve ark., 2006). Ayrıca bu konuda yapılan geniş çaplı araştırmalar günlük 3 öğün süt ve süt ürünleri tüketiminin güvenli kabul edildiğini göstermektedir. Daha da önemlisi bu tüketimin; mesane, meme ve kolon kanseri riskine karşı koruyucu etki gösterdiğini ortaya koymaktadır (Chagas ve ark., 2012). Bu etkinin IGF-1 ve IGF-1R aracılığıyla Akt, Ras, p38 MAPK, JNK ve MEK gibi hücre farklılaşması, apoptoz ve hücre proliferasyonu ile ilişkili proteinlerin regülasyonu sonucunda ortaya çıktığı da aynı çalışma ile rapor edilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. İnsülin büyüme faktörü 1 reseptörü (IGF1R) aracılı sinyal iletim yolu (Chagas ve ark., 2012).

Süt içerisinde bulunan D vitamini aracığıyla; hücre farklılaşmasını azalttığı, metastazı inhibe ettiği, apoptozisi indüklediği, hücre göçünü önlediği bildirilmiştir. Benzer şekilde sütün linolenik asit, laktoferrin,

butrat gibi içerikleri sebebiyle kanser gelişimine engel olabileceği belirtilmiştir. Bu etkisini meme, prostat, kolorektal, yumurtalık, mesane kanseri türlerinde gösterdiği ortaya koyulmuştur (Davoodi ve ark., 2013).

2. Anne sütü

Doğan yavrunun beslenmesi amacıyla dişi memesinden gelen beyaz, yüksek besin değerli sıvı anne sütü olarak tanımlanmaktadır (Gencer, 2020). Antik çağlarda bebeğin yaşama tutunabilmesi için anne sütü elzem ve kutsal olarak kabul edilirdi (Papastavrou ve ark., 2015). Anne sütünün önemine binaen, Babil, Mısır, Yunan ve Roma medeniyetlerinde anne sütü alamayan bebekler için sütanneleri bulunmaktaydı ve sütanneliği ile ilgili hükümler kanunlarda kendine yer bulmaktaydı (Bilgiç ve ark., 2023). Günümüzde Dünya Sağlık Örgütü, bebek için en iyi beslenmenin emzirme olduğu belirtilmektedir (Kavlak ve ark., 2010). Anne sütünün bebeğin gereksinim duyduğu besinleri içermesi ve bebekte ortaya çıkabilecek enfeksiyonlara karşı koruyucu etki göstermesi sebebiyle büyük öneme sahip olduğu bilinmektedir. Tablo 1'de ifade edildiği gibi anne sütünün özelliklerinin dönemlere göre farklı özellik ve isimler taşıdığı görülmektedir (İş, 2023).

Tablo 1. Emzirme dönemlerine göre anne sütünün özellikleri (İş, 2023).

İsim	Dönem	Özelliği
Ön süt	İlk gelen süt	Yüksek karbonhidrat
Kolostrum	İlk 5 gün	Yüksek protein
Geçiş sütü	5-14. gün	Yüksek vitamin, yağ, laktoz, kalori
Matür süt	15.gün ve sonrası	Emzirme süresince devam eder

Barındırdığı antikorlar sayesinde bebeğin; ishal, menenjit ve pnömoni gibi hastalıklara karşı korunmasını sağlar. Benzer şekilde anemi, demir eksikliği ve bağırsak parazitlerine karşı bebeğe destek sağlar (Tunçkılıç ve ark., 2019). Anne sütünde bulunan ve anti-enflamatuvar özellik taşıyan IgA bebeğin enfeksiyonlara karşı korunmasında büyük önem taşımaktadır (Zibadi ve ark., 2013). Anne sütüyle beslenen bebeklerde ayrıca; nekrozitan enterokolit, gastroenterit, orta kulak iltihabı, solunum yolu hastalıkları obezite gibi durumların daha az görüldüğü bildirilmiştir. 6 aydan uzun süre emzirmeyle akut lenfositik lösemi ve akit miyeloid lösemi riskinin düştüğü, lenfoma ve diğer tümörlerle ilişkili ölüm oranlarının düştüğüne dair kanıtlar bulunmaktadır (Kim ve ark., 2020). Halk sağlığı hemşireleri taze kolostrum ve insan sütünün konjonktivit, çatlamış meme uçları, rinit, cilt ve yumuşak doku enfeksiyonları tedavisindeki etkilerini rapor etmişlerdir (Witkowska-Zimny ve ark., 2019). Çok uluslu şirketler anne sütünün yerine geçecek ürünler geliştirmek istemektedir. Ancak, anne sütünün henüz tanımlanmamış bileşenler içermesi sebebiyle bunun yapılması günümüz koşullarında pek mümkün görünmemektedir. Bebek mamalarının popülaritesi, kullanımlarının kolay olması ve bebekler için çok besleyici olduğunun iddia edilmesi nedeniyle her geçen gün artmaktadır. Düzenli bebek maması alımının bebek sağlığı açısından ciddi risk oluşturabilecek olası potansiyelleri barındırması, son kullanıcı olan ebeveynlerin olası zararlı yan etkiler konusunda bilinçlendirilmesini gerektirmektedir. Aromayı arttırmak ve muhafaza etmek için kullanılan farklı kimyasallar, katkı maddeleri, gıda boyaları ve mama kabının üzerindeki plastik kaplamalar bebeğin sağlığı açısından çok zararlı olabilir. Bu bileşiklerin genotoksik, sitotoksik, nörotoksik ve reprotoksik etkilerinin olduğu, ayrıca işlenmiş

ve paketlenmiş bebek mamalarında yaygın olarak bulunan akrilamid, arsenik, nitratlar ve nitritler, mikotoksinler, Poli aromatik hidrokarbonlar (PAH) gibi karsinojen etkinliği bilinen bileşenlerin çocukluk döneminde veya yaşamın ilerleyen dönemlerinde vücudun farklı bölgelerinde kanser gelişmesine yol açabildiği bilinmektedir (Nepalia ve ark., 2017). Ancak anne sütü doğal bir madde olup biyolojik olarak vücuda uygundur, hiçbir yan etkisi yoktur, toplumun tüm sosyal ve ekonomik gruplarında her zaman mevcuttur ve kullanılabilir. Anne sütü sadece besin değil hormon, bağışıklık ve hücre bileşenleri içermektedir (Kim ve ark., 2020).

3. Kanser

Her yıl milyonlarca insanın ölümüne neden olan kanser, sağlıklı hücrelerin bölünme sürecinde ortaya çıkan mutasyonlar sonrasında kontrolsüz hücre çoğalması, invazyon ve metastaz ile karakterize, 100'den fazla çeşidi bulunan bir hastalık grubudur (Chhikara ve Parang, 2023). Görülme sıklığı ve sebep olduğu mortalite oranının her geçen yıl arttığı kanserde, hücrelerin çoğalması, farklılaşması ve kontrollü hücre ölümü olan apoptozis sürecinde etkili olan genlerin mutasyonu söz konusudur (Alberts ve ark., 2002; Pecorino, 2012). 2020 yılında yaklaşık 19 milyon kanser vakası bildirilmiştir. Bu sayının 2040 yılında 30 milyona ulaşacağı tahmin edilmektedir (Kanbur, 2022). Bireyin yaşı, ırkı, yaşadığı coğrafya kanser oluşumu ile yakından ilişkilidir. Kanserleşme sürecinde etkili olan endojen ve eksojen faktörler bulunmaktadır. Genetik ve dış faktörlerin kanserleşme sürecinde etkili olduğuna belirten Dünya Sağlık Örgütü, beslenme ve diyeti önemli bir etken olarak görmektedir (Blackadar, 2016). Hücre bölünme kontrolünün kaybedilmesi sonucunda anormal hücre toplulukları ortaya

çıkar. Tümör adı verilen bu yapılar kendi içinde Bening ve Malign olmak üzere sınıflandırılmaktadır. Bening tümörler, metastaz yapmadıkları için iyi huylu olarak isimlendirilmektedir. Malign tümörler metastaz yapma yeteneğine sahip oldukları için kansere bağlı ölümlerde önemli rol oynamaktadırlar (Imani ve ark., 2021). Amerika Birleşik Devletlerinde teşhis edilen kanserlerin %50'ye yakınının beslenme ve diyetle ilgili olduğu, kanserin oluşması ve prognozunda beslenmemin önemli yer tuttuğu belirtilmiştir (Rock ve ark., 2000). Kanseri etkileyen değiştirilebilir faktörler arasında yer alan diyet çeşitli kanser türlerinin önlenmesinde büyük öneme sahip olduğu belirtilmektedir (Yılmaz ve Nazlı, 2014). Günümüz kanser tedavisinde çeşitli yaklaşımlar bulunmaktadır. Cerrahi müdahale, ışın tedavisi, ilaç tedavisi, hormonal tedavi, immünoterapi gibi tedavi seçeneklerinin varlığına rağmen istenilen başarı elde edilememiştir ve yeni tedavi yaklaşımlarına ihtiyaç duyulmaktadır (Shewach ve Kuchta, 2009). Geleneksel tedavi yöntemlerinde yan etkilerin fazla olması, sağlıklı hücrelerin etkilenmesi gibi sorunların aşılması gerekmektedir.

4. Anne sütü ve emzirmenin kanser ile ilişkisi

Kadınlarda en fazla görülen kanser türünün meme kanseri olduğu ve 2020 yılında 2,3 milyon yeni meme kanseri vakası bildirilmiştir (Sung ve ark., 2021). Meme kanserine bağlı ölüm oranları ise %18 olarak rapor edilmiştir (Çapanoğlu ve Bakar, 2018; Zhu ve Yu, 2022). Meme kanseri risk faktörlerine bakıldığında; menarş yaşı, gebelik sayısı, ilk doğum yaşı, emzirme süresi, menopoz yaşı ve menopoz döneminde kullanılan hormonal ilaçların etkili olduğu görülmektedir. Emzirme değiştirilebilir bir risk faktörü olması sebebiyle meme kanserini önlenmesinde önem

taşımaktadır. Anneyi çeşitli kanser türlerinden korumasının yanında, anne sütü aracılığıyla bebeğin de birçok hastalıktan uzak kalmasına yardımcı olmaktadır (Anstey ve ark., 2017).

Emziren annenin birçok hastalığa yakalanma riskinin düştüğü bildirilmektedir. Bebeğin anne sütünü emmesiyle hipofizden oksitosin salgılanır. Bu durum doğum sonrası annede ortaya çıkabilecek kanama riskini düşürür. Annede ortaya çıkabilecek depresyon ihtimalini azaltır. Kardiyovasküler hastalıklardan korur. Anne-bebek bağlanmasını sağlar. Meme, over kanseri, osteoporoz, romatoid artrit, diyabet gibi kronik hastalıklardan koruyucu etki gösterir (Topal ve ark., 2017). Yapılan geniş çaplı bir araştırmada 13.907 meme kanseri vakası incelenmiştir. Bu araştırmaya göre emzirmenin meme kanserine yakalanma ile ters orantıya sahip olduğu bulunmuştur (Zhou ve ark., 2015). 50.000 meme kanserli annenin incelendiği bir araştırmada emzirme süresinin her 12 ayda meme kanseri riskini %4.3 oranında azalttığı tespit edilmiştir (Anstey ve ark., 2017).

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

İnsan sütündeki yapışma önleyici moleküller üzerine çalışmalar yapılırken keşfedilen ve anne sütünden elde edilen doğal bir ürün olan tümör hücrelerini öldüren insan alfa-laktalbümini (HAMLET) adı verilen kompleksin antitümör etkinliği de yapılan birçok çalışma ile ortaya koyulmuştur (Rath ve ark., 2015; Witkowska-Zimny ve ark., 2019). HAMLET, kazein fraksiyonunun düşük pH'ta çökelmesi sırasında oluşur; bu, α-laktalbümin yapısının kısmen açılmasına ve oleik asit ile bağlanmasına olanak tanır (Trulsson ve ark., 2011). HAMLET'in terapötik etkinliği, glioblastoma, mesane kanseri ve bağırsak kanseri hayvan modellerinde yapılan *in vitro* araştırmalarla ve mesane kanserlerini ve cilt papillomlarını hedef alan klinik çalışmalarla gösterilmiştir (Rath ve ark., 2015; Ho ve ark., 2017). Lokal HAMLET infüzyonunun, insan kanseri hayvan modellerinde tümör gelişimini geciktirdiği ve hayatta kalma süresini uzattığı gösterilmiştir. MB49 fare mesane kanseri hücreleri implante edilmiş farelerin HAMLET tedavisi ile kontrol grubuna göre tümör büyüklüklerinde önemli ölçüde azalma gözlemlenmiştir (Mossberg ve ark., 2010). HAMLET'in profilaktik ve terapötik etkilerinin araştırıldığı bir başka çalışmada, peroral HAMLET uygulaması ile farelerde, ince bağırsak tümörlerinin boyutunda ve kalın bağırsaktaki poliplerin sayısında önemli oranda azalma olduğu, sağkalımın ise iyileştiği bildirilmiştir (Puthia ve ark., 2013). Aynı çalışmada bu kompleksin Wnt/*β*-katenin sinyal yolunu, glikolizi, oksidatif fosforilasyonu ve lipit metabolizmasını etkileyerek tümörlü dokularda küçülmeye neden olduğu bildirilmiştir.

SONUÇ

Süt birçok önemli bileşen içeren ve terapötik etkileri olan önemli bir besin kaynağıdır. İnsan anne sütü, yenidoğanlar ve bebekler için hem beslenme hem de sağlık açısından faydaları olan dinamik bir besindir. Anne sütü koruyucu güçlü immünolojik özelliklere sahip olduğu için aynı zamanda etnotıbbın bir parçası olarak uzun yıllardan beri bebeklerde birçok hastalığa karşı kullanılan popüler bir tedavi edici ilaç olarak görülmektedir. Son yıllarda anne sütü, kanserin de dahil olduğu birçok hastalığın tedavisine yönelik gerçekleştirilen kanıta dayalı araştırmaların odak noktasında yer almaktadır. Anne sütünün koruyucu ve tedavi edici rolü, gelişmekte olan ülkeler gibi anne ve bebeklerin ilaca kolayca erişemediği bölgelerde özellikle önemlidir. Geleneksel tedavilerin etkilerinin değerlendirilmesi için gelişmiş ülkeleri de kapsayan daha fazla araştırma yapılması önerilmektedir. Birçok insan anne sütü bileşeni klinik öncesi çalışmalarda ümit verici olmuştur ve aktif klinik değerlendirmeden geçmektedir. Düşük maliyeti, yaygın bulunabilirliği ve istenmeyen etkilerinin olmaması nedeniyle anne sütü insan sağlığında ve kanıta dayalı tedavide rol oynama potansiyeline sahiptir. Anne sütü yerine bebek mamaların ön plana çıkarılması, anne ve bebek sağlığı açısından riskli sonuçların ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Kontaminasyon riskinin yanı sıra tatlandırıcı maddeler, koruyucular, gıda boyaları ve gıda katkı maddeleri gibi bebeğe zarar verebilecek içerikler, bu ürünlerin pazara sunulmadan önce güvenliğinin kontrol edilmesini zorunlu hale getirmektedir. Sonuç olarak özellikle doğum sonrasından itibaren iki yaşına kadar zorunlu haller dışında anne

sütü alımının teşvik edilmesinin anne ve bebek sağlığı bakımından önemi daha iyi anlaşılmaktadır.

KAYNAKLAR

Alberts, Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (2002). *Molecular biology of the cell* (and P. W. B. Alberts, A. Johnson, J. Lewis, M. Raff, K. Roberts (ed.); 4th editio). Garland Science.

Anand, T. S., Vahab, H., Chandran, D., Shanavas, A., Kumar, M., Nainu, F., Bagath, M., Mohankumar, P., Mohapatra, R. K., & Chakraborty, S. (2022). Dairy Waste Management: A Narrative Review on Current Knowledge. *Indian Vet. J*, *99*(08), 7–19.

Anstey, E. H., Shoemaker, M. L., Barrera, C. M., O'Neil, M. E., Verma, A. B., & Holman, D. M. (2017). Breastfeeding and breast cancer risk reduction: implications for black mothers. *American Journal of Preventive Medicine*, *53*(3), S40–S46.

Bilgiç, F. Ş., Bozkurt, G., & Çoban, A. (2023). The Relationship Between the Characteristics of the Newborn and the Nutrient Content of Breast Milk. *Fenerbahçe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, *3*(1), 36–47.

Blackadar, C. B. (2016). Historical review of the causes of cancer. *World Journal of Clinical Oncology*, *7*(1), 54.

Bounous, G. (2000). Whey Protein Concentrate (WPC) and Glutathione Modulation in. *Anticancer Research*, *20*, 4785–4792.

Çapanoğlu, G., & Bakar, E. (2018). Meme Kanseri ve Meme Kanseri Metastazında Rol Oynayan Moleküler Prognostik Faktörler. *Cumhuriyet Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *3*(2), 40-44.

Çelik, Ş. (2022). Süt ve Süt Ürünleri Üzerine Yapılan Bazı İstatistiksel Çalışmalar. Süt ve Süt Ürünlerinde Yenilikçi Yaklaşımlar, İksad Yayınevi, 95-108

Chagas, C. E. A., Rogero, M. M., & Martini, L. A. (2012). Evaluating the links between intake of milk/dairy products and cancer. *Nutrition Reviews*, *70*(5), 294-300.

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.

Gencer, D. K. (2020). Türkçe genel sözlüklerde tanımlama sorunu: süt ana maddesi. *Avrasya Uluslararası Araştırmalar Dergisi*, *8*(21), 61–77.

Gill, H. S., Rutherfurd, 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 & Developmental Biology-Animal*, *52*, 337–348.

Ho, J. C., Nadeem, A., & Svanborg, C. (2017). HAMLET–A protein-lipid complex with broad tumoricidal activity. Biochemical and biophysical research communications, 482(3), 454-458.

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.

İş, M., (2023). Süt Sağma Pompası Kullanan ve Elle Süt Sağan Annelerde Anne Sütü İçeriğinin Karşılaştırılması (Doktora Tezi), Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2023.

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.

Kavlak, O., Yılmaz, H. B., & Dülgerler, Ş. (2010). *Emzirme ve kanser araştırmalarının incelenmesi*. The Journal of Breast Health 6(4), 141-144.

Keri Marshall, N. D. (2004). Therapeutic applications of whey protein. *Alternative Medicine Review*, *9*(2), 136–156.

Kim, K.-U., Kim, W.-H., Jeong, C. H., Yi, D. Y., & Min, H. (2020). More than nutrition: Therapeutic potential of breast milk-derived exosomes in cancer. *International Journal of Molecular Sciences*, *21*(19), 7327.

Larsson, S. C., Orsini, N., & Wolk, A. (2006). Milk, milk products and lactose intake and ovarian cancer risk: a meta-analysis of epidemiological studies. *International Journal of Cancer*, *118*(2), 431–441.

Manoj Kumar, C. T., Chauhan, O. P., Sathish Kumar, M. H., & Devaraja, H. C. (2022). *Chemistry of Milk and Milk Products BT - Advances in Food Chemistry: Food Components, Processing and Preservation* (O. P. Chauhan (ed.); pp. 471–495). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-4796-4_13

Miller, E. M., Aiello, M. O., Fujita, M., Hinde, K., Milligan, L., & Quinn, E. A. (2013). Field and laboratory methods in human milk research. *American Journal of Human Biology*, *25*(1), 1–11.

Mossberg, A. K., Hou, Y., Svensson, M., Holmqvist, B., & Svanborg, C. (2010). HAMLET treatment delays bladder cancer development. The Journal of urology, 183(4), 1590-1597.

Nepalia, A., Singh, A., Mathur, N., & Pareek, S. (2017). Baby foods can also have toxic side effects: A review. Asian J. Sci. Technol, 8, 4386-4393.

Papastavrou, M., Genitsaridi, S. M., Komodiki, E., Paliatsou, S., Midw, R., Kontogeorgou, A., & Iacovidou, N. (2015). Breastfeeding in the course of history. *J Pediatr Neonatal Care*, *2*(6), 1–9.

Pecorino, L. (2012). *Molecular Biology of Cancer: Mechanisms, Targets, and Therapeutics*. 360. http://books.google.com/books?id=tI_vcU85QU4C&pgis=1

Puthia, M., Storm, P., Nadeem, A., Hsiung, S., & Svanborg, C. (2013). Prevention and treatment of colon cancer by peroral administration of

HAMLET (human α-lactalbumin made lethal to tumour cells). Gut, gutjnl-2012.

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.

Rath, E. M., Duff, A. P., Håkansson, A. P., Vacher, C. S., Liu, G. J., Knott, R. B., & Church, W. B. (2015). Structure and potential cellular targets of HAMLET-like anti-cancer compounds made from milk components. Journal of Pharmacy & Pharmaceutical Sciences, 18(4), 773-824.

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

Shewach, D. S., & Kuchta, R. D. (2009). Introduction to Cancer Chemotherapeutics. *Chemical Reviews*, *109*(7), 2859–2861. https://doi.org/10.1021/CR900208X

Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R. L., Laversanne, M., Soerjomataram, I., Jemal, A., & Bray, F. (2021). Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, *71*(3), 209–249.

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.

Topal, S., Çınar, N., & Altınkaynak, S. (2017). Emzirmenin anne sağlığına

yararları. *Journal of Human Rhythm*, *3*(1), 25–31.

Trulsson, M., Yu, H., Gisselsson, L., Chao, Y., Urbano, A., Aits, S., ... & Svanborg, C. (2011). HAMLET binding to α-actinin facilitates tumor cell detachment. PLoS One, 6(3), e17179.

Tunçkılıç, M., Aydın, N., & Küğcümen, G. (2019). Anne sütü ve emzirmenin yenidoğan üzerine etkisi ve ebelik yaklaşimi. *Cumhuriyet Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *4*(3).

Weinberg, E. D. (1996). The role of iron in cancer. *European Journal of Cancer Prevention*, 19–36.

Witkowska-Zimny, M., Kamińska-El-Hassan, E., & Wróbel, E. (2019). Milk therapy: unexpected uses for human breast milk. Nutrients, 11(5), 944.

Yılmaz, M., & Nazlı, A. (2014). Meme kanseri riskinin beslenme ile ilişkili faktörler açısından değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Public Health*, *12*(1), 51–60.

Zhou, Y., Chen, J., Li, Q., Huang, W., Lan, H., & Jiang, H. (2015). Association between breastfeeding and breast cancer risk: evidence from a meta-analysis. *Breastfeeding Medicine*, *10*(3), 175–182.

Zhu, S. Y., & Yu, K. Da. (2022). Breast Cancer Vaccines: Disappointing or Promising? *Frontiers in Immunology*, *13*. https://doi.org/10.3389/FIMMU.2022.828386

Zibadi, S., Watson, R. R., & Preedy, V. R. (2013). *Handbook of dietary and nutritional aspects of human breast milk*. Wageningen Academic Publishers.

BÖLÜM 14

SÜT VE SÜT ÜRÜNLERİNDE YAPILAN HİLELER VE BU HİLELERİN TESPİT YÖNTEMLERİ

Ezgi EDEBALİ[1]*
Prof. Dr. İhsan BAKIRCI[2]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10460163

[1] Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye. ezgi4955@hotmail.com, Orcid ID: 0000-0001-6912-7569
[2] Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye. ibakirci@atauni.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-3744-3863
*Sorumlu yazar: Ezgi EDEBALİ

1.GİRİŞ

Süt, süt bazlı ürünler ve süt türevleri, yüksek besin değeri olan, geniş bir tüketici kesimi tarafından yaygın olarak tüketilmekte ve insanların sağlıklı beslenebilmesi açısından önemli bir gıda grubunu temsil etmektedir (Cossignani ve ark., 2019, Büyükcan ve Kavdır, 2020). Süt bünyesinde B grubu vitaminlerini, kalsiyum ve fosfor gibi değerli mineralleri bulundurmaktadır (Turan ve ark., 2017). Bu sayede kemik gelişiminde ve bağışıklık sisteminin güçlenmesinde önemli rol oynamaktadır (Büyükcan ve Kavdır, 2020). Fakat süt ve süt ürünlerinin fiyat farklılıkları, mevsimsel bulunabilirlik düzeyi ve son dönemlerde yaşanan ekonomik dalgalanmalardan ötürü süt ve süt ürünlerinde hile, taklit ve tağşiş oranları artış göstermiştir (Moore ve ark., 2012; Di Domenico ve ark., 2016).

Gıdalarda en çok karşılaşıla hile türü taklit ve tağşiş olarak bilinmektedir (Anonim, 2010). Hile kelime anlamı ile, birini aldatmak, yanıltmak için yapılan her türlü hareket olup, çıkar sağlamak amacıyla herhangi bir şeye aynı cinsten değersiz bir şey katmak anlamına gelmektedir (Dıraman ve Köseoğlu, 2017). Taklitçilik, ürünlerin şekil, nitelik ve bileşimleri itibariyle kendi bünyesinde bulunmayan özelliklere sahip gibi gösterilmesidir. Meyve şuruplarının üzüm pekmezi olarak pazarlanması ya da bitkisel yağların çeşitli katkı maddeleri ile tereyağına benzetilip satılması tipik taklit örneklerindendir (Engizek, 2014). Tağşiş ise ürünlerin bileşiminde bulunan ve onlara temel karakteristik özelliklerini veren ögelerin bir kısmının veya tamamının mevzuata aykırı biçimde uzaklaştırılması ve aynı değere sahip olmayan başka bir maddenin gıdanın kendi bileşiniymiş gibi eklenmesi sonucu yapılan eylem olarak bilinmektedir (Anonim, 2010). Gıda

sanayinde, peynir ve tereyağı örneklerine bitkisel yağ karıştırmak, sütlere su ilavesi yapmak, zeytinyağlarına farklı bir bitkisel yağ ilavesi yapmak, bala şeker karıştırmak yapılan tağşişlere örnek olarak verilebilmektedir (Doğan, 2019). Ekonomik koşullar dikkate alındığında en savunmasız gıdalardan biri olarak görülen süt ve süt ürünlerinde tağşiş; genelde hacmi arttırmak, sütün kaliteli bileşimlerinin kalitesiz bileşenler ile değiştirilmesi ve düşük kalitenin maskelenmesi şeklinde yapılmaktadır (Moore ve ark., 2012).

Gıda ürünlerinde yapılan hile ve sahtecilikler sadece ekonomik anlamda problem olmaktan ziyade insan sağlığı açısından da ciddi riskler taşımaktadır (Santos ve ark., 2013). Gıda sektöründe yapılan bu tarz hilelerin önüne geçmek, toplum sağlığının korunması ve özellikle tüketicilerin aldatılmasının engellenmesi için Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından gerekli mevzuatlar oluşturulup çeşitli kontroller sağlanmaktadır (Anonim, 2018). Tarım ve Orman Bakanlığı tarafınca süt ve süt ürünlerinde en fazla yapılan analizler arasında; jelatin, bitkisel yağ, nişasta aranması, süt ırkına göre süt ürünlerinde tür tayini, harici yağ ilave edilip edilmediğinin tespitidir (Tarakçı, 2023). Gıda ürünlerinde yapılan hilelerin tespit edilmesi zor ve karmaşık bir olaydır ancak bir o kadar da önem arz etmektedir. Bu tarz hilelerin tespiti hem tüketici hem de üretici açısından ekonomik ve sağlık yönünden avantaj sağlamaktadır. Ayrıca etiket üzerinde beyan edilen bilgilerin de bu şekilde kontrolü sağlanmaktadır (Primrose ve ark., 2010).

Taklit ve tağşişe maruz kalmış gıdalar kimyasal bileşim itibariyle orijinal ürüne benzerlikler gösterdiğinden orijinal ürünle arasındaki farkın

belirlenmesi bazen karmaşık bir hal almaktadır. Bu tarz ürünlerde hilelerin belirlenmesi için ileri düzey analitik tekniklerin kullanılması gerekmektedir (Danezis ve ark., 2016). Gıdalarda yapılan hilelerin tespit edilmesinde genellikle kromatografik, moleküler, spekrometrik ve spektroskopik yöntemler sıklıkla kullanılmaktadır (Sun, 2008; Danezis ve ak., 2016).

2. SÜT VE SÜT ÜRÜNLERİNDE TAKLİT VE TAĞŞİŞİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

2.1. İzotop oranı kütle spektrometresi (IR-MS)

İzotop atomlar, çekirdeklerinde farklı sayıda nötron bulunan fakat aynı sayıda protona sahip olan atomlar olarak tanımlanmaktadır. Gıdaların kaynaklarına bağlı olarak moleküllerin izotop içerik ve dağılımları, sentez yollarından ve çevresel faktörlerden etkilenmektedir. Bu özelliklerden faydalanarak aynı kimyasal yapıya sahip olan fakat farklı gıda kayaklarından elde edilen moleküllerin kökeni tespit edilebilmektedir. Gıdalarda yapılan taklit ve tağşişlerin belirlenmesinde izotop analizlerin kullanılması en etkili yöntemler arasında görülmektedir (Magdas ve ark., 2013).

2.2. Yüksek performans sıvı kromatografisi (HPLC)

HPLC bir karışımdaki bileşenlerin ayrılması, tanımlanması ve ölçülmesi için kullanılan analitik bir tekniktir (Luykx ve van Ruth 2008). Bu teknik yüksek çözünürlük ve hassasiyet imkanı sunmakla beraber karmaşık matrislerin analiz edilmesini ve eser miktardaki safsızlık düzeylerinin tespit edilmesine olanak tanımaktadır (El-Nabawy ve ark., 2023). HPLC yöntemi ile süt ve süt ürünlerindeki bileşenlerin, katkı maddelerinin ve

kirleticilerinin oranlarının belirlenmesinde yaygın kullanılan bir yöntemdir (Kamal ve Karoui, 2015). Ayrıca süt ve süt ürünlerinde yapılan tağşişin doğrulanmasında mükemmel bir performans sağlanmaktadır (Moldoveanu ve David, 2013). Özellikle süt ve süt ürünlerindeki melamin miktarının belirlemesinde sıklıkla kullanılmaktadır (Ruicheng ve ark., 2009). Fakat HPLC yönteminde kapsamlı bir numune hazırlanması, analiz süresinin uzun olması ve maliyet düzeyinin fazla olması dezavantaj olarak karşımıza çıkmaktadır (El-Nabawy ve ark., 2023). Numune hazırlama aşaması süt ve süt ürünlerinde yapılan tağşişin tespitinde kimlik doğrulamasının gecikmesine neden olmaktadır (Kamal ve Karoui, 2015).

2.3. Sıvı kromatografi kütle kütle spektrometresi (LC-MS/MS)

LC-MS/MS yönteminde karışık moleküllerin kendilerine ait olan ana iyonlarını oluşturup içeriği bilinmeyen örneğin karakteristik ana iyonu diğer bileşenlerden ayrıldıktan sonra seçilip tanımlanmaktadır. Birinci MS'de ayrılan ana iyon ikinci MS'e gönderilmekte ve burada ikinci iyonlarına ayrılmaktadır. Bu sayede ana iyon ve ikincil iyon aynı anda tanımlanmakta ve bileşenlerin tamamen ayırt edilmesi sağlanmaktadır. Bu teknik aynı anda yüzlerce bileşiğin ölçülmesine olanak tanımakta, yüksek düzeyde hassasiyet içermekte ve özellikle aminoasit dizisi homolojisine dayanarak proteinlerin tanımlanmasını sağladığından diğer yöntemlere kıyasla avantajlı olarak görülmektedir (Skoog ve ark., 2007; Pico, 2015).

2.4. Spektroskopik yöntemler

Gıda ürünlerinin helal doğrulamasının yapılabilmesi ve tağşişlerin tespit edilebilmesi için kullanılan yöntemlerden biri de spektroskopik

yöntemlerdir (Nakyinsige ve ark., 2012). Örneklerin kimyasal kompozisyonlarının belirlenmesi için farklı spektroskopik yöntemler geliştirilmiş olup bunlar; Fourier dönüşümlü spektroskopi (FT-IR), Yakın kızılötesi spektroskopisi (NIR), Orta kızılötesi spektroskopisi (MIR), Raman spektroskopisi ve Üstün uzaysal görüntüleme spektroskopisi olarak bilinmektedir. Bu yöntemler kalite analizleri ve doğrulaması için hassas ve hızlı sonuçlar vermektedir (Lohumi ve ark., 2015). NIR sistemleri yardımıyla üründe kalite ve zarar durumlarının tespit edilmesi optik sensörler vasıtasıyla yapıldığından hem sağlık açısından zararsızdır hem de diğer yöntemlere oranla daha ucuz olması avantaj kabul edilmektedir (Büyükcan ve Kavdır, 2020). Bu yöntemlerle özelikle süt tozlarında melamin tespiti, sütlerde tür doğrulaması yapılmakta, tereyağlarının özgünlüğü kolaylıkla tespit edilebilmektedir (Çağlar ve ark., 2019). Tek Sıçrama Zayıflatılmış Toplam Yansıma-Fourier dönüşümü kızılötesi spektroskopisi (SB-ATR FTIR) tabanlı biyosensörler kullanılarak hem sıvı hem de toz haldeki sütlerdeki melamin miktarının belirlenmesi için kullanılmaktadır (Jawaid ve ark., 2013). Ayrıca süt ürünlerinde sentetik idrar kullanımı da mümkün olmaktadır. Süt ürünlerinde 0,78 mg/L süt konsantrasyonuna kadar sentetik idrarın varlığı tespit edebilen kızılötesi mikrospektroskopi tekniği kemometrik analiz ile kombine şekilde kullanılmaktadır (Santos ve ark., 2013b). Spektroskopik yöntemler, HPLC yöntemine kıyasla daha hızlı sonuç almayı sağlamaktadır. Ayrıca numunelerin yüksek verimli bir şekilde taranmasına olanak tanıyan gerçek zamanlı izleme ve ürünlerde tahribata neden olamayacak şekilde analiz imkanı tanımaktadır (Vlasiou, 2023).

2.5. Polimeraz zincir reaksiyonu (PCR)

PCR, farklı kaynaklardan gelen sütler de dahil olmak üzere süt ve süt ürünlerinde yapılan tağşişi hem niceliksel hem de niteliksel olarak tanımlamak amacıyla kullanılan bir tespit tekniğidir (Morin ve Less, 2018). Gıda analizlerinde kullanılan çoğu DNA testi, süt ve süt ürünleri gibi işlenmiş olan gıdalarda tür tanımlanmasına olanak tanımakta ve bu metot PCR tekniğine dayanmaktadır. DNA bazlı kullanılan yöntemlerin uygulanmasının basit olması, yüksek duyarlılık sağlaması ve nükleik asitlerin her hücre tipinde birçok yerde bulunmasından ötürü avantajlı yöntemler arasında kabul edilmektedir (Poonia ve ark., 2017; Morin ve Less 2018; Visciano ve Schirone 2021). Fakat süt ve süt ürünleri somatik hücrelerden ekstrakte edilen DNA miktarındaki yüksek değişkenlikten ötürü oldukça hassas DNA ekstraksiyon yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır (Azevedo ve ark., 2021). Bunun için kantitatif PCR (qPCR) yönteminin kullanılması tavsiye edilmektedir. Bu yöntemle sütlere ilave edilen manda, inek, koyun ve keçi DNA'sının varlığı hesaplanabildiği gibi kirletici DNA miktarı da hesaplanabilmektedir (Giglioti ve ark., 2022). Son yıllarda koyun, keçi, manda sütünden veya bunların karışımlarından üretilen peynirlerin orijinalliğinin doğrulanması için tekli veya çoklu PCR yaklaşımları da kullanılmaya başlanmıştır (Baptista ve ark., 2021).

2.6. Görüntü analizleri

Son yıllarda gıda analizleri için hızlı ve etkili yöntemler kullanılmaya başlanmıştır. Bunlardan biri de görüntü analizleridir. Görüntü analizleri genelde tarım, gıda, biyotıp ve gıda taşımacılığında kullanılmaktadır (Kurade ve ark., 2023). Gıda endüstrisinde yapay zeka ve görüntü tanıma

teknikleri kullanılarak gıdaların bozulması, kalitesi ve orijinalliği tespit edilebilmektedir (Khan ve ark., 2021). Özellikle peynir numunelerinde yapılan taklit ve tağşişler belirlenebildiği gibi peynire katılan gıda katkı maddelerinin oranları da bu yöntemler belirlenebilmektedir (Visconti ve ark., 2023).

2.7. Enzime bağlı immünosorbent tahlili (ELISA)

ELISA, antijen görevi yapabilen gıda bileşenlerini ölçmek için sıklıkla kullanılan bir yöntemdir (Dai ve ark., 2022). Bu testin temel prensibi, monoklonal veya poliklonal antikorların sığır immünoglobulinleri, peyniraltı suyu proteinleri ve kazein-makro peptid (CMP) gibi çeşitli bileşenlerle etkileşimi yoluyla potansiyel tağşişi tespit etme yeteneğinde yatmaktadır. Ayrıca tek bir çalışmada birden fazla numuneyi analiz etmek mümkündür (Masci ve ark., 2022). ELISA testi kolay ve hızlı uygulanabilirliğinden, yüksek hassasiyetinden ve düşük maliyetli olmasından ötürü süt ve süt ürünlerinin analizlerinde yaygın olarak kullanılan immünolojik bir testtir (Yıldırım-Tirgil, 2022). ELİSA testlerinin birbirleri ile kombinasyonunun doğru seçilmesi ve yöntemin doğru bir biçimde uygulanması süt ve peynirde yapılan tağşişin değerlendirilmesinde kilit nokta olarak görülmektedir (Zeleňáková ve ark., 2016).

3. SÜT VE SÜT ÜRÜNLERİNDE YAPILAN TAĞLİT VE TAĞŞİŞLER

Süt ve süt ürünleri yapısı itibariyle hileye maruz kalabilecek ürünlerdir. Sütte en fazla yapılan ve en eski hile türü ya sütün sağımından sonra ya da işletmeye kabul edildikten sonra süte su eklenmesidir. Çiğ süt örneklerinin

ucuz elde edilen süt veya peyniraltı suyu tozu (PAS tozu) içeren rekonstitüye sütlerde karıştırılması da sıklıkla karşılaşılan hile örneklerindendir. Süt ürünlerine süt tozu ilavesi kurumadde içeriği ve hacmini arttırmak amaçlı yapılmaktadır (Morin ve Lees, 2018). Fakat peynir, PAS tozu ilavesi ile süt ürünlerinde doğal olarak bulunmayan proteinlerin ilavesini sağlayacağından alerjen riskini de beraberinde getirecektir (Morin ve Lees, 2018). Tarakçı (2023) yüksek sıcaklıklarda işlem görmüş içme sütlerinde süt tozu kullanılarak yapılan tağşişi belirlemek için 15 farklı markaya ait UHT süt örnekleri ile %10, %20 ve %30 oranında süt tozları ile hazırlanan rekonstitüye süt örneklerinde ısıl işlem ile oluşan furozin ve laktulozu karşılaştırmıştır. Mevcut çalışma kapsamında laktuloz, laktoz, glikoz ve galaktoz oranlarını HPLC metotlarını kullanarak belirlemiştir. UHT sütlerde maksimum bulunabilecek laktuloz oranı 600 mg/l olarak önerilmiştir. Fakat farklı markalara ait 15 adet UHT süt örneklerinde ortalama değeri 827mg /l olarak belirlemiştir. Ayrıca hazırlamış olduğu tağşişli çiğ süt örneklerine ısıl işlem uygulaması yapıldıktan sonra laktuloz değerlerinin de arttığını tespit etmiştir. %90 çiğ süt, %10 rekonstitüye süt ve ısıl işlem uygulanmış örnekte laktuloz oranını 1678 mg/l ve %70 çiğ süt, %30 rekonstitüye süt ve ısıl işlem uygulanmış süt örneklerinde ise laktuloz oranını 1895 mg/l olarak tespit etmiştir.

Çiğ sütlerde bakteri yükü nedeniyle oluşan düşük kalitenin önüne geçilmesi ve raf ömrünün uzatılması için formalin, hidrojen peroksit, sodyum hipoklorit ve antibiyotiklerin de ilave edilmesi bir tağşiş durumudur (Özer Geniş, 2020; Tarakçı, 2023). Sütteki peroksitler ve deterjan türevleri

gastrointestinal sistemde komplikasyonlara sebep olabilmektedir. Bu komplikasyonlar sonucunda gastrit ve bağırsak iltihaplanmasına neden olabilmektedir (Kandpal ve ark., 2012). Ayrıca Brezilya'da yapılan çalışmalar sonucunda UHT sütlere üre ve sentetik idrarın sütte nitrojen içeriğini arttırmak amaçlı katıldığı tespit edilmiştir (Souza ve ark., 2011). Süt ve ürünlerinden fazla miktarda alınan ürenin filtrelenmesi gerektiğinden böbreklerin fazla çalışıp yorulmasına neden olacaktır (Kandpal ve ark., 2012).

Ayrıca süt ve süt ürünlerinin protein içeriklerinin arttırılması için melamin eklenmektedir (Liu ve ark., 2012). Melamin izin verilen bir katkı maddesi ve gıda bileşeni değildir. 2008 yılında Çin'de melamin kontaminasyonu rapor edildikten sonra bir sınır belirlenmiştir. İthal gıdalarda melamin için kabul edilebilir sınır 2,5 mg/kg iken bebek mamalarında bu sınır 1 mg/kg olarak kabul edilmektedir (Lawley, 2013). Belirlenen sınırın üstünde melamin tüketimi bebeklerde böbrek yetmezliğine veya ölüme neden olabilmektedir (Domingo ve ark., 2014). Spesifik olarak süt ve süt ürünlerinde hacmi arttırmak için nişasta veya selüloz ilavesi yapılmaktadır. Özellikle peynir çeşitlerinde yüksek oranda nişasta ve selüloz tespit edilmiştir (Ferdman, 2016; Schuman, 2015). Süte ve süt ürünlerine eklenen fazla nişasta, kolondaki sindirilmemiş nişastanın etkisiyle ishale neden olabilmektedir. Ayrıca fazla alımla beraber vücutta biriken nişasta, diyabet hastaları için çok ölümcül olabilmektedir (Singuluri, 2014).

Çeşitli peynir örneklerinde renk değişiminin sağlanması için klorofil ilavesi ve tereyağı örneklerinde sarı rengin elde edilmesi için beta karoten kullanımı da sıklıkla rastlanılan hileler arasındadır (Tarakçı, 2023). Süt

yağının çok değerli pahalı olmasından ötürü bazı üreticiler ek kazanç sağlamak istemektedirler. Bundan ötürü süt yağını çıkarıp yerine daha az kaliteye sahip olan bitkisel yağlar ilave edilerek yağ içeriği düzenlenmektedir (Singuluri, 2014). Dankowska ve ark., (2015) peynirlerde bitkisel yağ kullanılıp kullanılmadığını fluoresans spektroskopi tekniğini kullanarak 240-700 nm arasında farklı dalga boylarında ölçüm yaparak tespit etmeye çalışmışlardır. Analizi yapılan 5 adet kaşar peyniri örneğinin 3 tanesinde β-sitosterol miktarının %2'lik sınırın üstünde olduğunu tespit etmişlerdir. Özellikle tağşiş ve taklidi en fazla yapılan süt ürününün taze kaşar peynirlerinin olduğunu ifade etmişlerdir. Öner-Yılmaz ve Karagözlü (2020) İzmir ilinde satışa sunulan çeşitli peynir ve tereyağı örneklerinde bitkisel yağın eklenip eklenmediğini tespit etmeye çalışmışlardır. Bu amaçla 25 adet tereyağı ve 25 adet peynir (25 peynir örneğinin 3'ü eritme peyniri, 3'ü dil peyniri, 14'ü tulum, 5'i de taze kaşar peyniri) piyasadan toplanmış ve Gaz Kromatografisi kullanılarak ürünlerdeki β-sitosterol (bitkisel yağ) oranları tespit edilmiştir. Eritme peynir örneklerinden sadece 1 tanesinde β-sitosterol oranı %2'nin üzerinde tespit edilmiştir. Diğer örneklerin %2'yi aşmamalarına rağmen kolesterol miktarlarının azaldığını rapor etmişlerdir. 14 adet tulum peyniri örneklerinden 4 tanesinde β-sitosterol oranının %2'nin üzerinde olduğunu ve oranının artmasıyla kolesterol miktarının azaldığını belirtmişlerdir. Ayrıca toplanan tereyağı örneklerinde %20 oranında tağşiş olduğunu ifade etmişlerdir.

Tulum peynirlerinde tağşişin tespit edilmesi için 2012-2018 yılları arasında yapılan denetimlerde bitkisel yağ içeren 253 parti peynirden 155 partinin

tulum peyniri olduğu tespit edilmiştir (Gümüş, 2018). Süt yağı azaltılmış olan ürünlere eklenecek olan bitkisel yağlar önceden emülsifiye edilmekte ve daha sonra süte ilave edilmektedir. Bu sayede taze sağılmış süt köpüğüne benzer bir yapı elde edilmektedir (Poonia ve ark., 2017; Momtaz ve ark., 2023). Klančnik ve ark., (2016) peynirlerde yapılan tağşişin boyutlarını araştırmak için kantitatif ters transkripsiyon Polimeraz Zincir Reaksiyonu (RT-qPCR) yöntemini kullanarak 46 peynir numunesini araştırmışlardır. Çalışma bulgularına göre keçi peynirlerinin %5'inin ve koyun peynirlerinin de %12'sinin %5'i aşan inek sütü içeriğine sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Tespit edilen bu değerlerin özellikle inek sütüne alerjisi olan bireyler için sağlık riski taşıyabileceğini vurgulamışlarıdır.

Manda sütlerinin tüketiminin son dönenmelerde artış göstermesi, mevsimsel bulunabilirlik kaynaklı sorunlar ve ineklerden elde edilen süt ürünlerine kıyasla daha fazla katma değer sunmasından ötürü manda sütleri ve ürünlerinin üretimi sırasında değişken miktarlarda inek sütü ilavesi yapılabilmektedir. Bu da ürün tağşişi yoluyla sahtekarlık anlamına gelmektedir (Azevedo ve ark.,2021). Cutarelli ve ark., (2021) İtalya'da Avrupa Komisyonu Yönetmeliği Kapsamında Korumalı bir ürün olarak tanımlanan manda sütünden üretilen mozzarella peyniri örneklerine farklı bir sütün karıştırılıp karıştırılmadığını damlacık dijital PCR (ddPCR) tekniğine göre araştırmışlardır. Bu peynir örneği sadece manda sütünden elde edilmektedir. Fakat piyasadan toplatılan 33 adet manda mozzarella peynirlerinde inek sütü tespit etmişlerdir. İnek sütü ilavesi yapılan bu sütler Avrupa Komisyonu Yönetmeliği Kapsamında Korumalı Ürün kapsamında değerlendirilmemektedir. Benzer bir çalışmada Giglioti ve ark., (2022)

piyasada manda peyniri olarak satışa sunulan 22 adet örnekte qPCR tabanlı hassas bir yöntem kullanarak manda sütüne ilave edilmiş olan inek sütünü belirlemeye çalışmışlardır. Çalışma bulgularına göre 22 adet manda peynirlerinin 12 tanesinde inek DNA'sı tespit etmişlerdir.

Van Nguyen ve ark., (2023) süt yağındaki süt yağı dışındaki bileşenlerin belirlenmesi için 19 büyükbaş yağ örneği, inek sütünden elde edilmiş 20 adet peynir ve inek sütünden elde edilmiş 10 tereyağı örneğini RP-HPLC yöntemini kullanarak analiz etmişlerdir. 20 adet inek sütünden üretilmiş peynir örneklerinin 7 tanesinde süt yağının yerine farklı bir yağ kullanıldığını, 10 adet tereyağı örneğinden yalnızca 7 tanesinde palm yağı kullanıldığını tespit etmişlerdir. Tereyağı örneklerinden sadece 3 tanesinin gerçek süt yağından üretildiğini ve süt dışı yağın kütle fraksiyonunun %10-90 aralığında olduğunu ifade etmişlerdir.

4. SONUÇ

Süt ve süt ürünleri bileşim itibariyle insan sağlığı için çok önemli ürünler olarak kabul edilmektedir. Son dönemlerde gelişen teknolojik durumlar ve ekonomik dalgalanmalardan ötürü gıda sahtekârlıkları hızla artış göstermiştir Bu taklit ve tağşişler hem ekonomik yönden zarara neden olmakta hem de insan sağlığı için bir tehdit unsuru olmaktadır. Ortaya çıkan bu durumlardan ötürü gıda ürünlerinin kalite ve güvenlik kontrolüne yönelik talepler de ortaya çıkmıştır. Bu tarz hilelerin önüne geçebilmek için Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından çeşitli mevzuatlar yayımlanmakta ve hilelerin tespit edilmesinde HPLC, PCR, spektroskopik yöntemler, görüntü analizleri sıklıkla kullanılmaktadır. Bu analizler kapsamında süt ve süt ürünlerinde tür doğrulaması yapılabilmekte, süt yağı dışında kullanılan

yağlar tespit edilebilmekte, süt ürünlerinin protein içeriklerinin arttırılması için kullanılan maddeler ve süt ürünlerinin bileşimleri belirlenebilmektedir.

KAYNAKLAR

Anonim (2010). 5996 sayılı Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ankara. https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/06/20100613-12.htm Erişim Tarihi: 24.12.2023.

Anonim (2018). Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Hileli Ürünler İfşa Listesi. T.C.T.v.O. Bakanlığı, Editor.

Azevedo, B. T., Vercesi Filho, A. E., Gutmanis, G., Verissimo, C. J., Katiki, L. M., Okino, C. H., & Giglioti, R. (2021). New sensitive methods for fraud detection in buffalo dairy products. *International Dairy Journal*, *117*, 105013.

Baptista, M., Cunha, J. T., & Domingues, L. (2021). DNA-based approaches for dairy products authentication: A review and perspectives. *Trends in Food Science & Technology*, *109*, 386-397. Büyükcan, M., & Kavdır, İ. (2020). Yakın kızıl ötesi spektroskopi (FT-NIR) kullanarak sütte NAHCO3 varlığının tespiti. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, *8*(2), 327-334.

Çağlar, M. Y., Demirci, M., Şahiner, A., Çakır, B., & Çağlar, A. F. (2019). Gıda analizlerinde kullanılan spektroskopik teknikler. *Akademik Gıda*, *17*(1), 121-130.

Cossignani, L., Pollini, L., & Blasi, F. (2019). Invited review: Authentication of milk by direct and indirect analysis of triacylglycerol molecular species. *Journal of dairy science*, *102*(7), 5871-5882.

Cutarelli, A., Fulgione, A., Fraulo, P., Serpe, F. P., Gallo, P., Biondi, L., & Capuano, F. (2021). Droplet Digital PCR (ddPCR) Analysis for the Detection and Quantification of Cow DNA in Buffalo Mozzarella Cheese. *Animals*, *11*(5), 1270.

Dai, H., Huang, Z., Liu, X., Bi, J., Shu, Z., Xiao, A., & Wang, J. (2022). Colorimetric ELISA based on urease catalysis curcumin as a ratiometric

indicator for the sensitive determination of aflatoxin B1 in grain products. *Talanta*, *246*, 123495.

Danezis, G. P., Tsagkaris, A. S., Camin, F., Brusic, V., & Georgiou, C. A. (2016). Food authentication: Techniques, trends & emerging approaches. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, *85*, 123-132.

Dankowska, A., Małecka, M., & Kowalewski, W. (2015). Detection of plant oil addition to cheese by synchronous fluorescence spectroscopy. *Dairy science & technology*, *95*, 413-424.

Di Domenico, M., Di Giuseppe, M., Rodríguez, J. W., & Cammà, C. (2017). Validation of a fast real-time PCR method to detect fraud and mislabeling in milk and dairy products. *Journal of dairy science*, *100*(1), 106-112.

Dıraman, H., & Tugen, A. (2022). Helal bir gıda kaynağı olarak: natürel zeytinyağlarında taklit ve tağşiş tespit çalışmaları. *Helal ve Etik Araştırmalar Dergisi*, *4*(2), 43-68.

Doğan, O. (2019). Gıdada tağşişin tarihi ve politik ekonomisi üzerine bir inceleme.: 4.

Domingo, E., Tirelli, A. A., Nunes, C. A., Guerreiro, M. C., & Pinto, S. M. (2014). Melamine detection in milk using vibrational spectroscopy and chemometrics analysis: A review. *Food Research International*, *60*, 131-139.

El-Nabawy, M., Awad, S., & Ibrahim, A. (2023). Validation of the Methods for the Non-milk Fat Detection in Artificially Adulterated Milk With Palm Oil. *Food Analytical Methods*, *16*(4), 798-807.

Engizek N. (2014). *Tüketicilerin Taklit Ürün Satın Alma Niyetinde Kişisel Özeliklerin, Sosyal Motivasyonların ve Ürün ile İlgili Faktörlerin Rolü (Doktora Tezi).* İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Ferdman, R. A. (2016). Parmesan cheese is not what it seems.

Giglioti, R., Polli, H., Azevedo, B. T., Katiki, L. M., & Vercesi Filho, A. E. (2022). Detection and quantification of adulteration in milk and dairy products: A novel and sensitive qPCR-based method. *Food Chemistry: Molecular Sciences*, *4*, 100074.

Gümüş, İ. (2018). Süt Ürünü Diye Bitkisel Yağ Yiyoruz. *Süt Dünyası*, *68*, 34-40.

Jawaid, S., Talpur, F. N., Sherazi, S. T. H., Nizamani, S. M., & Khaskheli, A. A. (2013). Rapid detection of melamine adulteration in dairy milk by SB-ATR–Fourier transform infrared spectroscopy. *Food chemistry*, *141*(3), 3066-3071.

Kamal, M., & Karoui, R. (2015). Analytical methods coupled with chemometric tools for determining the authenticity and detecting the adulteration of dairy products: A review. *Trends in Food Science & Technology*, *46*(1), 27-48.

Kandpal, S. D., Srivastava, A. K., & Negi, K. S. (2012). Estimation of quality of raw milk (open & branded) by milk adulteration testing kit. *Indian journal of community health*, *24*(3), 188-192.

Khan, R., Kumar, S., Dhingra, N., & Bhati, N. (2021). The use of different image recognition techniques in food safety: a study. *Journal of Food Quality*, *2021*, 1-10.

Klančnik, A., Toplak, N., Kovač, M., Ogrinc, N., & Jeršek, B. (2016). Robust PCR-based method for quantification of bovine milk in cheeses made from caprine and ovine milk. *International Journal of Dairy Technology*, *69*(4), 540-549.

Kurade, C., Meenu, M., Kalra, S., Miglani, A., Neelapu, B. C., Yu, Y., & Ramaswamy, H. S. (2023). An Automated Image Processing Module for Quality Evaluation of Milled Rice. *Foods*, *12*(6), 1273.

Lees, M., & Morin, J. F. (Eds.). (2018). *FoodIntegrity handbook: A guide to food authenticity issues and analytical solutions*. Eurofins Analytics France.

Lohumi, S., Lee, S., Lee, H., & Cho, B. K. (2015). A review of vibrational spectroscopic techniques for the detection of food authenticity and adulteration. *Trends in Food Science & Technology*, *46*(1), 85-98. Luykx, D. M., & Van Ruth, S. M. (2008). An overview of analytical methods for determining the geographical origin of food products. *Food chemistry*, *107*(2), 897-911.

Magdas, D. A., Cristea, G., Puscas, R., & Tusa, F. (2014). The use of isotope ratios in commercial fruit juices authentication. *Romanian Journal of Physics*, *59*(3-4), 355-359.

Masci, M., Zoani, C., Nevigato, T., Turrini, A., Jasionowska, R., Caproni, R., & Ratini, P. (2022). Authenticity assessment of dairy products by capillary electrophoresis. *Electrophoresis*, *43*(1-2), 340-354.

Moldoveanu, S. C., & David, V. (2022). *Essentials in modern HPLC separations*. Elsevier.

Momtaz, M., Bubli, S. Y., & Khan, M. S. (2023). Mechanisms and health aspects of food adulteration: A comprehensive review. *Foods*, *12*(1), 199.

Moore, J. C., Lipp, M., & GRIFFITHS, J. (2011). Preventing the adulteration of food protein. *Food technology (Chicago)*, *65*(2).

Moore, J. C., Spink, J., & Lipp, M. (2012). Development and application of a database of food ingredient fraud and economically motivated adulteration from 1980 to 2010. *Journal of food science*, *77*(4), R118-R126.

Nakyinsige, K., Man, Y. B. C., & Sazili, A. Q. (2012). Halal authenticity issues in meat and meat products. *Meat science*, *91*(3), 207-214.

Öner Yılmaz, A., & Karagözlü, C. (2020). İzmir piyasasında satışa sunulan tereyağı ve peynir örneklerinin β-sitosterol içeriklerinin tespiti ile tağşiş belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, *57*(2).

Özer Geniş, D., Süt ve süt ürünlerinde tür tayinin senkronize floresans spektroskopisiyle belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Hacettepe Üniversitesi.

Picó, Y. (2015). *Advanced mass spectrometry for food safety and quality*. Elsevier.

Poonia, A., Jha, A., Sharma, R., Singh, H. B., Rai, A. K., & Sharma, N. (2017). Detection of adulteration in milk: A review. *International journal of dairy technology*, *70*(1), 23-42.

Primrose, S., Woolfe, M., & Rollinson, S. (2010). Food forensics: methods for determining the authenticity of foodstuffs. *Trends in Food Science & Technology*, *21*(12), 582-590.

Santos, P. M., Pereira-Filho, E. R., & Rodriguez-Saona, L. E. (2013). Rapid detection and quantification of milk adulteration using infrared microspectroscopy and chemometrics analysis. *Food chemistry*, *138*(1), 19-24.

Santos, P. M., Pereira-Filho, E. R., & Rodriguez-Saona, L. E. (2013b). Application of hand-held and portable infrared spectrometers in bovine milk analysis. *Journal of agricultural and food chemistry*, *61*(6), 1205-1211.

Schuman, N. (2015). Where's the beef? It's right here: Grated Parmesan cheese is being adulterated with starches and imitation cheeses. That's fraud, says a cheesemaker. In *Dairy Foods*.

Singuluri, H. (2014). Milk adulteration in Hyderabad, India–a comparative study on the levels of different adulterants present in milk. *Journal of Chromatography & Separation Techniques*, *5*(01), 1.

Skoog, D. A., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2007). *Instrumental analysis* (Vol. 47). Belmont: Brooks/Cole, Cengage Learning.

Souza, S. S., Cruz, A. G., Walter, E. H., Faria, J. A., Celeghini, R. M., Ferreira, M. M., ... & Sant'Ana, A. D. S. (2011). Monitoring the authenticity of Brazilian UHT milk: A chemometric approach. *Food chemistry*, *124*(2), 692-695.

Spink, J., & Moyer, D. C. (2011). Defining the public health threat of food fraud. *Journal of food science*, *76*(9), R157-R163.

Sun, D. W. (Ed.). (2008). *Modern techniques for food authentication*. Academic Press.

Tarakçı T. (2023). *Yüksek sıcaklıkta ısıl işlem görmüş içme sütlerinde süt tozu ile yapılan tağşişin belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi).* Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.

Thomas, R. 2013. Practical guide to ICP-MS: a tutorial for beginners. CRC press, United States of America, 409 s.

Turan, Z., Şanver, D., & Öztürk, K. (2017). Türkiye'de hayvancılık sektöründen süt inekçiliğinin önemi ve yurt içi hasılaya katkısı ve de dış ülkelerle karşılaştırılması. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, *10*(3), 60-74.

Van Nguyen, A., Vu, A. T. N., Deineka, V. I., Deineka, L. A., & Da, T. K. T. L. (2023). Novel approach for determination of milk fat adulteration with non-milk fat by RP-HPLC. *Journal of Food Composition and Analysis*, *121*, 105419.

Visciano, P., & Schirone, M. (2021). Food frauds: Global incidents and misleading situations. *Trends in Food Science & Technology*, *114*, 424-442.

Visconti, L. G., Vargas, S. M., Rodríguez, M. S., Di Anibal, C. V., & Delrieux, C. (2023). Determination of grated hard cheese adulteration by digital image analysis and multivariate analysis. *International Dairy Journal*, *138*, 105539.

Vlasiou, M. C. (2023). Cheese and Milk Adulteration: Detection with Spectroscopic Techniques and HPLC: Advantages and Disadvantages. *Dairy*, *4*(3), 509-514.

Wei, R., Wang, R., Zeng, Q., Chen, M., & Liu, T. (2009). High-performance liquid chromatographic method for the determination of cyromazine and melamine residues in milk and pork. *Journal of chromatographic science*, *47*(7), 581-584.

Zeleňáková, L., Židek, R., Čanigová, M., Žiarovská, J., Zajác, P., Maršálková, L., & Golian, J. (2016). Research and practice: quantification of raw and heattreated cow milk in sheep milk, cheese and Bryndza by ELISA method. *Potravinarstvo*, *10*(1).

BÖLÜM 15

YENİLEBİLİR FİLM AMBALAJ ÜRETİMİNDE BİYOPOLİMER OLARAK PEYNİR ALTI SUYU PROTEİNİ İZOLATI

Dr. Enes KAVRUT[1]

Doç. Dr. Menekşe BULUT[2]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10460167

[1] Iğdır Üniversitesi, Otel, Lokanta ve İkram Hizmetleri Bölümü, Iğdır, Türkiye
ORCID: 0000-0003-1808-9309, eneskavrut.gm@hotmail.com, (Sorumlu yazar)
[2] Iğdır Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Iğdır, Türkiye, ORCID: 0000-0003-3902-6403, gidabenefse@gmail.com

1. GİRİŞ

Yenilebilir ambalajlar; sentetik ambalajlara alternatif özellikte kullanılan, gıda kalitesinde optimizasyon sağlayan, biyobozunur karakterli polimerlerden oluşmaktadır. Ambalajın ana bileşenleri olarak değerlendirilen bu polimerler (protein, lipit, karbonhidrat) sağlık riski taşımayan doğal materyaller olup, farklı şekil ve kalınlıklarda film ve kaplamaların üretilmesine olanak sağlamaktadır (Petkoska ve ark., 2023).

Yenilebilir filmler, gıdaların birer parçası niteliğinde, gıdaların yüzeyinde veya arasında tabaka olarak yer alan ince malzemelerdir (Gontard ve Guilbert 1994). Bu bağlamda yenilebilir film ambalaj eldesinde ambalajın uygulanacağı gıdanın özelliklerinin bilinir olması ve bunun yanında ambalajın temel bileşenlerin (polimerlerin) doğru olarak seçilmesi oldukça önemlidir (Restrepo ve ark., 2018).

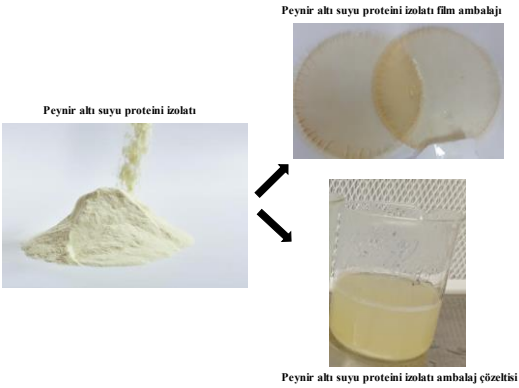
Yenilebilir ambalaj (film) üretiminde, peynir altı suyu proteinleri, ticari değeri yüksek olan önemli protein kaynakları arasında değerlendirilmektedir (Yemencioğlu, 2022). Özellikle biyolojik değerinin yüksek olması, beslenme ile gıda teknolojisi alanlarında çokça tercih edilmesi ve insan sağlığı üzerindeki faydalı etkileri bu peynir altı suyu proteinlerini daha da kıymetli hale getirmektedir (Kavrut, 2022).
Peynir altı suyu proteininden üretilen yenilebilir ambalajlar; kokusuz, şeffaf olmasının yanında, bariyer özellikler de taşımaktadır. Özellikle bu ambalajlar, gaz ve su bariyeri olarak tercih edilmektedir. Bu durum çabuk bozulabilen gıdaların muhafazasında kullanılacak yenilebilir ambalajın ana bileşeni olarak peynir altı suyu proteinlerinin tercih edilmesini sağlar (Kumar, 2023).

Bu bölümde özellikle peynir altı suyu proteini izolatının yenilebilir doğal film ambalaj üretiminde kullanım olanakları değerlendirilmiştir.

2. PEYNİR ALTI SUYU PROTEİNİ İZOLATI (PSI)

Peynir suyu proteini izolatı, peynir altı suyuna farklı işlemlerin (iyon değiştirici kromatografi, mikrofiltrasyon) uygulanması sonucu elde edilmektedir. Mikrofiltrasyon tekniğinde, peynir altı suyu olan spesifik membranlardan (gözenek çapı <1µm) geçirilerek kalıntı maddeler (protein, yağ vb.) uzaklaştırılır ve iyon değiştirici ile de büyük moleküllü proteinler tutulur (Özcan ve Delikanlı, 2011). Ürün bileşimi açısından ise izolatların protein oranı %90 üzerindeyken, yağ ve laktoz oranı %1 seviyelerindedir (Yerlikaya ve ark., 2010).

İzolatlar; yüksek oranda hidrofilik, hidrofobik ve sülfidril grupları içeren, kazein ve peynirden elde edilen globüler protein kompleksidir. Sahip oldukları fonksiyonel özellikleri sayesinde (yüksek besin değeri, jelleşme özelliği ve viskozitesi) gıda bileşeni olarak kullanılmaktadır. Bu durum peynir altı suyu proteini izolatlarından yenilebilir ambalaj (film) üretimini kolaylaştırmaktadır (Tavares ve ark., 2021) (Şekil 1). Üretilen peynir altı suyu proteini izolatı orjinli yenilebilir filmler, az nemli ortamlarda oksijen, yağ, aroma geçişini engellemede bariyer etkisine sahipken, yüksek su buharı geçirgenliğinde bu etkiyi gösterememektedir (Osés ve ark., 2009). Bunun yanında düşük bağıl nemde gösterdikleri üstün mekanik özellikleri ile esnek, yumuşak, sağlam, suda parçalanmayan filmler hazırlanabilmektedir.



Şekil 1. Peynir altı suyu proteini izolatı orjinli yenilebilir doğal film ambalaj materyalleri (Kavrut, 2022)

3. PEYNİR ALTI SUYU PROTEİNİ İZOLATINA AİT BİBLİYOMETRİK AĞ ANALİZİ

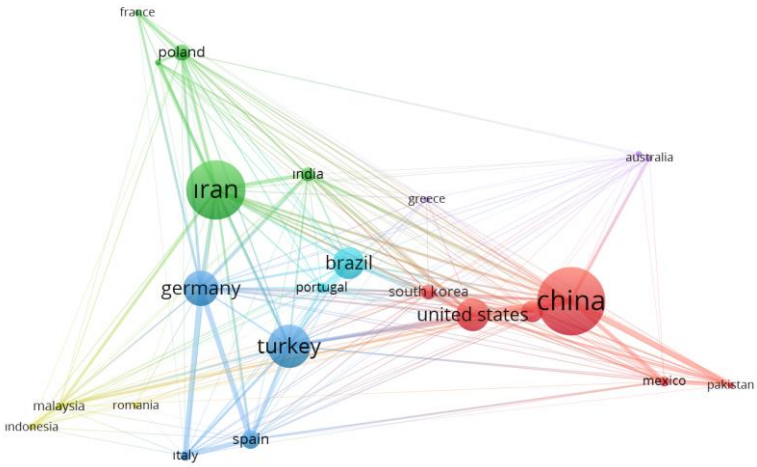
Gıda sektöründe çoğunlukla peynir altı suyu proteini izolatının kullanıldığı bilinmektedir. İzolatın özellikle yenilebilir ambalaj sektöründe kullanımının bilinirlik seviyesi oldukça önemlidir. Bu bağlamda peynir altı suyu proteini izolatı üzerine yapılan çalışmaların neler olduğu, ülke bazındaki dağılımı, bu alandaki yayınların sıklığı gibi verilerin elde edilmesi merak konusudur. Bu doğrultuda 2013-2024 yıllarında yaklaşık 303 makale, bibliyometrik veri ağ analiz metodu aracılığıyla VOSwiever programında değerlendirilmiştir. Peynir altı suyu proteini izolatı üzerine yapılan araştırmalara Scopus veri tabanının çevrimiçi versiyonu kullanılarak ulaşılmıştır.

VOSwiever; bibliyografik ya da bibliyometrik ağ haritası yaparak ilgili alanda yapılan araştırmaların kolay anlaşılmasını ve yorumlanmasını sağlar (Van Eck ve Waltman 2010). Scopus, güvenilir, geniş ve detaylı bir bibliyometrik veriye ulaşma kaynağından birisidir (Celik ve ark., 2021). Aynı zamanda bilim dünyasında sıklıkla kullanılan önemli veri

arama tabanlarından birisidir (Chen, 2017). Bu çalışmada, tarama sırası 'Başlık, Özet ve Anahtar Kelime' filtresi ile yapılmıştır. Filtre alanlarına "peynir altı suyu proteini izolatı" ve "yenilebilir film ambalaj' yazılarak, 2013 ile 2024 yılları arasındaki 303 adet çalışma elde edilmiştir (erişim tarihi: 09.12.2023)

3.1. Ülkelerin coğrafi dağılımı

Yayınlanan makalelerin coğrafi haritasını (ülke bazında) değerlendirmek için, bir ülkenin asgari belge sayısı 4 olarak kabul edilmiş ve araştırılan 46 ülkeden 23'si bu seviyede olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca 23 ülkenin kendi içerisinde birbirleriyle olan yazarlık ilişkisinin düzeyi (gücü) hesaplanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. 2013-2024 yılları arasında "peynir altı suyu proteini izolatı ve yenilebilir film ambalaj" ilişkili araştırma yapan ülkelere ait atıf ağı (Van Eck ve Waltman 2010)

Tablo 1. Peynir altı suyu proteini izolatının yenilebilir ambalaj alanında kullanımı ile ilgili en fazla araştırma yapan ülkeler

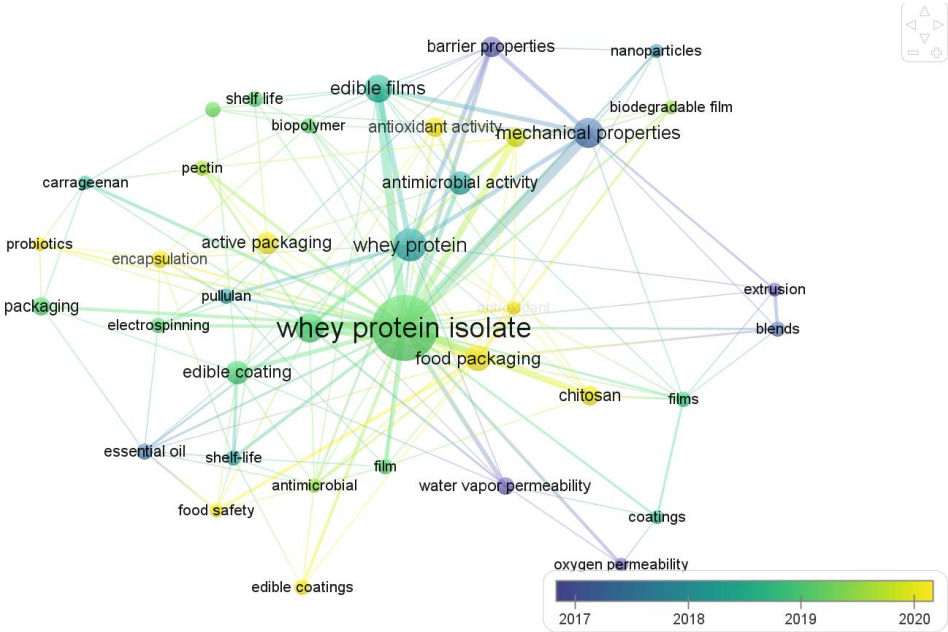
Sıra	Ülke	Doküman	Alıntı	TBG
1	Çin	54	1266	1596
2	İran	47	1824	1079
3	**Türkiye**	**34**	**1050**	**743**
4	Almanya	28	609	1224
5	Amerika	26	640	1100
6	Brezilya	25	664	619
7	Tayland	17	505	389
8	İspanya	15	684	784
9	Polonya	13	473	532
10	Güney Kore	12	132	252
11	Hindistan	11	264	536
12	İtalya	8	195	653
13	Meksika	8	422	467
14	Portekiz	8	643	386
15	Malezya	6	91	397
16	Kanada	5	136	307
17	Avusturalya	5	101	175
18	Pakistan	4	288	601
19	Fransa	4	71	209
20	Endonezya	4	14	186
21	Irak	4	5	80
22	Yunanistan	4	176	59
23	Romanya	4	90	24

TBG: Toplam bağlantı gücü

Tablo 1'de ülkelerin coğrafi dağılımı verilmiştir. Çin coğrafi dağılımda, 54 yayın ile birinci sırada bulunurken, onu İran 47 yayın takip etmiş son sırada ise Romanya (4 yayın) yer almıştır. Türkiye 34 yayın (1050 atıf) ile ilk üçte yer almıştır. İspanya (15) ve Portekiz (8) yayın bakımından çoğu ülkeye göre alt kısımlarda yer almasına rağmen atıf sayısı bakımından (sırasıyla 684 ve 643) ile üst sıralardadır.

3.2. Peynir altı suyu proteini izolatı üzerine yapılan çalışmalarda kullanılan terimler ağı

Peynir altı suyu proteini izolatı üzerine yapılan araştırmalardan çıkarılan verilerin başlık ve özet bölümlerindeki terimlerin zamansal trendi ve birbirleriyle olan ilişkileri değerlendirilmiştir. Genel olarak 795 terimden 38'i bu kriterleri (birbiriyle ilişkili terim sayısı minimum tekrarlanma sayısı 5) karşılamıştır. Konuyla ilgili yapılan terimlerin kümesel dağılımı Şekil 3(a,b)'te verilmiştir. Kümlerde yer alan ifadeler, peynir altı suyu proteini izolatının hangi amaçla yapıldığını ve çalışmaların hangi alanda yoğunlaştığını göstermektedir. Kümesel terimler 7 kategori içerisinde ve farklı renklerde yer almıştır.



Şekil 3a. Yenilebilir film ambalaj üretiminde peynir altı suyu proteini izolatı üzerine yapılan çalışmaların başlığı ve özetinde birlikte ortaya çıkan terimlerin ağ haritası (Van Eck ve Waltman 2010)

Küme-1	Küme-2	Küme-3	Küme-4	Küme-5	Küme-6	Küme-7
• aktif paketleme • biopolimer • yenilebilir filmler • enkapsülasyon • raf ömrü • elektrospinning • pullulan • peynir altı suyu proteini • peynir altı suyu proteinleri	• antioksidan • yenilebilir kaplama • yenilebilir kaplamalar • esansiyel yağ • film • gıda paketleme • gıda güvenliği • raf ömrü	• antioksidan • kitosan • kaplama • film • oksijen geçirgenliği • su buharı geçirgenliği • peynir altı suyu proteini izolatı	• karregenan • yenilebilir film • paketleme • pektin • probiyotikler	• bariyer özellikler • biyobozunur film • mekanik özellikler • nonopartiküller	• antimikrobiyal aktivite • antioksidan aktivite • fiziksel özellikler	• karışımlar • ekstrüzyon

Şekil 3b. Yenilebilir film ambalaj üretiminde peynir altı suyu proteini izolatı üzerine yapılan çalışmaların başlığı ve özetinde birlikte ortaya çıkan terimlerin içerik kümesi

Küme 1 içerisinde peynir altı suyu proteini izolatın aktif paketleme yenilebilir ambalaj interaksiyonu, yenilebilir ambalajların enkapsülasyon tekniği içerisinde değerlendirilme olanakları gibi konular üzerinde değerlendirmeler yer almıştır (Şekil 3b).

Küme 2'te peynir altı suyu proteini izolatın gıda güvenliği, raf ömrü bunun yanında esansiyel yağ ilişkisi önemli bir parametre olarak yer almıştır. Esansiyel yağların neler olduğu, nasıl ve nerede kullanılması gerektiği, ambalajlarda üstleneceği rollerin ambalaj-gıda ilişkisi için kritik olduğu görülmüştür (Şekil 3b).

Küme 3'te peynir altı suyu proteini izolatın antioksidan özelliği ön planda yer almaktadır. Bunun yanında, özellikle gaz (oksijen) ve su buharı bariyer özelliklerinin neler olduğu değerlendirilmiştir. Bu bağlamda özellikle izolatlardan elde edilecek doğal yenilebilir film ambalajlarının uygulanacağı gıdaların, oksijen ve su buharına olan duyarlılık seviyesi önemlidir (Şekil 3b).

Küme 4 içerisinde yenilebilir ambalaj (film) üretiminde peynir altı suyu proteini izolatı ile diğer biyopolimerlerin (karragenan, pektin) birlikte kullanım olanakları ve kompozit ambalaj üretimindeki etkinliği oldukça belirleyicidir (Şekil 3b).

Küme 5'te izolat ile ilgili yapılan çalışmalarda mekaniksel özellikler, bariyer özellikler, filmlerin parçalanabilme durumu gibi konular üzerinde yoğunlaşılmıştır. Bu veriler doğrultusunda peynir altı suyu proteini izolatlarından elde edilecek filmlerin uygulanacağı gıdalardaki performansı belirleyici rol üstlenecektir (Şekil 3b).

Küme 6'da birbiriyle ilişkili 3 terim tespit edilmiştir. Filmlerin antimikrobiyal özellikleri, antioksidan özellikleri ve fiziksel özellikleri ön plana çıkmaktadır (Şekil 3b).

Son olarak küme 7 içerisinde iki terim yer almıştır. Özellikle film üretiminde kullanılan materyallerin karışımları göze çarpmaktadır. Ambalaj üretimde kullanılanın polimerlerin termoplastik özeliklerine (ekstrüzyon) değinildiği görülmektedir (Şekil 3b).

3.3. Peynir altı suyu proteini izolatı üzerine yapılan bazı çalışmalar

Tablo 2. Peynir altı suyu proteini izolatının yenilebilir ambalaj alanında kullanımı üzerine yapılmış bazı çalışmalar

Polimer	Uygulama	Gıda	Kaynak
PSI	Kaplama	Tavuk filetosu	Fernández-Pan ve ark., (2014)
PSI	Film	Elma dilimleri	Feng ve ark., (2018)
PSI	Film	Salam	Andrade ve ark., (2019)
PSI	Film	*	Çakmak ve ark., (2020)
PSI	Film	Dilimli kaşar peyniri	Seydim ve ark., (2020)
PSI	Film	Beyaz peynir	Pluta-Kubica ve ark., (2020)
PSI	Film	Domuz jambon	Zajac ve ark., (2021)
PSI	Film	Alabalık	Socaciu ve ark., (2021)
PSI	Kaplama	Armut	Galus ve ark., (2021)
PSI	Film	Tavuk göğsü	Andrade ve ark., (2021)

Tablo 2'de peynir altı suyu izolatının (protein oranı %90) gıda ambalajlamada ana polimer olarak kullanıldığı görülmektedir. Çalışmalarda izolatların kaplama ve çoğunlukla film olarak değerlendirildiği tespit edilmiştir.

Yenilebilir ambalajların, gıdaların kalite parametrelerini korumada etkin özelliklere sahip olduğu yapılan çalışmalarda raporlanmıştır (Tablo 2). Ambalajların; meyvelerde istenmeyen kararma, olgunlaşma, yumuşama gibi fiziksel, tekstürel kalite kusurlarını minimize ettiği belirtilmiştir (Feng ve ark. 2018; Galus ve ark., 2021). Et ürünlerinde ise, ambalajların (esansiyel yağ ilaveli) sahip olduğu antimikrobiyal ve antioksidan özellikleriyle gıdaların raf ömürlerin korunmasına katkı sağladığı bildirilmiştir (Andrade ve ark., 2019, 2021; Socaciu ve ark., 2021).

Yapılan çalışmalarda yenilebilir doğal ambalaj üretimine dahil edilen bileşenlerin (plastikleştirici ajanlar, esansiyel yağlar vb.), filmlerin bariyer özelliklerini, görünüşünü (mekanik, geçirgenlik) etkilediği tespit edilmiştir (Tablo 2). Ortama ilave edilen uçucu esansiyel yağların renginin, filmlerin renk parametrelerini değiştirdiği tespit edilmiştir (Galus ve ark., 2021). Ayrıca, ambalaj içerisine dahil edilen plastikleştiriciler ile (gliserol, sorbitol vb.) filmlerin kırılganlığının minimize edildiği ve kuruma sırasında yapısı bozulmadan korunabildiği belirtilmiştir (Ma ve ark., 2020).

3.4. Peynir altı suyu proteini bazlı yenilebilir ambalaj (film) üretiminde yaşanan bazı zorluklar

Yenilebilir ambalaj üretiminde ana polimer olarak peynir altı suyu proteini izolatlarının kullanımı büyük avantaj olarak görülmektedir.

Fakat yenilebilir ambalaj üretim sırasında bazı zorluklar da yaşanabilmektedir.

Özellikle peynir altı suyu proteinlerinin kompakt (sıkı) bir yapıya sahip olması, en önemli zorluklardan birisidir. Bu durum, ambalajın üretim prosesinde ısıl işlem uygulaması ile giderilebilmektedir. Isıl işlem (70-90 ^{o}C) sonucu denatüre olan serum proteinleri filmlerin parçalanmadan kurumasını sağlamaktadır (Rosseto ve ark., 2022). Fitzsimons ve ark., (2007), denatüre olan serum proteinlerinin izoelektrik noktaya yakın pH değerlerine yaklaştığını ve istenmeyen bir görünüme (bulanık) yol açtığını ifade etmiştir. Bu durum ise ambalaj çözeltisinin nötr (7) pH değerine yakın seviyelere ayarlanmasıyla giderilmektedir.

Peynir altı suyu asidik karakterli bir yapıya sahiptir (Özcan ve Delikanlı 2011). Antimikrobiyal veya antioksidan özelliklere sahip asidik karakterli ekstraktların (hibiskus vb.) ambalaj solüsyonlarına ilave edilmesi, ambalaj solüsyonların proses sürecinde pıhtılaşmasına neden olmaktadır. Bu durum pH ayarlanması ile minimize edilebilmektedir (Kavrut, 2022).

4. SONUÇ

Peynir altı suyu, sütçülük artığı olarak bilinmekte ve çoğunlukla doğaya, kanalizasyona bilinçsizce dökülmektedir. Peynir altı suyundan elde edilen izolatlar (protein %90 ve üzeri) oldukça kıymetlidir. Bu çalışmada peynir altı suyu proteini izolatlarının yenilebilir film ambalaj için neden kullanılması gerektiği farklı açılardan ele alınmıştır. Özellikle bibliyometrik ve bibliyografik açıdan ele alınan veriler, ülkelerin ve teknolojinin gereksinimlerini ortaya çıkarmaktadır.

İzolatlar üzerine yapılan çalışmaların sayısının artışında son dönemlerde önemli bir ivme yaşanmıştır. Bu doğrultuda alternatif bir kaynak olan peynir altı suyu proteini izolatları ambalaj sanayisi için çoğunlukla tercih edilebilecek durumdadır. Bunun yanında üretim sırasında oluşan zorluklar da dikkate alınmalıdır. Yapılacak çalışmalarda, ana polimer olarak izolatların teknik özellikleri ve uygulanacağı gıdanın spesifik özellikleri dikkate alınarak ambalajların tasarlanması, meydana gelebilecek riskleri, olumsuzlukları minimize edebilecektir.

KAYNAKLAR

Andrade, M. A., Ribeiro-Santos, R., Guerra, M., Sanches-Silva, A. (2019). Evaluation of the oxidative status of salami packaged with an active whey protein film. *Foods*, *8*(9), 387.

Andrade, M. A., Barbosa, C. H., Souza, V. G., Coelhoso, I. M., Reboleira, J., Bernardino, S., ... Ramos, F. (2021). Novel active food packaging films based on whey protein incorporated with seaweed extract: Development, characterization, and application in fresh poultry meat. *Coatings*, 11(2), 229.

Chen. C. (2017). Science mapping: a systematic review of the literatüre. *Journal of Data Information Science*, 2(2), 1-40.

Çakmak, H., Özselek, Y., Turan, O. Y., Fıratlıgil, E., Karbancioğlu-Güler, F. (2020). Whey protein isolate edible films incorporated with essential oils: Antimicrobial activity and barrier properties. *Polymer Degradation and Stability*, 179, 109285.

Celik, E., Durmus, A., Adizel, O., & Nergiz Uyar, H. (2021). A bibliometric analysis: what do we know about metals (loids) accumulation in wild birds? *Environmental Science and Pollution Research*, 28(8), 10302-10334.

Feng, Z., Wu, G., Liu, C., Li, D., Jiang, B., Zhang, X. (2018). Edible coating based on whey protein isolate nanofibrils for antioxidation and inhibition of product browning. *Food Hydrocolloids*, 79, 179-188.

Fernández-Pan, I., Carrión-Granda, X., Maté, J. I. (2014). Antimicrobial efficiency of edible coatings on the preservation of chicken breast fillets. *Food Control*, *36*(1), 69-75.

Fitzsimons, S.M., Mulvihill, D.M., Morris, E.R. (2007). Denaturation and aggregation process in thermal gelation of whey proteins resolved by differential scanning calorimetry. *Food Hydrocolloids,* 21(4): 638-644.

Galus, S., Mikus, M., Ciurzyńska, A., Domian, E., Kowalska, J., Marzec, A., Kowalska, H. (2021). The effect of whey protein-based edible coatings incorporated with lemon and lemongrass essential oils on the quality attributes of fresh-cut pears during storage. *Coatings*, 11(7), 745.

Gontard, N., Guilbert, S. (1994) Bio-packaging: technology and properties of edible and/or biodegradable material of agricultural origin. *Food Packaging and Preservation*, 159-181.

Janjarasskul, T., Tananuwong, K., Phupoksakul, T., Thaiphanit, S. (2020). Fast dissolving, hermetically sealable, edible whey protein isolate-based films for instant food and/or dry ingredient pouches. *LWT*, 134, 110102.

Kavrut, E. (2022). *Hazır köftelerde yenilebilir film ambalajlamanın Escherichia coli O157: H7 üzerine antimikrobiyal etkisi*. Doktora Tezi Kafkas Üniversitesi. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Kars.

Kumar, N., Tripathi, S., Pratibha, Mehra, M., Heena., Trajkovska Petkoska, A. (2023). Whey protein based edible coatings: recent trends. Whey Valorization*: Innovations, Technological Advancements and Sustainable Exploitation*, 187-209.

Ma, Y., Song, F., Hu, Y., Kong, Q., Liu, C., Rahman, M. A., ... Jia, P. (2020). Highly branched and nontoxic plasticizers based on natural cashew shell oil by a facile and sustainable way. *Journal of cleaner production*, *252*, 119597.

Van Eck, N., Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping, *Scientometrics*, 84(2), 2.

Osés, J., Fernández-Pan, I., Mendoza, M., Maté, J. I. (2009). Stability of the mechanical properties of edible films based on whey protein isolate during storage at different relative humidity. *Food Hydrocolloids*, *23*(1), 125-131.

Özcan, T., Delikanlı, B. (2011). Gıdaların tekstürel özelliklerinin geliştirilmesinde peynir altı suyu protein katkılarının fonksiyonel etkileri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, *25*(2), 77-88.

Petkoska, A. T., Daniloski, D., D'Cunha, N. M., Naumovski, N., Broach, A. T. (2021). Edible packaging: Sustainable solutions and novel trends in food packaging. *Food Research International*, 140, 109981.

Pluta-Kubica, A., Jamróz, E., Kawecka, A., Juszczak, L., Krzyściak, P. (2020). Active edible furcellaran/whey protein films with yerba mate and white tea extracts: preparation, characterization and its application to fresh soft rennet-curd cheese. *International Journal Biological Macromolecules*, 155:1307–1316

Restrepo, A. E., Rojas, J. D., García, O. R., Sánchez, L. T., Pinzón, M. I., Villa, C. C. (2018). Mechanical, barrier, and color properties of banana starch edible films incorporated with nanoemulsions of lemongrass (Cymbopogon citratus) and rosemary (Rosmarinus officinalis) essential oils. *Food Science and Technology International*, *24*(8), 705-712.

Robertson, G.L. (2012). Food Packaging: Principles and Practice, 3nd ed. CRC Press, Boca Raton, London, New York. p. 49-90.

Rosseto, M., Rigueto, C. V. T., Alessandretti, I., de Oliveira, R., Raber Wohlmuth, D. A., Loss, R. A., ... Richards, N. S. P. D. S. (2023). Whey-based polymeric films for food packaging applications: a review of recent trends. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 103(7), 3217-3229.

Seydim, A. C., Sarikus-Tutal, G., Sogut, E. (2020). Effect of whey protein edible films containing plant essential oils on microbial inactivation of sliced Kasar cheese. *Food Packaging and Shelf Life*, *26*, 100567.

Socaciu, M. I., Fogarasi, M., Simon, E. L., Semeniuc, C. A., Socaci, S. A., Podar, A. S., Vodnar, D. C. (2021). Effects of whey protein isolate-based film incorporated with tarragon essential oil on the quality and shelf-life of refrigerated brook trout. *Foods*, 10(2), 401.

Tavares, L., Souza, H. K., Gonçalves, M. P., Rocha, C. M. (2021). Physicochemical and microstructural properties of composite edible film obtained by complex coacervation between chitosan and whey protein isolate. *Food Hydrocolloids*, 113, 106471.

Yemenicioğlu, A. (2022). Edible Food Packaging with Natural Hydrocolloids and Active Agents. CRC Press.

Yerlikaya, O., Kınık, Ö., Akbulut, N. (2010). Peynir altı suyunun fonksiyonel özellikleri ve peyniraltı suyu kullanılarak üretilen yeni nesil süt ürünleri. *Gıda*, 35(4), 289-296.

Zając, M., Jamróz, E., Guzik, P., Kulawik, P., Tkaczewska, J. (2021). Active biopolymer films based on furcellaran, whey protein isolate and Borago officinalis extract: characterization and application in smoked pork ham production. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(7), 2884-2891.

BÖLÜM 16

SIĞIR SÜTÜ PROTEİNLERİ VE İZOLATLARININ ANTİMİKROBİYAL, ANTİOKSİDAN VE ANTİKARSİNOJENİK ÖZELLİKLERİ

Arş. Gör. Erkan KARATAŞ[1]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10460170

[1] Erzurum Teknik Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü Erzurum, Türkiye. erkan.karatas@erzurum.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001-5290-6750

1. Giriş

Kronik ve dejeneratif hastalıklar, genetik ve çevresel faktörlerin yanısıra prooksidan/antioksidan dengesindeki bozulmalar nedeniyle de ortaya çıkabilir. Bu denge reaktif oksijen türlerinin (ROS) endojen ve eksojen antioksidanlar tarafından etkisiz hale getirilmesiyle korunabilir. Ancak serbest radikal süreçlerinin artması güçlü ve uzun süreli oksidatif stresi tetikleyerek DNA, protein ve lipitlerin yapılarında kalıcı değişikliklere yol açar. Bu değişiklikler hücresel yapılara ve genlere hasar vererek metabolik bozukluklara ve neoplastik dönüşümlere neden olabilmektedir (Jomova ve ark., 2023).

İnsan vücudu ROS, reaktif azot türleri (RNS) ve ksenobiyotikler gibi tehlikeli maddelerin etkilerine karşı enzimatik ve enzimatik olmayan savunma sistemleri ile donatılmıştır (Olufunmilayo ve ark., 2023). Bu savunma sistemlerinin aktivitesi, antioksidan açısından zengin (hidrofilik ve lipofilik), vitamin ve minerallerle beslenmiş biyoaktif gıdaların diyetle alınmasıyla arttırılabilir (Corrochano ve ark., 2019; Khan ve ark., 2019). Ayrıca, diyet proteinleri bağışıklık sistemini güçlendirir ve kanser riskini azaltabilir (Vidal-Lletjós ve ark., 2019).

Süt, içerdiği iki temel protein türü olan kazeinler (%80) ve whey proteinleri (%20) aracılığıyla sağlık üzerinde olumlu etkilere sahip temel bir besin kaynağıdır. Sığır süt kazeini, içerdiği dört fraksiyon (α_{S1}-, α_{S2}-, β- ve κ-kazein) ile metabolizmayı ve antioksidan enzim aktivitesini düzenleyen mineralleri ve kalsiyum, fosfor, demir, çinko ve bakır gibi iz elementlerini içermektedir (Power ve ark., 2013). Whey proteinleri ise α-laktalbumin (α-LA), β-laktoglobulin (β-LG), laktoferrin (LF), immünoglobulinler, laktoperoksidaz (LPO), lizozim ve bovin serum

albümin (BSA) gibi bileşenler içerir. Whey proteinleri, esansiyel aminoasitlerden özellikle sülfür içeren aminoasitler ve dallı zincirli amino asitler içeriği bakımından kazeinlerden üstün özelliklere sahiptir.

Süt proteini, sindirim enzimleri tarafından gastrointestinal sistemde hidroliz edilerek biyoaktif peptitlere parçalanır. Bu peptitlerin fonksiyonel açıdan faydası ve önemi, stabil doğal yapılarının reseptörlerle etkileşimleri sırasında korunup korunmadığına bağlıdır (Sah ve ark., 2018).

Bu çalışmayla, süt proteinleri ve bu proteinlerden elde edilen peptitlerin antioksidan, antimikrobiyal, immünostimülatör ve antienflamatuar aktiviteleriyle ilgili güncel araştırmalar ve literatür sunulmuştur.

2. Süt Proteinlerinin Antioksidan Kapasitesi

Süt proteini, ROS'u engelleme, metalleri bağlama ve bu süreçlerde etkili enzimleri düzenleme gibi çok yönlü antioksidan etkilere sahiptir. (Bottani ve ark., 2020). Kazein fraksiyonlarından türeyen birçok biyopeptit antioksidan etkileri ile bilinen özel bileşenlerdir (Power ve ark., 2013). Bu peptitlerin biyolojik aktivitesi amino asit sırası, yapısı, konfigürasyonu ve moleküler ağırlığı ile ilişkilidir. Triptofan, tirozin, histidin, prolin içeren peptitler güçlü antioksidanlardır. Yapıdaki lösin ve valin gibi hidrofobik amino asitler, peptitlerin antioksidan aktiviteleri ve lipit peroksidasyonunu inhibe etme yetenekleri ile ilişkilidir (Rival ve ark., 2001; Tonolo ve ark., 2019)

Kazein hidrolizi, β-kazomorfinlerin ve kazein fosfopeptitlerinin (KFP) oluşumuna yol açar. Bu peptitler, çift değerli iyonları bağlayarak, taşıyarak ve biyoyararlılıklarını arttırarak ROS'u ortadan kaldırma

yeteneğine sahiptir. Bu peptitlerin lipit peroksidasyonu nedeniyle oluşan hasarı azaltma ve hidrojen peroksit karşısındaki koruyucu etkileri Caco-2 hücre hattında gösterilmiştir (de Espindola ve ark., 2023). Ayrıca, kazein fosfopeptitlerinin glutatyon seviyelerini arttırarak, katalaz aktivitesini uyararak ve hücre döngüsünü düzenleyerek hücre canlılığını arttırdığı bulunmuştur. KFP'nin lipit peroksidasyonuna karşı koruyucu/önleyici etkilerinin muhtemelen metal şelasyonuna bağlı olduğu düşünülmektedir (García-Nebot ve ark., 2011).

Whey proteinin antioksidan aktivitesinin belirlenmesinde, histidin ve diğer hidrofobik amino asitlerin içeriği kadar total protein içeriği, protein hidroliz ve denatürasyon derecesi de kilit rol oynamaktadır. Bu proteinler, serbest radikalleri etkisiz hale getirme, metalleri bağlama ve proteinlerdeki tiyol gruplarını (-SH) geri kazanma yeteneğine sahiptir. Whey protein hidrolizi sırasında yüksek antioksidan kapasiteli peptitler açığa çıkar (Power ve ark., 2013). Laktoferrin, demiri bağlayarak biyoyararlılığını artırır ve prooksidan etkileri inhibe eder. Laktoferrin, enflamatuar yanıtı baskılar, *in vitro*'da doğal öldürücü (natural killer) hücrelerin sitotoksisitesini artırır ve enflamasyon bölgelerinde lökositlerin ROS salınımını inhibe eder. Ancak, LF'nin antioksidan kapasitesi demir doygunluğuna bağlı olarak azalabilmektedir (Cutone ve ark., 2020). β-laktoglobulin'in antioksidan aktivitesi, sistein (Cys-121) içeren SAA (sistein, alanin ve asparajin) oranı ile yakından ilişkilidir. β-laktoglobulin, LDL'nin bakır aracılığıyla oksidasyonunu sağlayarak çiğ sütün toplam antioksidan kapasitesinin yaklaşık %50'sinden sorumludur (Liu ve ark., 2007). β-laktoglobulin vitamin A ve polifenoller dahil çeşitli hidrofobik molekülleri bağlayarak proteinlerin alerjenik

potansiyelini azaltır ve ince bağırsakta oksidasyonunu azaltarak antioksidan kapasitesiyi arttırır (Chen ve Li, 2012). β-LG'den açığa çıkan peptitler de serbest radikalleri temizleme yeteneğine sahiptir. Bunlardan biri olan ve yüksek triptofan, tirozin ve metiyonin içeriği ile karakterize edilen β-LG f (19-29), bütilhidroksianisoldan daha yüksek antioksidan aktiviteye sahiptir (Hernández-Ledesma ve ark., 2005).

Sülfür içeren amino asitler tiyol gruplarını içermesi nedeniyle, protein yapısını belirlemede, hücresel bütünlüğü sürdürmede, redoks reaksiyonlarını düzenlemede ve ksenobiyotikler ile ROS'un eliminasyonunda kritik bir rol oynar. Metiyonin ve sistein, çoğu ROS formuna karşı duyarlı olup S-adenozilmetiyonin, hidrojen sülfür, taurin ve GSH gibi biyolojik önem taşıyan bileşiklerin öncüleri olarak hareket ederler. Bu bileşenler, oksidatif stresi hafifleterek dokuları hasara karşı korur (Bin ve ark., 2017).

Metiyonin, sistein ve taurinin antioksidan kapasitesinin *in vitro* analizinin yapıldığı bir çalışmada, sisteinin DPPH, ABTS ve O^{2-} radikallerini temizleme, FRAP ve H_2O_2 radikallerini yakalama ve metalleri (Fe^{2+} hariç) bağlama konusunda daha etkin olduğu, metiyonin ve taurinin, DPPH veya ABTS radikallerini temizlemede etkili olmadıkları gösterilmiştir (Kim ve ark., 2020). Ancak, ROS tarafından indüklenen amino asit yan zincirlerindeki değişiklikler, proteinlerin yapı ve fonksiyonlarını etkiler. Oksitlenmiş formdaki sistein, doğal protein konformasyonunu stabilize eden tiyol bağlarını oluşturur. ROS'un tiyol gruplarındaki yapısal modifikasyonları tetiklemesiyle oluşan bu değişikliklerin, nörodejeneratif süreçlere dahil olabileceğine dair dolaylı kanıtlar vardır (Ahmad ve ark., 2017).

Sistein ve metiyonin aminoasitleri vücutta depolanmaz. Aşırı alındığında diyet sistein ve metiyonin sülfata oksitlenir, idrarla atılır (veya reabsorbe edilir) veya ROS'u doğrudan temizleyen çok fonksiyonlu endojen bir antioksidan olan GSH'ye dönüştürülür. Bununla birlikte, β-LB içinde bulunan sülfür içeren amino asitler, kreatin ve L-karnitin gibi önemli metabolik bileşiklerin endojen sentezi için gerekli olan önemli öncü moleküllerdir. Ayrıca, nörotransmitter bir molekül olan taurin ve metalotionin detoksifikasyon gibi biyolojik süreçlerde rol oynarlar (Nimni ve ark., 2007).

Sütün antioksidan kapasitesi, süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), glutatyon peroksidaz (GPx), glutatyon redüktaz (GR) ve laktoperoksidaz (LPx) gibi enzimler ile yakından ilişkilidir. SOD, süperoksit anyon radikallerini H_2O_2 ve O_2'ye dönüştürür. Süt yağı globül membranlarına (MFGM) bağlı katalaz, haem içeren aktif bir bölgeye sahiptir ve H_2O_2'yi su ve oksijene parçalar. Hidrojen peroksit aynı zamanda GPx tarafından da uzaklaştırılır. Biyolojik sistemlerde, GPx, GSH'nin redüksiyonunu katalizleyerek H_2O_2'yi nötralize eder. Hidrojen peroksitin hidrojen alıcısı olarak görev yaptığı çeşitli bileşiklerin (asitler, aromatik aminler, tiyosiyanatlar, fenoller ve askorbik asit) oksidasyonu, LPx tarafından katalizlenir (Khan ve ark., 2019).

Probiyotik yoğurt tüketiminin tip-2 diyabet hastalarının antioksidan durumunu iyileştirdiği gösterilmiştir. Bu iyileşme, eritrosit SOD ve GPx aktivitesinde artışa, malondialdehit düzeylerinde azalmaya, açlık kan glukoz seviyelerinde düşüşe ve hemoglobin A1c konsantrasyonunda azalmaya bağlanmıştır (Ejtahed ve ark., 2012). Bu bulgular, tip-2 diyabetli bireylerde oksidatif stresi hafifletme ve glikemik kontrolü

iyileştirme potansiyeline sahip probiyotik yoğurdun olası bir rolünü göstermektedir.

Ayrıca, süt proteinlerinin plazma antioksidan kapasitesi (AOC) üzerindeki etkisi 50-70 yaş arasındaki kadınlarda incelenmiştir. Bir süt bazlı protein matrisinin uyarılmış sindirimi, AOC'de yaklaşık %35'lik bir artışa neden olmuştur. Süt bazlı protein matrisinin tüketiminden sonra *ex vivo* analiz edilen örneklerde, AOC, açlık plazma AOC'ye göre yaklaşık %23'lük bir artış göstermiştir (Power-Grant ve ark., 2016). Bu sonuçlar, süt proteinlerinin, muhtemelen biyoaktif peptitler veya diğer bileşenler aracılığıyla, plazma antioksidan kapasitesini arttırmada etkili olduğunu vurgulamakta ve genel oksidatif denge ve sağlık üzerinde olumlu bir etki göstermektedir.

3. Süt Proteinlerinin Antibakteriyel ve Antiviral Özellikleri

Süt antimikrobiyal özelliklere sahip proteinlerin önemli bir kaynağıdır. Süt bileşenleri, neoplazmların etiyopatogenezinde enfeksiyon faktörlerinin önemli bir rol oynaması nedeniyle kanser önleme potansiyeli taşımaktadır. Artan sayıda epidemiyolojik kanıt kronik viral, bakteriyel ve paraziter enfeksiyonların karsinojenezle bağlantılı olduğunu göstermektedir. Yapılan tahminlere göre, toplam kanser vakalarının yaklaşık %20'sinde virüslerin rol oynadığı saptanmıştır (Akram ve ark., 2017).

Bu bağlamda, sütte bulunan antimikrobiyal bileşenlerin kanser gelişimine karşı koruyucu olabileceği düşünülmektedir.

Sığır sütü ayrıntılı bir şekilde karakterize edilmiş antimikrobiyal proteinler içermektedir. Bu önemli proteinler arasında laktoferrin,

laktoperoksidaz ve lizozim bulunmaktadır. Laktoperoksidaz, gram-pozitif ve gram-negatif bakterilerin yanı sıra HIV ve polio virüsü gibi virüsler, mantarlar ve protozoaların büyümesini engelleme özellikleriyle bilinmektedir (Koksal ve ark., 2016). Lizozimin ise *in vitro* koşullarda belirli gram-pozitif bakterilerin eliminasyonunu sağladığı, *in vivo* koşullarda gram-negatif bakteri sayılarını azalttığı dikkati çekmektedir. Lizozim LF, immünoglobulinler ve linoleik asit, laurik asit, oleik asit gibi bellibaşlı yağ asitleri ile sinerjitik bir etkileşimle antioksidan kapasitesini arttırabilmektedir. Bu sinerji, LF ile lipopolisakkarit (LPS) tabakası arasındaki etkileşimler sonucunda, gram-negatif bakterilerin hücre zarlarının yıkımına ve lizozime daha duyarlı hale gelmelerine neden olmaktadır (Šarić ve ark., 2014).

İmmünoglobulinler enzimleri inhibe eder, bakteriyel metabolizmayı bastırır ve bakteriyel toksinleri nötralize eder. Bu proteinler *Candida albicans*, *Shigella flexneri* ve *Helicobacter pylori* gibi çeşitli patojenlerin eliminasyonunda önemli roller oynarlar (Borad ve Singh, 2018). Bu antimikrobiyal proteinlerin kollektif etkisi, sütün geniş bir mikroorganizma yelpazesi karşısında doğal bir savunma mekanizması potansiyeli taşıdığına vurgu yapmaktadır.

Sığır laktoferrini (bLF) patojenlerin büyümesi için esansiyel olan demire olan afinitesi nedeniyle, *Streptococcus, Salmonella, Shigella, Staphylococcus, Enterobacter* ve *H. pylori* dahil olmak üzere çeşitli patojenlerin etkili bir şekilde büyümesini baskılayan güçlü bir etki göstermektedir (Wang ve ark., 2019). Doğrudan antimikrobiyal etkilerinin ötesinde, bLF bağırsak epitel hücreleri için de koruyucu bir üstlenmiştir. bLF, *Enterobacteriaceae* ailesine ait bakterilerin

büyümesini inhibe ederken *Bifidobacterium* cinsine ait bağırsak mikrobiyotasının da büyümesini teşvik etmektedir (Vega-Bautista ve ark., 2019)

bLF antibiyotiklerle sinerjitik olarak etkileşerek patojenlerin antimikrobiyal ilaçlara olan duyarlılığını arttırmaktadır. bLF'nin yanı sıra, bLF peptitleri olan laktoferricin B (Lfcin-B) ve laktoferrampin (Lfampin) de amibisidal özelliklere sahiptir. Bu özellikler, *Entamoeba histolytica*'nın neden olduğu bağırsak enfeksiyonlarını (ülseratif kolit, dizanteri) önleyici ve karaciğer apselerine karşı etkin olmasını sağlamaktadır (Ciccaglione ve ark., 2019; López-Soto ve ark., 2010).

Viral enfeksiyonlar bağlamında, doğal bLF, HIV-1 replikasyonunu T hücrelerinde gp120'nin V3 döngüsü ile güçlü bağlar oluşturarak veya hedef hücrelerdeki reseptörlerle bağlanarak baskılayabilir. bLF, virüsün hücrelere girmesini engelleyerek enfeksiyonu erken aşamada bastırmaktadır ve ilginç bir şekilde, bLF'nin insan laktoferrininden (hLF) daha etkili olduğu bulunmuştur (Groot ve ark., 2005). Ayrıca, bLF ve Lfcin, asiklovire dirençli klinik izole edilmiş herpes simpleks virüs tip 1 ve tip 2 (HSV-1 ve HSV-2) suşlarına karşı etkilidir. bLF ve Lfcin'in asiklovirle sinerjitik etkileşimleri, süt proteinlerinin ACV'ye dirençli viral suşlara karşı terapötik etkinliğini arttırma potansiyeli taşıdığını göstermektedir (Andersen ve ark., 2003). Mayaro virüsüne karşı insanlarda etkili tedavi yöntemleri bulunmaz iken bLF, glikozaminoglikanlarla etkileşime geçerek virüsün hücrelere girişini engelleyebilir (Carvalho ve ark., 2014).

Süt aynı zamanda süt protein hidrolizi sırasında açığa çıkan antimikrobiyal peptitlerin de zengin bir kaynağını oluşturmaktadır

(López-Expósito ve ark., 2007). Peptitlerin antimikrobiyal aktivitesi, bağlı katyonlar (arginin, lizin ve histidin açısından zengin peptitler) ve hidrofobik amino asitlerin kompozisyonu ile ilişkilidir. Katyonik peptitler, bakteriyel hücre zarlarının negatif yüklü yüzeyleriyle elektrostatik etkileşimlere girerek hücre zarlarının destabilizasyonuna yol açar. Yüksek derecede hidrofobik peptitler hücre zarlarının lipid çift tabakasına kolayca nüfuz edebilir (Hou ve ark., 2018).

Sığır süt proteinleri, demire bağlanarak antibiyotiklere duyarlılığı artırma (bLF), hücre duvarına zarar verme (lizozim, bLF), bakteriyel enzimleri ve toksinleri inhibe etme (immünoglobulinler), bakterilerin mide (κ-kazein, GMP) ve bağırsak mukozasına (β-LG, α-LA, peptitler) yapışmasını önleme gibi sinerjitik ve pleiotropik etkiler gösterir.

4. Süt Proteinlerinin İmmünostimülatör Potansiyeli

Sağlıklı bir bağışıklık yanıtının devamlılığı için optimal diyet proteini tüketimi kritik önemdedir. Dextran sülfat sodyum (DSS) ile kolit oluşturulan farelerde yapılan bir araştırma, %30 protein içeren diyetin bağırsaktaki bütirat üreten bakterilerin kolonizasyonunu arttırdığını, mukozal iyileşmeyi düzenlediğini ve bağırsak mikrobiyotasının bileşimini düzenlediğini göstermiştir (Vidal-Lletjós ve ark., 2019). Proteinlerin aminoasit bileşimi, enflamatuar süreçleri modüle edebilmektedir. DSS ile kolit oluşturulan sıçanlar üzerinde yapılan bir başka çalışmada, whey proteinlerinin enflamatuar belirteç genlerin (IL1-beta, kalkprotektinler ve NO sentaz) ekspresyonunu azalttığı, klinik semptomlar olan ishal ve kanlı dışkıyı hafiflettiği gözlemlenmiştir. Aynı zamanda, whey proteinleri sıçan dışkısındaki *laktik asit bakterisi* ve *bifidobakteri* sayılarını artırmıştır (Sprong ve ark., 2010).

Whey proteinleri, esansiyel aminoasitler açısından kazeine göre daha zengindir ve dallı zincirli aminoasitler ve sülfür içeren aminoasitler bakımından önemli bir kaynaktır. Bu aminoasitler uzun süreli fiziksel aktivite gibi katabolik süreçler sırasında insanlarda sağlıklı bir bağışıklık sisteminin sürdürülmesi için kritiktir. Süt proteinleri bağışıklık yanıtını çeşitli yollarla düzenler: α-, β- ve κ-kazein ve bunların türevleri lenfosit proliferasyonunu etkiler; β-kazein T ve B hücrelerinin proliferasyonunu uyarırken, α-kazein T hücrelerinin proliferasyonunu arttırır; glikomakropeptit fagositozu ve makrofaj proliferasyonunu teşvik eder, ağız boşluğunu kolonize eden bakterilerin adezyonunu ve *H. pylori*'nin mide mukozasına yapışmasını engeller. κ-kazein ve açığa çıkan peptitler benzer etkilere sahiptir (Noh ve ark., 2017)

β-laktoglobulinin, çeşitli patojenlerin bağırsaklara yapışmasını baskıladığı, IgM reseptörü aracılığıyla hücre proliferasyonunu teşvik ederek bağışıklık yanıtını arttırdığı bildirilmiştir (Sedaghati ve ark., 2014). Whey proteinlerinin bağışıklığı arttırma ve düzenleme işlevi çeşitli doku kültürlerinde ve hayvan modellerinde gösterilmiştir. Belford ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada whey proteinlerinin, insan deri hücreleri, insan fetal akciğer fibroblastları, Balb/c3T3 fibroblastları ve sıçan L6 miyoblastları da dahil olmak üzere tüm analiz edilen mezodermal hücrelerin büyümesini uyardığı gösterilmiştir (Belford ve ark., 1995). Hayvan modellerinde yapılan çalışmalarda ise whey proteinlerinin mukozal bağışıklık sistemini uyararak bağışıklık hücrelerinin proliferasyonunu indüklediği ve ikincil lenfoit organlara göçünü arttırdığı tespit edilmiştir (Badr ve ark., 2012).

Başta IgG olmak üzere sığır sütündeki immunoglobülinler, insanlarda özgül bağışıklığı güçlendirmektedir. Sığır sütü bLF, laktoperoksidaz ve lizozim ile işbirliği içerisinde hareket eden immünoglobulinlerin önemli bir kaynağını oluşturmaktadır. Belirli immünoglobulinler, mukozal membranlara yapışarak reseptör olarak işlev görürken kanda ve lenfte bulunan diğer immünoglobulinler ise antikor olarak işlev görmektedir. Bu immünoglobulinler sindirim, solunum ve ürogenital sistemlerde mukozal membranları enfeksiyona karşı koruyarak spesifik humoral bağışıklığı etkilerler (Cakebread ve ark., 2015).

bLF eşsiz bir immünostimülatör potansiyele sahiptir. Bu protein, bağırsaklarda IgA antikorlarının üretimini arttırarak timositlerin olgunlaşmasını ve T hücrelerine dönüşümünü sağlarken, B hücrelerinin de olgunlaşmasını teşvik etmektedir. Bağırsaklarda bLF anti-enflamatuar sitokinlerin (IL-4 ve IL-10 dahil) sentezini arttırırken, pro-enflamatuar sitokinlerin (TNF-α, IL-1b ve IL-6 gibi) üretimini ise inhibe etmektedir (Godínez-Victoria ve ark., 2017). Doğal bLF'ye kıyasla, termal olarak denatüre edilmiş bLF, sindirim enzimlerine daha duyarlıdır. Pepsin ile hidroliz edildiğinde, bLF Lfcin adlı bir peptidi serbest bırakır; bu peptid nötrofillere bağlanır ve opsonine benzer bir etki gösterir. Fareler üzerinde yapılan bir çalışmada Lfcin’in IgM, IgG ve IgA'nın çoğalmasını ve üretimini arttırdığı, Lfcin-B’nin de insan nötrofillerinin fagositoz aktivitesini arttırdığı bulgusu dikkati çekmektedir (Godínez-Victoria ve ark., 2017)

Kazein ve whey proteinlerinden elde edilen immünomodülatör peptitler, insan lenfositlerinin proliferasyonunu arttırma, makrofajların fagositoz aktivitesini arttırma, antikor üretimini arttırma ve sitokin sentezini

düzenleme yetenekleriyle dikkat çekmektedir. *Lactobacillus helveticus* ile yapılan süt fermantasyonu sırasında ortaya çıkan peptitler, humoral bağışıklığı uyararak bağırsaklarda IgA hücre sayısını arttırma ve subkutan olarak yerleştirilmiş fibrosarkomların regresyonuna katkıda bulunma potansiyeline sahiptir. Pepsin ile hidrolize edilmiş glikomakropeptit fragmentleri, periferik kan monositlerinin proliferasyonunu ve fagositoz aktivitesini artırma yoluyla immünostimulatör etkiler göstermiştir (Lalor ve O'Neill, 2019).

Belirli MFGM proteinleri (mukinler, laktaderin, bütirofilin, adipofilen), peptitler ve enzimler (ksantin oksidaz, alkalen fosfataz) bağışıklık sistemini uyarmaktadır. Bu bileşenler, hücresel savunma mekanizmalarının oluşturulmasına katılır, bağırsakların büyümesini ve yapısal gelişimini arttırır, patojenlere ve viral enfeksiyonlara karşı koruyucu etkiler gösterir ve bakterisidal ajanlar olarak işlev görür (Lee ve ark., 2018). Proteomik analizlerde, insan MFGM'de birçok protein tanımlanmış olup bunlardan bazıları bağışıklık tepkilerine ve hücresel iletişim/sinyal iletimine katılmıştır. Sığır MFGM proteomunun, insan MFGM proteomuna yüksek orandaki benzerliği sığır MFGM proteinlerinin bağışıklık düzenlemesini arttırdığını düşündürmektedir (Lee ve ark., 2018; Manoni ve ark., 2020).

Süt proteini bağışıklık sisteminde kritik öneme sahip aminoasitleri içermektedir. Laktoferrin, lizozim, laktoperoksidaz ve büyüme faktörleri spesifik olmayan bağışıklığı teşvik ederken, immünoglobulinler spesifik bağışıklığı arttırmaktadır. Süt proteinlerinin immünostimulatör potansiyeli kanseri önlemede etkin olabileceğini göstermektedir.

5. Süt Proteinlerinin Antikarsinojen Potansiyeli

Proteinlerin anti-enflamatuar özellikleri kanserle mücadelede önemli bir etken olup, bu özelliklerin protein alımı ve aminoasit kompozisyonu ile ilişkili olduğu bilinmektedir.

bLF, son derece biyoaktif bir protein olarak öne çıkmaktadır. Bu çok yönlü protein sağlığa birçok avantaj sunmanın yanısıra tümörlerin önlemesi ve tedavisi konularında da yüksek antikarsinojenik potansiyele sahiptir (Guedes ve ark., 2018; Guerra ve ark., 2019). bLF'nin *H. pylori*'yi ortadan kaldırma kapasitesi kanser, önlemede kritik bir rol oynadığına işaret etmektedir. *H. pylori* hücrelerinin yüzeyinde üretilen üreaz, amonyak salarak mide asidini nötralize eder. Bu durum, bakteriyel kolonizasyonu kolaylaştırır ve mide ülserleri, kronik gastrit, mide adenokarsinom ve lenfoma gibi hastalıklara yol açabilir (Ciccaglione ve ark., 2019).

bLF demiri bağlayarak patojenlerin büyümesini engelleyebilmektedir. Böylelikle DNA'daki azotlu bazların oksidatif hasarını sağlayan ROS üretimini sınırlayıcı anti-enflamatuar etki gösterir. Bu etki hücre zarı reseptörleriyle olan ekstraselüler etkileşimlerinden, hücre içi etkileşimlere (hücre apoptozu ve hücre döngüsü inhibisyonu) kadar çeşitli mekanizmalar aracılığıyla gerçekleşir. Ayrıca B ve T hücrelerini aktive eder, doğal öldürücü hücrelerin ve makrofajların etkinliğini artırır; IFN-γ, TNF-α, kaspaz-1 ve IL-18 ifadelerini önemli ölçüde arttırarak bağışıklık sistemini güçlendirir. Bu immünostimülatör etki, antikanser yanıtı arttırarak karsinojenez, tümör hücrelerinin çoğalması ve anjiyogenezin inhibisyonunu sağlar (Cutone ve ark., 2020).

bLF ve Lfcin ile Lfampin peptitleri bağırsak homeostazının korunmasında önemli bir yere sahiptir. Bu peptitlerin pozitif yüklü olmaları negatif yüklü hücre duvarlarıyla etkileşime girmelerine neden olur. Bu etkileşimler hücre zarı geçirgenliğini değiştirerek patojenlerin ve kanser hücrelerinin lizisini ve apoptozunu başlatır (Arias ve ark., 2017). Klinik bir çalışmada ağızdan alınan bLF'nin günlük 3 g dozunun, bir yıl boyunca alınan plaseboya kıyasla adenomatöz kolorektal poliplerin büyümesini önemli ölçüde engellediği gözlemlenmiştir. Bu tedaviyle ilişkilendirilen serum hLF seviyelerindeki belirgin artışın, üç ay sonunda deneysel gruptaki nötrofil aktivitesindeki artışla uyumlu olduğu tespit edilmiştir (Kozu ve ark., 2009).

Farelerle yapılan bir çalışmada, bLF'nin karaciğer, safra kesesi, böbrekler, dalak ve beyinde tespit edildiği gözlemlenmiştir. Bu çalışmayla bLF’nin, hücre içine nüfuz ederek anti-enflamatuar, immünomodülatör ve antikarsinojenik etkiler de dahil olmak üzere çok yönlü etkiler gösterdiği bildirilmiştir (Cutone ve ark., 2020)

bLF'nin fizikokimyasal özellikleri demir doygunluğu ile yakından ilişkilidir. İnflamasyon bölgeleri serbest demir ve holo-LF'nin yüksek konsantrasyonları ile karakterizedir. Holo-LF, apo-LF'ye göre termal olarak daha stabil ve sindirime daha az duyarlıdır. LF, dokularda ve vücut sıvılarında demiri bağlayarak ROS tarafından indüklenen hasarı minimize eder ve demirin patojenlere ve kanser hücrelerine biyoyararlanabilirliğini azaltır (Rosa ve ark., 2018). Demir doygun LF aynı zamanda kemoterapinin etkinliğini arttıran güçlü bir doğal yardımcıdır (Mahidhara ve ark., 2015). LF, kan-beyin bariyerini aşabilme kabiliyetiyle kemoterapötik ajanların, özellikle beyin tümörü

tedavisinde ideal bir taşıyıcısıdır (Li ve ark., 2018; Wang ve ark., 2013). LF'nin antikarsinojenik potansiyeli, hücre döngüsünün modülasyonu, apoptozun teşvik edilmesi, tümör hücrelerinin invazivliğinin bastırılması ve immünomodülasyon dahil olmak üzere bir dizi moleküler mekanizma ile ilişkilendirilebilir. Bu mekanizmaların başlatılabilmesi için (immünomodülasyon hariç), LF'nin kanser hücreleri ile normal hücreler arasında doğrudan ayrım yapabilmesi gerekmektedir. LF, kanser hücrelerini, yüzeylerindeki reseptörlerle etkileşime girerek tanır (Pereira ve ark., 2016).

Bonuccelli ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada doğal ve hidrolize edilmiş kazein fraksiyonlarından α-, β- ve κ-kazein proteinlerinin fare Met-1 meme tümör hücre hattı ve insan meme kanseri hücre hatları olan MCF10A-H-Ras (G12V) ve MDA-MB-231 hücrelerinin *in vitro* göçünü etkili bir şekilde inhibe ederek bağışıklık sistemini güçlendirdiği ve bu etkide α-kazeinin öne çıktığı saptanmıştır (Bonuccelli ve ark., 2012). Kanser hücrelerini seçici olarak hedefleyen ve normal hücrelere zarar vermeyen diğer protein ve peptitler, kanser tedavisinde önemli bir potansiyele sahiptir (Azevedo ve ark., 2012; Wang ve ark., 2013).

β-kazomorfinin fare 32D hücrelerinin (%50'si) ve WEHI-3 hücrelerinin çoğalmasını inhibe etmesi ve granülosit ve makrofajların, biyoaktif peptitlerin serbestleşmesi için kazeinleri hidrolize edebilmesi, sodyum kazeinatın ve kazeinlerin anti lösemi potansiyelinden peptitlerin sorumlu olabileceğini düşündürmektedir (Ledesma-Martínez ve ark., 2019). Sığır α-LA tarafından oluşturulan BAMLET kompleksi (α-LA ve oleik asit içerir), çeşitli kanser hücre tiplerini içeren, kemoterapiye dirençli mezotelyoma hücreleri ve HPV gibi hücrelerin apoptozunu tetikler.

Oleik asidin α-LA'dan daha fazla bağ oluşturduğu gözlemlenmiştir. LF ve α-LA'da ikincil yapıda farklı değişiklikler gözlenmiş, α-helix'lerin sayısında azalma ve LF'de β-sheet'lerin sayısında artış meydana gelmiştir. LF-OA kompleksi, kanser hücrelerinde apoptozu tetikler. LF-OA kompleksinin HepG2, HT29 ve MCF-7 hücrelerindeki apoptotik aktivitesi, α-LA-OA kompleksine kıyasla on kat daha yüksektir (Fang ve ark., 2014)

Cheddar peyniri peptitleri, anti-enflamatuar ve anti-kanser özelliklere sahiptir. Sığır ve bufalo sütünden elde edilen Cheddar peynirlerinden türetilen WSP ekstrelerinin, 400 ve 500 mg/L konsantrasyonlarında uygulandığında, aktive edilmiş makrofajlarda NO üretimini etkili bir şekilde inhibe ettiği ve HT-29 kolon kanseri hücrelerinin büyümesini baskıladığı tespit edilmiştir. Peptitlerin, kolon kanseri hücrelerinde yaygın apoptozu tetiklediği bildirilmiştir (Rafiq ve ark., 2018). *L. helveticus* tarafından fermente edilen sütten elde edilen çözünür ekstrelerin antioksidan özellikler gösterdiği ve kolorektal kanseri önlediği dikkati çekmektedir (Elfahri ve ark., 2016). Süt proteini ve diğer süt bileşenlerinin sağlık yararları, epidemiyolojik araştırmalar tarafından doğrulanmıştır (Barrubés ve ark., 2019; Liu ve ark., 2015).

6. Sonuçlar ve Gelecek Perspektifler

Sığır süt proteinleri ve biyoaktif peptitleri, bozulabilir gıdaların raf ömrünü uzatmak ve bozulmasını önlemek için kullanılabilir. Aynı zamanda hastalık önleyici olarak da, özellikle kanser direncini artırmak için nutrasötik olarak kullanılabilirler. Fermente ürünler sağlık faydaları olan yeni ürünler tasarlamak için protein hidrolizini ve biyoaktif peptitlerin sentezini teşvik etmek için seçilmiş bakteri suşları ve

enzimlerle kullanılabilir. Bu kapsamda üretim teknolojisi protein ve peptitlerin biyolojik aktivitesini belirleyen faktörler göz önünde bulundurularak optimize edilmelidir.

Yeni ve ticari süt işleme yöntemleri membran ve iyon değişim teknikleri, süt proteinlerinin fraksiyonlama ve biyoaktif bileşenlerin izolasyonunu desteklemektedir. Elde edilen ürünlerin mikrobiyolojik güvenliği, protein ve peptit aktivitesini *in vitro* olarak zedelemeden sağlanmalıdır. Sütün biyolojik aktivitesini etkili bir şekilde koruyan tekniklere ihtiyaç vardır. Sığır süt proteinleri ve hidroliz ürünleri antioksidan, antimikrobiyal ve antikarsinojenik özellikleri ile birlikte pleiotropik ve sinerjik etkilerinden dolayı benzersiz bir sağlık teşvik potansiyeline sahiptir. Bu nedenle, sütün biyolojik aktivitesini koruyan yeni işleme tekniklerindeki ilerlemelere rağmen, çeşitli hastalıklara sahip hastaları içeren *in vivo* araştırmalar ve klinik denemeler yapılmalıdır. Bu tür çalışmalar, süt ve süt ürünlerinin tüketimi ile ilişkilendirilen sağlık faydaları göz önüne alındığında önemli pratik sonuçlar doğuracaktır.

KAYNAKLAR

Ahmad, S., Khan, H., Shahab, U., Rehman, S., Rafi, Z., Khan, M. Y., Ansari, A., Siddiqui, Z., Ashraf, J. M., & Abdullah, S. M. (2017). Protein oxidation: an overview of metabolism of sulphur containing amino acid, cysteine. *Frontiers in Bioscience-Scholar*, *9*(1), 71-87.

Akram, N., Imran, M., Noreen, M., Ahmed, F., Atif, M., Fatima, Z., & Bilal Waqar, A. (2017). Oncogenic role of tumor viruses in humans. *Viral immunology*, *30*(1), 20-27.

Andersen, J. H., Jenssen, H., & Gutteberg, T. J. (2003). Lactoferrin and lactoferricin inhibit Herpes simplex 1 and 2 infection and exhibit synergy when combined with acyclovir. *Antiviral research*, *58*(3), 209-215.

Arias, M., Hilchie, A. L., Haney, E. F., Bolscher, J. G., Hyndman, M. E., Hancock, R. E., & Vogel, H. J. (2017). Anticancer activities of bovine and human lactoferricin-derived peptides. *Biochemistry and Cell Biology*, *95*(1), 91-98.

Azevedo, R. A., Ferreira, A. K., Auada, A. V. V., Pasqualoto, K. F. M., Marques-Porto, R., Maria, D. A., & Lebrun, I. (2012). Antitumor effect of cationic INKKI peptide from bovine β-casein on melanoma B16F10.

Badr, G., Ebaid, H., Mohany, M., & Abuelsaad, A. S. (2012). Modulation of immune cell proliferation and chemotaxis towards CC chemokine ligand (CCL)-21 and CXC chemokine ligand (CXCL)-12 in undenatured whey protein-treated mice. *The Journal of nutritional biochemistry*, *23*(12), 1640-1646.

Barrubés, L., Babio, N., Becerra-Tomás, N., Rosique-Esteban, N., & Salas-Salvadó, J. (2019). Association between dairy product consumption and colorectal cancer risk in adults: a systematic review and meta-analysis of epidemiologic studies. *Advances in Nutrition*, *10*(suppl_2), S190-S211.

Belford, D. A., Rogers, M.-L., Regester, G. O., Francis, G. L., Smithers, G. W., Liepe, I. J., Priebe, I. K., & Ballard, F. J. (1995). Milk-derived growth factors as serum supplements for the growth of fibroblast and epithelial cells. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Animal*, *31*, 752-760.

Bin, P., Huang, R., & Zhou, X. (2017). Oxidation resistance of the sulfur amino acids: methionine and cysteine. *BioMed research international*, *2017*.

Bonuccelli, G., Castello-Cros, R., Capozza, F., Martinez-Outschoorn, U. E., Lin, Z., Tsirigos, A., Xuanmao, J., Whitaker-Menezes, D., Howell, A., & Lisanti, M. P. (2012). The milk protein α-casein functions as a tumor suppressor via activation of STAT1 signaling, effectively preventing breast cancer tumor growth and metastasis. *Cell cycle*, *11*(21), 3972-3982.

Borad, S. G., & Singh, A. K. (2018). Colostrum immunoglobulins: Processing, preservation and application aspects. *International Dairy Journal*, *85*, 201-210.

Bottani, M., Cattaneo, S., Pica, V., Stuknytė, M., De Noni, I., & Ferraretto, A. (2020). In vitro antioxidant properties of digests of hydrolyzed casein and caseinophosphopeptide preparations in cell models of human intestine and osteoblasts. *Journal of Functional Foods*, *64*, 103673.

Cakebread, J. A., Humphrey, R., & Hodgkinson, A. J. (2015). Immunoglobulin A in bovine milk: a potential functional food? *Journal of agricultural and food chemistry*, *63*(33), 7311-7316.

Carvalho, C. A., Sousa Jr, I. P., Silva, J. L., Oliveira, A. C., Gonçalves, R. B., & Gomes, A. M. (2014). Inhibition of Mayaro virus infection by bovine lactoferrin. *Virology*, *452*, 297-302.

Chen, M., & Li, B. (2012). The effect of molecular weights on the survivability of casein-derived antioxidant peptides after the simulated gastrointestinal digestion. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *16*, 341-348.

Ciccaglione, A. F., Di Giulio, M., Di Lodovico, S., Di Campli, E., Cellini, L., & Marzio, L. (2019). Bovine lactoferrin enhances the efficacy of levofloxacin-based triple therapy as first-line treatment of Helicobacter pylori infection: an in vitro and in vivo study. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, *74*(4), 1069-1077.

Corrochano, A. R., Sariçay, Y., Arranz, E., Kelly, P. M., Buckin, V., & Giblin, L. (2019). Comparison of antioxidant activities of bovine whey proteins before and after simulated gastrointestinal digestion. *Journal of Dairy Science*, *102*(1), 54-67.

Cutone, A., Rosa, L., Ianiro, G., Lepanto, M. S., Bonaccorsi di Patti, M. C., Valenti, P., & Musci, G. (2020). Lactoferrin's anti-cancer properties: Safety, selectivity, and wide range of action. *Biomolecules*, *10*(3), 456.

de Espindola, J. S., Taccóla, M. F., da Silva, V. S. N., Dos Santos, L. D., Rossini, B. C., Mendonça, B. C., Pacheco, M. T. B., & Galland, F. (2023). Digestion-resistant whey peptides promote antioxidant effect on Caco-2 cells. *Food Research International*, *173*, 113291.

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.

Elfahri, K., Vasiljevic, T., Yeager, T., & Donkor, O. (2016). Anti-colon cancer and antioxidant activities of bovine skim milk fermented by selected Lactobacillus helveticus strains. *Journal of Dairy Science*, *99*(1), 31-40.

Fang, B., Zhang, M., Tian, M., Jiang, L., Guo, H. Y., & Ren, F. Z. (2014). Bovine lactoferrin binds oleic acid to form an anti-tumor complex similar to HAMLET. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular and Cell Biology of Lipids*, *1841*(4), 535-543.

García-Nebot, M., Cilla, A., Alegría, A., & Barberá, R. (2011). Caseinophosphopeptides exert partial and site-specific cytoprotection

against H2O2-induced oxidative stress in Caco-2 cells. *Food chemistry*, *129*(4), 1495-1503.

Godínez-Victoria, M., Cruz-Hernández, T. R., Reyna-Garfias, H., Barbosa-Cabrera, R. E., Drago-Serrano, M. E., Sánchez-Gómez, M. C., & Campos-Rodríguez, R. (2017). Modulation by bovine lactoferrin of parameters associated with the IgA response in the proximal and distal small intestine of BALB/c mice. *Immunopharmacology and Immunotoxicology*, *39*(2), 66-73.

Groot, F., Geijtenbeek, T. B., Sanders, R. W., Baldwin, C. E., Sanchez-Hernandez, M., Floris, R., van Kooyk, Y., de Jong, E. C., & Berkhout, B. (2005). Lactoferrin prevents dendritic cell-mediated human immunodeficiency virus type 1 transmission by blocking the DC-SIGN—gp120 interaction. *Journal of virology*, *79*(5), 3009-3015.

Guedes, J. P., Pereira, C. S., Rodrigues, L. R., & Côrte-Real, M. (2018). Bovine milk lactoferrin selectively kills highly metastatic prostate cancer PC-3 and osteosarcoma MG-63 cells in vitro. *Frontiers in oncology*, *8*, 200.

Guerra, J. R., Cárdenas, A. B., Ochoa-Zarzosa, A., Meza, J. L., Pérez, A. U., Fierro-Medina, R., Monroy, Z. J. R., & Castañeda, J. E. G. (2019). The tetrameric peptide LfcinB (20–25) 4 derived from bovine lactoferricin induces apoptosis in the MCF-7 breast cancer cell line. *RSC advances*, *9*(36), 20497-20504.

Hernández-Ledesma, B., Dávalos, A., Bartolomé, B., & Amigo, L. (2005). Preparation of antioxidant enzymatic hydrolysates from α-lactalbumin and β-lactoglobulin. Identification of active peptides by HPLC-MS/MS. *Journal of agricultural and food chemistry*, *53*(3), 588-593.

Hou, J., Liu, Z., Cao, S., Wang, H., Jiang, C., Hussain, M. A., & Pang, S. (2018). Broad-Spectrum antimicrobial activity and low cytotoxicity against human cells of a peptide derived from bovine αS1-casein. *Molecules*, *23*(5), 1220.

Jomova, K., Raptova, R., Alomar, S. Y., Alwasel, S. H., Nepovimova, E., Kuca, K., & Valko, M. (2023). Reactive oxygen species, toxicity, oxidative stress, and antioxidants: Chronic diseases and aging. *Archives of toxicology*, *97*(10), 2499-2574.

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.

Kim, J.-H., Jang, H.-J., Cho, W.-Y., Yeon, S.-J., & Lee, C.-H. (2020). In vitro antioxidant actions of sulfur-containing amino acids. *Arabian Journal of Chemistry*, *13*(1), 1678-1684.

Koksal, Z., Gulcin, I., & Ozdemir, H. (2016). An important milk enzyme: lactoperoxidase. *Milk proteins-from structure to biological properties and health aspects*, 141-156.

Kozu, T., Iinuma, G., Ohashi, Y., Saito, Y., Akasu, T., Saito, D., Alexander, D. B., Iigo, M., Kakizoe, T., & Tsuda, H. (2009). Effect of orally administered bovine lactoferrin on the growth of adenomatous colorectal polyps in a randomized, placebo-controlled clinical trial. *Cancer Prevention Research*, *2*(11), 975-983.

Lalor, R., & O'Neill, S. (2019). Bovine κ-casein fragment induces hypo-responsive m2-like macrophage phenotype. *Nutrients*, *11*(7), 1688.

Ledesma-Martínez, E., Aguíñiga-Sánchez, I., Weiss-Steider, B., Rivera-Martínez, A. R., & Santiago-Osorio, E. (2019). Casein and peptides derived from casein as antileukaemic agents. *Journal of oncology*, *2019*.

Lee, H., Zavaleta, N., Chen, S.-Y., Lönnerdal, B., & Slupsky, C. (2018). Effect of bovine milk fat globule membranes as a complementary food on the serum metabolome and immune markers of 6-11-month-old Peruvian infants. *NPJ science of food*, *2*(1), 6.

Li, H., Tong, Y., Bai, L., Ye, L., Zhong, L., Duan, X., & Zhu, Y. (2018). Lactoferrin functionalized PEG-PLGA nanoparticles of shikonin for brain targeting therapy of glioma. *International journal of biological macromolecules*, *107*, 204-211.

Liu, H., Chen, W.-L., & Mao, S. (2007). Antioxidant nature of bovine milk β-lactoglobulin. *Journal of Dairy Science*, *90*(2), 547-555.

Liu, P., Holman, C. D. A. J., Jin, J., & Zhang, M. (2015). Diet and risk of adult leukemia: a multicenter case–control study in China. *Cancer Causes & Control*, *26*, 1141-1151.

López-Expósito, I., Quirós, A., Amigo, L., & Recio, I. (2007). Casein hydrolysates as a source of antimicrobial, antioxidant and antihypertensive peptides. *Le Lait*, *87*(4-5), 241-249.

López-Soto, F., León-Sicairos, N., Nazmi, K., Bolscher, J. G., & De La Garza, M. (2010). Microbicidal effect of the lactoferrin peptides lactoferricin17–30, lactoferrampin265–284, and lactoferrin chimera on the parasite Entamoeba histolytica. *Biometals*, *23*, 563-568.

Mahidhara, G., Kanwar, R. K., Roy, K., & Kanwar, J. R. (2015). Oral administration of iron-saturated bovine lactoferrin–loaded ceramic nanocapsules for breast cancer therapy and influence on iron and calcium metabolism. *International journal of nanomedicine*, 4081-4098.

Manoni, M., Di Lorenzo, C., Ottoboni, M., Tretola, M., & Pinotti, L. (2020). Comparative proteomics of milk fat globule membrane (MFGM) proteome across species and lactation stages and the potentials of MFGM fractions in infant formula preparation. *Foods*, *9*(9), 1251.

Nimni, M. E., Han, B., & Cordoba, F. (2007). Are we getting enough sulfur in our diet? *Nutrition & metabolism*, *4*(1), 1-12.

Noh, H.-J., Koh, H. B., Kim, H.-K., Cho, H. H., & Lee, J. (2017). Anti-bacterial effects of enzymatically-isolated sialic acid from glycomacropeptide in

a Helicobacter pylori-infected murine model. *Nutrition Research and Practice*, *11*(1), 11-16.

Olufunmilayo, E. O., Gerke-Duncan, M. B., & Holsinger, R. D. (2023). Oxidative Stress and Antioxidants in Neurodegenerative disorders. *Antioxidants*, *12*(2), 517.

Pereira, C. S., Guedes, J. P., Gonçalves, M., Loureiro, L., Castro, L., Gerós, H., Rodrigues, L. R., & Côrte-Real, M. (2016). Lactoferrin selectively triggers apoptosis in highly metastatic breast cancer cells through inhibition of plasmalemmal V-H+-ATPase. *Oncotarget*, *7*(38), 62144.

Power-Grant, O., McCormack, W. G., Ramia De Cap, M., Amigo-Benavent, M., Fitzgerald, R. J., & Jakeman, P. (2016). Evaluation of the antioxidant capacity of a milk protein matrix in vitro and in vivo in women aged 50–70 years. *International journal of food sciences and nutrition*, *67*(3), 325-334.

Power, O., Jakeman, P., & FitzGerald, R. (2013). Antioxidative peptides: enzymatic production, in vitro and in vivo antioxidant activity and potential applications of milk-derived antioxidative peptides. *Amino acids*, *44*, 797-820.

Rafiq, S., Huma, N., Rakariyatham, K., Hussain, I., Gulzar, N., & Hayat, I. (2018). Anti-inflammatory and anticancer activities of water-soluble peptide extracts of buffalo and cow milk Cheddar cheeses. *International Journal of Dairy Technology*, *71*(2), 432-438.

Rival, S. G., Boeriu, C. G., & Wichers, H. J. (2001). Caseins and casein hydrolysates. 2. Antioxidative properties and relevance to lipoxygenase inhibition. *Journal of agricultural and food chemistry*, *49*(1), 295-302.

Rosa, L., Cutone, A., Lepanto, M. S., Scotti, M. J., Conte, M. P., Paesano, R., & Valenti, P. (2018). Physico-chemical properties influence the

functions and efficacy of commercial bovine lactoferrins. *Biometals*, *31*, 301-312.

Sah, B. N. P., Vasiljevic, T., McKechnie, S., & Donkor, O. (2018). Antioxidative and antibacterial peptides derived from bovine milk proteins. *Critical reviews in food science and nutrition*, *58*(5), 726-740.

Šarić, L. Ć., Šarić, B. M., Kravić, S. Ž., Plavšić, D. V., Milovanović, I. L., Gubić, J. M., & Nedeljković, N. M. (2014). Antibacterial activity of Domestic Balkan donkey milk toward Listeria monocytogenes and Staphylococcus aureus. *Food and Feed research*, *41*(1), 47-54.

Sedaghati, M., Ezzatpanah, H., Boojar, M. M. A., Ebrahimi, M. T., & Aminafshar, M. (2014). Plasmin digest of κ-casein as a source of antibacterial peptides. *Journal of Dairy Research*, *81*(2), 245-251.

Sprong, R., Schonewille, A., & Van der Meer, R. (2010). Dietary cheese whey protein protects rats against mild dextran sulfate sodium–induced colitis: Role of mucin and microbiota. *Journal of Dairy Science*, *93*(4), 1364-1371.

Tonolo, F., Moretto, L., Ferro, S., Folda, A., Scalcon, V., Sandre, M., Fiorese, F., Marin, O., Bindoli, A., & Rigobello, M. P. (2019). Insight into antioxidant properties of milk-derived bioactive peptides in vitro and in a cellular model. *Journal of Peptide Science*, *25*(5), e3162.

Vega-Bautista, A., de la Garza, M., Carrero, J. C., Campos-Rodríguez, R., Godínez-Victoria, M., & Drago-Serrano, M. E. (2019). The impact of Lactoferrin on the growth of intestinal inhabitant bacteria. *International journal of molecular sciences*, *20*(19), 4707.

Vidal-Lletjós, S., Andriamihaja, M., Blais, A., Grauso, M., Lepage, P., Davila, A.-M., Viel, R., Gaudichon, C., Leclerc, M., & Blachier, F. (2019). Dietary protein intake level modulates mucosal healing and mucosa-adherent microbiota in mouse model of colitis. *Nutrients*, *11*(3), 514.

Wang, B., Timilsena, Y. P., Blanch, E., & Adhikari, B. (2019). Lactoferrin: Structure, function, denaturation and digestion. *Critical reviews in food science and nutrition*, *59*(4), 580-596.

Wang, W., Gu, F., Wei, C., Tang, Y., Zheng, X., Ren, M., & Qin, Y. (2013). PGPIPN, a therapeutic hexapeptide, suppressed human ovarian cancer growth by targeting BCL2. *PLoS One*, *8*(4), e60701.

ISBN: 978-625-367-600-1