

Ekim 2024

GIDA MÜHENDİSLİĞİ

ALANINDA ULUSLARARASI ÇALIŞMA VE DEĞERLENDİRMELER

EDİTÖR

PROF. DR. ARZU KAVAZ YÜKSEL

Genel Yayın Yönetmeni / Editor in Chief • C. Cansın Selin Temana

Kapak & İç Tasarım / Cover & Interior Design • Serüven Yayınevi

Birinci Basım / First Edition • © Ekim 2024

ISBN • 978-625-6172-12-8

© copyright

Bu kitabın yayın hakkı Serüven Yayınevi'ne aittir.

Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

The right to publish this book belongs to Serüven Publishing. Citation can not be shown without the source, reproduced in any way without permission.

Serüven Yayınevi / Serüven Publishing

Türkiye Adres / Turkey Address: Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak

Ümit Apt No: 22/A Çankaya/ANKARA

Telefon / Phone: 05437675765

web: www.seruenyayinevi.com

e-mail: seruenyayinevi@gmail.com

Baskı & Cilt / Printing & Volume

Sertifika / Certificate No: 47083

GIDA MÜHENDİSLİĞİ
ALANINDA
ULUSLARARASI ÇALIŞMA
VE DEĞERLENDİRMELER

Ekim 2024

Editör

PROF. DR. ARZU KAVAZ YÜKSEL

İçindekiler

Bölüm 1

AIRBRUSH TEKNİĞİYLE ANTIOKSİDAN GIDA AMBALAJ ELDESİ

Kibar ARAS 1

Bölüm 2

KOLOSTRUMUN ÖNEMİ VE FARKLI CANLILARA AİT KOLOSTRUMLARIN GENEL ÖZELLİKLERİ

Arzu KAVAZ YÜKSEL 17

Bölüm 3

TATLI PROTEİNLER

Seval ANDIÇ, Şehriban OĞUZ, Okan Murat TÜRK 45

Bölüm 4

ANTIOKSİDAN GIDA AMBALAJ ÜRETİMİNDE NANOTEKNOLOJİK YAKLAŞIM

Kibar ARAS 67

Bölüm 5

PROTEİN BESLENMESİNİN SÜRDÜRÜLMESİNDE BİTKİ BAZLI GIDA BİLEŞENLERİNİN İŞLEVSELLİĞİ

Başak ESMER, İbrahim HAYOĞLU, Fatma HEPSAĞ 85



Bölüm 1

AIRBRUSH TEKNİĞİYLE ANTIOKSİDAN GIDA AMBALAJ ELDESİ

Kibar ARAS¹

¹ Kibar ARAS, Araştırma Görevlisi, Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, 0000-0002-1736-958X

1. GİRİŞ

Gıda üretimi ve tüketiminin karmaşık dokusu, gıda taşıma sistemlerinin etkinliğiyle ayrılmaz bir şekilde bağlantılıdır. Çeşitli ve kullanışlı gıda ürünlerine yönelik küresel talep artmaya devam ettikçe, gıda güvenliğinin karmaşıklıklarını anlamak çok önemli hale gelmektedir. Bu bağlamda, gıda taşımacılığı yalnızca lojistik bir gereklilik olarak değil, aynı zamanda kontaminasyona yol açan çeşitli kusurlar nedeniyle kalite ve güvenliğin tehlikeye atılabileceği kritik bir kavşak olarak hizmet etmektedir. Gıda kontaminasyonu, genellikle elleçleme, paketleme veya çevresel faktörlerdeki yetersizliklerden kaynaklanan çok sayıda kaynaktan kaynaklanabilmektedir. Bu kusurlar, patojenlerden kaynaklanan mikrobiyal kontaminasyon, paketleme malzemelerinden kaynaklanan kimyasal kontaminasyon ve yabancı nesnelere kaynaklanan fiziksel kontaminasyon dahil olmak üzere çeşitli biçimlerde ortaya çıkabilmektedir. Bu kontaminasyon türlerinin her biri, tedarik zinciri boyunca titiz dikkat ve yönetim gerektiren belirli nedenlerle desteklenmektedir (Carrasco ve ark., 2012).

Mikrobiyal kontaminasyon genellikle taşıma sırasında yetersiz sıcaklık kontrolü, yetersiz sanitasyon uygulamaları veya çiğ ve pişmiş gıdalar arasındaki çapraz kontaminasyondan kaynaklanmaktadır. Kimyasal kontaminasyon, ambalaj malzemelerinin gıda ürünlerine zararlı maddeler sızdırmasıyla, ya standart altı malzemelerin kullanımı ya da uygunsuz depolama koşulları nedeniyle meydana gelebilmektedir. Öte yandan fiziksel kontaminasyon, elleçleme veya taşıma sırasında cam veya plastik parçaları gibi yabancı maddelerin girmesine bağlanabilmektedir. Bu zorluklara yanıt olarak, gıda endüstrisi kontaminasyonla ilişkili riskleri azaltmak için tasarlanmış bir dizi başa çıkma tekniği geliştirilmiştir. Bu stratejiler, taşıma sürecindeki kritik noktalardaki potansiyel tehlikeleri belirlemek için Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktaları (HACCP) dahil olmak üzere titiz izleme ve kontrol sistemlerini kapsamaktadır. Dahası, aktif ve akıllı paketleme çözümlerinin uygulanması gibi paketleme teknolojisindeki gelişmeler, gıda bütünlüğünü korumak ve raf ömrünü uzatmak için etkili araçlar olarak ortaya çıkmaktadır (Kalpana ve ark., 2019).

Çağdaş toplumda, ambalaj endüstrisi özellikle gıda sektöründe ekonomik büyüme ve inovasyonun temel taşı olarak ortaya çıkmıştır. Ambalaj çözümlerine yönelik artan talep, bu endüstriyi küresel olarak en büyük ve en hızlı büyüyen ticari sektörlerden biri konumuna getirmiştir. “Fortune Business Insights” Araştırma Raporuna göre, küresel gıda ambalaj pazarı 2018’de yaklaşık 394 milyar dolar değerindeydi ve 2026’ya kadar yaklaşık 606 milyar dolara ulaşması ve %5,6’lık sağlam bir bileşik yıllık büyüme oranı göstermesi beklenmektedir. Bu büyümeye inovasyonda bir artış eşlik etmektedir.

Tarihsel olarak, yaygın olarak kullanılan birçok ambalaj malzemesi po-

lietilen tereftalat, polietilen, polivinil klorür, polipropilen ve polistiren dahil olmak üzere petrol bazlı plastiklerden türetilmiştir. Bu malzemeler gıda ürünlerinin verimli bir şekilde paketlenmesini ve taşınmasını kolaylaştırırken, üretimleri ve bertarafı önemli çevresel endişelere yol açmış ve bu tür uygulamaların sürdürülebilirliği hakkında sorular ortaya çıkarmıştır.

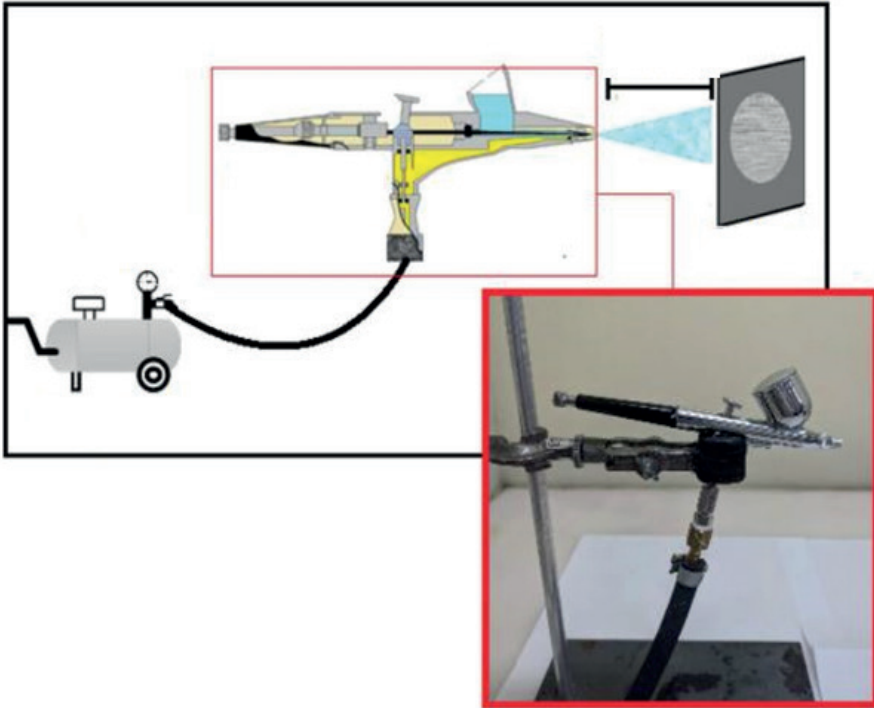
Daha sürdürülebilir ambalaj çözümlerine duyulan ihtiyaç, gıdadan elde edilen yenilebilir proteinler, polisakkaritler ve lipitler gibi biyolojik olarak parçalanabilir kaynaklardan türetilen malzemelerin geliştirilmesine olan ilgiyi hızlandırmıştır. Ayrıca, aktif ve akıllı ambalaj malzemelerinin ortaya çıkışı, gıda güvenliği ve muhafazası konusunda bir paradigma değişimini temsil eder. Aktif ambalaj, antimikrobiyaller, antioksidanlar veya ışık engelleyici maddeler gibi maddeler kullanarak gıda ürünlerinin kalitesini artırmak ve raf ömrünü uzatmak için tasarlanmış katkı maddelerini içerir. Öte yandan akıllı ambalaj, içinde bulunan gıdanın kalitesi, olgunluğu veya kontaminasyon durumu hakkında gerçek zamanlı bilgi sağlayarak gelişmiş işlevler sunar ve böylece tüketicilerin ve tedarikçilerin gıda güvenliği hakkında bilinçli kararlar almasını sağlamaktadır (Zhang ve ark., 2021). Gıda ambalajı görseli Şekil 1'de gösterilmektedir (URL1: <https://inovatifkimyadergisi.com/zararli-mikroplari-uzak-tutan-surdurulebilir-gida-ambalaji>).



Şekil 1. Gıda ambalajı görseli (URL1: <https://inovatifkimyadergisi.com/zararli-mikroplari-uzak-tutan-surdurulebilir-gida-ambalaji>)

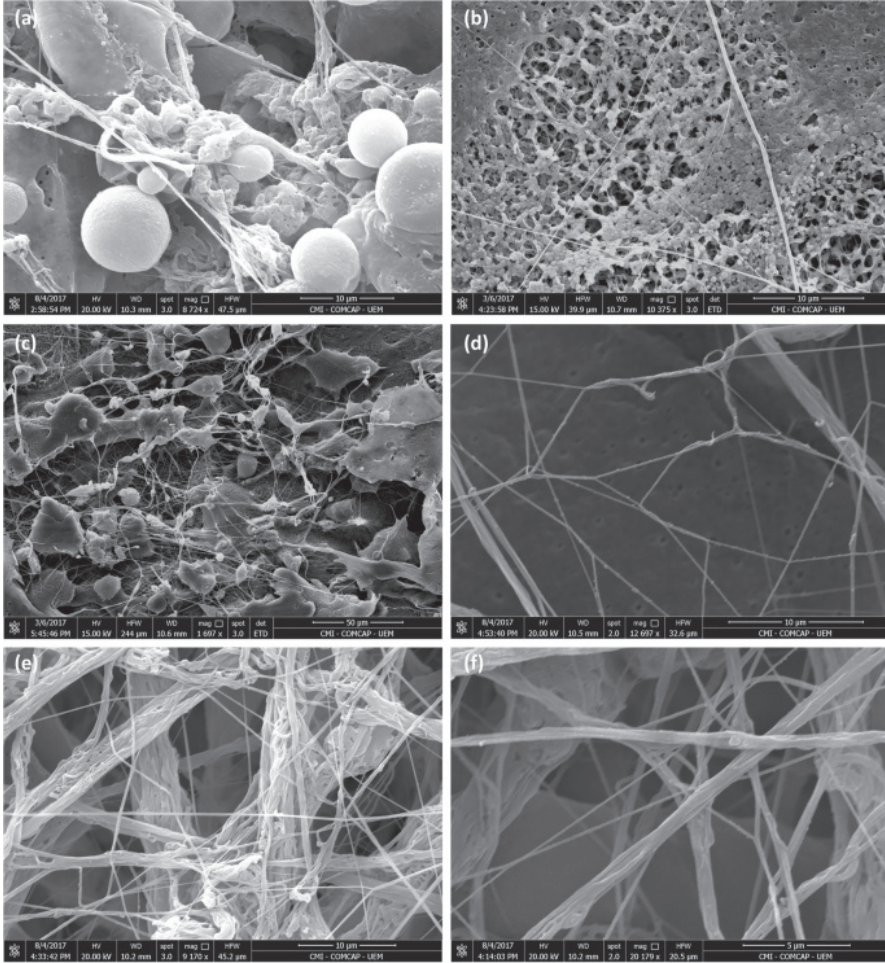
Nanoteknoloji, gıda işleme ve ambalajlama alanında devrim niteliğinde uygulamalar sunarak, gıdaların zenginliğini arttırmayı ve raf ömrünü uzatmayı amaçlanan çözümleri geliştirmektedir. Bu bağlamda, nanoteknolojik hava-eğirme sistemleri, kalıcı yüzeylerin mikro veya nano boyuttaki süreçlerinin ho-

mojen bir şekilde iyileşmesini sağlamak için kritik bir öneme sahiptir. Havaeğirme sistemi, temel olarak üç ana gruptan oluşur: nozul, püskürtme ve hava kompresör sistemi. Bu bölümün biri, sistemin etkinliği ve verimliliği açısından hayati bir rol oynamaktadır. Nozul, hava eğiirme sisteminin merkez parçaları ve hava verilerinin belirleyici bir yön ve yönlendirme için tasarlanmıştır. Nanoteknolojik uygulamalarda, nozulun tasarımı ve sistemlerin çoğunluğunu kontrol etmek için büyük önem arz etmektedir. Nano yüzeylerin elde edilmesinde, özellikle antimikrobiyal veya koruyucu bakıma sahip parçalarının eşit bir şekilde dağıtılmasını sağlamak amacıyla nozulun akış dinamikleri optimize edilmelidir. Bu süreçte, akış hızı, basınç ve nozul çapı gibi değişimlerin, gıda yüzeylerine homojen bir kaplama yapılmasına olanak tanır. Püskürtme tabancası, havaeğirme sistemi bir diğer kritik bileşendir. Bu parça, hava tasarrufları nozul yoluyla yönlendirilerek, sıvı veya nano boyutlu ilaçların gıda katkılarının püskürtülmesini sağlar. Nanoteknolojinin sunduğu avantajlar sayesinde, sistematik süreçlerin sorunlarına sahiptir ve görünümünü kontrol etme içerir. Bu özelliğin, hastalıkların etkin bir şekilde emilmesi ve ürün süreçlerinin uzun süre tutulmasının sağlanması için gereklidir (Pateiro ve ark., 2021). Airbrush tekniğiyle ambalaj üretim şematik görünümü Şekil 2'de gösterilmektedir (Maduna & Patnaik, 2024).



Şekil 2. Airbrush tekniğiyle ambalaj üretim şematik görünümü (Maduna & Patnaik, 2024)

Püskürtme tabancasının tasarımı, gıda güvenliği açısından değerlendirilmesi gerekir; bu, gıdaların kirlenmesinden korunmasına yardımcı olur. Hava kompresör sistemi, havaeğirme sisteminin çalışması için gerekli olan hava hacmini sağlayan en önemli üründür. Hava kompresörleri, havayı yüksek basınç altında sıkıştırarak, nozul yoluyla istenilen hızda ve miktarda püskürtülmesi mümkündür. Nanoteknolojik uygulamalarda, hava kompresörünün performansı, hem enerji verimliliği hem de sağlanan basıncın stabilitesi açısından önem taşır. Yüksek kaliteli bir hava kompresörü, havanın sürekli ve sürekli olmasını sağlayarak, püskürtme işlemlerini artırır. Ayrıca kompresör sistemi tasarımı, gıdaların zarar görmesi ve kirlenmeden korunması açısından kullanılmalıdır. Nanoteknolojik havaeğirme sistemleri, gıda işleme ve ambalajlama ürünlerinde önemli bir yenilik sunmakta ve ürün çeşitliliği için etkili çözümler sunmaktadır. Nozul, püskürtme ve hava kompresör sisteminin biri, bu sistemin verimli ve güvenilir bir şekilde çalışması için kritik sistemlerdir. Bu sistemlerin tasarımı ve karşılaştırması, gıda güvenliği ile kalite kontrolü bakış açısıyla faydalarla birlikte, modern gıda işleme yöntemlerinin vazgeçilmez bir parçası haline gelmektedir (King ve ark., 2017). Airbrush tekniği ile elde edilmiş nanoliflerin taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüsü Şekil 3'de yer almaktadır (Dias ve ark., 2019).



Şekil 3. Airbrush tekniği ile elde edilmiş nanoliflerin taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüsü (Dias ve ark., 2019)

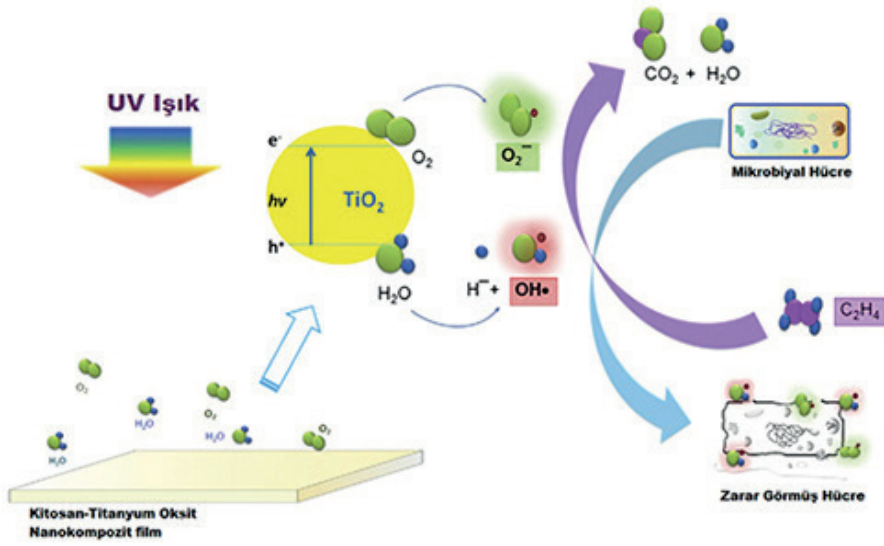
Gıda güvenliği ve kalitesi, modern gıda endüstrisinin en önemli unsurlarından biri olarak öne çıkmaktadır. Bu bağlamda, besin maddelerinin genel koruyucu katmanlarının miktarı, gıda miktarının arttırılması ve raf ömrünün uzatılması için etkili bir yöntem olarak kabul edilmektedir. Son yıllarda, hava temizleme sistemleri (airbrush tabancısı sistemleri) ile polimer ve etken madde içeren antioksidan ve antibakteriyel nanolif tabakalarının gıda ürünlerinin her yerinden, bu bölgesel görünüm arasında dikkat çekmektedir. Bu sistem, nanoteknoloji ile birleştiğinde, gıda yüzeylerine homojen bir şekilde nanolif kaplamaları tükenmesini mümkün kılmaktadır. Nanolifler, mikro ve nano değişiklik yapıları olarak, geniş bir yüzey alanına sahip olup, çeşitli öğelerin entegre edilmesiyle gıda koruması sağlanabilmektedir. Antioksidan ve antibakteriyel özelliğe sahip bu nanolifler, gıda bölgelerinde oluşan

serbest radikallerin depolanmasını ve engellenmesini sağlayarak, gıdaların korunmasında önemli bir rol oynamaktadır. Serbest radikaller, gıdada toksik olmayan, bozulmaya neden olan reaktif moleküllerdir. Oksidatif stres, hem gıda hem de sağlık açısından riskler ortaya çıkar. Gıdada kullanılan antioksidanlar, bu serbest radikallerle reaksiyona girerek, oksidatif hasarı önler. Nanoteknolojik uygulamalar, antioksidanların depolamasını artırmak için bu parçaların gıda yüzeylerine entegre edilmesini sağlar. Doğal antioksidan kaynakları olan polifenoller, flavonoidler ve vitaminler, nanolifler gıda ürünleri aracılığıyla aktarılabilir. Antibakteriyel özellikleri, gıda maddelerinin çeşitliliği açısından kritik bir yapıya sahiptir (Moreira ve ark., 2020).

Gıda yüzeylerine uygulanan antibakteriyel nanolifler, mikroorganizmaların çoğalmasını engelleyerek, gıda tüketimini artırır. Özellikle, gıda işleme özelliklerinin ayrıntıları Salmonella, E. coli gibi patojenlerin kontrol etiketinin piyasaya sürülmesi, gıda üretimi hijyen standartlarının sağlanması hava püskürtme sistemleri, nanolif kaplamalarının gıda ürünlerine kapasitesinde birçok avantaj sunmaktadır. Bu sistemlerin, dağılımının ve dağılımının eşit ve homojen bir şekilde dağılmasını sağlar. Nanoteknolojik hava püskürtme, daha düşük malzeme kaybı ile yüksek verimlilik sunarak, ekonomik bir çözüm oluşturur. Ayrıca uygulama sırasında düşük sıcaklıklar, gıdaların besin değerlerini koruma açısından avantaj sağlar. Dünya genelinde bu tür teknolojilerin benimsenmesi ve geliştirilmesi hızla devam etmektedir. Özellikle Avrupa, Kuzey Amerika ve Asya-Pasifik bölgelerinde, artışa yönelik nanoteknolojik gıda çözümleri üzerinde yoğun incelemeler yapılmakta ve uygulamalar geliştirilmektedir. Bazı çeşitlilikte, bu tür kaplama teknikleri gıda ambalajlama çeşitlerinde kullanılabilir. Raf ömrünü uzatmak ve sağlık risklerini en aza indirmek için nanoteknolojik hava püskürtme sistemleri, gıdaların korunmasında ve sıcaklıkta değişime açık bir şekilde sunulmaktadır. Antioksidan ve antibakteriyel nanolif tabakalarının geniş sınırları, serbest radikallerin gıdaları ve mikroorganizmaların kontrol odaklı bakış açısı kritik bir rol oynamaktadır. Gıdanın sürdürülebilirliğini sağlamak için sürdürülebilir ve rasyonel yöntemler geliştirilecek, küresel gıda endüstrisinin geleceğinde önemli bir yer tutacaktır. Bu konfigürasyon, hava sonuçlarının kullanımı, gıda işleme ve ambalajlama detaylarında hem sağlık hem de ekonomik faydalar sağlanması, endüstrinin sürdürülebilirliği açısından önemlidir (Ghaani ve ark., 2016).

Gıdaların raf ömrü, hem mikrobiyal bozulma hem de kimyasal değişim süreçleri tarafından etkilenmektedir. Son yıllarda, gıda endüstrisinde raf ömrünü uzatmak amacıyla çeşitli polimerik malzemelerin kullanımı yaygınlaşmıştır. Bu polimerler, gıda ambalajlarında kullanılan biyobozunur malzemelerden, aktif ve akıllı ambalaj sistemlerine kadar geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır. Polimerler, gıda ürünlerinin korunmasında kritik bir rol oynamaktadır. Bu malzemeler, gaz geçişini kontrol ederek oksidasyonu ve su

buharı transferini azaltabilir. Polietilen (PE), polipropilen (PP) ve polivinil klorür (PVC) gibi geleneksel polimerlerin yanı sıra, biyobozunur polimerler de gıda ambalajı uygulamalarında tercih edilmektedir. Aktif ambalajlar, gıdaların raf ömrünü uzatmak için polimer matrisleri içinde çeşitli koruyucu maddeler içermektedir. Bu sistemler, oksijen alıcıları, nem düzenleyicileri ve antioksidanlar gibi aktif bileşenler barındırarak gıda ürünlerinin mikrobiyal stabilitesini ve kimyasal güvenliğini artırmaktadır. Gümüş nanopartikülleri veya doğal ekstraktlar (yeşil çay veya nar kabuğu) aktif ambalajlarda kullanılmaktadır. Akıllı ambalaj sistemleri, gıdanın durumu hakkında bilgi sağlayan sensörler ve göstergeler içermektedir. Bu sistemler, polimer matrislere entegre edilmiş pH göstergeleri veya gaz algılayıcıları ile gıda kalitesinin izlenmesini sağlamaktadır. Böylece, tüketicilere ürünlerin tazeliği hakkında gerçek zamanlı bilgi sunulmakta ve israfın azaltılmasına katkı sağlanmaktadır. Biyobozunur polimerler, sürdürülebilir gıda ambalajı uygulamaları açısından büyük bir potansiyele sahiptir. Polilaktik asit (PLA), nişasta bazlı polimerler ve polihidroksialkanoatlar (PHA) gibi malzemeler, hem çevre dostu özellikleri hem de gıda koruma işlevleri ile dikkat çekmektedir. Bu polimerler, gıdaların raf ömrünü uzatmanın yanı sıra, atık yönetimi açısından da avantajlar sunmaktadır. Gıdalarda raf ömrünü uzatıcı polimerlerin kullanımı, gıda güvenliği ve kalitesinin artırılması açısından önemli bir stratejidir. Aktif ve akıllı ambalaj sistemleri, biyobozunur polimerlerin entegrasyonu ile birlikte, gıda endüstrisinde sürdürülebilir uygulamaların teşvik edilmesine katkıda bulunmaktadır. Gelecek araştırmalar, bu polimerlerin etkinliğini artırmak ve yeni malzeme kombinasyonları geliştirmek üzerine odaklanmaktadır (Verma ve ark., 2024). Kitosan- Titanyum Oksit Nanokompozit filmlerin etilen tutucu ve antimikrobiyal etkisi Şekil 4'te bulunmaktadır (Siripatrawan & Kaewklin, 2018).



Şekil 4. Kitosan-titanyum oksit nanokompozit filmlerin etilen tutucu ve antimikrobiyal etkisi (Siripatrawan & Kaewklin, 2018)

2. AKTİF PAKETLEME OLARAK KULLANILAN HAMMADDELER

Aktif paketlenme sistemleri, gıda ürünlerinin raf ömrünü uzatmak ve kalitesini artırmak amacıyla çeşitli biyomoleküller ve doğal polimerler içermektedir. Bu bağlamda, kitosan, jelatin, gliadin, aktin, maltodekstrin, sodyum aljinat ve siklodekstrin gibi maddeler öne çıkmaktadır. Aşağıda bu hammaddelerin özellikleri ve gıdalara olan katkılarından bilgiler verilmiştir (Khanvilkar ve ark., 2016).

Kitosan

Kitosan, chitin'in deasetilasyonu ile elde edilen bir polisakarittir. Antimikrobiyal özellikleri sayesinde mikroorganizmaların büyümesini inhibe eder ve bu özellik, gıdaların raf ömrünü uzatmada etkilidir. Ayrıca, kitosan, oksijen geçirgenliğini azaltarak oksidatif bozulmayı engeller. Bunun yanı sıra, kitosanın serbest radikalleri bağlama kapasitesi, gıdalardaki tazeliği artırır.

Jelatin

Jelatin, kolajen proteinlerinin hidroliziyle elde edilen bir polipeptit karışımıdır. Gıda ambalajında, jelatin film ve kaplamalarda kullanılarak nem kontrolü sağlamak ve mikroorganizmalara karşı koruyucu bir bariyer oluşturulmaktadır. Jelatin, aynı zamanda serbest radikalleri bağlayarak oksidatif stresin azaltılmasına katkıda bulunur.

Gliadin

Gliadin, buğdayda bulunan bir protein bileşenidir. Gıda paketlenmesinde, film ve kaplama üretiminde kullanılmaktadır. Gliadin, su buharı geçirgenliğini kontrol ederek gıdaların nem dengesini korur. Bunun yanında, antioksidan özellikleri sayesinde serbest radikal oluşumunu engelleyerek gıdaların tazeliğini artırır.

Aktin

Aktin, birçok canlıda bulunan bir globüler proteindir. Gıda ambalajlarında, aktin bazlı filmler, mekanik dayanıklılık ve esneklik sağlamakta, böylece gıdaların fiziksel bütünlüğünü korumaktadır. Ayrıca, aktif paketlenme sistemlerinde, serbest radikal oluşumunu azaltan etkileşimlerde rol oynayarak gıdaların raf ömrünü uzatır.

Maltodekstrin

Maltodekstrin, nişastanın enzimatik hidrolizi ile elde edilen bir polisakarittir. Gıda ambalajında, nem ve oksijenin kontrolü için kullanılır. Aynı zamanda, gıda ürünlerinin kıvamını artırma ve stabilite sağlama özellikleri ile bilinmektedir. Maltodekstrin, oksidatif reaksiyonları inhibe ederek gıdaların tazeliğini ve kalitesini artırır.

Sodyum Aljinat

Sodyum aljinat, alglerin polimerik yapısından türetilmiştir ve gıda paketlenmesinde jelleşme ve emülsifikasyon özellikleri ile kullanılmaktadır. Antimikrobiyal özellikleri sayesinde gıda güvenliğini artırırken, su buharı geçirgenliğini azaltarak gıdaların kurumasını önler. Ayrıca, serbest radikal oluşumunu inhibe ederek gıdaların raf ömrünü uzatır.

Siklodekstrin

Siklodekstrinler, nişasta dekstrinlerinin dairesel yapılandırılması ile elde edilen halkasal polisakaritlerdir. Gıda ambalajlarında, uçucu bileşenlerin ve nemin kontrol edilmesinde önemli bir rol oynar. Siklodekstrinler, serbest radikalleri yakalama kapasitesi sayesinde oksidatif stresi azaltarak gıdaların tazeliğini korur (Arruda ve ark., 2022; Shetta ve ark., 2022; Manzoor ve ark., 2023).

3. AKTİF PAKETLEMeye YARDIMCI DOĞAL HAMMADDELER

Gıdaların raf ömrünü uzatmak ve serbest radikal oluşumunu engellemek amacıyla doğadan elde edilen çeşitli hammaddeler önemli rol oynamaktadır. Cistus, zencefil, biberiye, kekik, sumak, ekinezya ve çiriş otu, bu bağlamda öne çıkan doğal bileşenlerdir. Aşağıda bu bitkilerin özellikleri ve gıdalara katkıları hakkında bilgilere yer verilmiştir (Blair, 1917).

Cistus

Cistus bitkisi, yüksek antioksidan kapasiteye sahip polifenoller içermektedir. Bu bileşikler, serbest radikallerle etkili bir şekilde etkileşime girerek oksidatif stresi azaltır. Cistus'un özleri, gıda ambalajlarında kullanılmakta ve mikroorganizmaların büyümesini inhibe ederek gıdaların raf ömrünü uzatmaktadır. Ayrıca, bu bitkinin doğal antibakteriyel özellikleri, gıdalarda patojenlerin kontrol altına alınmasına yardımcı olur.

Zencefil

Zencefil, zencefilol ve gingerol gibi bioaktif bileşenler barındırır. Bu bileşikler, gıdalardaki oksidatif reaksiyonları inhibe ederek serbest radikal oluşumunu azaltmaktadır. Zencefilin antimikrobiyal özellikleri, gıda ürünlerinin raf ömrünü uzatmada etkili bir strateji sunar. Ayrıca, zencefilin, tat ve aroma sağlama yeteneği, gıda uygulamalarında yaygın olarak tercih edilmesine yol açmaktadır.

Biberiye

Biberiye, rosmarinik asit ve karnosik asit gibi güçlü antioksidanlar içermektedir. Bu bileşenler, lipid oksidasyonunu engelleyerek gıdaların tazeliğini artırır. Biberiye ekstresi, özellikle yağ içeren gıdalarda kullanıldığında, raf ömrünü önemli ölçüde uzatmaktadır. Ayrıca, biberiyenin antimikrobiyal özellikleri, gıdalarda mikrobiyal bozulmayı önler.

Kekik

Kekik, thymol ve karvakrol gibi fenolik bileşenler açısından zengindir. Bu bileşikler, serbest radikalleri etkili bir şekilde nötralize ederek gıda ürünlerinin oksidatif bozulmasını engeller. Kekik özleri, gıda ambalajlarında kullanılarak mikroorganizmalara karşı koruma sağlar ve böylece gıdaların raf ömrünü uzatır. Ayrıca, kekik, aromatik özellikleri ile gıda tatlandırıcısı olarak da değerlendirilmektedir.

Sumak

Sumak, yüksek oranda flavonoidler ve antosiyaninler içeren bir baharattır. Bu bileşenler, antioksidan özellikleri sayesinde gıda ürünlerinde serbest radikal oluşumunu engelleyerek oksidatif stresi azaltır. Sumak, aynı zamanda gıda koruma özellikleri sayesinde mikroorganizmalara karşı etkilidir. Bu yönüyle, gıda ambalajlamasında kullanılacak doğal bir katkı maddesi olarak değerlendirilmektedir.

Ekinezya

Ekinezya, yüksek oranda fenolik bileşenler ve alkaloidler içermektedir. Bu bileşikler, immün sistemin güçlenmesine yardımcı olurken, aynı zamanda gıdalardaki oksidatif stresin azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Ekinezya

özlerinin antimikrobiyal özellikleri, gıda güvenliğini artırmakta ve gıdaların raf ömrünü uzatmaktadır.

Çiriş Otu

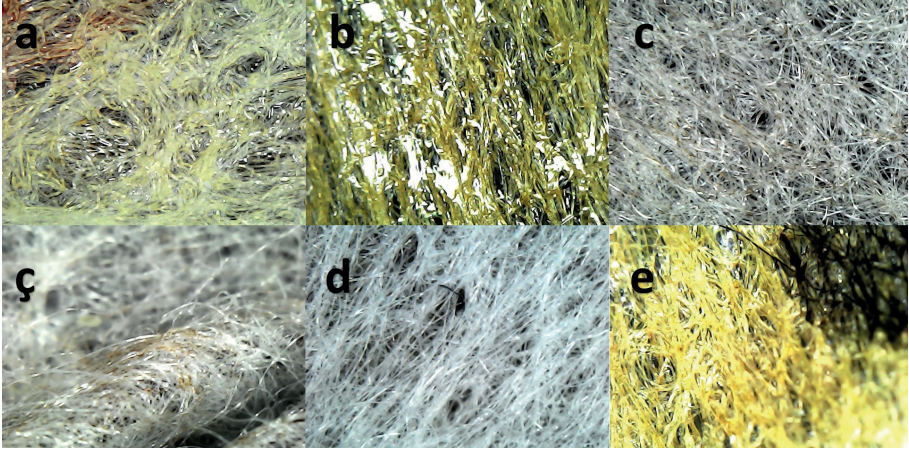
Çiriş otu, yüksek antioksidan kapasiteye sahip flavonoidler ve diğer biyomoleküller içermektedir. Bu bileşikler, gıdalardaki serbest radikal oluşumunu inhibe ederek oksidatif bozulmayı önler. Çiriş otu, aynı zamanda antimikrobiyal özellikleri ile gıda ürünlerinin korunmasına katkıda bulunur. Bu bitkinin doğal bileşenleri, gıda raf ömrünü uzatma açısından önemli bir rol oynamaktadır (Panda, 2005; Loeb ve ark., 2015; Lovell ve ark., 2020).

4. AIRBRUSH TEKNİĞİYLE AKTİF PAKETLEME ELDESİ

Çalışmamıza Tablo 1’de yer alan çözeltiler ısıtıcılı manyetik karıştırıcı yardımıyla hazırlanarak başlanılmıştır. Kitosan biyopolimeri orta molekül ağırlığında olup Sigma/Aldrich-Türkiyeden temin edilmiştir. Tablo 1’de deki çözeltiler sırasıyla airbrush tabancasına çekilerek yüzeylere aynı hava basıncı ile püskürtülerek kaplama sağlanmıştır. 0.5 mbar basınç değeri uygulanarak yağlı kağıt yüzeyine püskürtme gerçekleştirilmiştir. Elde edilen yüzeylerin optik mikroskop yüzey morfolojileri incelenmiştir (Ma ve ark., 2021; Asadolahi & Fashandi, 2024). Airbrush tekniğiyle aktif paketleme ürünü olarak kullanılacak ambalaj çözeltilerinin hazırlanma parametreleri Tablo 1’de yer almaktadır. Airbrush tekniğiyle elde edilen yüzeylerin optik mikroskop yüzey morfoloji incelemeleri Şekil 1’de yer almaktadır.

Tablo 1. Airbrush tekniğiyle aktif paketleme ürünü olarak kullanılacak ambalaj çözeltilerinin hazırlanma parametreleri

Numune Adı	Çözücü	Sıcaklık değeri (°C)	Karıştırma Süresi (dk)	Karıştırma Hızı (rpm)
a.Kitosan (%7)	Trifloroasetik asit-Safsu (50-50)	50	60	600
b.Kitosan-Cistus (%2)	Trifloroasetik asit-Safsu (50-50)	50	60	600
c.Kitosan-Kekik (%2)	Trifloroasetik asit-Safsu (50-50)	55	60	600
ç.Kitosan-Sumak (%2)	Trifloroasetik asit-Safsu (50-50)	55	60	600
d.Kitosan-Ekinezya (%2)	Trifloroasetik asit-Safsu (50-50)	60	65	700
e.Kitosan-Çiriş Otu (%2)	Trifloroasetik asit-Safsu (50-50)	60	65	800



Şekil 1. Airbrush tekniğiyle elde edilen yüzeylerin optik mikroskop yüzey morfoloji incelemeleri

Şekil 1’deki görüntüler incelendiğinde ortalama lif çaplarının 350-750 nanometre aralığında olduğu ölçülmüştür. Ayrıca sıkı gözenek yapılarının oluştuğu da gözlemlenmiştir. Lif örgüsünün sıklığı gıdanın raf ömrü uzamasında etkili bir faktör olarak nitelendirilmiştir (Patanaik ve ark., 2007; Henning, 2023).

5. SONUÇLAR VE GELECEK PERSPEKTİF

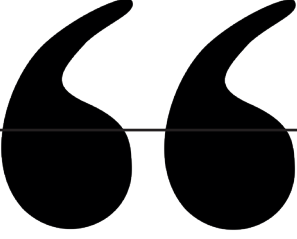
Bu çalışmada, Tablo 1’de sunulan çözeltilerin manyetik karıştırıcı yardımıyla hazırlanması, airbrush tekniği kullanılarak yüzeylere püskürtülmesiyle aktif paketleme ürünlerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Püskürtme işlemi, 0.5 mbar basınç değerinde gerçekleştirilmiş ve elde edilen kaplamaların yüzey morfolojileri optik mikroskop ile incelenmiştir. Şekil 1’deki görüntüler, uygulanan teknikle elde edilen kaplamaların ortalama lif çaplarının 350-750 nanometre aralığında olduğunu göstermektedir. Ayrıca, sıkı gözenek yapılarının oluştuğu tespit edilmiştir. Bu sıkı gözenek yapıları, gıdaların raf ömrünün uzamasında önemli bir rol oynamaktadır. Lif örgüsünün yoğunluğu, gıda ürünlerinin mikrobiyolojik bozulmalarına karşı koruma sağlamak ve oksidatif stresin azaltılmasına yardımcı olmaktadır. Sonuç olarak, bu çalışma, airbrush tekniği ile geliştirilen aktif paketleme ürünlerinin potansiyelini ortaya koymuş ve uygulanan yöntemlerin gıda güvenliği açısından sağladığı faydaları vurgulamıştır. Gelecek perspektifi açısından, bu araştırmanın bulguları, daha geniş kapsamlı çalışmalara zemin hazırlamaktadır. Özellikle farklı çözelti kompozisyonları ve püskürtme koşullarının optimize edilmesi, daha etkili ve sürdürülebilir aktif paketleme sistemlerinin geliştirilmesine katkıda bulunabilir. Ayrıca, lif çapı ve gözenek yapısının gıda koruma performansı üzerindeki etkilerinin daha ayrıntılı incelenmesi, yeni nesil gıda ambalajlama çözümlerinin tasarımında yol gösterici olacaktır. Airbrush tekniği

ile elde edilen kaplamaların gıda raf ömrünü uzatma potansiyeli, aktif paketlenme alanında önemli bir ilerleme olarak değerlendirilmekte ve gelecekte bu alanda yapılacak araştırmalar, hem gıda güvenliğini artırma hem de çevresel sürdürülebilirliği sağlama açısından katkı sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- Arruda, T. R., Bernardes, P. C., e Moraes, A. R. F., & Soares, N. D. F. F. (2022). Natural bioactives in perspective: The future of active packaging based on essential oils and plant extracts themselves and those complexed by cyclodextrins. *Food Research International*, 156, 111160.
- Asadolahi, M., & Fashandi, H. (2024). Creating Nature-Inspired Surface Roughness and Modifying Surface Chemistry of PVDF Electrospun Fibers Using Low-Pressure Plasma towards Omniphobic Membrane for Long-term Distillation. *Separation and Purification Technology*, 330, 125442.
- Blair, T. S. (1917). *Botanic drugs, their materia medica, pharmacology and therapeutics*. Therapeutic digest publishing.
- Carrasco, E., Morales-Rueda, A., & García-Gimeno, R. M. (2012). Cross-contamination and recontamination by Salmonella in foods: A review. *Food Research International*, 45(2), 545-556.
- Dias, G. C., Cellet, T. S., Santos, M. C., Sanches, A. O., & Malmonge, L. F. (2019). PVDF nanofibers obtained by solution blow spinning with use of a commercial airbrush. *Journal of Polymer Research*, 26(4), 87.
- Ghaani, M., Cozzolino, C. A., Castelli, G., & Farris, S. (2016). An overview of the intelligent packaging technologies in the food sector. *Trends in Food Science & Technology*, 51, 1-11.
- Henning, L. M. (2023). *Porous materials for water and air purification: from synthetic ordered mesoporous silica COK-12 to natural fungi* (Doctoral dissertation, Technische Universität Berlin).
- Kalpana, S., Priyadarshini, S. R., Leena, M. M., Moses, J. A., & Anandharamakrishnan, C. (2019). Intelligent packaging: Trends and applications in food systems. *Trends in Food Science & Technology*, 93, 145-157.
- Khanvilkar, A. M., Ranveer, R. C., & Sahoo, A. K. (2016). Carrier materials for encapsulation of bio-active components of food. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 40(1), 62-73.
- King, T., Cole, M., Farber, J. M., Eisenbrand, G., Zabaras, D., Fox, E. M., & Hill, J. P. (2017). Food safety for food security: Relationship between global megatrends and developments in food safety. *Trends in Food Science & Technology*, 68, 160-175.
- Loeb, R. E., Garthwaite, P. M., & Transue, M. R. (2015). None in common, many unique: species selection for gardens of the American South from 1734 to 1825. *Studies in the History of Gardens & Designed Landscapes*, 35(2), 144-171.
- Lovell, C., Paulsen, E., & Lepoittevin, J. P. (2020). Adverse skin reactions to plants and plant products. *Contact Dermatitis*, 1-49.
- Ma, X., Jia, X., Gao, H., & Wen, D. (2021). Polypyrrole–dopamine nanofiber light-trapping coating for efficient solar vapor generation. *ACS applied materials & interfaces*, 13(48), 57153-57162.

- Maduna, L., & Patnaik, A. (2024). Challenges Associated with the Production of Nanofibers. *Processes*, 12(10), 2100.
- Manzoor, A., Yousuf, B., Pandith, J. A., & Ahmad, S. (2023). Plant-derived active substances incorporated as antioxidant, antibacterial or antifungal components in coatings/films for food packaging applications. *Food Bioscience*, 53, 102717.
- Moreira, J. B., Kuntzler, S. G., Terra, A. L. M., Costa, J. A. V., & de Morais, M. G. (2020). Electrospun nanofibers: Fundamentals, food packaging technology, and safety. In *Food packaging* (pp. 223-254). CRC Press.
- Panda, H. (2005). *The Complete Technology Book on Herbal Beauty Products with Formulations and Processes: How to Make Herbal Beauty Products, How to Make Your Own Beauty Products, How to Manufacture Herbal Beauty Products, How to Manufacture Herbal Cosmetic Products, How to Start a Beauty Products Small Business, How to start a successful Herbal Cosmetic business, How to Start an Herbal Cosmetic Production Business*. Asia Pacific Business Press Inc..
- Patanaik, A., Anandjiwala, R. D., Rengasamy, R. S., Ghosh, A., & Pal, H. (2007). Nanotechnology in fibrous materials—a new perspective. *Textile Progress*, 39(2), 67-120.
- Pateiro, M., Gómez, B., Munekata, P. E., Barba, F. J., Putnik, P., Kovačević, D. B., & Lorenzo, J. M. (2021). Nanoencapsulation of promising bioactive compounds to improve their absorption, stability, functionality and the appearance of the final food products. *Molecules*, 26(6), 1547.
- Shetta, A., Ali, I. H., Elshishiny, F., & Mamdouh, W. (2022). Different Approaches for the Inclusion of Bioactive Compounds in Packaging Systems. In *Releasing Systems in Active Food Packaging: Preparation and Applications* (pp. 151-185). Cham: Springer International Publishing.
- Siripatrawan, U., & Kaewklin, P. (2018). Fabrication and characterization of chitosan-titanium dioxide nanocomposite film as ethylene scavenging and antimicrobial active food packaging. *Food Hydrocolloids*, 84, 125-134.
- Verma, S. K., Prasad, A., & Katiyar, V. (2024). State of art review on sustainable biodegradable polymers with a market overview for sustainability packaging. *Materials Today Sustainability*, 100776.
- Zhang, X., Guo, M., Ismail, B. B., He, Q., Jin, T. Z., & Liu, D. (2021). Informative and corrective responsive packaging: Advances in farm-to-fork monitoring and remediation of food quality and safety. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(5), 5258-5282.
- URL1: <https://inovatifkimyadergisi.com/zararli-mikroplari-uzak-tutan-surdurulebilir-gida-ambalaji>



Bölüm 2

KOLOSTRUMUN ÖNEMİ VE FARKLI CANLILARA AİT KOLOSTRUMLARIN GENEL ÖZELLİKLERİ

Arzu KAVAZ YÜKSEL¹

¹ Atatürk Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Erzurum, Türkiye, ORCID no: 0000-0001-8292-9259, Prof. Dr., arzu-kavaz23@hotmail.com; arzukavaz@atauni.edu.tr

1. GİRİŞ

Kolostrum (Ağız sütü), doğumdan sonraki ilk birkaç gün boyunca meme bezlerinden üretilen en erken süttür ve yenidoğana fayda sağlayan temel besin maddeleri, bağışıklık faktörleri ve oligosakkaritler bakımından zengin bir kaynaktır (Godden et al., 2012; Rathe et al. 2014). Kolostrum yavrulardan hemen sonra üretilmekte ve kısa sürede yapısı hızla değişerek olgun süte dönüşmektedir. Bireysellik, cins, parite, doğum öncesi beslenme, ineklerin kuru dönem uzunluğu ve doğum sonrası süre gibi faktörler kolostrumun bileşimini ve fiziksel özelliklerini etkilemektedir (McGrath et al., 2016). Genel olarak kolostrum, olgun sütün içeriğine kıyasla daha fazla yağ, protein, peptid, protein olmayan nitrojen, kül, vitamin ve mineraller, hormonlar, büyüme faktörleri, sitokinler, nükleotidler ve daha az laktoz ihtiva etmektedir. Bu bileşiklerin konsantrasyonu, laktoz içeriği haricinde laktasyonun ilk 3 gününde hızla azalmaktadır (Blum et al., 2000).

Çoğu canlı için yavrunun doğumu takip eden günlerde hayatta kalması, yeterli düzeyde kolostrum almasına bağlıdır. Çünkü; kolostrum pasif bağışıklık sisteminin kaynağıdır ve yavruları hastalıklardan koruyarak ölüm riskini düşüren en önemli etkidir (Alves et al., 2015; Kaymakçı, 2013). Pasif bağışıklığın oluşumunda lizozim, polipeptitler, laktoferrin, laktoperoksidaz, sitokinler, tripsin ve glikoproteinler görev almaktadır. Büyüme hormonu, büyüme faktörleri ve trombosit taşıyan büyüme faktörleri büyümede, gelişmede ve bağırsakların çalışmasında etkili olmaktadır. Kolostrumun yeni doğan yavruların üzerinde en önemli etkisi ise müshil etkisidir ve mekonyumun (ilk dışkı) boşaltılmasını sağlamasıdır. Ayrıca; bilirubin fazlasının ortadan kaldırılmasına ve sarılığın önlenmesine de yardımcı olması diğer önemli faydalarından biridir (Kul ve ark., 2014).

Bağışıklık ve büyüme faktörleri, kolostrumda yer alan iki ana bileşendir. İmmünoglobulinler, laktoferrin, antimikrobiyal maddeler ve büyüme faktörleri bol miktarda kolostrumda yer almaktadır. Bu faktörlerin tamamı yenidoğan insan ve hayvanlarda vücut gelişimini, bağışıklık fonksiyonlarının oluşumunu ve sindirim sisteminin olgunlaşmasını sağlamaktadır. Ayrıca, immünoglobulinler, bakteriyel ve viral antijenlerle şelat oluşumunu sağlayarak antimikrobiyal etki de sağlamaktadır (McGrath, et al., 2016; Buttar, et al., 2017; Silva et al., 2019). Kolostrumun yapısal özellikleri ve bileşimi bağışıklığın artırılmasına, hastalıkların iyileşmesinin sağlanmasına, alerjinin hafifletilmesine, Alzheimer ve astımın etkilerinin azaltılmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca, yaşlanmayı önlemede etkilidir ve oksidatif strese korunmayı sağlamaktadır. Bununla birlikte, kas gelişimi ve yoğun efor sonrası kas iyileşmesi bakımından sporcular için çok iyi bir doğal takviyedir (McGrath, et al., 2016; Buttar, et al., 2017; Silva et al., 2019). Kolostrum ayrıca, dönüştürücü büyüme faktörleri (TGF- β 1, TGF- β 2), insülin benzeri büyüme faktörleri (IGF-I, IGF-II), trombosit kaynaklı büyüme faktörü (PDGF), epidermal

büyüme faktörü (EGF), ve fibroblast büyüme faktörü (FGF) gibi büyüme faktörlerini de yapısında bulundurmaktadır. Kolostrum besin maddelerinin mükemmel bir kaynağıdır, spesifik organların büyümesini ve gelişimini sağladığı gibi ve hastalıklara karşı bağışıklığı artıran özellikle protein ve peptitlerden kaynaklanan bir dizi biyolojik aktivite de ortaya koymaktadır (Playford et al., 2001; Gauthier et al., 2006;).

2. KOLOSTRUMUN KİMYASAL BİLEŞİMİ

Kolostrumun bileşimi, emzirme döneminin diğer dönemlerinde salgılanan süttten daha farklıdır. Kolostrum enerji açısından zengindir, normal süttten daha fazla protein (laktalbuminler, laktoglobulinler ve immünoglobulinler), yağ, mineraller (demir, magnezyum ve sodyum) ve vitaminler (A, E, D, B) içermektedir (Jain et al., 2007; Georgiev, 2008). Kolostrum, normal süttten 3-5 kat daha yüksek suda çözünen ve yağda çözünen vitamin konsantrasyonuna ve biraz daha yüksek mineral ve eser element konsantrasyonuna sahiptir. Kolostrumdaki demir içeriği normal süte göre 10 ila 17 kat daha fazladır. Kolostrum normal tam yağlı sütteki %12 kuru maddeye kıyasla daha fazla %22 kuru madde içermektedir (Sjaastad et al., 2003). Özellikle laktoz seviyesi az iken; kazein, oligosakkarit, yağ, büyüme faktörü, antioksidan enzim ve mineral seviyeleri daha yüksektir (Kehoe *et al.*, 2007; Morrill et al., 2012). Bileşimindeki mineraller, özellikle de magnezyum tuzları, kolostrumun lak-satif bir özelliğe sahip olmasını sağlamaktadır ve bu da yavrunun bağırsaklarındaki mekonyumun uzaklaştırılmasını sağlamaktadır. Ayrıca, ağız sütü, mide-bağırsak sisteminin gelişiminde ve işlevselliğinin oluşumunda uyarıcı olarak görev almaktadır (Tekinşen ve Nizamlıoğlu, 2001)..

Kolostrumun normal süte dönüş süresi ırk, tür ve fertlere göre değişiklik gösterebilmektedir. Kolostrum yaklaşık 48 saat içinde transit süt, 72 saat içinde de normal süt halini almaktadır. Kolostrumun yapısı kanın yapısına benzemektedir. Bunun ise fizyolojik anlamda önemi bulunmaktadır. Yüksek besleyici değerinin yanı sıra, bağışıklık maddelerin gerekli yerlere iletiminde de rol oynamaktadır. Ayrıca metabolizma ve endokrin sistem üzerinde de regüle edici etkisi bulunmaktadır (Guilloteau *et al.*, 1997; Blum, 2006). Kolostrum, diğer sütlere kıyasla daha fazla kuru madde, yağ ve yağsız kuru madde, protein ve en önemlisi de daha fazla immünoglobulin (Ig) ihtiva etmektedir (Gulliksen et al., 2008).

İnek kolostrumu yüksek oranlarda immünglobulin A (IgA), immünglobulin G (IgG) ve immünglobulin M (IgM) ihtiva etmektedir (Smolenski et al., 2007). Bu antikorların emilmesi ile birlikte yavru pasif bağışıklık kazanmış olmaktadır. Bu antikorların emilimi yalnızca ilk 24 saatte olmaktadır ve genel olarak 12'inci saatten sonra yavaşlamaktadır (Stelwagen et al., 2009). Bu sebeple buzağının doğumundan sonraki ilk 6 saat içinde kolostrum alması en sağlıklı olanıdır (Godden, 2008

Yukarıda belirtilen immüoglobulinlerin dışında dışında kolostrumun diğer önemli önemli bileşenleri; IgG, IgM, IgD ve IgE, peptitler (laktoferrin, transferrin), hormonlar (insülin, prolaktin, tiroid hormonları, kortizol), büyüme faktörleri (prostaglandinler) enzimler, sitokinler, akut faz proteinleri (C1-glikoprotein), nükleotidler, poliaminler ve diğer hücre elemanlarıdır (Georgiev, 2008).

İmmüoglobulinler, disülfür bağlarıyla Y şeklinde bir parçacık halinde bağlanan iki hafif ve iki ağır polipeptit zincirinden oluşan mono veya polimerik proteinlerdir. İmmüoglobulinler fizikokimyasal, biyolojik ve immünolojik özelliklerine göre farklı sınıflara ayrılmaktadır. İnsanlar ve hayvanlar için aşağıdaki Ig sınıfları belirlenmiştir: H, G, M, A, D, E ve çeşitli salgılarda (kan, süt, kolostrum, gözyaşı ve mukus) bulunmaktadır (Farrell et al., 2004). Sığırlarda bulunan immüoglobulinler IgG, M ve A'yı içerir; burada G immüoglobulinler tüm immüoglobulinlerin %65-90'nını oluşturmaktadır. IgG'nin iki izotipi vardır bunlar ise IgG1 ve IgG2'dir. Bunlar, buzağının kendi aktif bağışıklığı gelişene kadar buzağıya pasif bağışıklık sağlamaktadır. Kolostrumdaki G1 ve G2 arasındaki oran 35:1'dir. Lenfatik sistemin plazma hücreleri G immüoglobulinlerin üretilmesinden sorumludur. M immüoglobulinleri kolostrumun Ig proteininin yalnızca %8-10'unu oluşturur; yenidoğanlarda bu oran yetişkinlere göre %20-30 olup, yaşamın ilk saatlerinde bağırsaklardan emilimi %95'tir. IgM, antikor aracılı antiseptik bağışıklığı koşullandıran bir faktör oluşturmaktadır (Farrell et al., 2004). Sığırlarda A sınıfı immüoglobulinler kolostrumun immünolojik potansiyelinin %7-10'unu oluşturmaktadır (Wasowska and Puppel, 2018).

Kolostrumun içeriği açısından çok önemli olan farklı bir protein grubu lizozim, laktoferrin ve laktoperoksidazdan oluşmaktadır. Bu proteinler, bakteriyostatik ve mikrop öldürücü özelliklere sahiptir ve spesifik olmayan antibiyotik ajanlardan oluşmaktadır (Wasowska and Puppel, 2018). Lizozim hemen hemen tüm vücut sıvılarında yer almaktadır ve iyi bir antimikrobiyaldir. Genel olarak immüoglobulinlerin varlığında aktivitesi artış göstermektedir (Puppel et al., 2014). Kolostrumun laktoferrin (Lf) konsantrasyonu 0,34 ila 1,96 g/L arasındadır (Yoshida, et al., 2000). Demiri bağlama özelliği sayesinde bakteriyostatik etkiye sahiptir ve bakterilerin gelişimini durdurmaktadır (Van der Strate et al., 2001). Yine, laktoperoksidazında önemli derecede bakteriyostatik ve antimikrobiyal özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir (Claeys et al., 2014).

3. KOLOSTRUMUN MİKTARI VE KALİTESİ

Sığır kolostrumunun bileşimi ve kalitesi, bireysellik, cins, doğum sayısı, sağım zamanlaması, hastalıklar, doğum öncesi beslenme, mevsim, ineklerin kuru dönem uzunluğu ve gibi genetik ve çevresel faktörlere bağlı olarak oldukça değişkenlik göstermektedir (Godden 2008; Hyrslova and Krausova

2016).

Kolostrumdaki immünoglobulinlerin konsantrasyonu, kolostrum kalitesinin ortak bir göstergesidir. 50 gm Ig/L'den fazla içeren kolostrumun yüksek kaliteli olduğu kabul edilmektedir. Annenin beslenmesi kolostrum üretimi açısından çok önemlidir. Yenidoğanın enerji ihtiyacını karşılamaya yetecek miktarda kolostrum alımı hayatta kalmasının en önemli belirleyicilerinden biridir. Yenidoğan kayıplarının çoğu yaşamın ilk 2 gününde meydana geldiğinden, immün koruma için anneden IgG'nin alınması hayatta kalmak için çok önemlidir. Kolostrum almayan yeni doğanlar, bağırsaklarındaki ölü epitel hücrelerini ve mekonyum adı verilen yutulmuş amniyotik sıvının kalıntılarını boşaltmada, kolostrum alan hayvanlara göre daha fazla zorluk çekmektedir (Sjaastad et al., 2003).

3.1. Kolostrumun bileşimi

3.1.1. Yağ

Kolostrum, olgun süte kıyasla daha yüksek oranda yağ içermektedir. Özellikle sığır kolostrumundaki yağ oranı %6,7 ile %7,78 arasında değişim göstermektedir (Czerniewicz et al., 2006; Abdelrahman et al., 2017) Kolostrumda yer alan yağın yağ asitleri profili de oldukça farklılık göstermektedir (O'Callaghan et al., 2020). Özellikle kolostrumda palmitik, palmitoleik ve miristik asitlerin olgun süte göre daha yüksek konsantrasyonlarda bulunmaktadır (O'Callaghan et al., 2020).

3.1.2. Protein

Kolostrum proteinleri, meme bezlerinde üretilen veya annenin dolaşım sisteminden taşınan immünoglobulinler de dahil olmak üzere birçok farklı proteinden oluşmaktadır. Bu proteinler, kolostrum üretimi sırasında meme bezinde normal süte göre daha yüksek konsantrasyonlarda oluşturulmaktadır (Stelwagen et al., 2009). Kolostrumdaki beta-laktoglobulin seviyeleri inekler ve koyunlar için sırasıyla 18,9 ve 17,3 mg/ml'dir. Kolostral sekresyonlarda beta-laktoglobulin süttekinden yaklaşık beş kat daha yüksektir ve kolostrum süte geçtikçe hızla ve büyük ölçüde azalmaktadır. Betalaktoglobulinin yenidoğana pasif bağışıklık aktardığı düşünülmektedir (Fox and Kelly, 2006). Beta-laktoglobulin ayrıca uzun zincirli yağ asitleri ve trigliseritlerini in vitro olarak bağlayabilmekte ve meme bezinde veya bağırsakta lipidin taşınmasında rol oynayabilmektedir (Diaz de Villegas et al., 1987). Alfa-laktalbumin, laktaz enziminin fonksiyonel alt birimidir ve meme bezindeki laktaz sentezi için gereklidir (Bleck et al., 2009). İnek ve koyun kolostrumlarındaki alfa-laktalbumin konsantrasyonları sırasıyla 2 ve 2,3 mg/ml olup, bu oran tam yağlı süttten yalnızca 1,5 kat daha yüksektir (McGrath et al., 2016). Kolostrumda bulunan bir diğer önemli protein demiri bağlayan bir glikoprotein olan laktoferrindir. Genç süt buzağalarına verilen süt ikame yemine laktoferrin ilave-

sinin, süttten kesmeden önce morbiditeyi azalttığı ve büyümeyi iyileştirdiği bildirilmektedir (Robblee, 2003).

3.1.3. Biyoaktif Proteinler

3.1.3. a. İmmünoglobulinler (Igs)

İmmünoglobulinler (Igs), sığıır kolostrumundaki toplam proteinin önemli bir bölümünü oluşturan, antikorlar olarak bilinen karmaşık proteinlerdir. Sığıır kolostrumundaki immünoglobulinler esas olarak IgG (IgG1 ve IgG2), IgA, IgM dahil olmak üzere izotip adı verilen 3 farklı çeşitten meydana gelmektedir. IgG, sığıır kolostrumunda baskın immünoglobulindir ve toplam immünoglobulin içeriğinin %85-90'ını oluşturmaktadır. IgG1, sığıır kolostrumundaki toplam IgG içeriğinin %80-90'ını temsil etmekte ve bunu IgM, IgA ve IgG2 takip etmektedir (Bagwe et al., 2015). Bu immünoglobulinler buzağuların ve bağıışıklık sistemlerinin hayatta kalması için gereklidir Özellikle bakteri ve virüs gibi enterik patojenleri nötralize edebilmektedir. Olgun süt ile kolostrum arasındaki temel farklardan biri, kolostrumda bulunan ve doğumdan sonraki ilk günlerde 50-100 mg/mL'ye ulaşan yüksek IgG konsantrasyonudur. Sığıır serumunun IgG1 ve IgG2 konsantrasyonu doğumdan önce azalmakta ve kandan kolostruma geçmektedir. Kolostrumdaki IgG'nin neredeyse tamamı sığıır kan serumundan kolostruma aktarılmaktadır (Kramski et al., 2012; Korhonen et al., 2000).

3.1.3. b. Laktoferrin

Laktoferrin, sığıır kolostrumunda yaklaşık 0,80 mg/mL olarak bulunan katyonik, demir bağlayıcı bir glikoproteindir ve olgun süttten dört kat daha fazla miktarda kolostrumda bulunmaktadır (Sánchez et al., 1988). Tüm memelilerin süt serumundaki ana proteinlerden biridir (Manzoni, 2016) ve antibakteriyel, antifungal, antiviral, antiparazitik, antitümör ve immünomodülatör (antiinflamatuvar) etkilere sahiptir (Chatterton et al., 2013; Wakabayashi et al., 2014). Laktoferrin reseptörleri vücutta bağırsak dokusu, monositler, makrofajlar, nötrofiller, lenfositler, trombositler ve bazı bakteriler üzerinde eksprese edilmektedir (Siqueiros-Cendón et al., 2014). Bu önemli proteinin hastalığa neden olan protozoa, maya, bakteri ve virüslerin gelişimini engelleyerek antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu saptanmıştır. Ayrıca, laktoferrinin, patojenlerin epitel hücrelerine bağlanmasını önlediği ve bağırsak geçirgenliği ve stabilitesinin korunmasına yardımcı olduğu da belirlenmiştir (Yamauchi et al., 1993; Dial et al., 1998). Laktoferrinin, bağırsakta demir alımında, fagositlerin aktivasyonunda ve immün yanıtlarda rol oynadığı da bilinmektedir (Superti, 2020).

3.1.3. c. Laktoperoksidaz

Laktoperoksidaz, sığıır kolostrumunda bulunan önemli bir antibakteriyel enzimdir, tiyosiyanatın oksidasyonunu katalize eden ve antimikrobiyal

aktiviteye sahip ara bileşikler üreten temel bir glikoproteindir (Fox and Kelly, 2006). Laktoperoksidaz konsantrasyonu sığır kolostrumunda 11-45 mg/L, olgun sığır sütünde ise 13-30 mg/L'dir. Sığır kolostrumundaki konsantrasyonu başlangıçta düşüktür ancak doğumdan sonraki 3-5 gün içinde maksimum düzeye ulaşmaktadır. Sığır kolostrumunda, laktoperoksidaz ve katalaz aktivitesi olgun süte göre oldukça yüksektir. Laktoperoksidaz aktivitesi neticesinde mikroorganizmalar üzerinde toksik etki gösteren oksidasyon ürünleri meydana gelmektedir. Laktoperoksidaz sistemi, bazı gram-pozitifler için toksiktir ve *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium*, *Listeria monocytogenes*, *Streptococcus mutans* ve *Staphylococcus aureus* gibi negatif bakteriler üzerinde antibakteriyal aktivite göstermektedir (Shakeel-ur-Rehman and Farkye, 2002; Farkye and Bansal, 2011).

3.1.4. Laktoz

Kolostrumdaki laktoz konsantrasyonu memeli türlerine göre (koyun, keçi, sığır, manda) değişmekle birlikte ortalama %2,5'dur (Uruakpa et al., 2002). Kolostrumda laktoz konsantrasyonu düşüktür ve diğer bileşenlerin aksine hareket etmektedir. Kolostrumda diğer bileşenler yüksek iken normal sütte bunların hepsi zamanla azalmaktadır. Buna karşılık laktoz miktarı normal sütte kolostruma göre artış göstermektedir (Morrill et al., 2012). Laktoz, sütün ozmotik olarak aktif bir bileşendir ve bu olgun sütte bulunan yüksek su konsantrasyonunun bir sonucudur (Houser et al., 2008).

3.1.5. Vitaminler

Kolostrumda insan sağlığı için kritik olan yağda ve suda çözünen vitaminler yüksek düzeyde bulunmaktadır (McGrath et al., 2106). Özellikle A vitamini kolostrumda yüksek konsantrasyonlarda ve retinol, retinal, retinoik asit, retinil esterler ve provitamin A karotenoidleri gibi çeşitli formlarda bulunmaktadır (Morrissey and Hill, 2009). E vitamini ise tokoferol ve tokotrienol formunda (~ortalama 77,17 mg/kg) kolostrumdaki düşük yoğunluklu lipoproteinlerde bulunmaktadır (McGrath et al., 2106). K vitamini ayrıca olgun sütle karşılaştırıldığında kolostrumda filokinon ve menakinon olmak üzere iki formda ve daha yüksek konsantrasyonda yer almaktadır. D vitamini kolostrumda olgun süte göre daha yüksek konsantrasyonlarda bulunmaktadır. C ve B vitaminleri ayrıca kolostrumun suda çözünen kısmında olgun süte kıyasla daha yüksek konsantrasyonda bulunmakta ve ikisi birlikte insan sağlığı için kritik olan temel vitaminlerin doğal bir kaynağını sağlamaktadır (Morrissey and Hill, 2009).

Kolostrumda yağda çözünen vitaminler hayati öneme sahip olan bileşenlerdir. Yenidoğanda eksikliğin başlangıcı hem düşük kolostrum konsantrasyonları hem de azalan plasental transfer yoluyla yavrunun vücut depolarını etkileyen annenin beslenme durumuna dayanmaktadır (Morrissey ve Hill, 2009). Tokoferoller plasentayı geçip fetüs tarafından depolanırsa genç buzağılarda azalan düzeylerde ölü doğum oranı görülmektedir (Zanker, 2000).

3.1.6. Mineraller

Sığır kolostrumu ve olgun süt başta kalsiyum ve fosfor olmak üzere birçok mineral açısından iyi kaynaktır. Sığır kolostrumunda çinko ve selenyumla birlikte magnezyum nispeten büyük miktarda bulunmaktadır. Minerallerin çoğu suda çözünmekte ve bu nedenle de plasenta zarından kolayca geçebilmektedir. Fetüs, mineralleri rahimde depolayabilmekte ve bu nedenle de yeterli depoyla doğmaktadır. Sadece mineral eksikliği olan bölgelerde dünyaya gelen yenidoğanlarda mineral eksikliğine dayalı problemler yaşanabilmektedir. Yinede kolostrum yeni doğan buzağular için de iyi bir mineral kaynağıdır. Kolostrumdaki mineral içeriği yüksektir ve konsantrasyonlar ertesi hafta olgun sığır sütündeki konsantrasyonlara düşmektedir. İnek kolostrumunun ortalama çinko içeriği, koyun ve insan kolostrumuna benzer şekilde 13,57 mg/L'dir (Jeong et al., 2009). Kalsiyum, fosfor, bakır ve demir, sırasıyla 0,16 g/dl, 0,17 g/dl, 0,39 ug/ml ve 1,9 ug/ml konsantrasyonlarıyla yüksek düzeyde kolostrumda bulunmaktadır; ancak 24 saat içinde olgun sütte bulunan seviyelere düşmektedir. Bunun aksine, 0,09 ug/ml ve 0,16 mg/L seviyesiyle manganez (Jeong et al., 2009), olgun sütle karşılaştırıldığında kolostrumda daha düşük düzeyde bulunmaktadır. Selenyum ve iyotun miktarı ise, coğrafi konuma ve jeokimyasal ortama göre sütte ve kolostrumda büyük ölçüde değişiklik gösterebilen iki mineral maddedir (Casey et al., 1995).

3.1.7. Büyüme faktörleri

Kolostrum, dönüştürücü büyüme faktörleri ve insülin benzeri büyüme faktörleri gibi birçok biyoaktif bileşik içermektedir. Buzağulara uzun süreli kolostrum verilmesinin, süt ikame yemiyle beslenen buzağulara kıyasla sahip olduğu büyüme faktörleri nedeniyle ince bağırsak gelişimini etkilediği rapor edilmiştir (Curtis et al., 2018). İnsülin benzeri büyüme faktörleri (IGF), hormonların ve büyüme faktörlerinin insülin ailesinin bir parçasıdır ve IGF-I, IGF-II ve relaksini içermektedir (Sparks et al., 2003). İnsülin benzeri büyüme faktörleri ısıya ve asitlere karşı stabildir ve besinlerin sindirilmesini sağlamak ve ince bağırsağa zarar görmeden ulaşmasına vesile olmaktadır (Bamrucker et al., 1993).

3.1.8. Nükleotidler

Nükleotidler kolostrumun protein olmayan nitrojen kısmının bir parçasıdır ve bir purin veya pirimidin bazı, bir pentoz halkası ve bir ila üç fosfat grubundan oluşmaktadır. Pirimidin nükleotidleri arasında orotat monofosfat (OMP) ve üridin monofosfat (UMP) yer almaktadır ve purin nükleotidleri arasında adenozin monofosfat (AMP), üridin monofosfat (IMP) ve guanozin monofosfat (GMP) bulunmaktadır. Nükleotidler, olgun sütle karşılaştırıldığında kolostrumda yüksek seviyelerde bulunmakta ancak emzirme aşamasına bağlı olarak farklı şekillerde bulunmaktadırlar. UDP-glikoz, UDP-galaktoz ve UMP gibi pirimidin türevlerinin yüksek seviyeleri, ancak düşük gua-

nozlin seviyeleri AMP ve CMP türevleri kolostrumda mevcuttur (McGrath et al., 2016). Kolostrum süte geçtikçe UMP ve GMP seviyeleri azalırken, OMP olgun sütte de bulunmaktadır (Johnke et al.,1962).

3.1.9. Çevresel faktörler

Doğumdan sonra sığır kolostrumunun sağılmasının zamanlamasının sığır kolostrumundaki IgG konsantrasyonları üzerinde önemli etkileri vardır. Kolostrumun erken veya hemen sağılması, kolostrum kalitesini önemli ölçüde artırmaktadır. Sığır kolostrumunun kalitesi buzağılama mevsiminden etkilenmektedir. Yaz aylarında buzağılayan ineklerin daha düşük ancak sonbahar aylarında buzağılayanlara göre daha kaliteli kolostrum ürettikleri saptanmıştır (Morin et al., 2001). Sığır kolostrumunun yağ yüzdesi doğumdan 24 ve 48 saat sonra en yüksektir ve buzağılama mevsiminden etkilenmektedir. Sonbahar-kış aylarında doğan hayvanların kolostrumlarındaki yağ yüzdesi diğer mevsimlere göre daha yüksektir (West, 2003).

4. KOLOSTRUM ÇEŞİTLERİ

4.1. İnsan Kolostrumu

Bebeğin annesinin memesinden aldığı ilk besine kolostrum (ağız sütü) denilmektedir ve görüntüsü anneden anneye göre değişmektedir. Genel olarak sarı renkli ve kıvamlı bir yapıdadır, besleyicidir ve yeni doğmuş bebeği pek çok hastalıktan koruyucu bir özelliğindedir. Anne sütünün içeriği yani kolostrumdan olgun süte doğru geçiş doğumdan sonraki ilk 1-2 haftalık süreçte gerçekleşmektedir. Kolostrum, olgun anne sütü ile karşılaştırıldığında, yaklaşık iki kat daha fazla protein ihtiva ederken karbonhidrat ve yağ içeriği daha azdır yani enerjisi daha düşüktür (Gidrewicz and Fenton, 2014). Kolostrum özellikle magnezyum, sodyum, potasyum, çinko gibi mineraller ile vitaminler ve antikorlar bakımından oldukça zengin kaynaktır. Laksatif ve proteinleri parçalayıcı etkisi ile mekonyumun çıkışını kolaylaştırmaktadır. Ayrıca bebeğin ilk aşısı olarak da kabul edilmektedir (Köksal, 1980).

Yenidoğanlarda gastrointestinal sistem küçük ve olgunlaşmamıştır ve insan kolostrumu, yavru için gerekli olan besin maddelerini doğru yeterli seviyelerde sağlayabilen tek besindir. Olgun insan sütü ile karşılaştırıldığında, insan kolostrumu aslında yenidoğanın bulaşıcı hastalıklara karşı korunması için yararlı olan bağışıklık ve büyüme faktörlerini içeren biyoaktif bileşikler açısından oldukça zengindir ve aynı zamanda yenidoğan yaşamının ilk 24 saatinde bağırsak mikrobiyomunun sağlıklı gelişimini sağlamaktadır. Prebiyotik etkisi sayesinde kolostrum, yenidoğanın bağışıklık sistemini uyarmakta ve böylece erken doğmuş bebekleri karakterize eden immünolojik eksikliği telafi etmektedir (Thapa, 2005). Müshil etkisi nedeniyle yenidoğanlarda önemli bir rol oynamakta ve bebeğin mekonyum adı verilen ilk dışkıların geçişine yardımcı olmaktadır. Ayrıca, bebeğin bağırsağında fazla miktarda bi-

lirubini ortadan kaldırarak sarılığı önlemektedir (Thapa 2005; Cohen, 2006). Kolostrumdaki antikorlar yenidoğanları yalnızca bulaşıcı hastalıklara karşı korumakla kalmamakta aynı zamanda gastrointestinal gelişimi sağlamakta, pasif bağışıklığı oluşturmakta ve büyüme faktörlerini de sağlamaktadır (Stephan et al., 1990; Van Hooijdonk et al., 2000).

İnsan yavrusu doğduğunda, metabolik enerjisinin en önemli kısmı beyin gelişimine odaklanmaktadır. Beynin gelişiminde ve enerji sağlanmasında karbonhidratlara ihtiyaç duyulmaktadır. İnsan kolostrumunun ve sütünün yüksek düzeyde “laktoz” içeriğine sahip olması bunun en büyük kanıtıdır. Laktozun iki ana fonksiyonu bulunmaktadır. Bebek beyin hızlı büyümesi ve gelişimi için bir metabolik enerji kaynağı olarak çok miktarda glukoza gerektirir. Laktoz sindirim esnasında kolaylıkla glukoz ve galaktoza dönüşmekte ve bağırsaklarda emilmektedir. Ortaya çıkan glikoz ise beyin fonksiyonunda görev almaktadır.

Bir şeker olan laktoz doğal olarak suyu çekmektedir. Emzirme olayı başladığında, yüksek laktoz konsantrasyonu meme bezlerine ozmotik etkiden dolayı su çekilmesini sağlamaktadır ve bu su, süt üretiminin gerçekleşmesine yardımcı olmaktadır. Yine, sütün doğal yapısında bulunan su, bebeğin sıvı gereksinimini gidermekte ve ayrıca terleme ve idrardan kaynaklanan sıvı kaybını karşılamaktadır (Kehoe et al., 2007).

4.2. Sığır Kolostrumu

Kolostrum, doğumdan hemen önce ve takip eden günlerde üretilen meme bezlerinin salgısını oluşturmaktadır. Perinatal dönem yaşam açısından son derece önemlidir, çünkü bu sayede buzağılar hücrel bağışıklık kazanmaktadır. İnek kolostrumunun en genel tanımı kalın, sarı ve hafif asidik (pH 6,4) bir sıvı olmasıdır. Özellikle; enzimler, hormonlar, poliamitler, nükleik asit türevleri, amino asitler gibi biyolojik olarak aktif elementleri ve bakteriyostatik maddeleri içermektedir. İhtiva ettiği bakteriyostatik maddeler arasında ise immünooglobulinler, laktoperoksidaz, lakteninler, laktoferrinler, lizozimler ve lökositler yer almaktadır (Wasowska, et al., 2018). Tablo 1’de çeşitli hayvan türlerinin kolostrumları arasındaki farklılık gösterilmiştir (Kehoe et al., 2007).

Tablo 1. Çiftlik hayvanlarının türüne bağlı olarak ilk toplamadan itibaren kolostrumun kimyasal bileşiminde meydana gelen değişiklikler (Szulc and Zachwieja, 1998).

Türler	Kimyasal Kompozisyon (g/kg)		
	Yağ	Protein	Laktoz
At	7	191	46
Sığır	36	130	31
Koyun	124	130	34
Keçi	90	80	25
Domuz	72	180	24
Köpek	78	138	27
Tavşan	47	135	16

Kolostrum hem immünoglobulinlerin hem de insülin benzeri büyüme faktörlerinin (IGF, I ve II) ve hem de trombosit türevli büyüme faktörlerinin zengin bir kaynağını oluşturmaktadır. Platelet kaynaklı büyüme faktörü (PDGF), epidermal büyüme faktörü (EGF), dönüştürücü büyüme faktörü -2 (TGF-2), büyüme hormonu (GH) ve sitokinler interlökin 1- (IL-1) birçok durumda uyarıcı ve aracı olarak görev yapmaktadır (Elfstrand et al., 2002; McGrath et al., 2016).

Kolostrumdaki protein içeriği olgun sütle karşılaştırıldığında daha yüksektir ve protein fraksiyonları iki gruba ayrılmaktadır. Bunlar; peynir altı suyu proteinleri ve kazeindir (Playford et al., 2000; Kanwar et al., 2009). Kazeinler inek sütünde en fazla bulunan fosfoproteindir ve toplam proteinlerin yaklaşık %75'ini oluşturmaktadır. Peynir altı suyu proteinleri ise immünoglobulinleri, laktoferrin, -laktalbumin, -laktoglobulin, laktoperoksidaz ve çeşitli büyüme faktörlerini içermektedir (Bastian et al., 2001).

Laktoz, sığır kolostrumunda en bol bulunan karbonhidratı temsil eder ve miktarı yaklaşık %2,5 olup olgun sığır sütü veya insan sütüyle karşılaştırıldığında daha düşük bir miktardadır (Urashima et al., 2001). Laktoz, galaktoz ve glukozdan oluşan bir disakkarittir; karaciğerde glikojen sentezini ve depolanmasını destekleyen önemli bir rol oynamaktadır. Yine, diyet oligosakarit içeriği 1 g/L civarındadır; bu, olgun sütle karşılaştırıldığında seviyenin yaklaşık iki katıdır. Bunların çoğu üst bağırsakta sindirilmez, bu nedenle prebiyotik bir rol oynayabilirler, bağırsağın kolon kısmına bozulmadan geçebilirler ve burada kolonik bakteriler için metabolik bir substrat olarak görev almaktadırlar (Zivkovic et al., 2011). Sığır kolostrumundaki yağ içeriği %7 civarındadır; lipit fraksiyonu, omega-3 ve omega-6 esansiyel yağ asitleri, konjuge linoleik asit ve fosfolipitler dahil olmak üzere sağlık açısından potansiyel öneme sahip çeşitli moleküller içermektedir. Sığır kolostrumu lipid profili yaklaşık %65-75 doymuş yağ asitleri, %24-28 tekli doymamış yağ asitleri ve

4-5 çoklu doymamış yağ asitleri ile karakterize edilmektedir ([O'Callaghan et al., 2020). Yağda çözünen (A, D ve E) ve suda çözünen (B kompleksi) vitaminlerin her ikisi de sığır kolostrumunda bulunmaktadır (Polzonetti et al., 2020).

İmmünoglobulinlerin memelilerdeki ana rolü pasif bağışıklığı anneden yenidoğana aktarmaktır. Sığır kolostrumundaki ana immünoglobulin, 30-87 g/L konsantrasyonuyla IgG'dir ve toplam Ig'lerin yaklaşık %80-90'ını oluşturmaktadır. IgA, IgD, IgE ve IgM daha küçük miktarlarda sığır kolostrumunda bulunmaktadır (Polzonetti et al., 2020). İnsanlarda immünoglobulinler plasenta bariyerini geçebilirken, ineklerde bu mümkün değildir. Bu nedenle buzağılara immünoglobulin sağlamanın tek yolu onları kolostrum ile beslemektir. Böylece pasif bağışıklık sağlayabilmekte ve doğuştan gelen bağışıklık sistemleri modüle edebilmektedir (Ulfman et al., 2018). Sığır kolostrumunda, mikrobiyal enfeksiyonların önlenmesinde ve çözülmesinde rol oynayan immünoglobulinlerin yanı sıra başka moleküller de tespit edilmiştir (Vincenzetti et al., 2017). Laktoperoksidaz, çeşitli Gram-pozitif ve Gram-negatif bakterilere karşı antimikrobiyal bir etki göstererek, mikrobiyal proteinlerdeki spesifik amino asitlere müdahale edebilen oksidatif moleküller üreterek, mikrobiyal metabolizmanın bloke edilmesine neden olmakta ve sonuç olarak bakteri çoğalmasını inhibe etmektedir (Seifu et al., 2005). Lizozimler antibakteriyel aktivite göstererek iki farklı etkiyi tetiklemektedir. Bunlar, Gram-negatif bakterilerin hücre lizizi ve Gram-pozitif bakteri büyümesinin inhibisyonudur. Kolostrumda tespit edilen başka bir biyoaktif peptid ise hem insan kolostrumunda ve hem de sığır kolostrumunda bulunan demir bağlayıcı bir glikoprotein (80 kDa) olan laktoferrindir. Sığır kolostrumundaki laktoferrin içeriği, insan kolostrumuna kıyasla daha düşüktür ve yalnızca %10 civarındadır (Wheeler, et al., 2007). Laktoferrin, demir emilimini arttırmanın yanı sıra antimikrobiyal ve immün modüle edici aktiviteler göstererek ve bağırsak epitel hücrelerinin ve fibroblastların büyümesini uyararak çeşitli etkilere neden olmaktadır. Sığır kolostrumundaki laktoferrin, yenidoğanlarda bağırsak büyümesinin düzenlenmesinde, buzağılarda ölüm oranının azaltılmasında, büyüme oranının arttırılmasında ve solunum yolu enfeksiyonlarının azaltılmasında önemli bir rol oynamaktadır (Clare, et al., 2005).

4.3. Manda Kolostrumu

Manda yeni doğanları enfeksiyonlara diğer hayvan türlerine göre daha duyarlıdır, çünkü annenin Ig'si plasenta zarından taşınmamaktadır. Yeni doğanlarda Ig yoktur ve dolayısıyla buzağuların başlangıç için en az iki haftaya ihtiyacı olduğundan kolostrum alımı pasif bağışıklıkta belirleyici bir rol oynamaktadır (Singh et al., 1993).

Tüm geviş getiren türler gibi mandalar da antikorların anneden yenidoğana geçişini önleyen sindesmokoriyal plasantaya sahiptir. Bu nedenle buzağular doğumda agammaglobulinemik veya hipogammaglobulinemik olduklarından

çok hassastırlar ve immünglobülinlerin (esas olarak IgG) transplasental geçişi çok azdır veya hiç yoktur (de Souza et al., 2019). Hamilelik sırasında besinlerin fetüse geçişi, kotiledonlardan, plasentanın bazı kısımlarından ve kıkırdaklardan, yani rahim boynuzlarının kısımlarından oluşan plasentomlar aracılığıyla gerçekleşmektedir. Plasentomlar antikorların geçişine izin vermez, bu nedenle kolostrum alımı yenidoğan için çok önemli bir rol oynamaktadır (Wooding, 1992). Kolostrojenik dönüşüm, immünoglobulinlerin serumdan meme bezine taşınmasıyla buzağılamadan birkaç hafta önce başlamaktadır (Barrington et al., 2001). Hamileliğin ilerleyen dönemlerinde ise bu süreç devam etmekte ancak buzağı doğduğunda aniden sona ermektedir. Meme bezi salgı epitelyal reseptörleri, laktojenik hormonların ve bölgesel düzenleyici faktörlerin etkisi altında immünoglobulinlerin anne kanından meme bezine transferine izin vermektedir (Nguyen et al., 2019). Ruminantlarda kolostrogenез olayı gebeliğin son haftalarında başlar ve buzağılamanın hemen ardından sona ermektedir (Hassiotou et al., 2015; Baumrucker et al., 2016). Kolostrojenez sırasında, hücre sel ve hücre sel olmayan bileşenlerin anne dolaşımından kolostruma transferi meme bezinde meydana gelmektedir. İmmünoglobulinlerin (Ig) anne dolaşımından meme salgılarına transferi ise, endokrin kontrolü altında doğumdan 3-4 hafta önce başlamaktadır. Hem mandalarda hem de ineklerde kolostrum kompozisyonunu etkileyen diğer bir faktör de esas olarak yağ içeriği, yağ asitleri profili ve kolesterol ile ilgili olan üreme mevsimidir (Barile, 2005; Ozrenk, 2007). İlk kolostrumdaki toplam protein ve Ig içeriği mandalarda ineklere göre daha yüksek seviyelerdedir (Wang et al., 2019).

4.4. Koyun ve Keçi Kolostrumu

Yeni doğan oğlak ve kuzularda ve ölüm vakalarının en aza indirilmesi yeterli pasif bağışıklığın sağlanması yeni doğana gerekli oranda ve kaliteli kolostrumun verilmesi ile mümkün olmaktadır. Yeni doğanların kolostrum almasının sağlanması kuzu ve oğlakların doğumu ortaya çıkabilecek yavru kayıplarının en aza indirmesi bakımından önem taşımaktadır (Şireli, 2017).

Oğlak ve kuzuların doğumu takiben 3-12 saatlik süre içerisinde doğum ağırlıklarının %10-20'si kadar kolostrumu mutlaka almaları gerekmektedir. Kuzu ve oğlakların yüksek düzeyde Ig içeren kolostrumu doğumu takiben çok kısa sürede ve yeterli miktarda almaları hastalık etmenlerinden korunmaları ve yaşama güçlerini artırabilmeleri bakımından önem taşımaktadır (Freer and Dove, 2002; Kara, 2015; Savaş, 2007).

Ayrıca, doğumdan sonra kolostrum alınmaması durumunda, dehidrasyon ve hipotermi gibi durumlar ortaya çıkabilmekte ve yavru kayıpları olabilmektedir. Çeşitli nedenlerle annesini ememe problemi olan oğlak ve kuzular bakıcıları tarafından elle beslenmeli ve elle sağılan kolostrumun biberon yardımıyla yeni doğan yavruya verilmesi sağlanmalıdır (Logan 1996; Yılmaz and Kaşıkçı 2013).

Koyunlar, keçi veya ineklere kıyasla daha az kolostrum ve süt salgılamaktadırlar. Ancak koyun kolostrumu, üzerinde çalışılan diğer hayvan türlerine veya insan kolostrumuna kıyasla daha yüksek kuru madde ve besin maddesi içermektedir (Oguike and Udeh, 2008). Keçi kolostrumu ise sığır ve koyun kolostrumuyla karşılaştırıldığında retinoller ve tokoferoller açısından en yüksek kaliteye sahiptir ve aynı zamanda demir açısından da zengindir. Ayrıca, immünoproteinler (IgA, IgG, IgM), laktoferin, prolin açısından zengin peptitler, diğer yüksek kaliteli proteinler, esansiyel enzimler, minerallerde (Fe, K, Ca, Mg, Cu, Zn ve diğerleri) doğumdan sonraki ilk saatlerde koyun ve keçi sütlerinde oldukça yüksek konsantrasyonlarda bulunmaktadır (Yılmaz and Kaşıkçı 2013).

4.4.1. Koyun Kolostrumu

Süt ve süt ürünlerinin insan beslenmesindeki önemi uzun zamandır bilinmektedir; bu nedenle fonksiyonel süt ürünleri, “doğal” ürünler olma avantajına sahip olan ve bu nedenle tüketiciler tarafından daha iyi kabul edilen yeni ve çekici bir beslenme seçeneği olan ürünler olarak kabul edilmektedir (Plakantara et al., 2010). Son yıllarda diğer memeli türlerinden elde edilen sütün fonksiyonel ve besleyici özelliklerine ilişkin çalışmalar artmıştır (Meyer et al., 2011; Shogo et al., 2013). Küçükbaş hayvanlardan, özellikle de keçi ve koyun sütünden elde edilen sütün insan beslenmesinde kullanımı, insan sağlığını etkileyen bazı ilginç besinsel kalite parametreleri nedeniyle son zamanlarda özel ilgi görmüştür (Galitsopoulou et al., 2015; Izadi et al., 2018). Koyun kolostrumu, inek veya keçi gibi diğer süt geviş getiren hayvanlarla karşılaştırıldığında en yüksek toplam kuru madde içeriğine sahiptir. Örneğin koyun kolostrumunda yağ içeriği %9,11 iken inek kolostrumunda %5,65’e, keçi kolostrumunda ise %4,88 civarındadır (El-Agamy, 2007).

4.4.2. Keçi Kolostrumu

Çeşitli memeli türlerinde kolostrumun kimyasal bileşimi, besin içeriği açısından önemli ölçüde farklılık göstermektedir ve bazı geviş getiren türlerde belirlenen varyasyonlar farklı şartlardan kaynaklanmaktadır (Merin, et al., 2001). Keçi kolostrumu (GC), proteinler, laktoz, yağ ve vitaminler ve mineraller dahil olmak üzere mikro besinler gibi iyi bir besin kaynağıdır ve aynı zamanda çeşitli biyolojik olarak aktif bileşiklerle de karakterize edilmektedir (Kracmar et al., 2005). Bunlar arasında antimikrobiyal proteinler (Laktoferrin), Epidermal Büyüme Faktörü (EGF), İnsülin benzeri Büyüme Faktörü-I (IGF-I) ve immünooglobulin G (IgG) bulunmaktadır. Keçi kolostrumu olgun sütle karşılaştırıldığında daha yüksek oranda protein, yağ, mineral, madde, EGF ve IGF-I içeriğine sahipken, laktoz konsantrasyonu daha düşük düzeydedir. Keçi kolostrumu, yenidoğanın beslenmesinde, korunmasında ve gelişiminde önemli bir rol oynamakta, oğlakların immünolojik savunmasında rol almakta, bağışıklık sistemini uyarmakta ve özellikle gastrointesti-

nal sistemde pasif koruma sağlamaktadır (Playford, 2001). Kolostrum moleküllerinin büyük bir kısmı doğrudan kan dolaşımından gelmekte (yani Ig, somatotropin, prolaktin, insülin ve glukagon), diğerleri ise (yağ, laktoz yağı, laktoz, kazein, -laktalbümin, -laktoglobulin vb.) doğrudan meme epitel hücrelerinde ve stromadan kaynaklı olarak memede üretilmektedir (Liu, et al., 2021). Olgun keçi sütüyle karşılaştırıldığında, keçi kolostrumu önemli ölçüde daha yüksek protein (+%144,57), yağ (+%64,43), mineraller (+%30,56) ve kuru madde (+%52,27), ancak daha düşük laktoz (%41,46) içermektedir (Niznikowski et al., 2006). Keçi kolostrumu, yüksek konsantrasyonlarda Ca, P ve Mg ve düşük konsantrasyonlarda Zn, Fe, Cd, As, Pb ve Hg içermektedir. Ayrıca, keçi kolostrumundaki yağ asitlerinin %25'i doymamış yağ asitleri kategorisine girmektedir (Niznikowski et al., 2006).

4.5. Deve Kolostrumu

Çocukların beslemesinde için inek sütü dışındaki diğer sütlerin kullanılması, gastrointestinal bozuklukların gelişimini azaltmada etkili olabilmektedir. Bu konuyla ilgili olarak ilk olarak keçi sütü araştırılmış, daha sonra 1990'lı yıllarda eşek sütü klinik araştırmalarda büyük ilgi görmeye başlamıştır. Son zamanlarda ise keçi, eşek ve kısırak sütlerinin yerine deve sütünün değerlendirilmesi bilim camiasının ilgisini çekmiştir (Vincenzetti, et al., 2022). Deve sütünün antialerjenik özellikleri anne sütüne çok benzemektedir. Deve sütü, insan sütüyle benzer protein profiline, -laktoglobulin yokluğuna ve yüksek konsantrasyonda -laktalbümin varlığına sahiptir (Faraz et al., 2020). Deve sütü, peynir altı suyu proteinlerinden lizozim, laktoferrin ve immünoglobulinler gibi anti-mikrobiyal faktörleri yüksek oranda ihtiva etmektedir. Deve sütünde serum albümini, immünoglobulinler, laktoferrin ve peptidoglikan dahil olmak üzere pek çok peynir altı suyu proteini tanımlanmıştır (El-Hatmi et al., 2007, Konuspayeva et al., 2010). Deve kolostrumu ve olgun deve sütünün farklı kimyasal bileşimi göz önüne alındığında, doğum sonrası dönemde yağ ve protein içeriklerinin büyük ölçüde azalma gösterdiği saptanmıştır (Izadi et al., 2019).

4.6. Eşek Kolostrumu

Eşek sütü üzerinde bileşim açısından yapılan birçok çalışmanın özgünlüğü, inek sütü protein alerjisi olan bebeklerin beslenmesinde özel önem taşımasından kaynaklanmaktadır. Eşek sütü, esansiyel yağ asitlerinin yüksek oranda bulunmasıyla karakterize edilen lipit içeriğine sahiptir (Gastaldi et al., 2010). Hem K, P, Ca, Mg, Na gibi makro elementler ve hem de Cu, Zn, Ni, Cd, Fe gibi mikro elementleri dengeli bir şekilde ihtiva etmektedir (Potorti et al., 2013; Paksoy et al., 2018). Eşek sütünün antiviral, antibakteriyel ve anti-inflamatuar özellikleri özellikleri bu sütü tüketen yenidoğanda patojenlerden kaynaklı enfeksiyonlarını önlemesi bakımından oldukça önemlidir (Brumini et al., 2013). Ayrıca, eşek sütü aktif bileşenlerinin potansiyel anti-tümör ve

anti-proliferatif özelliklere sahip olduğu da yapılan araştırmalar neticesinde tespit edilmiştir (Mao et al., 2009). Laktoferrin, b-laktoglobulin ve lizozim, eşek sütü ve eşek sütü kolostrumunda tanımlanan antimikrobiyal proteinlerin ana temsilcileri olarak kabul edilmekte ve esas olarak antimikrobiyal ajanların oynadığı rolle temsil edilmektedir. Emzirme döneminde bu proteinlerin profillerinde önemli değişiklikler olmaktadır. Bu nedenle kolostrumun çiğ sütle karşılaştırıldığında daha yüksek laktoferrin ve b-laktoglobulin konsantrasyonuna sahip olduğu, kolostrum ve taze çiğ sütte ise lizozim konsantrasyonunun benzer seviyelerde olduğu tespit edilmiştir (Ozturkoglu-Budak et al., 2018).

Eşekler, plasenta tipleri nedeniyle yeni doğurduları eşek taylarının doğumlarını takip eden 24 saatlik sürede yeterli serum IgG konsantrasyonu alabilmeleri için önemli miktarda yüksek kaliteli kolostrumu tüketmeleri gerekmektedir (Marchis et al., 2018). Yeni doğan yavrularda kolostrum tüketiminin azalması veya düşük kaliteli kolostrumun mevcudiyeti, bakteriyemi, pnömoni, enterokolit ve septik artrit gibi birkaç farklı şekilde ortaya çıkabilen sepsisi tetikleyen yaygın olumsuz sağlık koşullarına kolaylıkla yol açabilmektedir [Marchis et al., 2018]. Eşek sütünün kimyasal bileşimi laktasyonun ilk haftasında hızla değişmektedir özellikle eşek kolostrumunda, olgun sütle karşılaştırıldığında daha yüksek protein, Igs, laktoferrin, -laktoglobulin ve yağ konsantrasyonları ve daha düşük laktoz içeriği tespit edilmiştir. Lizozim içeriği ise hem kolostrumda hem de olgun sütte benzerlik göstermektedir (Martini et al., 2018). Bazı yazarlar, insan sütü ile eşek sütü arasındaki kimyasal bileşimdeki yüksek benzerliği göz önünde bulundurarak eşek kolostrumunun, insan kolostrumunun yerine uygun bir alternatif olabileceğini öne sürmüşlerdir. Birçok çalışmada, inek sütü proteini alerjisinden etkilenen çocuklara eşek sütü verilerek tedavi edilebildiği bildirilmiştir. Bu nedenle eşek sütü, bebek beslenmesinde anne sütünün doğal ve güvenli bir ikamesi olarak kabul edilebilmektedir (Turini et al., 2004; Salimei, et al., 2004). Eşek sütü yüksek oranda yağ asitlerini ihtiva etmektedir. Ayrıca, K, P, Ca, Mg, Na gibi makro elementleri ve hem de Cu, Zn, Ni, Cd ve Fe gibi mikro elementleri dengeli bir oranını içermektedir (Zhang et al., 2008). Laktoferrin, laktoperoksidaz ve lizozim, eşek sütü ve eşek sütü kolostrumunda tespit edilen en önemli biyoaktif peptitler ve antimikrobiyal ajanlar olarak kabul edilmektedir (Vincenzetti et al., 2017). Emzirme döneminde bu proteinlerin içeriğinde önemli değişiklikler görülmektedir. Kolostrum çiğ sütle karşılaştırıldığında daha yüksek laktoferrin ve -laktoglobulin konsantrasyonlarına sahipken, kolostrum ve taze olgun sütte lizozim içeriğinin benzer seviyelerde olduğu belirlenmiştir (Tsioulpas et al., 2007).

4.7. Kısarak (Mare) Kolostrumu

Kısarak (Mare) kolostrumu, tayın yaşamının ilk haftalarında çok önemlidir. Kolostrum yetersiz kalırsa tayın beslenme gereksinimlerine uygun bir süt

ikame yemi alması oldukça büyük bir önem taşımaktadır. Kısrağın memesi iki küçük kuyruk bezinden ve iki büyük kafatası bezinden oluşmaktadır ancak bazen altı bezden de oluşabilmektedir (Csapó-Kiss, et al., 1995). Kısrağın sütü bazı bölgelerde insan beslenmesi için de önemli bir süt türü olma özelliği taşımakta ve özellikle IgE kaynaklı inek sütü alerjisi gösteren çocukların beslenmesinde alternatif bir süt türü olarak görev almaktadır (Businco et al., 2000; Polidori et al., 2021).

Emziren bir kısrağın için ortalama günlük süt üretimi, hayvanın vücut ağırlığının yaklaşık %2-3,5'ü kadardır. Dolayısıyla 500 kg ağırlığındaki bir kısrağın, günlük olarak yaklaşık 10-18 kg süt üretebilmektedir (Csapó-Kiss, et al., 1995). Bir kısrağın kolostrumundaki kuru madde içeriği %25 civarında iken kısrağın olgun sütünde %10-12 oranında kuru madde bulunmakta ve bu oran laktasyon boyunca azalma göstermektedir (Salimei et al., 2002). Kısrağın sütündeki yağ içeriği ortalama %1-1,5 civarında olup nispeten düşüktür (Mariani et al., 2001). Yağ içeriği aynı zamanda laktasyon dönemi boyunca da değişmektedir ve kolostrum aşamasından laktasyonun sonuna kadar genel bir azalma göstermektedir (Caroprese et al., 2007).

Bir kısrağın kolostrumundaki yağ içeriği, kısrağın doğum sayısından etkilenmektedir. Kısrağın ne kadar çok yavru doğurursa kolostrumundaki yağ içeriği de o kadar yüksek olmaktadır (Pikul, et al., 2008). Kısrağın sütündeki protein oranı ortalama %2'ye yakındır; bu değer emzirme dönemi boyunca azalmakta ve proteindeki en yüksek azalma kolostrum döneminde meydana gelmektedir (Cie'sla et al., 2009). Pre-albümin, peynir altı suyu proteini kategorisine ait bir peptittir ve yalnızca kolostrumda tespit edilmiştir. İmmü-noglobulinler de peynir altı suyu proteinlerine aittir ve kolostrum döneminin başlangıcında yüksek bir konsantrasyon göstermektedir ve diğer bileşenlerde olduğu gibi tüm emzirme dönemi boyunca miktar olarak azalmaktadır (Summer et al., 2004). Peynir altı suyu proteinlerinin (globülinler ve albüminler) içeriği ise kolostrumdan olgun süte doğru artmaktadır (Doreau et al., 1992). Kısrağın sütündeki karbonhidratlar çoğunlukla laktozdan oluşmakta ve çok az miktarda da glikoz ve galaktoz da bulunmaktadır. Sütte ortalama olarak %6'ya yakın laktoz bulunmaktadır. Laktasyon döneminin ilk günlerinde kolostrumda yaklaşık %3,4 gibi düşük miktarda laktoz bulunmakta ve bu oran sonraki haftalarda artmaktadır (Schryver et al., 1986). Farklı mineraller farklı zamanlarda zirvelerini göstermektedir. Kalsiyumun zirvesi doğumdan yaklaşık bir hafta sonra olmakta ve sonra düşmektedir. Fosfor miktarı ise birkaç gün içinde zirveye ulaşmakta ve magnezyum, potasyum ve sodyum gibi diğer minerallere benzer şekilde seviyesi düşmektedir. A vitamini ve E vitamini içerikleri ise olgun sütte kolostrumda belirlenen değerlere göre anlamlı derecede düşmektedir (Vincenzetti et al., 2021).

SONUÇLAR

Kolostrum, yaşamın ilk günlerinde yenidoğan için gerekli tüm besinleri içerir ve bu ilk günlerin ötesinde birkaç hafta ve/veya ay boyunca memeli yenidoğanların büyümesini etkilemektedir. Bu bölümde farklı memeli türleri tarafından üretilen kolostrumun makro ve mikro besin özellikleri ortaya konulmuş ve farklı kolostrumlarda bulunan biyoaktif moleküller ve bunların yenidoğan yavruların beslenmesi ve insan beslenmesinde için kullanım potansiyeli açıklanmaya çalışılmıştır.

KAYNAKLAR

- Abdelrahman MM, Aljumaah RS, Khan, RU. 2017. Effects of prepartum sustained-release trace elements ruminal bolus on performance, colostrum composition and blood metabolites in Najdi ewes. *Environ Sci Pollu. Res* 24: 9675-9680.
- Alves AC, Alves NG, Ascari IJ, Junqueira FB, Coutinho AS, Lima RR, Perez JRO, De Paula SO, Furusho-Garcia IF, Abreu LR. 2015. Colostrum composition of Santa Ines sheep and passive transfer of immunity to lambs. *J Dairy Sci* 68(6): 3706-3716.
- Bagwe S, Tharappel LJP, Kaur G, Buttar HS. 2015. Bovine colostrum: an emerging nutraceutical. *J Complement Integr Med* 12:175-85.
- Barile VL. 2005. Improving reproductive efficiency in female buffaloes. *Livest Prod Sci* 92: 183-194.
- Barrington, GM, McFadden TB, Huyler MT, Besser TE. 2001. Regulation of colostrogenesis in cattle. *Livest Prod Sci* 70: 95-104.
- Bastian SEP, Dunbar AJ, Priebe IK, Owens PC, Goddard C. 2001. Measurement of betacellulin levels in bovine serum, colostrum, and milk. *J Endocrinol* 168: 203-212.
- Baumrucker CR, Campana WM, Gibson CA, Kerr DE. 1993. Insulin-like growth factors (IGF) and IGF binding proteins in milk; sources and functions. *Endocr. Regul* 27: 157-172.
- Baumrucker CR, Dechow CD, Macrina AL, Gross JJ, Bruckmaier RM. 2016. Mammary immunoglobulin trans-ferrates following prepartum milking. *J Dairy Sci* 99, 9254-9262.
- Bleck G, Wheeler M, Hansen LB, Chester-Jones H, Miller D. 2009. Lactose Synthase components in milk: Concentrations of α -lactalbumin and β 1, 4-galactosyltransferase in milk of cows from several breeds at various stages of lactation. *Reprod Domest Anim* 44: 241-247.
- Blum JW. 2006. Nutritional physiology of neonatal calves. *J Anim Physiol Anim Nutr* 90: 1-11.
- Blum J, Hammon H. 2000. Colostrum effects on the gastrointestinal tract, and on nutritional, endocrine and metabolic parameters in neonatal calves. *Livest Prod Sci* 66: 151-159.
- Brumini D, Furlund CB, Comi I, Devold TG, Marletta D, Vegarud GE, Jonassen CM. 2013. Antiviral activity of donkey milk protein fractions on echovirus type 5. *Int Dairy J* 28: 109-111.
- Businco L, Giampietro PG, Lucenti P, Lucaroni F, Pini C, Di Felice G, Iacovacci P, Curadi C, Orlandi M. 2000. Allergenicity of mare's milk in children with cow's milk allergy. *J Allergy Clin Immunol* 105:1031-1034.
- Buttar HS, Bagwe SM, Bhullar SK, Kaur G. 2017. Health benefits of bovine colostrum

- in children and adults. In Watson RR, Collier RJ, Preedy VR (Eds.), *Dairy in human health and disease across the lifespan* (pp. 3-20). Oxford, UK: Academic Press.
- Caroprese M, Albenzio M, Marino R, Muscio A, Zezza T, Sevi A. 2007. Behavior, Milk Yield, and Milk Composition of Machine and Hand-Milked Murgesse Mares. *J Dairy Sci* 90: 2773–2777.
- Casey CE, Smith A, Zhang P. 1995. Microminerals in human and animal milks. In *Handbook of Milk Composition*. R.G. Jensen, ed. Acad. Press, San Diego.
- Chatterton DEW, Nguyen DN, Bering SB, Sangild PT. 2013. Anti-inflammatory mechanisms of bioactive milk proteins in the intestine of newborns. *Int J Biochem Cell Biol* 45:1730–47.
- Cieśła A, Palacz R, Janiszewska J, Skórka D. 2009. Total protein, selected protein fractions and chemical elements in the colostrum and milk of mares. *Archiv Tierzucht* 52: 1–6.
- Claeys W, Verraes C, Cardoen S, De Block J, Huyghebaert A, Raes K, Dewettinck K, Herman L. 2014. Consumption of raw or heated milk from different species: An evaluation of the nutritional and potential health benefits. *Food Cont* 42: 188–201.
- Clare DA, Bang WS, Cartwright G, Drake MA, Coronel P, Simunovic J. 2005. Comparison of sensory, microbiological, and biochemical parameters of microwave verses indirect UHT fluid skim milk during storage. *J Dairy Sci* 88: 4172-4182.
- Cohen SM. 2006. Jaundice in the full-term newborn. *Pediatr Nurs* 32: 202–208.
- Csapó-Kiss Z, Stefler J, Martin TG, Makray S, Csapó J. 1995. Composition of Mares' Colostrum and Milk. Protein Content, Amino Acid Composition and Contents of Macro and Micro-elements. *Int Dairy J* 5: 403–415.
- Curtis G, Argo CM, Jones D, Grove-White D. 2018. The impact of early life nutrition and housing on growth and reproduction in dairy cattle. *PLoS One*, 13: 0191687.
- Czerniewicz M, Kielczewska K, Kruk A. 2006. Comparison of some physicochemical properties of milk from holstein-friesian and jersey cows. *Polish J Food Nutr Sci* 15:61.
- de Souza DC, Silva D, Rocha T, Monteiro B, Pereira G, Fiori L, Viana R, Fagliari J. 2019. Serum biochemical profile of neonatal buffalo calves. *Arq Bras De Med Veterinária E Zootec* 71: 187–196.
- Dial EJ, Hall LR, Serna H, Romero JJ, Fox JG, Lichtenberger LM. 1998. Antibiotic properties of bovine lactoferrin on helicobacter pylori. *Dig Dis Sci* 43:2750–6.
- Diaz De Villegas C, Oria R, Sala FJ, Calvo M. 1987. Lipid binding by β -lactoglobulin of cow milk. *Milchwissenschaft* 42: 357-358.
- Doreau, M.; Boulot, S.; Bauchart, D.; Barlet, J.P.; Martin-Rosset, W. Voluntary Intake, Milk Production and Plasma Metabolites in Nursing Mares Fed Two Different Diets. *J. Nutr.* **1992**, 122, 992–999.

- El-Agamy EI. 2007. The challenge of cow milk protein allergy. *Small Rumin Res* 68: 64–72.
- Elfstrand L, Lindmark-Månsson H, Paulsson M, Nyberg L, Åkesson B. 2002. Immunoglobulins, growth factors and growth hormone in bovine colostrum and the effects of processing. *Int Dairy J* 12: 879–887.
- El-Hatmi H, Girardet JM, Gaillard JL, Yahyaoui MH, Attia H. 2007. Characterization of whey proteins of camel (*Camelus dromedarius*) milk and colostrum. *Small Rumin Res* 70: 267–271.
- Faraz A, Waheed A, Tauqir NA, Mirza RH, Ishaq HM, Nabeel MS. 2020. Characteristics and composition of camel (*Camelus dromedarius*) milk: The white gold of desert. *Adv Anim Vet Sci* 8: 766–770
- Farkye NY, Bansal N. 2011. Enzymes indigenous to milk other enzymes. In: Fuquay JW, Fox PJ, McSweeney PLH, editors. *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Amsterdam: Elsevier p. 327–334.
- Farrell HM, Jr Jimenez-Flores R, Bleck G, Brown E, Butler J, Creamer L, Hicks C, Hollar C, Ng-Kwai-Hang K, Swaisgood H. 2004. Nomenclature of the proteins of cows' milk—Sixth revision. *J Dairy Sci* 87: 1641–1674.
- Fox PF, Kelly AL. 2006. Indigenous enzymes in milk: overview and historical aspects—Part 1. *Int Dairy J* 16:500–16.
- Freer M, Dove H. 2002. *Sheep Nutrition*. Csiro Publishing, Collingwood, VIC, Australia.
- Galitsopoulo A, Michaelidou AM, Menexes G, Alichanidis E. 2015. Polyamine profile in ovine and caprine colostrum and milk. *Food Chem* 173:80–85.
- Gastaldi D, Bertino E, Monti G, Baro C, Fabris C, Lezo A, Medana C, Baiocchi C, Mussap M, Galvano F. 2010. Donkey's milk detailed lipid composition. *Front. Biosci* 2: 537–546.
- Gauthier SF, Pouliot Y, Maubois JL. 2006. Growth factors from bovine milk and colostrum: Composition, extraction and biological activities. *Le Lait*, 86(2): 99-125.
- Georgiev IP. 2008. Differences in chemical composition between cow colostrum and milk. *Bulg. J. of Vet. Med.* 11(1): 3-12.
- Gidrewicz DA, Fenton TR. 2014. A systematic review and meta-analysis of the nutrient content of preterm and term breast milk. *BMC Pediatr* 14:216.
- Godden S. 2008. Colostrum management for dairy calves. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 24:19-39.
- Godden SM, Smolenski DJ, Donahue M, Oakes JM, Bey R, Wells S. 2012. Heat-treated colostrum and reduced morbidity in preweaned dairy calves: results of a randomized trial and examination of mechanisms of effectiveness. *J Dairy Sci* 95:4029–40.
- Guilloteau P, Le Huerou-Luron I, Chayvialle JA, Toullec R, Zabielski R, Blum JW. 1997. Gut regulatory peptides in young cattle and sheep. *J Vet Medicine* 44: 1-23.

- Gulliksen SM, Lie KI, Solverod L, Osteras O. 2008. Risk factors associated with colostrum quality in Norwegian dairy cows. *J Dairy Sci* 91:704.
- Hassiotou F, Geddes DT. 2015. Immune Cell-Mediated Protection of the Mammary Gland and the Infant during Breast-feeding. *Adv Nutr* 6: 267–275.
- Houser B, Donaldson S, Kehoe S, Heinrichs A, Jayarao B. 2008. A survey of bacteriological quality and the occurrence of Salmonella in raw bovine colostrum. *Foodborne Pathog Dis* 5:853- 858.
- Hyršlova I, Krausova G. 2016. Goat and bovine colostrum as a basis for new probiotic functional foods and dietary supplements. *J Microb Biochem Technol* 08:56–9.
- Izadi A, Khedmat L, Mojtahedi, SY. 2019. Nutritional and therapeutic perspectives of camel milk and its protein hydrolysates: A review on versatile biofunctional properties. *J Funct.Foods* 60: 103441.
- Izadi A, Rahbarimanesh, AA, Mojtahedi Y, Mojtahedi SY. 2018. Prevalence of enterovirus meningitis in children: Report from a tertiary center. *Maedica J Clin Med* 13: 213–216.
- Jain AK. et.al. 2007. Comparative features of buffalo's and cow's colostrum vis-à-vis their sera samples. *Indian J Dairy Sci* 60(3): 199-201.
- Jeong SG, Ham JS, Kim DH, Ahn CN, Chae HS, You YM, Jang A, Kwon IK, Lee SG. 2009. Physicochemical properties of colostrum by milking time of Gyeonggi Province. *Korean J. Food Sci. Ann.*, 29: 445–456.
- Johnke, T, Goto T. 1962. Acid-soluble nucleotides in cow's and goat's milk. *J. Dairy Sci* 45: 735-741.
- Kanwar J, Kanwar R, Sun X, Punj V, Matta H, Morley S, Parratt A, Puri M, Sehgal R. 2009. Molecular and Biotechnological Advances in Milk Proteins in Relation to Human Health. *Curr Protein Peptide Sci* 10: 308–338.
- Kara Ç. 2015. Kuzu ve Oğlak Beslenmesi. *Koyun & Keçi Sağlığı ve Yönetimi Sempozyumu*. 15-18.04.2015-Marmaris
- Kaymakçı M. 2013. İleri Koyun Yetiştiriciliği, Bornova – İzmir. 2-3. 46-50. 90-91.
- Kehoe SI, Jayarao BM, Heinrichs AJ. 2007. A survey of bovine colostrum composition and colostrum management practices on Pennsylvania dairy farms. *J Dairy Sci* 90: 4108–4116.
- Konuspayeva G, Faye B, Loiseau G, Narmuratova M, Ivashchenko A, Meldebekova A, Davletov S. 2010. Physiological change in camel milk composition (*Camelus dromedarius*) 2: Physico-chemical composition of colostrum. *Trop Anim Health Prod* 42: 501–505.
- Korhonen H, Marnila P, Gill HS. 2000. Milk immunoglobulins and complement factors. *Br J Nutr* 84: 75–80.
- Köksal O. 1980. Anne sütünün bebek beslemesindeki önemi ve süresi. *Hacettepe Toplum Hekimliği Bülteni* 1(4):5-6
- Kracmar S, Kuchtic J, Bara M, Varadyova Z, Kracmarova E, Gajdusek S, Jelinek P. 2005.

- Dynamics of changes in contents of organic and inorganic substances in sheep colostrum within the first 72 h after parturition. *Small Rum. Res* 56:183-188.
- Kramski M, Lichtfuss GF, Navis M, Isitman G, Wren L, Rawlin G, et al. 2012. Anti-HIV-1 antibody-dependent cellular cytotoxicity mediated by hyperimmune bovine colostrum IgG. *Eur J Immunol* 42:2771–81.
- Kul, E, Erdem, H, Atasever S, Demirci H. 2014. Kolosturumda Antimikrobiyal ve Büyüme Faktörleri. *Uluslararası Katılımlı Süt Sığırıcılığı Sempozyumu*. Kayseri, 49-51.
- Liu YX, Qin Y, Chen T, Lu M, Qian X, Guo X. 2021. A practical guide to amplicon and metagenomic analysis of microbiome data. *Protein Cell* 12: 315–330. .
- Manzoni P. Clinical benefits of lactoferrin for infants and children. *J Pediatr.* (2016) 173:S43–52. doi: 10.1016/j.jpeds.2016.02.075
- Mao, X.; Gu, J.; Sun, Y.; Xu, S.; Zhang, X.; Yang, H.; Ren, F. Antiproliferative and anti-tumor effect of active components in donkey milk on A549 human lung cancer cells. *Int. Dairy J.* **2009**, 19, 703–708.
- Marchis Z, Odagiu A, Coroian A, Oroian I, Mirza M, Burduhos P. 2018. Analysis of environmental factors' impact on donkeys' colostrum quality. *Sustainability* 10: 2958.
- Mariani P, Summer A, Martuzzi F, Formaggioni P, Sabbioni A, Catalano AL. 2001. Physicochemical properties, gross composition, energy value and nitrogen fractions of Haflinger nursing mare milk throughout 6 lactation months. *Anim Res* 50: 415–425.
- Martini M, Altomonte I, Licitra R, Salari F. 2018. Nutritional and nutraceutical quality of donkey milk. *J Equine Vet Sci* 65: 33–37.
- McGrath BA, Fox PF, McSweeney PLH, Kelly AL. 2016. Composition and properties of bovine colostrum: a review. *Dairy Sci Technol* 96:133-58.
- Merin U, Bernstein S, Bloch-Damti A, Yagil R, Van-Creveld C, Lindner P, Gollop N. 2001. A comparative study of milk serum proteins in camel (*Camelus dromedarius*) and bovine colostrum. *Livest Prod Sci* 67:297–301.
- Meyer AM, Reed JJ, Neville TL, Thorson JF, Maddock-Carlin KR, Taylor JB, Reynolds LP, Redmer DA, Luther JS, Hammer CJ et al. 2011. Nutritional plane and selenium supply during gestation affect yield and nutrient composition of colostrum and milk in primiparous ewes. *J Anim Sci* 89: 1627–1639.
- Morin DE, Constable PD, Maunsell FP, McCoy GC. 2001. Factors associated with colostrum specific gravity in dairy cows. *J Dairy Sci* 84:937–43.
- Morrill KM, Conrad E, Lago A, Campbell J, Quigley J, Tyler H. 2012. Nationwide evaluation of quality and composition of colostrum on dairy farms in the United States. *J Dairy Sci* 95: 3997–4005.
- Morrissey PA, Hill TR. 2009. Fat-soluble vitamins and vitamin C in milk and milk products. In: McSweeney P, Fox PF, editors. *Advanced Dairy Chemistry*. New York, NY: Springer New York p. 527–89.

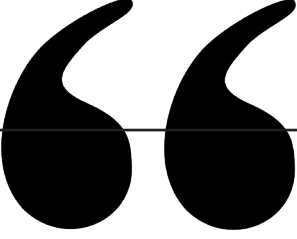
- Nguyen TP, Müllich C, Mohammadin S, van den Bergh E, Platts AE, Haas FB, Rensing SA, Schranz ME. 2019. Supplemental Material for Nguyen et al., 2019. Wageningen University & Research. 10.25387/g3.8233055.
- Niznikowski R, Popielarczyk D, Strzelec E, Wojtowski J, Dankow R, Pikul J, Goslawski W, Kuczynska B. 2006. The effect of early colostrums collection on selected performance traits in sheep. *Arch Tierz* 49: 226–230.
- O’Callaghan TF, O’Donovan M, Murphy JP, Sugrue K, Mannion D, McCarthyWP, Timlin M, Kilcawley KN, Hickey RM, Tobin JT. 2020. Evolution of the bovine milk fatty acid profile—From colostrum to milk five days post parturition. *Int. Dairy J* 104: 8721–8731.
- Oguike MA, Udeh NE. 2008. Influence of *Spondias mombin l* (hog plum) on colostrum, milk composition and growth in west African dwarf sheep. *Anim Prod Ad*, 4: (3-4).
- Ozrenk E Inc SS. 2007. The Effect of Seasonal Variation on the Composition of Cow Milk in Van Province. *Pak J Nutr* 7: 161–164.
- Ozturkoglu-Budak S. 2018. Effect of different treatments on the stability of lysozyme, lactoferrin, and-lactoglobulin donkey’s milk. *Int J Dairy Technol* 71: 36–45.
- Paksoy N, Dinç H, Altun K. 2018. Evaluation of levels of essential elements and heavy metals in milks of dairy donkeys, goats, and sheep in Turkey, Pakistan *J Zool* 50.
- Pikul J, Wójtowski J. 2008. Fat and cholesterol content and fatty acid composition of mares’ colostrum and milk during five lactation months. *Livest Sci* 113: 285–290.
- Plakantara S, Michaelidou AM, Polychroniadou A, Menexes G, Alichanidis E. 2010. Nucleotides and nucleosides in ovine and caprine milk during lactation. *J Dairy Sci* 93: 2330–2337.
- Playford RJ, Macdonald CE, Calnan DP, Floyd DN, Podas T, Johnson W, Wicks AC, Bashir O, Marchbank T. 2001. Co-administration of the health food supplement, bovine colostrum, reduces the acute non-steroidal anti-inflammatory drug-induced increase in intestinal permeability. *Clin Sci* 100(6): 627–633.
- Playford RJ, Macdonald CE, Johnson WS. 2000. Colostrum and milk-derived peptide growth factors for the treatment of gastrointestinal disorders. *Am J Clin Nutr* 72: 5–14.
- Polidori P, Cammertoni N, Santini G, Klimanova Y, Zhang JJ, Vincenzetti S. 2021. Nutritional Properties of Camelids and Equids Fresh and Fermented Milk. *Dairy* 2: 288–302.
- Polzonetti V, Pucciarelli S, Vincenzetti S, Polidor P. 2020. Dietary Intake of Vitamin D from Dairy Products Reduces the Risk of Osteoporosis. *Nutrients* 12(6):1743.
- Potorti AG, Di Bella G, Turco VL, Rando R, Dugo G. 2013. Non-toxic and potentially toxic elements in Italian donkey milk by ICP-MS and multivariate analysis. *J Food Compost Anal.* 31: 161–172.

- Puppel K, Kuczynska B, Nalecz-Tarwacka T, Sakowski T, Golebiewski M, Kunowska Slosarz M, Budzinski A, Grodzki HE. 2014. Effect of fish oil and linseed supplementation on the protein composition of milk from cows with different beta-lactoglobulin phenotypes. *J Sci Food Agric* 94: 1253–1257.
- Rathe M, Müller K, Sangild PT, Husby S. 2014. Clinical applications of bovine colostrum therapy: a systematic review. *Nutr Rev* 72:237–54.
- Robblee ED, Erickson PS, Whitehouse NL, McLaughlin AM, Schwab CG, Rejman JJ, Rompala RE. 2003. Supplemental lactoferrin improves health and growth of Holstein calves during the preweaning phase. *J Dairy Sci* 86: 1458–1464.
- Salimei E, Fantuz F, Coppola R, Chiofalo B, Polidori P, Varisco G. 2004. Composition and characteristics of ass's milk. *Anim Res* 53: 67–78.
- Salimei E, Varisco G, Rosi F. 2002. Major constituents, leptin, and non-protein nitrogen compounds in mares' colostrum and milk. *Reprod Nutr Develop* 46: 65–72.
- Sánchez L, Aranda P, Pérez Md, Calvo M. 1988. Concentration of lactoferrin and transferrin throughout lactation in cow's colostrum and milk. *Biol Chem Hoppe Seyler*. 369:1005–8.
- Savaş T. 2007. Oğlak Büyütme: Sorunlu Noktalar Üzerine Bir Değerlendirme. *Hayvansal Üretim*. 48: 44–53.
- Schryver H.F, Oftedal OT, Williams J, Soderholm LV, Hintz HF. 1986. Lactation in the Horse: The Mineral Composition of Mare Milk. *J Nutr* 116: 2142–2147.
- Seifu E, Buys EM, Donkin EF. 2005. Significance of the lactoperoxidase system in the dairy industry and its potential applications: a review. *Trends Food Sci Technol* 16:137-154
- Shakeel-ur-Rehman, Farkye NY. 2002. Enzymes indigenous to milk lactoperoxidase. In: Roginski H, editor. *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Elsevier p. 938–41.
- Shogo H, Masashi A, Seiji K, Yoshiyuk T. 2013. Effects of parity and litter size on the energy contents and immunoglobulin G concentrations of Awassi ewe colostrum. *Turk J Vet Anim Sci* 37: 109–112.
- Silva EG, Rangel AH, MürmamL, Bezerra MF, Oliveira JP. 2019. Bovine colostrum: benefits of its use in human food. *Food Sci Technol* 39:355–62.
- Silva EGDSO, Rangel AHDN, Mürmam L, Bezerra MF, Oliveira JPDF. 2019. Bovine colostrum: Benefits of its use in human food. *Food Sci Technol* 39(2): 355-362.
- Singh A, Ahuja SP, Singh B. 1993. Individual Variation in the Composition of Colostrum and Absorption of Colostral Antibodies by the Precolostral Buffalo Calf. *J Dairy Sci* 76: 1148–1156.
- Siqueiros-Cendón T, Arévalo-Gallegos S, Iglesias-Figueroa BF, García- Montoya IA, Salazar-Martínez J, Rascón-Cruz Q. 2014. Immunomodulatory effects of lactoferrin. *Acta Pharmacol Sin* 35:557–66.
- Sjaastad OV. 2003. Knut Hove Olvav Sand. *Physiology of Domestic Animals*, Scandi-

navian Veterinary Press, Oslo, (Norway).

- Smolenski G, Bond JJ, Wheeler TT, Roy NC, Mcnabb WC, Mccoard SA. 2007. Regulation of milk protein synthesis in the bovine mammary gland: A proteomic approach. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 67.
- Sparks AL, Kirkpatrick JG, Chamberlain CS, Waldner D, Spicer LJ. 2003. Insulin-like growth factor-I and its binding proteins in colostrum compared to measures in serum of Holstein neonates. *J Dairy Sci* 86: 2022-2029.
- Stelwagen K, Carpenter E, Haigh B, Hodgkinson A, Wheeler TT. 2009. Immune components of bovine colostrum and milk. *J Anim Sci* 87:(13) 3-9.
- Stephan W, Dichtelmuller H, Lissner R. 1990. Antibodies from colostrum in oral immunotherapy. *J Clin Chem Clin Biochem* 28: 1923.
- Summer A, Sabbioni A, Formaggioni P, Mariani P. 2004. Trend in ash and mineral element content of milk from Haflinger nursing mares throughout six lactation months. *Livest Prod Sci* 88: 55-62.
- Superti F. 2020. Lactoferrin from bovine milk: a protective companion for life. *Nutrients* 12:2562.
- Szulc T, Zachwieja A. 1998. Siara-eliksir życia osesków. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu* 13-25.
- Şireli HD. 2017. Kuzu ve Oğlakların Büyütülmesinde Kolostrumun Önemi. *Dicle Üniv Vet Fak Derg* 10(2):168-172
- Tekinşen OC, Nizamlioğlu M. 2001. Süt Kimya, Selçuk Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Birinci baskı, Selçuk Üniversitesi Vakfı Yayınları, 18-19-128-129.
- Thapa BR. 2005. Health Factors in Colostrum. *Indian J Pediatr* 72: 579-581.
- Tsioulpas A, Lewis MJ, Grandison AS. 2007. Effect of minerals on casein micelle stability of cows' milk *J Dairy Res* 74:1-7.
- Turini L, Bonelli F, Nocera I, Meucci V, Conte G, Sgorbini M. 2021. Evaluation of Different Methods to Estimate the Transfer of Immunity in Donkey Foals Fed with Colostrum of Good IgG Quality: A Preliminary Study. *Animals* 11: 507.
- Ulfman LH, Leusen JHW, Savelkoul HFJ, Warner JO, van Neerven RJJ. 2018. Effects of Bovine Immunoglobulins on Immune Function, Allergy, and Infection. *Front Nutr* 22:5:52.
- Urashima T, Saito T, Nakamura T, Messer M. 2001. Oligosaccharides of milk and colostrum in non-human mammals. *Glycoconj J* 18: 357-371.
- Uruakpa FO, Ismond MAH, Akobundu ENT. 2002. Colostrum and its benefits: a review. *Nutr Res* 22: 755-767.
- Van der Strate BWA, Beljaars L, Molema G, Harmsen MC, Meijer DKF. 2001. Antiviral activities of lactoferrin. *Antivir Res* 52: 225-239.
- Van Hooijdonk AC, Kussendrager KD, Steijns JM. 2000. In vivo antimicrobial and antiviral activity of components in bovine milk and colostrum involved in

- non-specific defence. *Br J Nutr* 84: 127–134.
- Vincenzetti S, Cammertoni N, Rapaccetti R, Santini G, Klimanova Y, Zhang JJ, Polidori P. 2022. Nutraceutical and Functional Properties of Camelids' Milk. *Beverages* 8:12.
- Vincenzetti, S.; Pucciarelli, S.; Polzonetti, V.; Polidori, P. Role of Proteins and of Some Bioactive Peptides on the Nutritional Quality of Donkey Milk and Their Impact on Human Health. *Beverages* **2017**, 3, 34.
- Vincenzetti S, Santini G, Polzonetti V, Pucciarelli S, Klimanova Y, Polidori P. 2021. Vitamins in Human and Donkey Milk: Functional and Nutritional Role. *Nutrients* 13: 1509.
- Wakabayashi H, Oda H, Yamauchi K, Abe F. 2014. Lactoferrin for prevention of common viral infections. *J Infect Chemother* 20:666–71.
- Wang J, He Y, Pang K, Zeng Q, Zhang X, Ren F, Guo H. 2019. Changes in milk yield and composition of colostrum and regular milk from four buffalo breeds in China during lactation. *J Sci Food Agric* 99: 5799–5807.
- Wasowska E, Puppel K. 2018. Changes in the content of immunostimulating components of colostrum obtained from dairy cows at different levels of production. *J Sci Food Agric* 98: 5062–5068.
- West JW. 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *J Dairy Sci* 86:2131–44.
- Wheeler TT, Hodgkinson AJ, Prosser CG, Davis SR. 2007. Immune components of colostrum and milk—A historical perspective. *J Mammary Gland Biol Neoplasia* 12: 237–247.
- Wooding F. 1992. The synepitheliochorial placenta of ruminants: Binucleate cell fusions and hormone production. *Placenta* 13: 101–113.
- Yamauchi K, Tomita M, Giehl TJ, Ellison RT. 1993. Antibacterial activity of lactoferrin and a pepsin-derived lactoferrin peptide fragment. *Infect Immun* 61:719–28.
- Yılmaz Ö, Kaşıkçı G. 2013. Factors Affecting Colostrum Quality of Ewes and Immunostimulation. *Turk J Vet Anim Sci* 37: 390-394.
- Yoshida A, Wei Z, Shinmura Y, Fukunaga N. 2000. Separation of lactoferrin-a and -b from bovine colostrum. *J Dairy Sci* 83: 2211–2215.
- Zanker IA, Hammon HH, Blum JW. 2000. Beta-carotene, retinol and alphatocopherol status in calves fed the first colostrum at 0-2, 6-7, 12-13 or 24-25 hours after birth. *Int J Vitam Res* 70: 305- 310.
- Zhang, XY, Zhao L, Jiang L, Dong ML, Ren FZ. 2008. The antimicrobial activity of donkey milk and microflora changes during storage. *Food Cont* 19: 1191–1195.
- Zivkovic AM, Barile D. 2011. Bovine milk as a source of functional oligosaccharides for improving human health. *Adv Nutr* 2.:284–289.



Bölüm 3

TATLI PROTEİNLER

Seval Andiç¹, Şehriban Oğuz², Okan Murat Türk³

1 Seval Andiç, Prof. Dr. Yüzüncü Yıl Üniv. Mühendislik Fak. Gıda Müh. Böl. ORCID ID: 0000-0002-8306-0222

2 Şehriban Oğuz, Araş. Gör. Dr. Yüzüncü Yıl Üniv. Mühendislik Fak. Gıda Müh. Böl. ORCID ID: 0000-0001-6889-9487

3 Okan Murat Türk, Gıda Müh. Yüzüncü Yıl Üniv. Fen Bilimleri Enst. Gıda Müh. ABD, ORCID ID: 0009-0000-1484-0826

1. GİRİŞ

Temel olarak, gıdalar enerji ve besin maddesi gereksinimlerini karşılamak için tüketilse de, insanlar tercihlerini yaparken, çoğunlukla gıdaların duyuşal özelliklerini dikkate alır (Forde ve de Graaf, 2023). Gıdalar ağıza alınıp çiğnendiğinde, ağızda oluşturdukları his genellikle tat olarak tanımlanır. Ancak bu his gıdanın tat, koku ve yapısal özelliklerinin toplamının oluşturduğu ve lezzet olarak tanımlanabilecek, karmaşık duyuşal bir histir (Erickson ve Covey, 1980; Smith ve Margolskee, 2001). Tat kelimesi ise ağızda bulunan özel tat hücreleri tarafından algılanan tuzlu, tatlı, acı ve ekşi duyular için kullanılır. Birde proteinlerin yapıtaşları aminoasitlerden biri olan glutamat tarafından oluşturulan ve Japonların umami olarak tanımladıkları 5. bir tat vardır. Umami tadın diğer 4 tadı da yapısında bulundurduğu düşünülmektedir. Proteinlerin parçalanma ürünleri olan aminoasitlerin varlığına bağlı olarak oluştuğundan, umami tadının varlığı gıdanın olgunlaştırılmasının ya da bozulmasının göstergesi olarak kabul edilir (Keast ve Breslin, 2002; Galindo ve ark., 2012; Di Pizio ve ark., 2019).

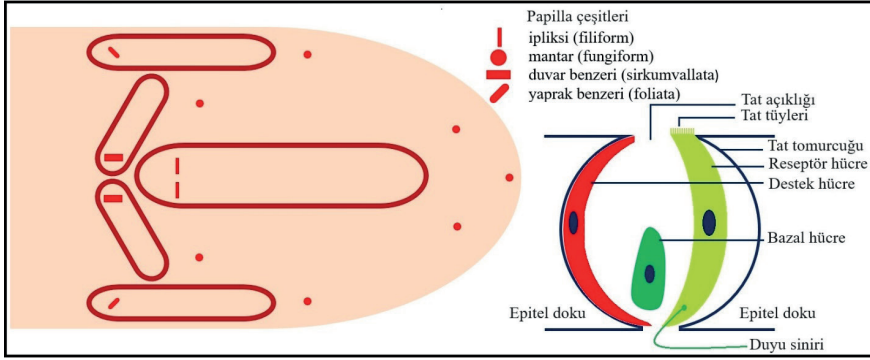
Tat duyusu genelde ağız içinde (dil ve damak) bulunan tat reseptörleri tarafından algılanır. Ancak, tat reseptörleri sadece bu 5 temel tat hissini algılamakla kalmaz. Aynı zamanda bu tatların yoğunluklarını ve hoşla gidip gitmediklerini de algılar. Ayrıca, gıdaların dokunma ve sıcaklık uyarılarına da yanıt verir (Kinnamon, 2012; Zhao ve ark., 2023).

Tat reseptörleri ağız içerisinde, genellikle dil ve yumuşak damak üzerinde bulunur. Ancak, tatlı tat reseptörleri ağız dışındaki (kalp, beyin, mesane, burun solunum epiteli, böbrek ve B lenfositler gibi) bazı spesifik hücrelerde de tespit edilmiştir (Anni ve ark., 2014). Tat hücreleri, tat tomurcuğu adı verilen ve soğan benzeri bir yapı içerisinde bulunur. Bu yapılar içinde 50 ile 100 arası tat alma (reseptör) hücresi bulunmaktadır (Behrens ve Meyerhof, 2010; Galindo ve ark., 2012; Kinnamon, 2012; Di Pizio ve ark., 2019).

Dil üzerinde papilla adı verilen çok sayıda oluşum vardır. Bu oluşumların bazıları tat alma tomurcuklarını içerir. Dilin ortasında bulunan ve dilin büyük bir kısmını kaplayan ipliksi (filiform) papillalar tat tomurcuğu içermezler. Bu nedenle tat duyusu ile ilgili değil, dokunma duyusu ile ilgilidirler. Dilin ön kısımda olan papillalar mantar (fungiform) şeklindedir ve birden fazla (3-5) tat alma tomurcuğu içerebilirler. Dilin arka kısımda duvar benzeri (sirkumvallata) ve arka kısmın kenarlarında ise yaprak benzeri (foliata) papillalar bulunur. Dilin arka kısmında bulunan papillalar içerisinde az sayıda tat alma tomurcuğu vardır (Smith ve Margolskee, 2001; Galindo ve ark., 2012; Kinnamon, 2012).

Papillalar içinde bulunan tat alma tomurcukları birbirinden ayrıdır ve aralarında epitel hücreler bulunur. Tat alma hücrelerinin yapıları soğana benzer ve içinde tat alma hücreleri ile birlikte destek ve bazal hücreler de bulu-

nur. Destek hücreleri yapının korunmasına yardımcı olurken, bazal hücreler ise yarı ömürleri yaklaşık 10 gün olan tat alma hücrelerine farklılaşırlar. Tat alma hücrelerinin üst kısmı tüylü bir görünüme (mikrovillus) sahiptir ve tat alma tomurcuklarının üst kısmında bulunan ve ağız boşluğu ile direkt temas halinde olan, tat gözeneklerinden dışarı çıkarak gıda molekülleriyle etkileşip tat hissini harekete geçirirler. Gıdalarla temas eden reseptör hücreler nöronlarla sinapsları uyarır ve elektriksel uyarı beyinde tat bölgesine geçiş yapar ve beyin bu durumu tat olarak yorumlar (Şekil 1) (Smith ve Margolskee, 2001; Galindo ve ark., 2012; Kinnamon, 2012).



Şekil 1. Papilla çeşitleri, dil üzerindeki yerleşimleri ve tat tomurcuğunun yapısı

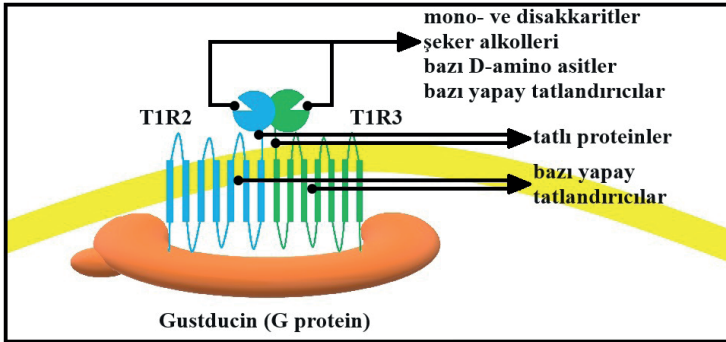
Tat oluşturan kimyasallar, gıdaların ağızda çiğnenmesi sırasında tükürükte çözünerek tat gözenekleri aracılığı ile tat alma hücreleriyle etkileşime girer. Tat kimyasalları ile tat alma hücreleri arasındaki etkileşim ya hücrenin yüzeyinde bulunan tat reseptörleri (proteinler), ya da iyon kanalları aracılığı ile olur. Acı ve tatlı tattan sorumlu maddeler hücrelerin yüzeyinde bulunan reseptörlere bağlanarak etki gösterirken, tuzlu ve ekşi tatlardan sorumlu kimyasallar iyon kanalları aracılığı ile etki gösterirler. Bu etkileşimler ile tat alma hücrelerinde elektriksel değişimler meydana gelir ve bu elektriksel değişimlerde hücrelerin beyne sinyaller göndermesini sağlar (Galindo ve ark., 2012; Roper ve Chaudhari, 2017).

Dil ve damakta bulunan tat alma reseptörlerinin farklı tatlara duyarlılıkları da farklıdır. Örneğin dilin uç kısmında bulunan reseptörler tatlı, arka tarafında olanlar acı, ön yan kısımdakiler tuzlu, damakta bulunanlar ise ekşi ve acı tatlara daha duyarlıdır. Henüz tartışma konusu olmakla birlikte, umami tadının dil üzerindeki tüm reseptör hücreleri tarafından algılanabildiği düşünülmektedir (Li ve ark., 2002; Tuwani ve ark., 2019).

Tat tomurcuklarında bulunan tat alma hücrelerinin zarlarında Gustducin (G) proteinleri vardır. Tat molekülleri (tatlı, acı ve umami) G protein ke-

netli reseptörlere (GPCR) bağlandıklarında tat alma duyusu tetiklenir. G proteinine bağlı GPCR'lerden, tatlı moleküller ile etkileşime girenler T1R2-T1R3 heterodimerinden oluşan yedi sarmallı bir transmembran proteindir. Acı bileşikler ise T2R reseptörleri tarafından tanınır. Bu reseptörlerden herhangi birinin ortadan kaldırılması, tatlı veya acı tatlar için duyarlılığın azalmasına veya tamamen kaybolmasına neden olur (Tuwani ve ark., 2019).

Tatlı tat reseptörleri (T1R2-T1R3), mono ve disakkaritlerin yanında bazı amino asitler (glisin, alanin, treonin, D-triptofan ve D-histidin) ve tatlı proteinleri kapsayan çok sayıda doğal ve yapay tatlandırıcı molekülü bağlama kapasitesine sahiptir. Tat moleküllerinin reseptöre bağlanması gelişmiş güzel değil, belli bir bağlanma bölgesi üzerinden gerçekleşir. Tatlı tat reseptörleri üzerinde en az 4 bağlanma bölgesi olduğu belirlenmiştir (Anni ve ark., 2014). Hücre dışı alanı birçok mono- ve disakkarit, şeker alkolü, D-amino asit ve yapay tatlandırıcıları bağlama kapasitesine sahiptir (Şekil 2) (Roper ve Chadhuri, 2017). Bu bağlanma sonucunda, ligand sinyali hücrenin iç kısmına iletilir ve tat hücreleri aktive olur (Temussi, 2007; Kojima ve ark., 2014; Goel ve ark., 2021).



Şekil 2. Tatlı tat reseptörleri (GPCR) ve bu reseptörlerin farklı tat molekülleri ile etkileşim bölgeleri

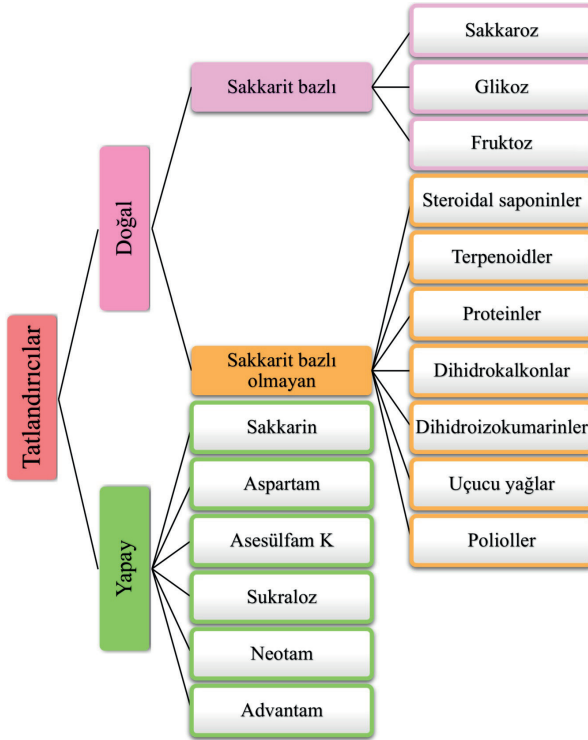
2. TATLANDIRICILAR

Tat, yiyeceklerin ve içeceklerin ağızda oluşturduğu duyuşsal bir histir. Tüm tatlar arasında en çok arzu edilen tat, duyularımızı etkileyen ve genellikle bir gıda ürününün kabul edilmesini veya reddedilmesini belirleyen tatlı tattır. Tatlılık, çoğunlukla şeker kelimesi ile ifade edilmektedir (Kretchmer, 1991). İnsanlar tatlılığı (şeker tadını) güvenli, enerji verici ve güçlendirici gibi kavramlar ile ilişkilendirmişlerdir. Şeker tadı aynı zamanda sıkıntı, yorgunluk ve acı gibi olumsuz duygu durumlarının hafifletilmesinde de etkilidir (Eggleston, 2019).

Yiyecek ve içeceklerin tat profilini iyileştirmek amacıyla kullanılan tatlandırıcılar, ya tatlı bir tat hissi uyandırır ya da tatlı tat algısını arttırırlar

(Priya ve ark., 2011). Tabiatıta doğal olarak bulunabildikleri gibi yapay (sentetik) olarak da sentezlenebilmektedir. Algılanan tadı iyileştirebilen ve yeme zevkini artırabilen bu bileşenler; unlu mamuller, şekerlemeler, gazlı içecekler, alkollü içecekler ve konserveler gibi çok sayıda gıda ürününün üretiminde kullanılırlar (Chen ve ark., 2023).

Tatlandırıcılar, elde edilmiş kaynaklarına göre doğal ve yapay tatlandırıcılar olarak sınıflandırılabilir gibi karbonhidrat içeriğinin enerji sağlama durumuna göre de besleyici (nutritive) ve besleyici olmayan (non-nutritive) tatlandırıcılar olarak da sınıflandırılabilirler. Doğal ve yapay tatlandırıcılar Şekil 3'te verilmiştir (Priya ve ark., 2011; Chen ve ark., 2023).



Şekil 3. Tatlandırıcıların sınıflandırılması

Binlerce yıl önce bal ve meyveler insanların diyetinde doğal şekerler olarak yer almıştır. Yirminci yy.'ın başlarında ise sakkaroz, tüketiciler ve gıda endüstrisi tarafından kullanılan ana tatlandırıcı haline gelmiştir (Eggleston, 2019). Sakkaroz kolay metabolize olur ve 1 gramı yaklaşık 4 kcal (16.7 kJ/g) enerji sağlar. Bu nedenle besleyici bir tatlandırıcıdır. Ancak yüksek şeker tüketimi ile çeşitli kardiyovasküler hastalıklar, obezite, tip 2 diyabet ve diş çürümesi gibi sağlık sorunlarının görülme sıklığı arasında doğrusal bir ilişki vardır. Bu nedenle şekere alternatif olabilecek, düşük kalorili tatlandırıcı arayışları başlamış ve sakkarin, aspartam, asesülfam K, sukraloz ve neotam

gibi yapay tatlandırıcılar gıda ve gıda dışı ürünlerin üretiminde kullanılmaya başlanmıştır (Carocho ve ark., 2017; Sharififar ve ark., 2022).

Yapay tatlandırıcılar, sakkaroz ikamesi olarak yiyecek ve içeceklerde, ayrıca ilaçlarda ve ağız gargaraları gibi hijyen ürünlerinde kayda değer miktarlarda kullanılmaktadır (Sardarodiyani ve Hakimzadeh, 2016). Enerji değerleri çok düşük olan yapay tatlandırıcılar, sakkaroz göre yaklaşık 30 ila 13.000 kat daha tatlıdır ve yoğun tatlılıklarına bağlı olarak, düşük miktarlarda kullanıldıkları için gıda sanayinde üretim maliyetini düşürmek amacıyla da tercih edilmektedir (More ve ark., 2021).

Yapay tatlandırıcılar düşük kalori içerikleri ile kilo kontrolü, diyabet hastalarında kan şekeri seviyesinin düzenlenmesi ve diş çürüklerine karşı koruma gibi sağlık yararlarına dair iddialar nedeniyle dünya çapında giderek daha popüler hale gelmiş olsa da özellikle uzun süreli kullanımda, güvenli olup olmadıkları konusu hala tartışma altındadır (Faraq ve ark., 2022). Aşırı tüketilmelerine bağlı olarak psikolojik sorunlar, sindirim rahatsızlıkları, baş ağrısı, bulantı, kusma, alerji ve hatta kanser gibi birçok olumsuz durum bildirilmiştir (Sharififar ve ark., 2022; Chen ve ark., 2023). Bu nedenle, sakkarit bazlı olmayan doğal tatlandırıcılar giderek daha önem kazanmaktadır. Sakkarit bazlı olmayan doğal tatlandırıcılar prensip olarak sakkarit dışındaki terpenoidler, proteinler, dihidrokloronlar, steroidal saponinler vb. gibi maddeleri içerirler (Priya ve ark., 2011; Faraq ve ark., 2022; Sharififar ve ark., 2022).

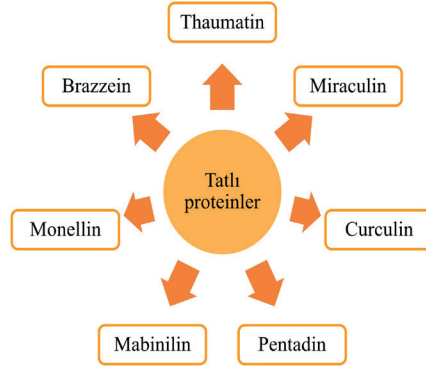
3. TATLI PROTEİNLER

Gıdalar; besin maddeleri, besin maddelerinin parçalanma ürünleri, tat ve aroma maddeleri, su ve katkı maddeleri gibi çeşitli bileşenlerden oluşur. Gıdaların karakteristik tat ve aroma özellikleri ise bileşenleri tarafından oluşturulur. Tat ve aroma özellikleri üzerinde işleme, depolama, teknolojik uygulamalar, mikrobiyolojik değişimler ve kimyasal reaksiyonlar gibi faktörlerde önemli ölçüde etkilidir (Farooq ve ark., 2023). Gıdaların temel yapı taşları olan 3 büyük besin maddesine ait büyük moleküller genellikle nötr tattadır. Ancak bunların parçalanma ürünleri çok etkili duyuşal özellikler sergilerler. Örneğin nişasta gibi büyük moleküllü karbonhidratlar nötr tattadır. Ancak küçük moleküllü mono ve disakkaritler çeşitli düzeylerde tatlılık özelliğine sahiptir. Benzer şekilde biyopolimer yapısındaki büyük moleküllü proteinler nötr tattadır. Ancak parçalanma ürünleri olan peptit ve amino asitler acı, tatlı, tuzlu gibi tat özellikleri gösterebilirler (Dhara ve Nayak, 2022).

Gıdalarda tatlılık çoğunlukla küçük moleküllü karbonhidratlar aracılığı ile oluşturulur. Ancak geniş anlamda tatlı tat, iyonize olmayan alifatik hidroksi bileşikler, özellikle alkoller, glikozitler, mono ve disakkaritler ile bunların türevleri tarafından oluşturulmaktadır. Birçok alfa-aminoasitte tatlı tat hissi vermektedir. Bunun yanında bazı proteinlerin de yüksek düzeyde tatlılık oluşturabildiği tespit edilmiştir (Temussi, 2002).

Tamamı tropikal bitkilerde tespit edilen bu proteinlerin oransal tatlılıkları arasında farklar olsa da, tatlılıkları sakkarozu göre çok yüksektir. Yapılan aminoasit dizisi karşılaştırma, X-ışını kristalografisi veya NMR (Nükleer Manyetik Rezonans spektroskopisi) çalışmaları sonuçlarına göre, bu proteinlerin neredeyse hiç homoloji olmaksızın farklı sayıda aminoasit dizilerine sahip olduğu ve aralarında yapısal benzerlik olmadığı belirlenmiştir. Ortak noktaları ise yüksek miktarda beta zinciri içermeleri ve yapılarından bazı aminoasitler çıkarıldığında tatlılıklarının kaybolmasıdır (Esposito ve ark., 2006). Büyük molekülü tatlı proteinleri de küçük molekülü doğal ve yapay tatlandırıcılarla aynı reseptörler (T1R2-T1R3) tarafından tanınmaktadır. Ancak tatlı proteinlerin bu reseptörlere, küçük molekülü tatlandırıcıların bağlandığı bölgelerin dışında bir bölgeden bağlandığı düşünülmektedir (Şekil 2) (Temussi, 2002).

Karbonhidrat kökenli tatlandırıcıların (sakkaroz, glikoz, früktoz vb.) yüksek kalori içeriği ve bazı yapay tatlandırıcıların duyuusal kusur (yüksek konsantrasyonda acı ve metalik/buruk tat) ve sağlık riskleri oluşturması nedenleri ile sağlıklı ve düşük enerjili gıdaların üretiminde kullanım olanaklarının araştırılması gereken, doğal tatlandırıcı gruplarından birisi de tatlı proteinlerdir (Şekil 4) (Saraiva ve ark., 2020; Asr ve ark., 2022).



Şekil 4. Tatlı proteinler

Doğal yollarla elde edilebilen tatlı proteinler, doğal şeker ikameleri olarak ilgi gören bir bileşik sınıftır. Günümüze kadar yedi adet (thaumatin, brazzein, curculin, miraculin, monellin, mabinilin ve pentadin) tatlı ve/veya tat değiştirme (ekşi tadı tatlı tada dönüştürme) özelliğine sahip protein tespit edilmiştir (Pawar ve ark., 2013). Bu proteinlere ait bazı özellikler Tablo 1 ve 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Tatlı proteinlere ait bazı özellikler (*thuamatin, brazzein, curculin, miraculin*)

Proteinin Adı	Thuamatin	Mabinlin	Curculin	Miraculin
Bitki ailesi	<i>Marantaceae</i>	<i>Capparaceae</i>	<i>Hypoxidaceae</i>	<i>Sapotaceae</i>
Bilimsel adı	<i>Thaumatococcus daniellii</i> Benth	<i>Capparis masaikai</i> Levi	<i>Curculigo latifolia</i>	<i>Synsepalum dulcificum</i>
Bitkinin Yaygın adı	Katemfe / Katempe	Mabinlang	Lemba / Lumbah	Mucize meyve
Menşei	Batı Afrika	Çin	Batı Malezya	Batı Afrika
Tatlılık seviyesi (molar)*	100.000		20.000 - 35.000	400.000
Tatlılık Seviyesi (ağırlıkça)*	1.600 - 3.000	100 - 400	430 - 550	3.000
Termostabilite	70 °C 1 saat	100 °C 48 saat	50 °C 1 saat	100 °C 1 saat
Aminoasit sayısı	207	105	114	191
Molekül kütlesi	22.4 kDa	12.4 kDa	24.9 kDa	98.4 kDa
Oligomerik durum	Monomer	Dimer	Dimer	Tetramer

* Sakkarozaya göre

Tablo 2. Tatlı proteinlere ait bazı özellikler (*monellin, mabinilin, pentadin*)

Proteinin Adı	Monellin	Brazzein	Pentadin
Bitki ailesi	<i>Menispermaceae</i>	<i>Pentadiplandraceae</i>	<i>Pentadiplandraceae</i>
Bilimsel adı	<i>Dioscoreophyllum cumminsii</i> Deils	<i>Pentadiplandra brazzeana</i> Baillon	<i>Pentadiplandra brazzeana</i> Baillon
Bitkinin Yaygın adı	Serendipity meyvesi	Oubli	Oubli
Menşei	Batı Afrika	Batı Afrika	Gabon
Tatlılık seviyesi (molar)*	90.000		
Tatlılık Seviyesi (ağırlıkça)*	3.000	500 - 2.000	500 - 2.000
Termostabilite	50 °C 1 saat	80 °C 4.0 - 4.5 saat 98 °C 2 saat	100 °C 5 saat
Aminoasit sayısı	94	54	54
Molekül kütlesi	10.7 kDa	6.5 kDa	12 kDa
Oligomerik durum	Dimer	Monomer	Monomer

* Sakkarozaya göre

3. 1. Thaumatin

Thaumatin, *Marantaceae* ailesine ait olan *Thaumatococcus danielli* Benth bitkisinin meyvesinden elde edilen bir proteindir (Joseph ve ark., 2019). Katemfe veya Katempe olarak da bilinen *Thaumatococcus daniellii* Benth bitkisi, Kongo Demokratik Cumhuriyeti, Gabon'un güneydoğusu ve Batı Afrika'da bulunan Sierra Leone'deki tropikal ormanlara özgü büyük, çiçekli ve kök saplı bir bitki türüdür (Joseph ve ark., 2019). Bu bölgeler dışında Nijerya, Gana, Orta Afrika Cumhuriyeti, Uganda, Fildişi Sahili, Endonezya, Singapur, Angola ve Avustralya'nın nemli tropik ormanlarında ve kıyı bölgelerinde de yetişmektedir (Agha ve ark., 2022).

Thaumatin, gıda katkı maddesi olarak kullanımı onaylanan ve 1970'lerde "Talin" adıyla ticarileştirilen (E957) ilk tatlı proteindir (Carocho ve ark., 2017). Thaumatin proteinin tat yoğunluğu farklı olan en az beş farklı formu vardır. Bunlardan thaumatin I ve thaumatin II en yaygın olanlardır. Bu iki proteinin yanı sıra thaumatin a, thaumatin b ve thaumatin c formları da mevcuttur. Bu formların tümü 22 kDa'lık bir moleküler kütleyle sahiptir. İzoelektrik noktaları yaklaşık yaklaşık 12'dir ve bazik karakterli proteinlerdir (Masuda ve ark., 2022).

Thaumatin I, molekül içi 8 disülfid çapraz bağa sahip, 207 aminoasit uzunluğundaki tek bir zincirden oluşmaktadır. Thaumatin II ise aynı sayıda aminoasitten oluşmasına rağmen thaumatin I'e göre beş aminoasitte farklılık göstermektedir. Her iki protein yapısında da herhangi bir karbonhidrat veya sıra dışı aminoasit yapısı bulunmamaktadır. Proteinlerin üç boyutlu şekilleri ise büyük benzerlik göstermektedir (Masuda, 2018; Bilal ve ark., 2022). Bu proteinlerin tatlı tadı, ağırlıklı olarak yüzeylerindeki pozitif elektrik yükü dağılımına bağlıdır (Bilal ve ark., 2022).

Thaumatinlerin ekstraksiyonu, su ve mekanik işlemlerle gerçekleştirilmektedir. Suda iyi çözünen, asidik koşullarda stabil olan, toksik ve alerjik olmayan bu bileşenlerin termal stabilitesi de yüksektir. Thaumatinin yüksek sıcaklık koşullarındaki kararlılığı, yapısındaki disülfid bağlarından kaynaklanmaktadır (Carocho ve ark., 2017; Joseph ve ark., 2019). Nötr pH koşullarında ve 70 °C'nin üzerindeki sıcaklık uygulamalarında (1 saat) denatürasyona bağlı olarak tatlılık kaybı görülebileceği bildirilmiştir (Joseph ve ark., 2019).

Thaumatinler, tatlı tat reseptörleri dışında, acı tat reseptörleriyle (T2R'ler) de etkileşime girerek ağızda istemeyen bir meyhan kökü tadı geliştirebilirler (Bilal ve ark., 2022). Thaumatinin tatlılığı şekerden farklıdır ve daha yavaş gelişir. Oluşan tatlılık hissi, ağız boşluğunda yaklaşık yarım saat kadar stabil kalır (Sharififar ve ark., 2022).

Thaumatin, bugüne kadar bilinen en tatlı proteinlerden biridir. Ağırlık bazında sükrozdan yaklaşık 1.600-3.000 kat, molar bazda ise yaklaşık

100.000 kat daha tatlıdır (Sharififar ve ark., 2022). Çok düşük (50 nM – tatlılık eşik değeri) konsantrasyonlarda bile tatlılık sağlamaktadır (Carocho ve ark., 2017). Thaumatin, protein kökenli bir tatlandırıcı olduğu için, insan vücudunda proteinlere benzer bir sindirim sürecinden geçer ve 4 kcal/g enerji sağlar. Ancak, yüksek tatlılığı nedeniyle oldukça az miktarlarda kullanılmaktadır ve gıdalardaki kalori değerleri ihmal edilebilir düzeydedir. Bu nedenle diyabetik ve diyetetik ürünlerde kullanımını tercih edilmektedir (Asr ve ark., 2022). Günümüzde yalnızca doğal bir tatlandırıcı olarak değil, aynı zamanda gıda ve ilaç endüstrilerinde hoş olmayan tadı maskeleyen yanı sıra lezzet arttırıcı madde olarak da yaygın şekilde kullanılmaktadır (Carocho ve ark., 2017; Mora ve Dando, 2021).

Thaumatinin endüstriyel anlamda sayısız kullanım alanı ve avantajı olmasına rağmen, bitkisel kaynaklı üretimi, ekonomik nedenlerden dolayı sınırlıdır. Bitkisel üretime alternatif olarak, rekombinant DNA teknolojisi ile thamautin II geni farklı mikroorganizmalara (*Escherichia coli*, *Pichia pastoris*, *Aspergillus awamori*, *Saccharomyces cerevisiae* gibi) ve transgenik bitkilere aktarılarak rekombinant üretim sağlanmıştır (Kelada ve ark., 2021; Asr ve ark., 2022).

Avrupa Birliği'nde thumatinlerin kullanımına E957 koduyla tatlandırıcı ve lezzet arttırıcı olarak izin verilmiştir. ABD'de bitkisel kaynaklı thumatin I ve II'ye, 2018 yılında FDA (U.S. Food and Drug Administration - Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi) tarafından aroma arttırıcı olarak GRAS (Generally Recognized As Safe - Genel Olarak Güvenli) statüsü verilmiş fakat tatlandırıcı olarak onaylanmamıştır. 2020 yılında ise rekombinant thumatin II'ye tatlandırıcı ve lezzet arttırıcı olarak GRAS statüsü verilmiştir (Kelada ve ark., 2021).

3.2. Mabinlin

Mabinlin, Çin'in güneyinde yer alan Yunnan eyaletindeki tropikal ormanlarda yetişen *Capparis masakai* Levl bitkisinin olgunlaşmış meyvelerinden izole edilen tatlı bir proteindir. Yerel halk tarafından "mabinlang" adıyla bilinen bu bitkinin tohumları tedavi (faranjit için) amacıyla da kullanılmaktadır (Liu ve ark., 1993; Świąder ve ark., 2019).

Monellinden farklı olarak mabinlin polipeptitlerinin ikisi de alfa sarmal yapıdadır (Asr ve ark., 2022). Mabinlini oluşturan A zincirinde 33 aminoasit kalıntısı, B zincirinde ise 72 aminoasit kalıntısı bulunur. B zinciri molekül içi iki disülfid bağı içerir ve A zincirine moleküller arası iki disülfid çapraz bağyla bağlanır. Bu güçlü disülfid bağlar iki zinciri bir arada tutar ve mabinlinin termal stabilitesini artırır. Mabinlin, termal stabilitesi en yüksek tatlı proteindir (Nirasawa ve ark. 1993; Crammer, 2008; Świąder ve ark., 2019).

Mabinlinin molekül ağırlığı 12.4 kDa'dır. Ağırlık bazında sakkarozdan yaklaşık 100 kat daha tatlıdır. En az yoğun tatlı tada sahip protein olan mabinlinin doğada dört izoformu vardır. Bunlar, mabinlin I, II, III ve IV olarak tanımlanmışlardır. Mabinlinler, suda kolayca çözünürler. İzofomlar arasında mabinlin II'nin (en tatlı izoform) tatlılığı sakkarozdan yaklaşık 400 kat daha yüksektir. Yapılan çalışmalarda mabinlin III ve IV'ün tatlılığının 80°C'de 1 saatlik inkübasyon sonunda değişmediği, mabinlin-II'nin ise 100 °C'de 48 saatlik inkübasyon sonunda dahi tatlılığını koruduğu bildirilmiştir (Kohmura ve Ariyoshi, 1998; Sharififar ve ark, 2022). Yüksek ısı stabilitesi nedeniyle Mabinlin II'nin tatlandırıcı olarak kullanılma şansı oldukça yüksektir.

C. masaikai bitkisinin giderek azalması ve mabinlin II'nin ham bitkiden ekstraksiyonun pahalı ve karmaşık olması nedeniyle doğal olarak elde edilen tatlı mabinlin II proteinlerinin gıda endüstrisinde kullanımı sınırlıdır. Rekombinant DNA teknolojisi ile mabinlin II geninin *E. coli* ve *Lactococcus lactis*'e biyotransformasyonu, ticari olarak daha ucuz ve daha fazla miktarda mabinlin üretimine olanak sağlamıştır. Ayrıca, mabinlin II'nin transgenik bitkilere aktarılması ile buruk bir tada sahip olan bitki bazlı bileşenlerin acılığının maskelenebileceği ve bu işlemin vegan gıda uygulamalarında kullanılabilceği ifade edilmiştir (Gu ve ark., 2015; Yusuf, 2021; Sharififar ve ark, 2022).

Mabinlin, henüz Avrupa Gıda Güvenliği veya FDA tarafından onaylanmadığı için yasal statüye sahip değildir ve ticari olarak gıda üretiminde tatlandırıcı olarak kullanılmamaktadır (Świąder ve ark., 2019; Asr ve ark., 2022).

3.3. Curculin

Curculin, Malezya'nın bazı bölgelerinde (Batı Malezya) yetişen *Curculigo latifolia* bitkisinden elde edilmiştir. Doğal bir tatlandırıcı protein olan curculin, tatlı bir tat vermesi ve ekşi tatları değiştirme yeteneği (tat modülatörü) nedeniyle büyük ilgi görmüştür. Curculin dışında hem tatlı bir tada sahip hem de tat değiştirme özelliğine sahip başka bir protein bulunmamaktadır (Bilal ve ark., 2022).

Curculin, 114 aminoasitten oluşan ve iki disülfid köprüsü aracılığıyla birbirine bağlanan yaklaşık olarak 12.5 kDa molekül kütledeki iki özdeş polipeptit zincirinden (izomer) oluşmuş bir homodimerdir. Molekülün toplam kütlesi yaklaşık olarak 24.9 kDa'dır (Sharififar ve ark., 2022). Curculin, suda çözünmez ancak 0.5 M tuz çözeltisinde çözünür (Akter ve ark., 2016). Sakkarozdan molar bazda 20.000-35.000, ağırlık bazında ise 430-550 kat daha tatlıdır (Sharififar ve ark., 2022). 50 °C'de pH 3.0 ile 11.0 aralığında 1 saat boyunca stabilitesini korumakta ve tadı değişmemektedir. Ancak, 50 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda, denatürasyona bağlı olarak stabilitesini kaybettiği bildirilmiştir (Priya ve ark., 2011).

Curculin, ABD ve AB’de kullanım onayı almamıştır (Şwiğer ve ark., 2019). Ancak, Japonya’da güvenli bir gıda katkı maddesi olarak tanınmaktadır ve bu ülkenin Sağlık ve Refah Bakanlığı tarafından izin verilen gıda katkı maddeleri listesine dahil edilmiştir (Bahadur ve Pal, 2020).

3.4. Miraculin

Miraculin, Batı Afrika’ya özgü bir çalı (*Synsepalum dulcificum*) bitkisinin meyvelerinden izole edilmiş tat değiştirici bir glikoproteindir (Priya, 2011). Miraculin, moleköl ağırlığı 24.6 kDa olan peptitlerin disülfid bağları ile bir araya gelmesi sonucu oluşan bir tetramerdir. Tetramerin moleköl ağırlığı ise 98.4 kDa’dır. Bileşen, 191 aminoasitten oluşmakta ve %13.9 oranında karbonhidrat içermektedir (Zhao ve ark., 2021). Curculine benzer bir protein olan miraculin, nötr pH’larda tatsızdır ve tatlılığının hissedilebilmesi ancak asidik koşullarda mümkündür (Asr ve ark., 2022). Bu tadı değiştiren etki, genellikle 1 - 2 saat sürmektedir. Asidik koşullarda tatlılığı ağırlık bazında sakkarozdan yaklaşık 3.000 kat, molar bazda ise yaklaşık 400.000 kat fazladır (Hirai ve ark., 2010).

Miraculin FDA ve EFSA tarafından tatlandırıcı olarak onaylanmamıştır. Fakat, Avrupa Birliği kurutulmuş formu için “yeni gıda statüsü” vermiştir (Şwiğer ve ark. 2019; Gómez de Cedrón ve ark., 2020, EFSA, 2021). Japonya’da ise güvenli kabul edilmekte ve çeşitli formlarda (taze, granöl, tablet) satışına izin verilmektedir (Priya, 2011).

Miraculin tat değiştirici aktivitesi nedeniyle asitli yiyecek ve içecekleri lezzetli hale getirmenin yanı sıra, yiyecek ve içeceklerin tadını iyileştirmeye ve acılığını azaltmaya da yardımcı olmaktadır (Greenaway ve ark., 2024). Diyabetik ve diyetetik gıdaların üretiminde kullanımının büyük potansiyeli olmasına rağmen, doğal kaynakları sınırlıdır. Bu nedenle, rekombinant DNA teknolojisi ile üretimi denenmiş fakat, elde edilen rekombinant miraculinin, tat değiştirme aktivitesi göstermediği tespit edilmiştir (Bilal ve ark., 2022).

3.5. Monellin

Monellin, 1969 yılında “serendipity meyvesi” olarak da bilinen *Dioscoreophyllum cumminsii* Diels’in meyvesinden izole edilen ve tatlı tada sahip olan bir proteindir (Leone ve ark., 2016). *Dioscoreophyllum cumminsii*; Benin, Sierra Leone, Kongo, Gine-Bissau ve Liberya’da yetiştirilmektedir. Yaşam alanının oldukça sınırlı olduğu Batı Afrika’nın yağmur ormanı bölgelerinde ve Nijerya’nın Güneybatı ve Güneydoğu’daki tropikal ormanlarında bol miktarda bulunmaktadır (Oselebe ve ark., 2023).

Monellin sakkarozdan molar bazda yaklaşık 90.000, ağırlık bazında ise 3.000 kat daha tatlıdır (Zhao ve ark., 2021). Biri 44 diğeri ise 50 aminoasit içeren iki polipeptitten (94 kDa) oluşan heterodimerik bir proteindir. Bu polipeptitlerden birisi alfa sarmal, diğeri beta tabakalı yapıya sahiptir ve kovalent

olmayan bağlar ile bağlandıkları için monellinin yapısı oldukça kararsızdır (Picone ve Temussi, 2012; Asr ve ark., 2022). İzoelektrik noktası 9.26'dır (Saraiva ve ark., 2023).

Asidik pH koşullarında 50 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda denatürasyona bağlı olarak tatlılık özelliği kaybolmaktadır (Bilal ve ark., 2022; Saraiva ve ark., 2023). Bu stabilite sorununu aşmak için çeşitli doğrudan bağlayıcılar (kimyasal ve/veya enzimatik yollarla) veya Gly-Phe dipeptidinin ortama eklenmesiyle, iki polipeptit zinciri birleştirilerek tek zincirli monellin eşdeğerleri sentezlenmiştir (Kim ve ark., 1989). Bu tek zincirli türevlerden biri, rekombinant DNA yöntemiyle *E. coli*'de eksprese edilmiştir. Rekombinant monellin güçlü bir tatlandırıcı olmanın yanı sıra aşırı pH ve sıcaklık koşullarında da son derece stabildir. Monellinin, *Candida utilis* ve *S. cerevisiae* mikroorganizmalarına eksprese edilmesi için de çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Kim ve ark., 1989; Bilal ve ark., 2022; Lu ve ark., 2024).

Monellin, özellikle diyabet hastalarına yönelik bazı yiyecek ve içeceklerde tatlandırıcı olarak kullanılabilir. Ancak, yüksek sıcaklık koşullarında denatüre olması nedeniyle işlenmiş gıdalarda kullanımı oldukça sınırlıdır (Hobbs ve ark., 2007; Sharififar ve ark., 2022). Monellinin güvenliği ile ilgili henüz bir araştırma yapılmamış ve tatlandırıcı olarak kullanılması onaylanmamıştır (Zeece, 2020).

3.6. Brazzein

Brazzein Batı-Orta Afrika'nın tropikal bölgelerinde, Doğu Nijerya, Kuzey Angola ve Batı Demokratik Kongo Cumhuriyeti bölgelerinde yetişen, *Pentadiplandra brazzeana* Baillon, bitkisinden elde edilmiştir (Neiers ve ark., 2021). Brazzein ve pentadin aynı bitkiden elde edilmektedir. Pentadin meyvenin ısıyla kurutulmuş formundan, brazzein ise aynı meyvenin taze formundan elde edilir (Neiers ve ark., 2018). Suda iyi çözünebilen brazzeinin molekül ağırlığı yaklaşık 6.5 kDa'dur ve 54 aminoasitten oluşmaktadır. İzoelektrik noktası 5.4'tür (Saraiva ve ark., 2023).

Brazzein 80 °C'de 4.0 - 4.5 saat ve 98°C'de 2 saat stabilitesini koruyabilmektedir. Yüksek ısı stabilitesi, yapısında bulunan dört adet disülfid bağından kaynaklanmaktadır (Asr ve ark., 2022). Brazzein, %2 (w/w) sakkaroz içeren sulu çözeltideki sakkarozla kıyasla sakkarozdan 2.000 kat, %10 (w/w) sakkaroz içeren sulu çözeltideki sakkarozdan ise 500 kat daha tatlıdır. Tadı, thaumatinden çok sakkarozla benzemektedir ve sonradan gelişen bir metalik tat yoktur (Sharififar ve ark., 2022).

Brazzein suda çözünebildiği ve tatlılığını geniş bir pH aralığında koruyabildiği için farklı gıda uygulamalarında kullanılma açısından yüksek potansiyele sahiptir (Asr ve ark., 2022). Brazzein şeker ikamesi olarak ticarileştirilmeye hazırdır ve FDA'nın onayını beklemektedir (Asr ve ark., 2022; Sharififar ve ark., 2022).

Brazzeinin doğal kaynaklarından büyük ölçekte elde edilmesi zor olduğundan, üretiminde rekombinant DNA teknolojilerinden yararlanılmıştır. Mikrobiyel biyotransformasyonla üretiminde *Pichia pastoris* ve *Kluyveromyces lactis* ve *Bacillus licheniformis* gibi mikroorganizmalardan, bitkisel biyotransformasyonla üretiminde ise marul, mısır ve pirinç gibi bitkilerden yararlanılmaktadır (Neiers ve ark., 2021; Saraiva ve ark., 2023).

3.7. Pentadin

Pentadin, ilk olarak 1989 yılında Van Der Vel ve arkadaşları tarafından Afrika'da (özellikle Gabon) bulunan tropik *Pentadiplandra brazzena* Bailon'dan izole edilmiştir (Zhao ve ark., 2021). Pentadin, brazzeinin elde edildiği bitkiden elde edilir, ancak pentadin ısıyla kurutulmuş meyveden elde edilirken, brazzeinin taze meyveden üretilmektedir (Sharififar ve ark., 2022).

Pentadinin moleküler ağırlığı 12 kDa'dır ve suda çözünmektedir. Pentadin, brazzeinin neredeyse iki katı moleküler ağırlığa sahiptir ve brazzeinin doğal olmayan çapraz bağlı formu gibi görünmektedir. Pentadinin tatlılık yoğunluğu, ağırlık bazında (%10'luk) sakkarozdan yaklaşık 500 kat daha yüksektir (Neiers ve ark., 2018; Farag ve ark., 2022). Yapısında ağırlıklı olarak aspartik asit, glutamik asit, tirozin, lizin, arginin ve prolin aminoasitleri bulunur ve baskın aminoasit prolindir. Bu tatlı protein, 100 °C derece sıcaklığa yaklaşık 5 saat maruz kaldıktan sonra bile tatlılığını korumaktadır (Kashani-Amin ve ark. 2021; Farag ve ark., 2022). Yapısında disülfid bağlarının varlığı bu proteinin thermal stabilitesini yükseltmektedir. (Zhao ve ark., 2021; Farag ve ark., 2022).

4. SONUÇ

Daha sağlıklı ve daha uzun yaşama ve daha geç yaşlanma istekleri, insanların sağlıklı gıdalar tüketmeye yönlendirmektedir. Sağlıklı gıdalar ise en az teknolojik işlem, düşük kalori ve doğal bileşenlerle ilişkilendirilmektedir. Tüketiciler bir yandan doğal bileşenler içeren gıdaları tercih ederken bir yandan da bu gıdaların düşük enerjili olmasını istemektedirler. Yapay tatlandırıcılar düşük enerji içerikleri ile doğal tatlandırıcılar yerine tercih edilen sentetik bileşenlerdir. Ancak yapay gıda katkı maddelerinin çeşitli sağlık riskleri ile ilişkilendirilmesi, tüketicileri bu katkı maddelerini içeren gıdalardan uzaklaştırmaktadır. Bu nedenle hem yüksek enerji içerikli doğal hem de sağlık riskleri ile ilişkilendirilen sentetik tatlandırıcılara alternatif olacak, doğal ve düşük enerjili tatlandırıcı arayışları sürmektedir.

Tatlı proteinler, doğaldırlar ve yoğun tatlılıkları nedeniyle, karbonhidrat bazlı tatlandırıcıların sağlayacağı tatlılığı daha az miktarlarla karşılayabilirler. Bu nedenle gıdaya sağlayacakları enerji değeri çok düşüktür. Bu proteinlerin kökeni, doğal kaynaklardan elde edilme metotları, yapıları ve tatlılık düzeyleri ile ilgili çok sayıda çalışma mevcuttur. Pek çoğunun rekombinant

DNA teknolojisi ile üretimi de mümkün olmuştur. Ancak sağlık üzerine olan etkileri ve gıda uygulamaları ile ilgili daha fazla çalışma yapılmasına ihtiyaç vardır. Karbonhidrat bazlı olmayan, protein yapılı bu tatlandırıcıların çeşitli teknolojik işlemler sırasındaki değişim ve etkileşimleri belirlenmelidir. Bu çalışmalar sonucunda güvenli olduğu kabul edilenler, karbonhidrat bazlı tatlandırıcılara iyi alternatifler olabileceklerdir.

KAYNAKÇA

- Agha, H.M., Sidik, N. J., Jawad, A.H., Mohammed, A.A., Alkamil, A.A. (2022). Overview of *Thaumatococcus daniellii* plant, history, uses, benefits, and characterization. Journal of Asian Scientific Research, 12(2), 80-90. <https://doi.org/10.55493/5003.v12i2.4505>
- Akter, S., Huq, M.A., Jung, Y.J., Cho, Y.G., Kang, K.K. (2016). Application of sweet and taste modifying genes for development in plants: current status and prospects. Journal of Plant Biotechnology, 43(4), 397-404. <https://doi.org/10.5010/JPB.2016.43.4.397>
- Anni, L., Fabrice, N., Loïc, B. (2014). Functional roles of the sweet taste receptor in oral and extraoral tissues. Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care, 17(4), 379-385. <https://doi.org/10.1097/MCO.000000000000058>
- Asr, S.Y., Yüksel, N., İçier, S., Türköz, B.K. (2022). Sweet plant proteins and their recombinant production. Türk Doğa ve Fen Dergisi, 11(3), 186-194. <https://doi.org/10.46810/tdfd.1027978>
- Bahadur, B., Pal, A.K. (2020). Natural sweetening plants: a global review. LS: International Journal of Life Sciences, 9(2), 134-157. <https://doi.org/10.5958/2319-1198.2020.00008.1>
- Behrens, M., Meyerhof, W. (2010). Oral and extraoral bitter taste receptors. In: W. Meyerhof, U. Beisiegel, H.G. Joost (Eds.), Sensory and Metabolic Control of Energy Balance. (pp. 87-99), Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-14426-4>
- Beltrami, M.C., Döring, T., De D. Lindner J., (2018) Sweeteners and sweet taste enhancers in the food industry. Food Science and Technology, 38, 181-187. <https://doi.org/10.1590/fst.31117>
- Bilal, M., Ji, L., Xu, S., Zhang, Y., Iqbal, H.M., Cheng, H. (2022). Bioprospecting and biotechnological insights into sweet-tasting proteins by microbial hosts-a review. Bioengineered, 13(4), 9816-9829. <https://doi.org/10.1080/21655979.2022.2061147>
- Carocho, M., Morales, P., Ferreira, I.C. (2017). Sweeteners as food additives in the XXI century: A review of what is known, and what is to come. Food and Chemical Toxicology, 107, 302-317. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.06.046>
- Chen, L., Zhang, Y., Zhou, Y., Shi, D., Feng, X.S. (2023). Sweeteners in food samples: An update on pretreatment and analysis techniques since 2015. Food Chemistry, 408, 135248. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.135248>
- Crammer, B. (2008). Recent Trends of Same Natural Sweet Substances from Plants. https://doi.org/101142/9789812790781_0007
- Dhara, A.K., Nayak, A.K. (2022). Biological macromolecules: sources, properties, and functions. Biological Macromolecules, 3-22. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85759-8.00005-1>
- Di Pizio, A., Shoshan-Galeczki, Y.B., Hayes, J.E., Niv, M.Y. (2019). Bitter and sweet

- tasting molecules: It's complicated. *Neuroscience Letters*, 700, 56-63. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2018.04.027>
- Edwards, C.H., Rossi, M., Corpe, C.P., Butterworth, P.J., Ellis, P.R. (2016). The role of sugars and sweeteners in food, diet and health: Alternatives for the future. *Trends in food science & Technology*, 56, 158-166. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.07.008>
- EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens (NDA), Turck, D., Castenmiller, J., De Henauw, S., Hirsch-Ernst, K. I., Kearney, J., Knutsen, H. K. (2021). Safety of dried fruits of *Synsepalum dulcificum* as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal*, 19(6), e06600.
- Eggleston, G. (2019). History of sugar and sweeteners. In *Chemistry's Role in Food Production and Sustainability: Past and Present* (pp. 63-74). American Chemical Society.
- Erickson, R.P., Covey, E. (1980). On The Singularity of Taste Sensations: What is a Taste Primary? *Physiology & Behavior*, 25, 527-533.
- Esposito, V., Gallucci, R., Picone, D., Saviano, G., Tancredi, T., Temussi, P.A. (2006). The Importance of Electrostatic Potential in The Interaction of Sweet Proteins with the Sweet Taste Receptor. *Journal of Molecular Biology*, 360, 448-456. <https://doi.org/10.1016/j.jmb.2006.05.020>
- Farag, M.A., Rezk, M.M., Elashal, M.H., El-Araby, M., Khalifa, S.A., El-Seedi, H.R. (2022). An updated multifaceted overview of sweet proteins and dipeptides as sugar substitutes; the chemistry, health benefits, gut interactions, and safety. *Food Research International*, 162, 111853. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111853>
- Farooq, S., Dar, A.H., Dash, K.K., Srivastava, S., Pandey, V.K., Ayoub, W.S. Pandiselvam, R., Manzoor, S., Kaur M. (2023). Cold plasma treatment advancements in food processing and impact on the physiochemical characteristics of food products. *Food Science and Biotechnology*, 32, 621-638. <https://doi.org/10.1007/s10068-023-01266-5>
- Forde, C.G., de Graaf, K.C. (2023). Sensory influences on food choice and energy intake: recent developments and future directions. *Flavor*, 329-362. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-89903-1.00013-X>
- Galindo, M.M., Schneider, N.Y., Stähler, F., Töle, J., Meyerhof, W. (2012). Taste Preferences. *Progress in Molecular Biology and Translational Science*, 108, 383-425. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-398397-8.00015-0>
- Gibbs B., F, Alli I., Mulligan C. (1996). Sweet and taste modifying proteins: A review. *Nutrition Research*, 16(9), 1619-1630. [https://doi.org/10.1016/0271-5317\(96\)00175-3](https://doi.org/10.1016/0271-5317(96)00175-3)
- Goel, A., Gajula, K., Gupta, R., Rai, B. (2021). In-silico screening of database for finding potential sweet molecules: A combined data and structure-based modeling approach. *Food Chemistry*, 343, 128538. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128538>

- Gómez de Cedrón, M., Wagner, S., Reguero, M., Menéndez-Rey, A., Ramírez de Molina, A. (2020). Miracle berry as a potential supplement in the control of metabolic risk factors in cancer. *Antioxidants*, 9(12), 1282. <https://doi.org/10.3390/antiox9121282>
- Greenaway, R.E., Beyts, P., Mercogliano, C.P., Prakash, I., Roberts, A., Sanderson, T. (2024). Does inclusion of miracle fruit powder within a model beverage affect taste of solutions subsequently consumed? *Journal of Sensory Studies*, 39(2), e12910. <https://doi.org/10.1111/joss.12910>
- Gu, W., Xia, Q., Yao, J., Fu, S., Guo, J., Hu, X. (2015). Recombinant expressions of sweet plant protein mabinlin II in *Escherichia coli* and food-grade *Lactococcus lactis*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 31, 557-567. <https://doi.org/10.1007/s11274-015-1809-2>
- Hirai, T., Sato, M., Toyooka, K., Sun, H.J., Yano, M., Ezura, H. (2010). Miraculin, a taste-modifying protein is secreted into intercellular spaces in plant cells. *Journal of plant physiology*, 167(3), 209-215. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2009.08.001>
- Hobbs, J., Munger, S., Conn, G. (2007). Monellin (MNEI) at 1.15 Å resolution. *Acta Crystallographica Section F*, 63(3), 162-166. <https://doi.org/10.1107/S1744309107005271>
- Joseph J.A., Akkermans A., Nimmegeers P., Van Impe J.F.M. (2019). Bioproduction of the recombinant Sweet protein thaumatin: Current state of the art and perspectives. *Frontiers in Microbiology*, 10, 1-19. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00695>
- Kashani-Amin E., Faraji H., Nouriyengejeh S., Ebrahim-Habibi A. (2021). Structure-sweetness relationship of sweet proteins: a systematic review on “sweet protein” studies as a sub-group of “sweetener” investigations. *Moscow University Biological Sciences Bulletin*, 76(4), 175-190. <https://doi.org/10.3103/S0096392521440012>
- Keast, R.S.J., Breslin, P.A.S. (2002). An overview of binary taste-taste interactions. *Food Quality and Preference*, 14, 111-124. <https://doi.org/10.5958/2319-1198.2020.00008.1>
- Kelada, K.D., Tusé, D., Gleba, Y., McDonald, K.A., Nandi, S. (2021). Process simulation and techno-economic analysis of large-scale bioproduction of sweet protein thaumatin II. *Foods*, 10(4), 838. <https://doi.org/10.3390/foods10040838>
- Kızılaslan, N. (2017). Tatlandırıcılar ve metabolizma hastalıklarıyla ilişkisi. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*. 5(2), 191-198. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v5i2.191-198.1033>
- Kim, S.H., Kang, C.H., Kim, R., Cho, J. M., Lee, Y.B., Lee, T.K. (1989). Redesigning a sweet protein: Increased stability and renaturability. *Protein Engineering, Design and Selection*, 2(8), 571-575.
- Kinnamon, S.C. (2012). Taste receptor signalling – from tongues to lungs. *Acta Physiologica*, 204, 158-168.

- Kohmura M, Ariyoshi Y. (1998). Chemical synthesis and characterization of the sweet protein mabinlin II. *Biopolymers*, 46(4), 215-23. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0282\(19981005\)46:4<215::AID-BIP3>3.0.CO;2-S](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0282(19981005)46:4<215::AID-BIP3>3.0.CO;2-S)
- Kojima, I., Nakagawa, Y., Ohtsu, Y., Medina, A., Nagasawa, M. (2014). Sweet taste-sensing receptors expressed in pancreatic β -cells: Sweet molecules act as biased agonists. *Endocrinology and Metabolism*, 29, 12-19. <https://doi.org/10.3803/EnM.2014.29.1.12>
- Kretchmer, N. (1991). A Glimpse into the History of Sugar. In: Kretchmer N, Hollenbeck CB, eds. *Sugars and Sweeteners*. Orlando, FL: CRC Press; pp: 8-9
- Leone, S., Pica, A., Merlino, A., Sannino, F., Temussi, P.A., Picone, D. (2016). Sweeter and stronger: enhancing sweetness and stability of the single chain monellin MNEI through molecular design. *Scientific Reports*, 6(1), 34045. <https://doi.org/10.1038/srep34045>
- Li, X., Staszewski, L., Xu, H., Durick, K., Zoller, M., Adler, E. (2002). Human receptors for sweet and umami taste. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99, 4692-4696. <https://doi.org/10.1073/pnas.072090199>
- Lu, R., Li, X., Hu, J., Wang, Y., Jin, L. (2024). Expression of a single-chain monellin (MNEI) mutant with enhanced stability in transgenic mice milk. *Transgenic Research*, 1-8. <https://doi.org/10.1007/s11248-024-00389-7>
- Masuda, T. (2018). Sweet-Tasting Protein Thaumatin: Physical and Chemical Properties. In: Mérillon, JM., Ramawat, K. (eds) *Sweeteners*. Reference Series in Phytochemistry. Springer, Cham.
- Masuda, T., Okubo, K., Baba, S., Suzuki, M., Tani, F., Yamasaki, M., Mikami, B. (2022). Structure of thaumatin under acidic conditions: Structural insight into the conformations in lysine residues responsible for maintaining the sweetness after heat-treatment. *Food Chemistry*, 389, 132996. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132996>
- Mejia, E., Pearlman, M. (2019). Natural alternative sweeteners and diabetes management. *Current diabetes reports*, 19, 1-10. <https://doi.org/10.1007/s11892-019-1273-8>
- Mora, M.R., Dando, R. (2021). The sensory properties and metabolic impact of natural and synthetic sweeteners. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(2), 1554-1583. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12703>
- More, T.A, Sheikh, Z, Ali, A. (2021). Artificial Sweeteners and their Health Implications: A Review. *Bioscience Biotechnology Research Asia*, 18(2), 227-237. <http://dx.doi.org/10.13005/bbra/2910>
- Nirasawa, S., Liu, X., Nishino, T., Kurihara, Y. (1993). Disulfide bridge structure of the heat-stable sweet protein mabinlin II. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1202(2), 277-280.
- Neiers, F., Naumer, C., Krohn, M., Briand, L. (2018). The Recent Development of a Sweet-Tasting Brazzein and its Potential Industrial Applications. In: Mérillon,

- JM., Ramawat, K. (eds) Sweeteners. Reference Series in Phytochemistry. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-27027-2_2
- Neiers, F., Belloir, C., Poirier, N., Naumer, C., Krohn, M., Briand, L. (2021). Comparison of different signal peptides for the efficient secretion of the sweet-tasting plant protein brazzein in *Pichia pastoris*. *Life*, 11(1), 46. <https://doi.org/10.3390/life11010046>
- Oselebe, H., Nnamani, C.V., Degbey, H., Achigan-Dako, E.G. (2023). *Dioscoreophyllum Cumminsii* (Stapf) Diels., An African Underutilised Indigenous Fruit. *NJB*, 36(1), 29-47.
- Pawar, R.S., Krynskiy, A.J. Rader, J.I. (2013). Sweeteners from plants-with emphasis on *Stevia rebaudiana* (Bertoni) and *Siraitia grosvenorii* (Swingle). *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 405, 4397-4407. <https://doi.org/10.1007/s00216-012-6693-0>
- Picone, D. ve Temussi, P.A. (2012). Dissimilar sweet proteins from plants: Oddities or normal components? *Plant Science*, 195,135-142. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2012.07.001>
- Priya, K., Gupta, V.R.M., Srikanth, K. (2011). Natural sweeteners: A complete review. *Journal of Pharmacy Research*, 4(7), 2034-2039.
- Roper, S.D., Chaudhari, N. (2017). Taste buds: Cells, signals and synapses. *Nature Reviews Neuroscience*, 18(8), 485-497. <https://doi.org/10.1038/nrn.2017.68>
- Sardarodiyani, M., Hakimzadeh, V. (2016). Artificial sweeteners. *International Journal of Pharm Tech Research*, 9, 357-363.
- Saraiva, A., Carrascosa, C., Raheem, D., Ramos, F., Raposo, A. (2020). Natural sweeteners: The relevance of food naturalness for consumers, food security aspects, sustainability and health impacts. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(17), 6285. <https://doi.org/10.3390/ijerph17176285>
- Saraiva, A., Carrascosa, C., Ramos, F., Raheem, D., Pedreiro, S., Vega, A., Raposo, A. (2023). Brazzein and Monellin: Chemical Analysis, Food Industry Applications, Safety and Quality Control, Nutritional Profile and Health Impacts. *Foods*, 12(10), 1943. <https://doi.org/10.3390/foods12101943>
- Sharififar, F., Ashrafzadeh, A., Kavirimanesh Khanaman, M. (2022). A Review of Natural Peptide Sweeteners. *International Journal of Peptide Research and Therapeutics*, 28(6), 158. <https://doi.org/10.1007/s10989-022-10464-4>
- Smith, D.V., Margolskee, R. F. (2001). Making Sense of Taste. *Scientific American*, 284(3), 32-39.
- Świąder, K., Wegner, K., Piotrowska, A., Tan, F.J., Sadowska, A. (2019). Plants as a source of natural high-intensity sweeteners: a review. *Journal of Applied Botany & Food Quality*, 92. <https://doi.org/10.5073/JABFQ.2019.092.022>
- Temussi, P.A. (2002). Why are sweet proteins sweet? Interaction of brazzein, monellin and thaumatin with the T1R2-T1R3 receptor. *FEBS Letters*, 526, 1-4. [https://doi.org/10.1016/s0014-5793\(02\)03155-1](https://doi.org/10.1016/s0014-5793(02)03155-1)

- Temussi P.A. (2007). The sweet taste receptor: a single receptor with multiple sites and modes of interaction. *Advances in Food and Nutrition Research*, 53, 199-239. [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(07\)53006-8](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(07)53006-8)
- Tuwani, R., Wadhwa, S., Bagler, G. (2019). Bitter Sweet: Building machine learning models for predicting the bitter and sweet taste of small molecules. *Scientific Reports*, 9, 7155. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-43664-y>
- Van der Wel, H., Loeve, K. (1972). Isolation and characterization of thaumatin I and II, the sweet-tasting proteins from *Thaumatococcus daniellii* Benth. *European Journal of Biochemistry*, 31, 221-225. <https://doi.org/10.1111/j.1432-1033.1972.tb02522.x>
- Yusuf, E.H. (2021). An overview of biotransformation for the sustainability of sweet-tasting proteins as natural sugar replacers. *Chemistry Proceedings*, 8(1), 85. <https://doi.org/10.3390/ecsoc-25-11640>
- Zeece, M. (2020) Chapter six-flavors. In: Zeece M (ed) *Introduction to the Chemistry of Food*. Academic Press, Cambridge, pp. 213-250
- Zhao, X., Wang, C., ZhengY, Liu, B. (2021). New insight into the structure-activity relationship of sweet tasting proteins: Protein sector and its role for sweet properties. *Frontiers in Nutrition*, 8, 1-7. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.691368>



Bölüm 4

ANTIOKSİDAN GIDA AMBALAJ ÜRETİMİNDE NANOTEKNOLOJİK YAKLAŞIM

Kibar ARAS¹

¹ Kibar ARAS, Araştırma Görevlisi, Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, 0000-0002-1736-958X

1. GİRİŞ

Gıda taşımacılığı, tarım ürünlerinin tüketiciye ulaşmasında önemli bir adım olup taşınma sırasında ürünün kalitesini korumaya yönelik önlemler alınması elzemdir. Gıda güvenliği, insan tüketimine sunulan ürünlerin tazeliği, kalitesi ve standartlara uygunluğu gibi özelliklerle test edilmektedir. Bu sebeple, gıda ürünlerinin lojistiği sırasında gıdanın kalitesini etkilediğinden dolayı dikkat edilmesi gereken pek çok parametre mevcuttur. Gıdanın tüketiciye ulaşıp tüketilene kadar kalitesini etkileyen en önemli faktörler şunlardır: nem, sıcaklık ve güneş ışığı. Nem, sıcaklık, yetersiz havalandırma gibi faktörlerden kaynaklı küf oluşumu, gıdanın kullanılabilirliği ve ürünlerin güvenliği açısından risk teşkil etmektedir. Yiyecekler lojistik sırasında oluşan nemi emebilir özellikte olduğundan ötürü, özellikle tahıl, un ve sebze gibi higroskopik malzemelerde nemin kontrol altına alınmamış olması çürümeye ve küf oluşumuna neden olmaktadır. Sığır eti ve süt ürünlerinde, yüksek sıcaklık koşullarında hızlı mikrobiyal büyüme gözlemlenmektedir. Ayrıca yiyecek lojistiği sırasında gerekli şartların sağlanmamasından ötürü ürünlerin güneşe maruz kalması ile ürünlerde bulunan vitaminler bozulabilmektedir (Zhang ve ark., 2022).

Nem, gıdaların kalitesini ve güvenliğini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Dehidrasyon gıdanın küflenmesine ve bozulmasına neden olmaktadır. Özellikle un, ekmek, meyve ve sebze gibi ürünlerde yüksek nem, mikroorganizmaların çoğalmasına zemin hazırlayarak küf oluşumuna sebep olmaktadır. Küf genellikle nemin yüksek olduğu ortamlarda görülmektedir ve eğer gıda doğru koşullarda saklanılmazsa mikroorganizmaların gıdayı hızla bozmasına neden olmaktadır. Bu durum, gıdayı tüketime uygunsuz hale getirmekle beraber sağlık sorunlarına yol açmaktadır. Gıdanın kalitesini etkileyen bir diğer parametre olan güneş ışığı, yiyeceklerin rengini ve besin değerini kaybetmesine neden olabilmektedir. Taşıma sırasındaki yüksek sıcaklık ve nem, gıda ürünlerinin kalitesini olumsuz yönde etkileyerek bozulma sürecini hızlandırmaktadır (Ma ve ark., 2020).

Gıda lojistiği sırasında oluşabilecek sorunları en aza indirmek için gerekli önlemlerin alınması insan sağlığını korumak açısından önem teşkil etmektedir. Alınması gereken önlemlerden biri taşıma araçlarında ve depolama alanlarında sıcaklık ve nem kontrol sistemlerinin kullanılmasıdır. Gıda ürünlerinin uygun ambalaj malzemesiyle kaplanarak nem ve ışıktan korunması sağlanmalıdır. Ayrıca gıdanın taşınması ve depolanmasında görev alan çalışanlara gıda güvenliği ve hijyen konusunda gerekli eğitimlerin verilmesi gerekmektedir. Taşıma sırasında alınan önlemlerin uygulanması ile maddi kayıplar önlenebilir ve tüketicilerin sağlığını tehdit eden unsurlar ortadan kaldırılabilmektedir (Malik ve ark., 2021). Taşıma sırasında bakteri üremesi sonucunda gıdanın bozulmasına dair görüntü Şekil 1'de verilmiştir (Zaharioudakis ve ark., 2024).



Şekil 1. *Taşıma esnasında gıda bozulma ve bakteri üreme görüntüsü (Zaharioudakis ve ark., 2024).*

Gıda ambalajı, gıda maddelerini taşıma, depolama sırasında koruma ve güvenliğini sağlamak için kullanılan bir malzemedir. Ambalaj, gıdanın fiziksel ve kimyasal etkilerden korunmasına yardımcı olmakla birlikte, aynı zamanda ürünlerin tazeliğini ve besin değerini de korumaktadır. Gıda ambalajı, gıda güvenliği, hijyen, bilgi sağlama ve pazarlama konularında önemli bir rol oynamaktadır. Kullanılan malzemeye, performansa ve tasarıma bağlı olarak farklı gıda ambalaj türleri bulunmaktadır (Marsh & Bugusu, 2007).

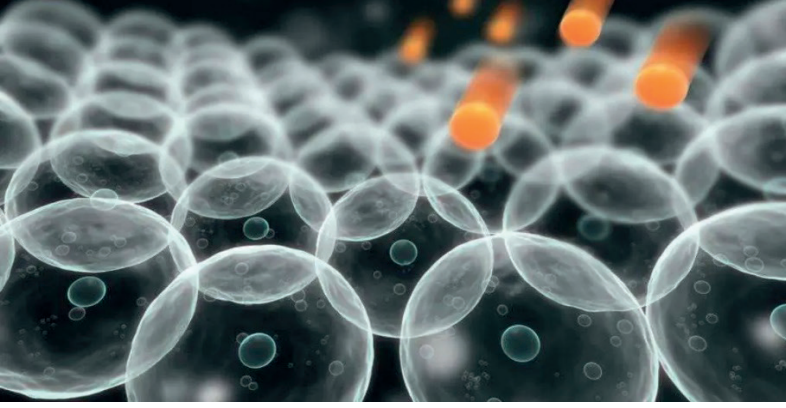
Kağıt ve karton ambalajlar hafif ve geri dönüştürülebilir olmaları nedeniyle süt, meyve suyu, kahvaltılık gevrekler ve atıştırmalıklar gibi ürünlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Hafif ve su geçirmez olan plastik kapaklar gıda ambalajında kullanılan malzemelerden biridir. Plastik poşetler, teneke kutular ve metal kaplar, yiyecekleri taze tutmak için kullanılan ambalaj türleri olup oksijen girişini ve ışık değişimini en aza indirerek gıdanın raf ömrünü artırmaktadır. Uzun süre muhafaza edilmesi gereken ürünler, içecekler ve çorbalar gibi ürünlerde sıklıkla kullanılmaktadır. Kimyasal reaksiyonlara dayanıklılığı nedeniyle asitli gıdalar ve sıvı ürünlerde kullanılan cam ambalaj, yiyecekleri taze tutmak için üreticiler tarafından tercih edilen mükemmel bir malzemedir. Cam ambalajlar çoğunlukla reçel, turşu, sos ve içeceklerin paketlenmesinde kullanılmaktadır. Kaliteyi takip etmek için tasarlanmış güçlü ve akıllı ambalajlar, son zamanlarda araştırmaların ilgi odağı olmuştur. Paketteki ürünler hava ve nem koşullarından etkilenmeksizin yüksek koruma sağlamaktadır. Akıllı ambalajlarda gıda kalitesini belirten bir etiket bulunmaktadır. Bu tip ambalajlar taze meyve ve sebzeler ile et ürünlerinde kullanılmaktadır (Firouz ve ark., 2021).

Gıda ambalajı yalnızca koruma işleviyle sınırlı olmayıp, aynı zamanda ürünlerin pazarlanmasına ve tanıtımına da yardımcı olmaktadır. Ayrıca ambalaj üzerindeki etiketler tüketicilere içerik maddeleri hakkında bilgi verip mevzuat gerekliliklerine uygunluğu sağlamaktadır. Gıda ambalajı, gıda güvenliğinin sağlanması, ürün kalitesinin korunması ve tüketicilerin bilgilendirilmesi açısından önemlidir. Gıda tüketiminin koşullarına ve bağlamlarına

göre farklı ambalaj türleri seçilmektedir ve bu seçimin gıda endüstrisinde önemli ekonomik ve sağlık sonuçları bulunmaktadır (Brookes, 2010).

Serbest radikaller reaktif moleküller olup gıdaların oksidatif parçalanmasında önemli rol oynamaktadır. Bu radikaller gıda ürünlerinde lipid peroksidasyonu, vitamin bozulması ve renk değişimi gibi istenmeyen reaksiyonlara neden olarak besin değerlerini düşürerek gıda kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Yağ oranı yüksek gıdalar serbest radikallerin etkilerine daha duyarlı olduğundan bu ürünlerin uygun koşullarda saklanması gerekmektedir. Öte yandan bakteri üremesi gıda bozulmasının ana nedenlerinden biridir. Mikroorganizmalar gıdalar üzerinde hızla çoğalarak gıda zehirlenmelerine ve diğer sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Bakteriye büyüme ortam sıcaklığı, nem ve pH gibi faktörlere bağlıdır. Örneğin yüksek sıcaklık ve nem, bakterilerin çoğalmasını teşvik eden koşullardır. Gıdanın taşınması ve depolanması sırasında gıdaların mikrobiyal ve kimyasal ürünler nedeniyle bozulması gibi faktörlerin kontrol altında tutulması gıda güvenliği açısından önemlidir. Kimyasal bozunmaya genellikle oksidasyon, enzimler ve mikrobiyal etki neden olmaktadır. Besinlerin tadı, kokusu, rengi ve besin değeri farklı olsa da bu zararlı uygulamalar aynı zamanda ölümlere de neden olmaktadır. Gıdalarda serbest radikallerin oluşması, bakterilerin çoğalması ve gıdaların bozulması gıda güvenliğini ve kalitesini tehdit eden başlıca problemlerdir. Bu süreçlerin anlaşılması, gıda endüstrisinde sağlık ve ekonomik alanında önemli faydaları olan depolama ve muhafaza yöntemlerinin geliştirilmesinde yardımcı olacaktır (Amit ve ark., 2017).

Oksidatif stres, gıdanın iç yapısında serbest radikaller oluşturarak gıda kalitesini ve güvenliğini tehlikeye atmaktadır. Yüksek düzeyde serbest radikaller, bazı bakterilerin oksidatif süreçlere karşı direnç geliştirmesine neden olarak gıdalardaki bakteriyel kontaminasyonu artırmaktadır (Lopez ve ark., 2018). Oksidatif stres altında, bu bakterilerin çoğunun yaşayabilirliği tehlikeye girer, ancak bazı türler, özellikle antibiyotik direncine sahip olanlar, stresli durumlarda hayatta kalma ve üreme yeteneklerini artırmaktadır. Hem *E. coli* hem de *Salmonella*, stres etkenleri karşısında uyum mekanizmaları geliştirerek daha öldürücü hale gelmektedir (Pradhan & Negi, 2019). Serbest radikal oluşumunun bir görüntüsü Şekil 2'de gösterilmektedir (Sánchez-Moreno, 2002).



Şekil 2. Serbest radikal oluşumu görüntüsü (Sánchez-Moreno, 2002)

Serbest radikallerin gıda ürünlerinde birikmesi, aynı zamanda gıdaların besin değerinin azalmasına, tat ve koku değişikliklerine yol açarken, bu durum bakteriyel büyüme için elverişli bir ortam sağlamaktadır. Bakteriler, bu değişikliklerden faydalanarak hızla çoğalıp insan sağlığı üzerinde ciddi olumsuz etkiler yaratabilmektedir. Gıda zehirlenmeleri, gastrointestinal rahatsızlıklar ve hatta daha ciddi enfeksiyon hastalıkları, bu tür bakteriyel kontaminasyonların sonuçları arasında yer almaktadır. Serbest radikal oluşumu, gıda ürünlerinde bakteri üremesini etkileyen önemli bir faktördür. Bu nedenle gıda güvenliği açısından serbest radikallerin kontrolü ve bakteri üremesinin önlenmesi, sağlık ve gıda kalitesi açısından önemlidir (Lobo ve ark., 2010).

Vitaminler ve antibakteriyel maddeler, gıda maddelerinin kalitesini ve güvenliğini sağlamak için gerekli olan doğal veya sentetik maddelerdir. Gıdalar zamanla renk, tat ve besin değerini kaybetmektedir. Antioksidanların gıda endüstrisindeki önemi raf ömrünü uzatması, besin değerini koruması ve sağlığa fayda sağlamasıdır. Bu, gıdanın raf ömrünün artmasına yardımcı olur, oksidatif bozunma sürecini azaltır ve tüketiciye uzun süre taze ürünler sunmaktadır. Ayrıca vitaminlerin ve diğer besin bileşenlerinin stabilitesini artırarak gıdaların besin değerinin korunmasına yardımcı olmaktadır. Antibakteriyel bileşenler, gıda ürünlerindeki patojen mikroorganizmaları kontrol altına alarak gıda güvenliğini artırmaktadır. Gıda kaynaklı hastalıkların önlenmesinde antibakteriyel maddelerin kullanımı mikrobiyal kontrol, gıda kalitesinin iyileştirilmesi ve hastalıkların önlenmesi gibi avantajlar sunmaktadır. Antibakteriyel maddeler, bakterileri inhibe ederek gıda zehirlenmelerini önler ve gıdaların tazeliğini koruyarak tat ve aroma kalitesini artırmaktadır. Mikrobiyal bozulmanın azaltılması gıda israfını azaltır ve ekonomik kayıpları önlemektedir (Badr ve ark., 2021). Antioksidanların ve antibakteriyel bileşenlerin görüntüsü Şekil 3'te bulunmaktadır (Topuz & Uyar, 2020).



Şekil 3. *Antioksidanlar ve antibakteriyel bileşenlerin görüntüsü (Topuz & Uyar, 2020).*

Antioksidan ve antibakteriyel aktivite test üçe ayrılmaktadır. Antioksidan aktivite testleri arasında DPPH testi, ABTS testi ve FRAP testi yer almaktadır. DPPH testi, bir gıda numunesinin belirli bir konsantrasyondaki DPPH çözeltisi ile karıştırılması ve renk değişiminin spektrofotometrik yöntemle ölçülmesi yoluyla antioksidan kapasitesinin hesaplanmasına dayanmaktadır. ABTS testi gıda numunelerinin radikal temizleme kapasitesini belirlemek için kullanılırken, FRAP testi demir iyonlarını demir formuna indirgeme yeteneğini ölçmektedir. Yüksek demir azaltma kapasitesi, yüksek antioksidan aktiviteyi göstermektedir (Berker ve ark., 2010).

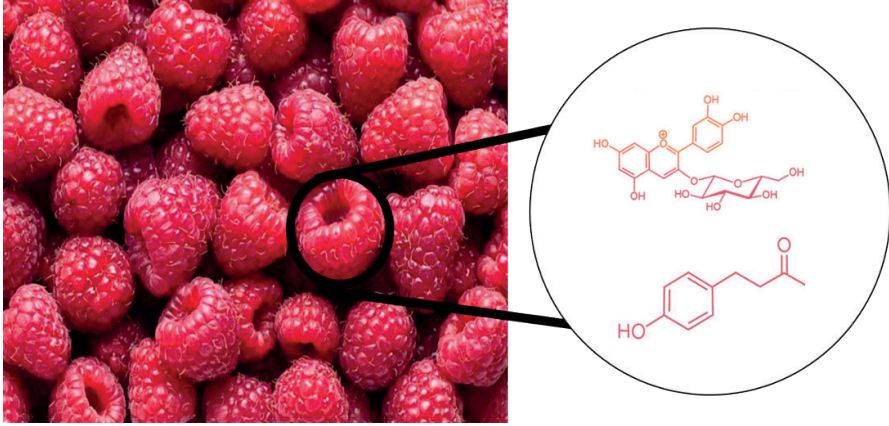
Antibakteriyel aktivite testleri disk difüzyon yöntemini ve mikropilak seyreltme yöntemini içermektedir. Disk difüzyon yöntemi, petri kabındaki besiyerine yerleştirilen bakteri suşları üzerindeki antibakteriyel etkiyi belirlemek için kullanılmaktadır. Antibakteriyel bileşenleri içeren diskler bakteri kültürüyle kaplı bir ortama yerleştirilir ve inhibisyon bölgeleri ölçülerek etkinliği değerlendirilmektedir. Mikropilak seyreltme yöntemi, bakteri üremesini engelleyen minimum konsantrasyonu (MIC) belirlemektedir. Vitaminler ve antibakteriyel bileşenler, gıdanın kalitesini, güvenliğini ve besin değerini artırmak için önemlidir. Bu maddelerin etkinliğini belirlemek için kullanılan test türleri, gıda endüstrisinde gıdanın kalite ve güvenliğinin kontrolünde önemli rol oynamaktadır. Bu maddelerin gıda ürünlerinde kullanılması, tüketicilerin sağlığına ve ekonomik refahına katkıda bulunmaktadır (Hoehnel ve ark., 2022).

2. SERBEST RADİKAL OLUŞUMU ENGELLEYİCİ BESİNLER

Yüksek antioksidan içerikleri ve serbest radikal oluşumu engelleyici özellikleri bulunan besinler aşağıda sıralanmıştır (Polterait, 1997; Wettasinghe & Shahidi, 1999; Alamed ve ark., 2009):

Ahududu

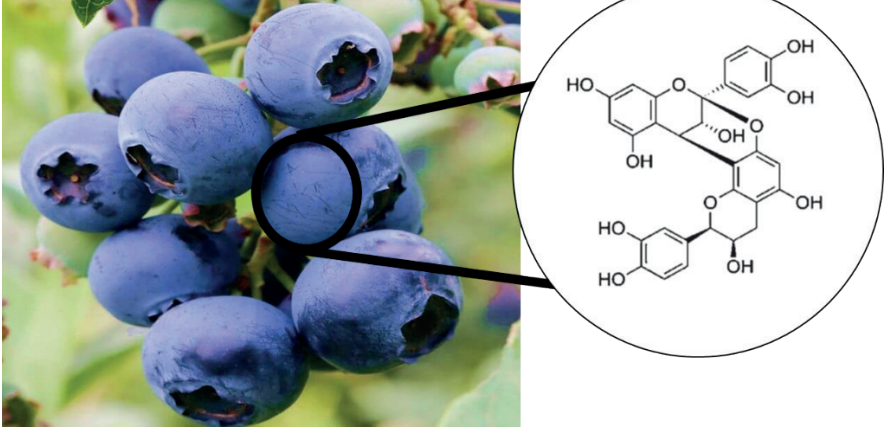
Ahududu, yüksek oranda C vitamini ve polifenoller içeren bir meyvedir. Özellikle ellagik asit ve flavonoidler bakımından zengin olan ahududu, serbest radikallerle etkili bir şekilde mücadele ederek hücresel hasarı önleme potansiyeline sahiptir. Bu meyve, oksidatif stresin azaltılmasına katkıda bulunarak yaşlanma sürecini yavaşlatmaktadır. Aynı zamanda, ahududu, anti-inflamatuar özellikleri sayesinde vücutta iltihaplanmayı azaltabilmektedir. Bunun yanı sıra, lif içeriği sindirim sisteminin sağlıklı işleyişine destek olurken, bağırsak sağlığını iyileştirmeye yardımcı olmaktadır. Yüksek lif alımı, kilo yönetimine yardımcı olarak obezite riskini azaltabilmektedir. Düzenli olarak ahududu yemek, antioksidan alımını artırıp, serbest radikal hasarını azaltarak yaşlanma belirtilerini geciktirmekte ve genel sağlığın iyileştirilmesine yardımcı olmaktadır (Dhalaria ve ark., 2020). Ahududu görüntüsü Şekil 4'te yer almaktadır (Prakash, 2018).



Şekil 4. Ahududu görüntüsü (Prakash, 2018)

Yaban mersini

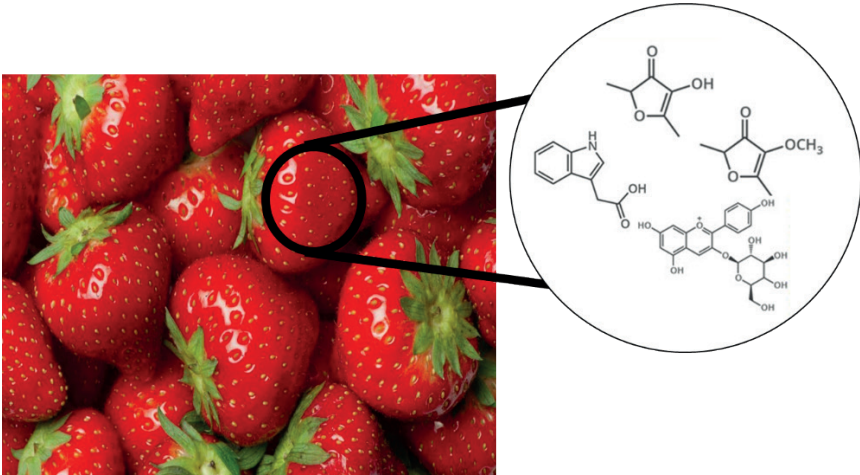
Yaban mersinin düzenli tüketimi oksidatif stresi azaltmak ve genel sağlığı iyileştirmek için önemlidir. Ayrıca C vitamini ve K vitamini gibi vitaminler bakımından da zengindir ve bağışıklık sistemini güçlendirme özelliğine sahiptir. Yaban mersinin kalp sağlığı üzerinde olumlu etkisi vardır. İçerdiği antioksidanlar kan damarlarının sağlığını koruyarak kalp hastalıklarını azaltabilmektedir. Ayrıca yaban mersini vücuttaki iltihabı azaltarak vücudun kanser tepkisini dengelemeye yardımcı olmaktadır (Giacalone ve ark., 2011). Yaban mersininin görüntüsü Şekil 5'te bulunmaktadır (Patel, 2014).



Şekil 5. Yaban mersini görüntüsü (Patel, 2014)

Çilek

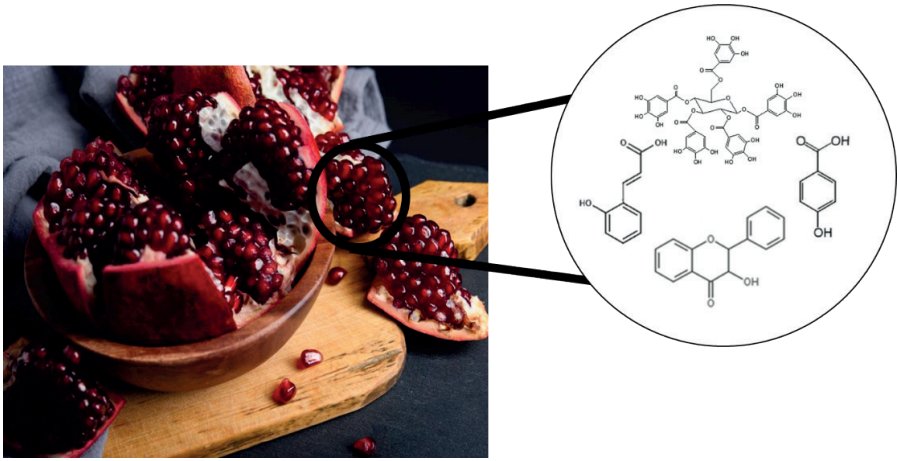
Çilek, yüksek düzeyde C vitamini ve flavonoidlerle karakterize edilen bir meyvedir ve bu bileşikler çok güçlü antioksidanlardır. Çileklerdeki ellagik asit, antiinflamatuar etkiler üreterek genel sağlığı desteklemektedir. Bu ürün, yüksek lif içeriğinden dolayı sindirim sisteminin sağlıklı çalışmasına fayda sağlamaktadır. Yüksek lifli beslenme bağırsak florasını dengeler ve sindirim sorunlarının önlenmesine yardımcı olmaktadır. Ayrıca çileğin düşük glisemik indeksi kan şekerinin dengelenmesine yardımcı olduğundan şeker hastaları için iyi bir besin kaynağı olarak bilinmektedir. Çilek aynı zamanda kalp sağlığının korunmasında da önemli rol oynamaktadır. İçerdiği antioksidanlar kan damarlarının sağlığını destekleyerek kalp hastalıklarını azaltabilmektedir (Giampieri ve ark., 2014). Çilek görüntüsü Şekil 6'da bulunmaktadır (Kouloumprouka Zacharaki ve ark., 2024).



Şekil 6. Çilek görüntüsü (Kouloumprouka Zacharaki ve ark., 2024)

Nar

Nar, güçlü antioksidan ve antiinflamatuvar özellikleriyle bilinen bir meyvedir ve antioksidan özelliklerin çoğu, panikalagin ve ponik asit gibi bileşiklerden kaynaklanmaktadır. Düzenli nar tüketimi, kronik inflamasyona bağlı hastalıkların riskini azaltmaktadır. Nardaki polifenoller kan basıncını düşürürken kalp sağlığının korunmasına da yardımcı olma özelliğine sahiptir. İçerdiği panikalagin ve ponik asit gibi bileşenler nedeniyle önemli olan güçlü antioksidan özellikleriyle bilinen bir üründür. Düzenli nar tüketimi, kronik inflamasyona bağlı hastalıkların riskini azaltmaktadır. Nardaki polifenoller kan basıncını düşürürken kalp sağlığının korunmasına da yardımcı olma özelliğine sahiptir. Kalp hastalığı riskini azaltarak kalp sağlığını desteklemektedir. Nar aynı zamanda sindirimi destekleyici özelliklere de sahiptir. Nar yemek iyi beslenme açısından önemlidir. Narın aynı zamanda sindirimi destekleyen özellikleri de bulunmaktadır. İçerdiği lif sayesinde boşaltımı kontrol ederek sindirim sorunlarını önlemeye yardımcı olmaktadır (Mertens-Talcott ve ark., 2006). Nar görüntüsü Şekil 7’de gösterilmektedir (Johanningsmeier & Harris, 2011).



Şekil 7. Nar görüntüsü (Johanningsmeier & Harris, 2011).

Siyah ve Kırmızı Kuş Üzümü

Siyah ve kırmızı kuş üzümü, serbest radikallerin neden olduğu hücre hasarının azaltılmasına yardımcı olmaktadır. Antioksidan bileşikler bağışıklık sistemini güçlendirip sağlığa olumlu etkisi bulunmaktadır. Kırmızı meyveler ayrıca flavonoidler içerir ve bu bileşikler oksidatif stresi azaltmada güçlü etkiye sahiptir. Bu meyve, sindirim sisteminin sağlıklı çalışmasına katkıda bulunan lif açısından zengindir. Kalp sağlığına iyi etkileri olan kırmızı meyveler kan damarlarının sağlığını da korumaktadır. Siyah ve kırmızı tohumlar, antioksidan özellikleri nedeniyle serbest radikal hasarına karşı koruma sağlayarak sağlığı iyileştiren zengin besin kaynaklarıdır. Bu meyvelerin düzenli tüketimi sağlıklı beslenmenin önemli bir parçası olarak tavsiye edilmektedir.

(Cortez & Gonzalez de Mejia, 2019). Siyah üzüm ve üzümelerin görünümü Şekil 8’de gösterilmektedir (Borges ve ark., 2010).



Şekil 8. Siyah ve kırmızı kuş üzümü görüntüsü (Borges ve ark., 2010)

Mor Lahana

Mor lahana, yaşlanma sürecinin yavaşlatılmasına katkıda bulunmaktadır. Mor lahananın içeriğindeki glukozinolatlar, detoksifikasyon süreçlerini destekleyerek vücudun toksinlerden arınmasına yardımcı olmaktadır. Aynı zamanda kalp sağlığına da olumlu etkileri bulunmaktadır. Bu sebzenin düzenli tüketimi kolesterol seviyelerini dengeleyip kan basıncını kontrol etmektedir (Uuh-Narvaez & Segura-Campos, 2021). Mor lahananın görünümü Şekil 9’da gösterilmektedir (Espinosa Álvarez ve ark., 2019).

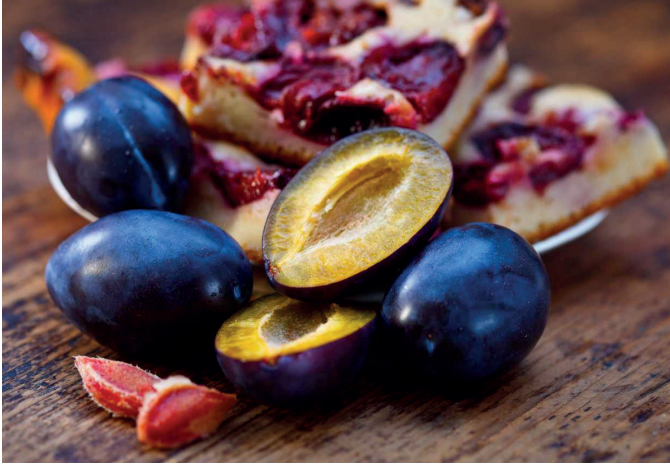


Şekil 9. Mor lahana görüntüsü (Espinosa Álvarez ve ark., 2019).

Mürdüm Eriği

Mürdüm eriği yüksek antioksidan kapasitesiyle dikkat çeken bir meyvedir ve bu özelliği esas olarak polifenol ve C vitamininden kaynaklanmaktadır.

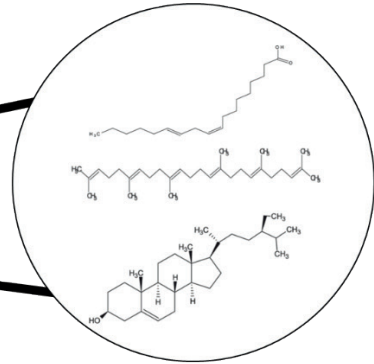
Lif, bağırsak hareketlerini düzenleyerek sindirim sorunlarının önlenmesine yardımcı olmaktadır. Erikler, kilo yönetimini destekleyen ve obezite riskini azaltmaya yardımcı olabilecek düşük kalorili bir besin kaynağıdır. Erikler, kronik iltihaplanma ile ilişkili hastalık riskini azaltabilen anti-inflamatuar özellikler açısından zengindir. Ayrıca düzenli mürdüm eriği ile beslenmek kalp sağlığını korumaktadır (Kaulmann ve ark., 2014). Erik görüntüsü Şekil 10'da yer almaktadır (Hooshmand & Arjmandi, 2009).



Şekil 10. Mürdüm eriği görüntüsü (Hooshmand & Arjmandi, 2009)

Kiraz

Kirazlar, ürün antiinflatuar özellikleriyle bilinmektedir. Düzenli olarak kiraz tüketmek, eklem sağlığını iyileştirerek artrit ve diğer iltihaplı hastalıkların riskini azaltmaktadır. Ayrıca kirazdaki melatonin içeriği uyku kalitesini artırmaktadır. Bu özellik uyku döngüsünü desteklemektedir (Lachin, 2014). Kiraz görseli Şekil 11'de gösterilmektedir (Rop ve ark., 2010).



Şekil 11. Kiraz görüntüsü (Rop ve ark., 2010)

Kırmızı Pancar

Pancar yeşillikleri zengin antioksidan bileşikler içerir ve bu özelliklerin çoğu betalinlerden kaynaklanmaktadır. Betalinler serbest radikallere karşı koruma sağlayarak hücre hasarını önlemeye yardımcı olmaktadır. Ayrıca düşük kalorili bir besin kaynağı olarak kilo yönetimine destek olur ve obezite riskini azaltmaktadır (Bangar ve ark., 2022). Pancarın görseli Şekil 12’de gösterilmektedir (Chhikara ve ark., 2019).



Şekil 12. Kırmızı pancar görüntüsü (Chhikara ve ark., 2019)

Siyah Fasulye

Bir baklagil olarak siyah fasulye antioksidan bileşikler ve besinler açısından zengindir. Özellikle polifenoller ve antosiyaninler gibi bileşikler serbest radikallere karşı etkili bir savunma mekanizması sağlamaktadır. Bu antioksidanlar hücre hasarını önleyerek oksidatif stresi azaltma yeteneğine sahiptir ve böylece yaşlanma sürecini yavaşlatmaya yardımcı olmaktadır. Siyah fasulyedeki flavonoidler iltihabı azaltarak sağlık üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. Bu baklagiller sindirim sisteminin sağlıklı çalışmasını destekler ve lif açısından zengindir. Lif, bağırsak hareketlerini düzenlerken sindirim sorunlarının da önlenmesine yardımcı olmaktadır (Devasagayam ve ark., 2004). Siyah fasulyenin görseli Şekil 13’te gösterilmektedir (Meenu ve ark., 2023).



Şekil 13. Siyah fasulye görüntüsü (Meenu ve ark., 2023)

Siyah Pirinç

Siyah pirinç, yüksek antioksidan içeriğiyle öne çıkan bir tahıldır. Güçlü bir serbest radikal temizleyici olduğundan antosiyaninler açısından oldukça zengindir. Bu bileşikler hücre hasarını önlemeye ve yaşlanma sürecini yavaşlatmaya yardımcı olmaktadır. Siyah pirinç, yüksek lif içeriği nedeniyle sindirim sisteminin sağlıklı çalışmasına katkıda bulunmaktadır. Bağırsak büyümesini dengelemeye ve toksinlerin vücuttan atılmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca bu tohum E vitamini, B vitaminleri ve mineraller (özellikle demir, çinko ve magnezyum) açısından da zengindir. Bu besinler bağışıklık sistemini güçlendirmeye ve genel sağlığı iyileştirmeye yardımcı olmaktadır. Düşük glisemik indeksi nedeniyle siyah pirinç kan şekerini dengeleyebilir, bu da onu şeker hastaları için iyi bir besin kaynağı haline getirmektedir. Flavonoidlerin iltihabı azaltma ve kalp sağlığına destekleyici fayda sağlama yetenekleriyle bilinmektedir. Siyah pirinç, dengeli ve sağlıklı beslenmede mutlaka yer alması gereken bir besin olup, besin değeri sayesinde vücuda pek çok faydası bulunmaktadır. Düzenli siyah pirinç tüketimi, antioksidan alımını artırarak genel sağlığı iyileştirme ve yaşlanmayı geciktirme potansiyeline sahiptir (Ravichanthiran ve ark., 2018). Siyah pirincin görünümü Şekil 14'te gösterilmektedir (Pratiwi & Purwestri, 2017).

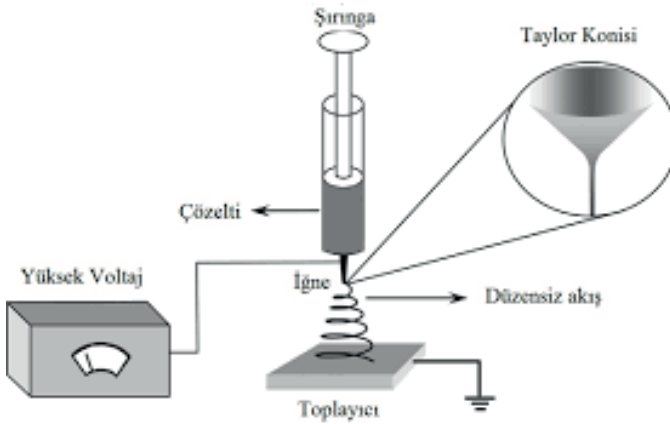


Şekil 14. Siyah pirinç görüntüsü (Pratiwi & Purwestri, 2017)

3. NANOTEKNOLOJİK YENİ NESİL GIDA AMBALAJI

Elektroçirme, nanolif üretimi için umut verici bir yöntemdir. Bu yöntem, bir polimer çözeltisinin bir elektrik alanı altında ince filamentlere dönüştürülmesi prensibine dayanmaktadır. Elektroçirme işlemi, yüksek voltajın uygulanmasıyla başlar, çözelti bir ucundan çekilerek ince bir elyaf haline getirilmektedir. Bu lifler nanometre aralığında kalındır ve yüksek yüzey alanına ve gözenekliliğe sahiptir. Elektroliz, biyolojik ajanlar ve polimerler başta olmak üzere farklı malzemelerle kullanılabilir. Bu sayede elde edilen nanolifler tıbbi uygulamalardan gıda paketlemeye kadar geniş bir yelpaze-

deki uygulamalarda kullanılabilir. Örneğin besin ekstraktları içeren ilaçlar kullanıldığında bu lifler antioksidan özelliğe sahip olabilmekte, bu da gıdaların ömrünü uzatmak için büyük bir fayda sağlamaktadır. Elektroliz aynı zamanda liflerin yapısal özelliklerinin değiştirilmesinde de rol oynamaktadır. Lif çapı, akış hızı, elektrik alanı ve çözelti viskozitesi gibi parametrelerle kontrol edilebilmektedir. Bu sayede elde edilen nanoliflerin mekanik direnç, suya dayanıklılık ve biyouyumluluk gibi özellikleri iyileştirilebilmektedir. Elektrosinning, yüksek performanslı ve çok amaçlı nanofiberler elde etmek için önemli bir tekniktir. Gıda paketlenme, biyolojik uygulamalar ve çevre mühendisliği gibi alanlarda sunduğu potansiyel, bu yöntemi geleceğin teknolojilerinden biri haline getirmektedir (Chen ve ark., 2022). Temel düzeye sahip elektrosinning sistemi Şekil 15'te yer almaktadır (Evcin ve ark., 2019).



Şekil 15. Elektrosinning görüntüsü (Evcin ve ark., 2019)

Nanoteknolojik bir yöntem olan elektrosinning, besin içeren ve antioksidan değeri yüksek çözeltilerin bir elektrik alanı kullanılarak nanofiber membranlara dönüştürülmesine olanak sağlamaktadır. Bu yöntem, gıda paketlenme gibi uygulamalarda mükemmel özellikler sergileyen ince ve sürekli liflerin üretilmesine imkan tanımaktadır. Elektroğirme işlemi, çözeltinin yüksek voltaj altında ince iplik haline getirilmesiyle başlamaktadır. Bu süreçte elektrik alanı çözeltideki polimer moleküllerini çeker ve bunun sonucunda nanolifler oluşmaktadır. Kullanılan çözelti antioksidan kapasitesi yüksek doğal gıda ekstraktları ile zenginleştirildiğinde elde edilen nanolifler serbest radikalleri nötralize etme özelliğine sahiptir. Bu nanolifler, gıda ürünlerinin raf ömrünü uzatmak, gıda kalitesini korumak ve gıda güvenliğini artırmak için kullanılmaktadır. Nanofiber membranlar, yüksek yüzey alanı ve gözenekliliği nedeniyle gıda ambalajlarında etkili bir bariyer oluşturmaktadır. Ayrıca bu membranlar antioksidan bileşiklerin gücünü açığa çıkararak gıda ürünlerinin tazeliğini ve besin değerini korumaya çalışmaktadır. Elektrosinning yöntemiyle elde edilen yüksek antioksidan değere sahip nanofibröz membranlar, gıda endüstrisinde sağlıklı gıdaya önemli faydalar sağlayan yeni üretim çözümleri sunmaktadır (Vilchez ve ark., 2020; Han ve ark., 2022; Nanda ve ark., 2024).

KAYNAKÇA

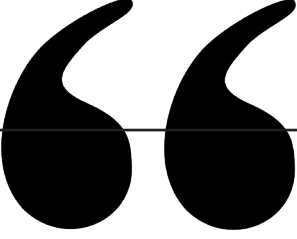
- Alamed, J., Chaiyasit, W., McClements, D. J., & Decker, E. A. (2009). Relationships between free radical scavenging and antioxidant activity in foods. *Journal of agricultural and food chemistry*, 57(7), 2969-2976.
- Amit, S. K., Uddin, M. M., Rahman, R., Islam, S. R., & Khan, M. S. (2017). A review on mechanisms and commercial aspects of food preservation and processing. *Agriculture & Food Security*, 6, 1-22.
- Badr, A. N., Youssef, M., Abdel-Razek, A. G., Shehata, M. G., Hassanien, M. M., & Amra, H. (2021). Natural antioxidants: Preservation roles and mycotoxicological safety of food. *Egyptian Journal of Chemistry*, 64(1), 285-298.
- Bangar, S. P., Sharma, N., Sanwal, N., Lorenzo, J. M., & Sahu, J. K. (2022). Bioactive potential of beetroot (*Beta vulgaris*). *Food Research International*, 158, 111556.
- Berker, K. I., Güçlü, K., Demirata, B., & Apak, R. (2010). A novel antioxidant assay of ferric reducing capacity measurement using ferrozine as the colour forming complexation reagent. *Analytical Methods*, 2(11), 1770-1778.
- Borges, G., Degeneve, A., Mullen, W., & Crozier, A. (2010). Identification of flavonoid and phenolic antioxidants in black currants, blueberries, raspberries, red currants, and cranberries. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58(7), 3901-3909.
- Brookes, G. (2010). Economic Impact Assessment of the European Union (EU)'s Nutrition & Health Claims Regulation on the EU food supplement sector and market. *European Health Claims Alliance (ECHA)*.
- Chen, X., Cao, H., He, Y., Zhou, Q., Li, Z., Wang, W., ... & Hou, C. (2022). Advanced functional nanofibers: strategies to improve performance and expand functions. *Frontiers of optoelectronics*, 15(1), 50.
- Chhikara, N., Kushwaha, K., Sharma, P., Gat, Y., & Panghal, A. (2019). Bioactive compounds of beetroot and utilization in food processing industry: A critical review. *Food chemistry*, 272, 192-200.
- Cortez, R. E., & Gonzalez de Mejia, E. (2019). Blackcurrants (*Ribes nigrum*): A review on chemistry, processing, and health benefits. *Journal of food science*, 84(9), 2387-2401.
- Devasagayam, T. P. A., Tilak, J. C., Bloor, K. K., Sane, K. S., Ghaskadbi, S. S., & Lele, R. D. (2004). Free radicals and antioxidants in human health: current status and future prospects. *Japi*, 52(794804), 4.
- Dhalalaria, R., Verma, R., Kumar, D., Puri, S., Tapwal, A., Kumar, V., ... & Kuca, K. (2020). Bioactive compounds of edible fruits with their anti-aging properties: A comprehensive review to prolong human life. *Antioxidants*, 9(11), 1123.
- Espinosa Álvarez, C., López Contreras, J., Escobar Rodríguez, D., Jiménez Rondón, D., Bagueño Muñoz, W., & Cerezal Mezquita, P. (2019). Application of microencapsulated anthocyanin extracted from purple cabbage in fermented milk drinks. *Acta Agronómica*, 68(2), 134-141.

- Evcin, A., Ersoy, B., & Bezir, N. Ç. (2019). Elektroçirime yöntemiyle Ag katkılı karbon nanoliflerin sentezi. *Neşehir bilim ve Teknoloji dergisi*, 8, 88-97.
- Firouz, M. S., Mohi-Alden, K., & Omid, M. (2021). A critical review on intelligent and active packaging in the food industry: Research and development. *Food Research International*, 141, 110113.
- Giacalone, M., Di Sacco, F., Traupe, I., Topini, R., Forfori, F., & Giunta, F. (2011). Antioxidant and neuroprotective properties of blueberry polyphenols: a critical review. *Nutritional Neuroscience*, 14(3), 119-125.
- Giampieri, F., Alvarez-Suarez, J. M., & Battino, M. (2014). Strawberry and human health: Effects beyond antioxidant activity. *Journal of agricultural and food chemistry*, 62(18), 3867-3876.
- Han, W. H., Li, X., Yu, G. F., Wang, B. C., Huang, L. P., Wang, J., & Long, Y. Z. (2022). Recent advances in the food application of electrospun nanofibers. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 110, 15-26.
- Hoehnel, A., Zannini, E., & Arendt, E. K. (2022). Targeted formulation of plant-based protein-foods: Supporting the food system's transformation in the context of human health, environmental sustainability and consumer trends. *Trends in Food Science & Technology*, 128, 238-252.
- Hooshmand, S., & Arjmandi, B. H. (2009). Dried plum, an emerging functional food that may effectively improve bone health. *Ageing Research Reviews*, 8(2), 122-127.
- Johanningsmeier, S. D., & Harris, G. K. (2011). Pomegranate as a functional food and nutraceutical source. *Annual review of food science and technology*, 2(1), 181-201.
- Kaulmann, A., Jonville, M. C., Schneider, Y. J., Hoffmann, L., & Bohn, T. (2014). Carotenoids, polyphenols and micronutrient profiles of Brassica oleraceae and plum varieties and their contribution to measures of total antioxidant capacity. *Food chemistry*, 155, 240-250.
- Kouloumprouka Zacharaki, A., Monaghan, J. M., Bromley, J. R., & Vickers, L. H. (2024). Opportunities and challenges for strawberry cultivation in urban food production systems. *Plants, People, Planet*, 6(3), 611-621.
- Lachin, T. (2014). Effect of antioxidant extract from cherries on diabetes. *Recent patents on endocrine, metabolic & immune drug discovery*, 8(1), 67-74.
- Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., & Chandra, N. (2010). Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy reviews*, 4(8), 118.
- Lopez, M. E., Gontijo, M. T., Boggione, D. M., Albino, L. A., Batalha, L. S., & Mendonça, R. C. (2018). Microbiological contamination in foods and beverages: Consequences and alternatives in the era of microbial resistance. In *Microbial contamination and food degradation* (pp. 49-84). Academic Press.
- Ma, M., Sun, Q. J., Li, M., & Zhu, K. X. (2020). Deterioration mechanisms of high-moisture wheat-based food—A review from physicochemical, structural, and molecular perspectives. *Food Chemistry*, 318, 126495.

- Malik, S., Krishnaswamy, K., & Mustapha, A. (2021). Hazard analysis and risk-based preventive controls (HARPC): current food safety and quality standards for complementary foods. *Foods*, 10(9), 2199.
- Marsh, K., & Bugusu, B. (2007). Food packaging—roles, materials, and environmental issues. *Journal of food science*, 72(3), R39-R55.
- Meenu, M., Chen, P., Mradula, M., Chang, S. K., & Xu, B. (2023). New insights into chemical compositions and health-promoting effects of black beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Frontiers*, 4(3), 1019-1038.
- Mertens-Talcott, S. U., Jilma-Stohlawetz, P., Rios, J., Hingorani, L., & Derendorf, H. (2006). Absorption, metabolism, and antioxidant effects of pomegranate (*Punica granatum* L.) polyphenols after ingestion of a standardized extract in healthy human volunteers. *Journal of agricultural and food chemistry*, 54(23), 8956-8961.
- Nanda, A., Pandey, P., Rajinikanth, P. S., & Singh, N. (2024). Revolution of nanotechnology in food packaging: Harnessing electrospun zein nanofibers for improved preservation-A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 129416.
- Patel, S. (2014). Blueberry as functional food and dietary supplement: The natural way to ensure holistic health. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*, 7(2), 133-143.
- Ravichanthiran, K., Ma, Z. F., Zhang, H., Cao, Y., Wang, C. W., Muhammad, S., ... & Pan, B. (2018). Phytochemical profile of brown rice and its nutrigenomic implications. *Antioxidants*, 7(6), 71.
- Pradhan, D., & Negi, V. D. (2019). Stress-induced adaptations in *Salmonella*: a ground for shaping its pathogenesis. *Microbiological research*, 229, 126311.
- Prakash, K. K. J. (2018). Spoilage Detection in Raspberry Fruit Based on Spectral Imaging Using Convolutional Neural Networks.
- Pratiwi, R., & Purwestri, Y. A. (2017). Black rice as a functional food in Indonesia. *Functional Foods in Health and Disease*, 7(3), 182-194.
- Polterait, O. (1997). Antioxidants and free radical scavengers of natural origin. *Current organic chemistry*, 1(4), 415-440.
- Rop, O., Mlcek, J., Kramarova, D., & Jurikova, T. (2010). Selected cultivars of cornelian cherry (*Cornus mas* L.) as a new food source for human nutrition. *African Journal of Biotechnology*, 9(8).
- Sánchez-Moreno, C. (2002). Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. *Food science and technology international*, 8(3), 121-137.
- Topuz, F., & Uyar, T. (2020). Antioxidant, antibacterial and antifungal electrospun nanofibers for food packaging applications. *Food Research International*, 130, 108927.
- Uuh-Narvaez, J. J., & Segura-Campos, M. R. (2021). Cabbage (*Brassica oleracea* var.

capitata): A food with functional properties aimed to type 2 diabetes prevention and management. *Journal of food science*, 86(11), 4775-4798.

- Wettasinghe, M., & Shahidi, F. (1999). Antioxidant and free radical-scavenging properties of ethanolic extracts of defatted borage (*Borago officinalis* L.) seeds. *Food chemistry*, 67(4), 399-414.
- Vilchez, A., Acevedo, F., Cea, M., Seeger, M., & Navia, R. (2020). Applications of electrospun nanofibers with antioxidant properties: A review. *Nanomaterials*, 10(1), 175.
- Zaharioudakis, K., Salmas, C. E., Andritsos, N. D., Kollia, E., Leontiou, A., Karabagias, V. K., ... & Giannakas, A. E. (2024). Carvacrol, citral, eugenol and cinnamaldehyde casein based edible nanoemulsions as novel sustainable active coatings for fresh pork tenderloin meat preservation. *Frontiers in Food Science and Technology*, 4, 1400224.
- Zhang, X., Zhang, M., Xu, B., Mujumdar, A. S., & Guo, Z. (2022). Light-emitting diodes (below 700 nm): Improving the preservation of fresh foods during post-harvest handling, storage, and transportation. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21(1), 106-126.



Bölüm 5

PROTEİN BESLENMESİNİN SÜRDÜRÜLMESİNDE BİTKİ BAZLI GIDA BİLEŞENLERİNİN İŞLEVSELLİĞİ

¹ Başak ESMER^{a}, İbrahim HAYOĞLU^b, Fatma
HEPSAĞ^c*

1

a Doktora öğrencisi, Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, 63040 Şanlıurfa

b Prof., Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, 63040 Şanlıurfa

c Doçent, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Gıda Teknolojisi Programı, 80760 Osmaniye

a <https://orcid.org/0000-0002-2376-7488>

b <https://orcid.org/0000-0002-6358-8302>

c <https://orcid.org/0000-0002-3688-4106>

* Sorumlu yazar esmerbasak@icloud.com

Giriş

Hayvansal kaynaklı gıdalara ve ete olan talebin önümüzdeki yıllarda güçlü bir şekilde artmaya devam edeceği tahmin edilmektedir (Vranken ve ark., 2014). Nüfus artışı, bireysel ekonomik kazanç ve kentleşme nedeniyle talebin artmasıyla küresel et üretimi ve tüketimi artmaya devam etmektedir (Goldfray, 2018; Seto ve Ramankutty, 2016). Talebin artması, mevcut ve büyük ölçekli hayvancılık yöntemlerinin halk sağlığı sorunları, çevresel bozulma ve hayvan refahı kaygılarıyla bağlantılıdır. İnsan sağlığı açısından hayvansal tarım endüstrisi; gıda kaynaklı hastalıklar, diyetle bağlı hastalıklar, antibiyotik direnci ve bulaşıcı hastalıklarla bağlantılıdır (Wolk, 2017; Jones ve ark., 2013). Hayvanları üretim sürecinden çıkararak çeşitli sorunlar hafifletilebilir. Bu amaçla bitki bazlı et yaklaşımı, hayvansal olmayan kaynaklardan gıda üretilmesini önermektedir. Bitki bazlı gıda ürünleri kategorisi et, balık, yumurta, süt ve bunların ürünlerini içeren hayvan bazlı gıdaları taklit etmeye yönelik tasarlanmış geniş bir ürün yelpazesini içermektedir. Tüketiciler bu ürünlerin her birinin belirli fizikokimyasal, fonksiyonel ve duyuşsal özelliklere sahip olmasını beklemektedir ve bu da bitki bazlı gıda sektöründe spesifik formülasyon ve üretim zorluklarına yol açmaktadır.

Gıda üreticileri hayvan bazlı alternatiflerden daha etik, sürdürülebilir ve sağlıklı bitki bazlı ürünler yaratmaya odaklandıkça modern gıda endüstrisinde hızlı bir dönüşüm yaşanmaktadır. Ancak bu ürünlerin tüketicinin tercih edebilmesi için aynı zamanda lezzetli, kullanışlı ve uygun fiyatlı olması da gerekmektedir. Bu yeni nesil bitki bazlı gıdaların üretimi, bitki kaynaklı gıda bileşenlerinin moleküler özelliklerinin, bunların nano, mikro ve orta ölçekli yapılar halinde birleştirilmesinin ve bunların arzu edilen fizikokimyasal ve duyuşsal özelliklere katkılarının temel bir anlayışını gerektirmektedir. Kısacası yapı-işlev ilişkilerinin tam olarak anlaşılması gerekmektedir. Dahası, bu gıdaların gelecek neslinin, mikro besin bileşimi, biyoyararlılık ve sindirilebilirlik gibi faydalı besin profillerine sahip olacak şekilde dikkatle tasarlanması gerekmekte, böylece tüketimleri olumsuz sağlık etkilerine yol açmayacağı ön görülmektedir.

Bitki Bazlı Gıdaların Besinsel İşlevselliği

Bitki bazlı gıdaları formüle etmek için kullanılan bileşenler, bunların fizikokimyasal, duyuşsal ve gastrointestinal özelliklerinin belirlenmesinde çeşitli roller oynamaktadır. Örneğin arzu edilen optik, dokusal, ağızda bıraktığı his, sıvı tutma, lezzet ve stabilite özelliklerini sağlayabilmektedirler. Bu bölümde bitki bazlı bileşenlerin sergilediği en kritik fonksiyonel özelliklerden bazılarını genel bir bakış verilmektedir. Ana odak noktası, proteinler ve polisakkaritler gibi biyopolimer bazlı bileşenler üzerindedir çünkü bunlar genellikle birçok uygulamada en önemli olanlardır. Bununla birlikte, bazı bitki bazlı ürünlerde önemli bir rol oynayan lipitlerin kristalizasyonu/

erimesi ve yağ damlacıklarının fonksiyonel özelliklerine ilişkin bir tartışma da yer almaktadır.

1. Çözünürlük

Pek çok bitki bazlı bileşenin önemli bir fizikokimyasal özelliği, bunların yağ, su veya diğer çözücüler içindeki çözünürlüğüdür. Özellikle bitki kaynaklı protein ve polisakkaritlerin suda çözünürlüğü, gıdaların kalite özelliklerinin belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Örneğin, bu fonksiyonel bileşenleri suda tamamen çözme yeteneği genellikle bunların çözeltileri ko-yulaştırma, jel oluşturma ve emülsiyonları stabilize etme yeteneklerini etkiler (Phillips & Williams, 2021).

Biyopolimerlerin çözünürlüğü, molar kütleleri, yüzey hidrofobiklikleri ve elektriksiz özellikleri gibi benzersiz moleküler özellikleri tarafından yönetilir (Guo ve ark., 2017). Tipik olarak, farklı moleküller arasındaki hidrofobik çekimin güçlenmesi nedeniyle yüzeylerindeki polar olmayan grupların sayısı arttıkça sulu çözeltilerdeki çözünürlükleri azalır. Bu fenomen, gliadin ve zein gibi hidrofobik proteinlerin suda nispeten düşük çözünürlüğünün (Davidov-Pardo ve ark., 2015) yanı sıra hidrofobik polisakkaritlerin ısıtıldıklarında kendi kendine birleşme eğilimini de açıklamaktadır (BeMiller, 2019; Murray, 2009). Örneğin metilselüloz, polisakkarit molekülleri arasında hidrofobik çapraz bağların oluşması nedeniyle düşük sıcaklıklarda şeffaf çözeltiler oluşturma eğilimindeyken yüksek sıcaklıklarda bulanık jeller oluşturma eğilimindedir (Arvidson ve ark., 2013; Spelzini ve ark., 2005). Lineer selüloz molekülleri gibi birbirine yaklaşabilen ve moleküller arası güçlü hidrojen bağları oluşturabilen polisakkaritlerin suda çözünürlüğü de düşüktür (Guo ve ark., 2017).

Zein gibi suda çözünmeyen proteinler, lifler veya parçacıklar gibi bitki bazlı et ürünlerinde arzu edilen yapısal özellikleri oluşturmak için kullanılmıştır (Mattice ve Marangoni, 2020). Benzer şekilde, selüloz gibi suda çözünmeyen polisakkaritler, işlenmiş gıdalarda yağ ikame maddeleri, doku değiştiriciler veya hacim artırıcı maddeler olarak kullanılmıştır. Bu durumda kristalize selüloz malzemesi, kimyasal veya mekanik araçlar kullanılarak mikropartiküllere veya nanopartiküllere parçalanır ve bunlar daha sonra gıdalarda fonksiyonel bileşenler olarak kullanılmaktadır (Duan ve ark., 2018; Khalil ve ark., 2014).

2. Bağlanma etkileşimleri

Bitki bazlı gıdaları formüle etmek için kullanılan birçok protein ve polisakkarit, bir veya daha fazla türde polar, polar olmayan, anyonik ve/veya katyonik grup içeren karmaşık yüzey kimyalarına sahiptir (Phillips ve Williams, 2021). Bu yüzey gruplarının sayıları ve biyopolimer zincirleri boyunca uzaysal dağılımları farklılık gösterebilmekte, bu da onların çevrelerindeki diğer

moleküllerle etkileşime girme yeteneklerini etkileyebilmektedir (Foegeding ve Davis, 2011; Stephen ve ark., 2006). Birçok bitki bazlı küresel protein gibi yüzeylerinde açıkta polar olmayan bölgelere sahip biyopolimerler, çekici hidrofobik etkileşimler yoluyla polar olmayan molekülleri bağlayabilmektedir. Açıkta anyonik veya katyonik bölgelere sahip biyopolimerler, çekici elektrotatik etkileşimlerin bir sonucu olarak çevrelerindeki zıt yüklü molekülleri bağlayabilmektedir (Blackwood ve ark., 2000). Bu tür etkileşimlerin bilgisi, bitki bazlı gıda ürünleri tasarlanırken sıklıkla faydalıdır. Örneğin bitki bazlı proteinler içeceklerdeki aromatik tat moleküllerine bağlanarak genel tat profilini değiştirebilmektedir (Guo ve ark., 2019; Wang ve Arntfield, 2015). Bazı durumlarda bu, istenmeyen tatların seviyesini azalttığı için arzu edilir, ancak diğer durumlarda beklenen tat profilini değiştirdiği için istenmeyen olabilmektedir. Aroma moleküllerinin moleküler özelliklerinin gıdalardaki proteinlere bağlanmaları üzerindeki etkisini ve bunun genel lezzet profilini nasıl etkilediğini açıklamak için matematiksel modeller geliştirilmiştir (Viry ve ark., 2018).

Bitki bazlı süt ve krema analoglarında, yağ damlacıkları/yağ kütleleri ile çevredeki sulu fazdaki diğer bileşenler arasında meydana gelen herhangi bir bağlanma etkileşiminin tanımlanması ve anlaşılması önemlidir; çünkü bu, genel sistemin stabilitesini etkileyebilmektedir. Örnek olarak, zıt yüklü bir polisakaritin protein kaplı yağ damlacıklarının yüzeylerine bağlanması, bunların bir köprü topaklaşma mekanizması yoluyla toplanmasını destekleyebilmektedir (Dickinson, 2019). Tersine, protein kaplı yağ damlacıklarının zıt yüklü polisakarit moleküllerinden oluşan bir katmanla tamamen kaplanması, damlacıklar arasındaki sterik ve elektrotatik itmeyi artırarak onu toplanmadan koruyabilmektedir (Li ve de Vries, 2018; Xu ve ark., 2020). Bitki proteini kaplı yağ damlacıkları, sulu fazdaki mineral iyonlarına bağlanmadan da etkilenebilmektedir. Örneğin, katyonik kalsiyum iyonlarının anyonik proteinlerin veya protein kaplı yağ damlacıklarının yüzeylerine bağlanması, aralarındaki elektrotatik itmeyi azaltabilmekte ve böylece toplanmalarını teşvik edebilmektedir (Marquez ve ark., 2018). Bu nedenle bu tür ürünlerdeki bağlanma etkileşimlerini açıklamak, anlamak ve kontrol etmek kritik öneme sahiptir.

3. Sıvı tutma kapasitesi

Et, yumurta ve yoğurt analogları gibi yarı katı bitki bazlı gıdalar tipik olarak saf sıvılar (örneğin su veya yağ), çözeltiler (örneğin tuzlu su veya şeker çözeltileri) veya dispersiyonlar (örneğin emülsiyonlar veya süspansiyonlar) gibi önemli miktarda sıvı içermektedir. Bu sıvıların varlığı bu gıdaların görünümünü, dokusunu, lezzetini ve stabilitesini etkilemektedir. Örneğin et benzeri ürünlerde sıvıların tutulması, bunların algılanan dokusunu ve suluğunu belirlemede kritik bir rol oynamaktadır (Cornet ve ark., 2021). Sonuç olarak, bitki bazlı gıdaların depolama ve gıda hazırlama sırasında sıvılarını

tutma yeteneklerinin kontrol edilmesi genellikle önemlidir. Biyopolimerler genellikle et, yumurta ve yoğurt analogları gibi bitki bazlı gıdalara, su tutma kapasitelerini (WHC), yani suyu (veya diğer su bazlı sıvıları) gıda yapısı içinde tutma yeteneklerini geliştirmek için dâhil edilmektedir (Cornet ve ark., 2021; Grasso ve ark., 2020). Bu suyun varlığı, et analoglarının sululuğu gibi bitki bazlı gıda ürünlerinin dokusunu ve ağız hissini belirlemede sıklıkla hayati bir rol oynamaktadır. Bu nedenle suyun üründen ayrılmamasını sağlamak önemlidir. Fiziksel olarak WHC, bir gıdanın yerçekimi veya uygulanan bir stres (presleme veya santrifüjleme gibi) gibi harici bir kuvvetin varlığında suyu tutma yeteneğinin bir ölçüsüdür. Gözenekli bir malzemedeki gözeneklerin sayısında bir artış ve/veya boyutunda bir azalma, onun WHC'sinde bir artışa yol açma eğilimindedir. Sonuç olarak, su kaybını önlemek için bir gıdda ince, düzgün bir gözenekli yapı oluşturmak genellikle faydalıdır.

4. Kalınlaştırma

Bitki bazlı biyopolimerler (özellikle polisakkaritler), süt, krema, sıvı yumurta, sos ve soslar dahil olmak üzere sulu fazın viskozitesini arttırmak için sıvı veya yarı katı bitki bazlı gıda ürünlerinde sıklıkla fonksiyonel bileşenler olarak kullanılmaktadır (Williams ve Phillips, 2021). Bu koyulaştırıcı maddeler, arzu edilen dokusal veya ağızda bıraktığı his niteliklerini oluşturmak veya parçacıklı maddenin (yağ damlacıkları, yağ kütleleri, bitki dokusu parçaları, şifalı bitkiler veya baharatlar gibi) yerçekimsel ayrılma oranını azaltmak için kullanılabilir. Bir koyulaştırıcı maddenin sulu bir çözeltinin viskozitesini arttırma yeteneği, onun koyulaştırıcı gücüyle açıklanabilmektedir; bu, viskozitede büyük bir artış sağlamak için ne kadar bileşenin gerekli olduğunun bir ölçüsüdür. İyi bir koyulaştırıcı madde, viskoziteyi etkili bir şekilde arttırmak için tipik olarak yalnızca küçük bir miktar gerektirir. Bir biyopolimerin kalınlaşma gücü, çözelti içinde (biyopolimer molekülü + hapsedilmiş su) çözündüğünde kapladığı etkin hacmin, biyopolimer molekülünün kendisinin kapladığı hacme bölünmesiyle elde edilen hacim oranına (RV) bağlıdır (Bai ve ark., 2017). RV değeri ne kadar yüksek olursa, polisakkaritin koyulaştırma gücü de o kadar büyük olur. Genel olarak, molar kütle arttıkça RV artar, dallanma derecesi azalır ve molekülün konformasyonu daha geniş hale gelir. Bu nedenle, sert uzun polisakkaritler (ksantan zımkı gibi), kompakt polisakkaritlerden (arap zımkı gibi) veya proteinlerden (bezelye veya soya proteinleri gibi) çok daha yüksek bir koyulaştırma gücüne sahiptir. Kullanılan kalınlaştırıcı maddenin gerekli kesme inceltme davranışını sağladığından emin olmak önemlidir (Bai ve ark., 2017).

5. Jelleşme

Proteinler ve polisakkaritler gibi biyopolimerler genellikle et, yumurta, peynir ve yoğurt analogları gibi bitki bazlı gıdalara arzu edilen dokusal özellikleri sağlamak için jelleştirici ajanlar olarak kullanılır. Birçok bitki bazlı bi-

yopolimer, uygun koşullar altında fiziksel veya kimyasal etkileşimler yoluyla birbirleriyle birleşebilir, böylece suyu içeride hapseden biyopolimer zincirlerinden oluşan gözenekli bir 3 boyutlu ağ oluşturabilir (Phillips & Williams, 2021). Bu biyopolimer hidrojellerin optik, reolojik, aralarındaki çapraz bağların doğası ve sıvı tutma özelliklerinin yanı sıra çevresel koşullara (sıcaklık, pH veya tuz gibi) duyarlılıkları da dahil olmak üzere kalite özellikleri, kullanılan biyopolimerlerin türü ve konsantrasyonuna göre yönetilir. Görünümleri (şeffaf, bulanık veya opak), dokusu (yumuşak/sert, lastiksi/kırılman, kırılma özellikleri), sertleşme özellikleri (sıcak, soğuk, iyon, pH veya enzim) bakımından farklılık gösteren biyopolimer jeller oluşturulabilir (McClements, 2021). Sonuç olarak, formülasyonların istenen özellikleri elde etmek için uygun bir biyopolimeri veya biyopolimer kombinasyonunu seçmesi önemlidir. Bitki bazlı proteinlerden ve/veya polisakkaritlerden oluşan jellerin doğasını etkileyen bazı temel faktörler burada vurgulanmaktadır.

Bitki bazlı gıdaların çoğu, bitki bazlı et, balık, yumurta, yoğurt veya peynir analoglarındaki yağ damlacıkları veya protein parçacıkları gibi hidrojel matris içine gömülü parçacıklar içerir. Bu kompozit sistemlerin reolojik davranışı matematiksel modeller kullanılarak da açıklanabilir (Fu ve ark., 2008). Bu modeller tarafından yapılan tahminler, gömülü parçacıkların polimer ağı ile konsantrasyonunun, boyutlarının ve etkileşimlerinin jel kuvveti, sertlik ve tokluk gibi dokusal özelliklerini belirlediğini göstermektedir. Bu teorik modellerin bilgisi, yarı katı bitki bazlı gıdaların dokusal özelliklerini etkileyen ana faktörlerin belirlenmesine yardımcı olduğundan gıda formüle edenlere faydalı olabilir. Bitki bazlı gıdaların çoğunun bileşimsel ve yapısal karmaşıklığı, niceliksel olmaktan ziyade yalnızca niteliksel tahminlerin yapılacağı anlamına gelmektedir açıklanabilir (Fu ve ark., 2008). Bitki bazlı gıda uygulamaları için seçerken dikkate alınması gereken biyopolimer jelleştirme maddelerinin en önemli özelliklerinden bazıları şu şekildedir:

-Nihai jel kuvveti

-Jelleşme sıcaklığı

-Minimum konsantrasyon

-Parçalanma özellikleri

6. Bağlayıcılar ve genişleticiler

Biyopolimerler genellikle bitkisel bazlı gıda ürünlerine bağlayıcı olarak eklenir; bu bileşenler, amacı ürünü çökmemesi için bir arada tutmaktır (Williams & Phillips, 2021). Amacı ürüne hacim kazandırmak olan genişletici olarak da kullanılabilirler. Bağlayıcılar ve genişleticiler, sıvı tutma, kalınlaştırma, jelleşme ve yapışma dâhil olmak üzere çeşitli mekanizmalarla çalışır. Soya, buğday, bezelye proteinleri ve mısır nişastaları dâhil olmak üzere çeşitli bitki proteinleri ve polisakkaritler bağlayıcı veya genişletici olarak kullanıla-

bilir. Bu bileşenler, örneğin pişmemiş burgerler, sosisler veya külçeler gibi yarı katı bir dokunun korunması gereken bitki bazlı gıdalarda faydalıdır. Bağlayıcı ve genişletici olarak genellikle proteinler veya polisakkaritler kullanılır. Örneğin, buğday gluteni, ekstrüde edilmiş protein parçacıklarını birbirine bağlamak için kullanılır. Pektin, guar sakızı, karragenan, selüloz ve metil-selüloz gibi polisakkaritler de et benzeri ürünlerde sıklıkla bağlayıcı olarak kullanılır. Bu bileşenlerin moleküler özellikleri ve işlevselliği yakın zamanda başka bir yerde incelenmiştir (Kyriakopoulou ve ark., 2021).

7. Emülsifikasyon

Emülgatörler, yağ-su arayüzlerine adsorbe olabilen ve damlacıkları stabilize edebilen bileşenlerdir (McClements ve ark., 2017). Bunu, damlacıkların etrafında bir miktar mekanik sertlik sağlayan ve/veya birbirleriyle bir araya gelmelerini önlemeye yardımcı olan itici kuvvetler üreten koruyucu bir kaplama oluşturarak yaparlar. En yaygın itme kuvvetleri, yüzey yüküne ve adsorbe edilmiş emülgatör katmanının kalınlığına bağlı olan elektrostatik ve sterik itmedir (McClements, 2015). Emülgatör görevi görebilen bitki bazlı bileşenler, tipik olarak yüzeylerinde bazı polar ve bazı polar olmayan bölgelere (yağ ve su) sahip yüzey aktif moleküllerdir veya uygun ıslatma özelliklerine sahip, yani kısmen her ikisi tarafından da ıslatılan küçük kolloidal parçacıklardır. (McClements ve Gümüş, 2016). Moleküler bitki bazlı emülgatörler arasında bazı proteinler (örneğin bezelye, bakla, mercimek, baklagil ve soyadan), polisakkaritler (örneğin modifiye nişasta ve arap zamkı), fosfolipidler (örneğin soya veya ayçiçeğinden) ve saponinler (örneğin quillaja veya çaydan) bulunur. (McClements & Gumus, 2016).

8. Köpürtme

Köpük oluşturu maddeler, hava suyu ara yüzlerine adsorbe olabilen ve gaz kabarcıklarının oluşumunu ve stabilizasyonunu kolaylaştıran bileşenlerdir (Amagliani ve Schmitt, 2017; Narsimhan ve Xiang, 2018). Emülsifiye ediciler gibi, gaz kabarcıklarının etrafında, bir miktar mekanik sertlik kazandırarak ve/veya toplanmalarını engelleyebilecek itici kuvvetler üreterek stabilitelerini artıran koruyucu bir kaplama oluştururlar. Köpürtücü maddeler, bitki bazlı çirpılmış kremalar, dondurmalar veya yumurta analogları gibi arzu edilen dokusal ve stabilize özelliklerini sağlamak üzere gaz kabarcıkları içerebilen ürünlerde faydalıdır. Bu tür uygulamalara uygun olabilecek çeşitli moleküler ve partiküllü bitki bazlı köpük oluşturu maddeler tanımlanmıştır. Bunlar genellikle bitki bazlı proteinler veya protein nanopartikülleridir, ancak bu proteinlerin fonksiyonel performansı genellikle bunların bitki bazlı polisakkaritlerle birlikte kullanılmasıyla geliştirilir. Ayrıca bazı durumlarda hava kabarcıklarının etrafında yağ kristali ağının oluşması da onları stabilize etmeye yardımcı olabilir. Örneğin, çirpılmış krema ve dondurmada kısmen kristalize olan süt yağı kürecikleri, kısmi birleşme nedeniyle birbirleriyle bir

araya gelerek, hava kabarcıklarının etrafında yarı katı bir kabuk oluşturur. Bu nedenle, benzer bir işlevi yerine getirebilecek bitki bazlı yağ damlacıklarının uygun kaynaklarının belirlenmesi, bu ürünlerin bitki bazlı analoglarının oluşturulması açısından önemli olabilir (Amagliani ve Schmitt, 2017; Nar-simhan ve Xiang, 2018).

9. Erime/kristalleşme

Bitki kaynaklı lipitlerin erime ve kristalleşme davranışı, bazı bitki bazlı gıdaların dokusunun, stabilitesinin ve ağızda bıraktığı hissin belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle, gerçek versiyonların istenen dokusal ürünlerini taklit eden bitki bazlı et, peynir ve dondurma analoglarının oluşturulmasında önemli olabilmektedir. Bu durumda katı yağ içeriğine (SFC) karşı sıcaklık profili ve ayrıca oluşan yağ kristallerinin morfolojisi, polimorfik durumu ve etkileşimleri önemlidir (Marangoni ve ark., 2012; Ramel ve ark.,2016). Yeterince yüksek bir konsantrasyonda, akma gerilimi ve elastik modül gibi yarı katı özellikler sağlayan, küçük toplanmış yağ kristallerinden oluşan bir 3 boyutlu ağ oluşturulmaktadır. Bu yağ kristali ağlarının jel kuvveti tipik olarak kristal konsantrasyonu, çapraz bağlanma yoğunluğu ve bağ kuvveti arttıkça artırmaktadır. İdeal olarak, bitki bazlı bir lipit fazının, yerini almak üzere tasarlandığı hayvan bazlı olanın arzu edilen termal ve dokusal özelliklerine uyması gerekmektedir(Marangoni ve ark., 2012; Ramel ve ark.,2016).

10. Beslenme

Bitki bazlı gıdaların besin profilini iyileştirmek için bazı katkı maddeleri kullanılmaktadır. Hayvan bazlı gıdalarda bulunanları taklit etmek veya B12, D vitaminleri, demir, kalsiyum ve çinko gibi bitki bazlı bir diyetle eksik olabilecek mikro besinleri sağlamak için vitaminler ve mineraller eklenebilir. Bitki proteinleri diyet için gerekli amino asitlerin kaynağını sağlamaktadır. Bununla birlikte, bireysel bitki proteinleri tipik olarak bir veya daha fazla esansiyel amino asit bakımından eksiktir, oysa hayvansal proteinlerde bu durum yoktur (Herreman ve ark., 2020). Lizin, tahıl proteinlerindeki ana sınırlayıcı amino asittir; metionin ve sistein ise baklagil proteinlerinde bulunur. Bu nedenle, aynı üründe tahıl ve baklagil proteinlerinin uygun karışımlarını kullanarak veya gün boyunca çeşitli farklı protein kaynaklarını tüketerek bu sorunun üstesinden gelmenin mümkün olabileceği düşünülmektedir (Herreman ve ark., 2020). Bununla birlikte, spesifik protein karışımlarının farklı bitki bazlı gıda matrislerinde insan bağırsağında nasıl davrandığını anlamak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır çünkü bunların besinsel etkileri, amino asit profillerine ve aynı zamanda sindirimin hızına ve kapsamına bağlı olacaktır (Reynaud ve ark., 2021). Daha önce de belirtildiği gibi, ω -3 yağları bakımından zengin lipit kaynakları (keten tohumu veya alg yağları gibi), bitki bazlı gıdaları esansiyel yağ asitleriyle güçlendirmek ve böylece beslenme profillerini iyileştirmek için de kullanılabilir(Reynaud ve ark., 2021).

11. Sindirim

İçerik işlevselliğinin sıklıkla gözden kaçırılan bir yönü, gastrointestinal kaderleri, yani sindirimden sonra insan bağırsağında nasıl davrandıklarıdır (McClements, 2021). Bitki bazlı içerikler, sindirim sırasında, yerini alması tasarlanan hayvan bazlı içeriklere kıyasla farklı davranmaktadır (Ogawa ve ark., 2018). Özellikle, besinlerin ve bunların kan dolaşımındaki metabolitlerinin farmakokinetik profillerini etkileyen gastrointestinal sistem (GIT) içindeki besin sindirimi ve emiliminin yeri, hızı ve boyutunda farklılıklar vardır. Dahası, bir gıdanın bileşimi ve sindirim hızı, diyabet, obezite ve kalp hastalığı gibi hastalıklara duyarlılığı etkileyen hormonal ve metabolik tepkileri etkilemektedir (Xie ve ark., 2020). Birçok hayvansal ürün esas olarak et, balık ve yumurta dahil olmak üzere çok az karbonhidrat içeren protein ve yağlardan oluşmaktadır (Toldra, 2017). Buna karşılık, pek çok bitki bazlı gıda, insan bağırsağında farklı davranan şekerler, nişastalar ve diyet lifleri gibi sindirilebilir ve sindirilemeyen karbonhidratlar içermektedir (Mariotti, 2017). Yakın zamanda yapılan bir in vitro çalışma (INFOGEST), farklı bitki ve hayvan proteinlerinin, yani bahçe bezelyesi, bezelye, soya fasulyesi mercimeği, kazein ve peynir altı suyu proteinlerinin sindirilebilirlik profillerinde kayda değer farklılıklar olduğunu göstermiştir (Santos-Hernandez ve ark., 2020). Genel olarak soya proteinleri mide ve bağırsak sıvılarında diğer proteinlere göre daha az sindirilmiştir. Ayrıca diyet liflerinin kalın bağırsakta kolonik bakteriler tarafından fermente edilebilme yeteneği de bitki bazlı gıdaların sağlamlılığını etkilemektedir (Wilson ve ark., 2020). Hepçil bir beslenmeden daha bitki bazlı bir beslenmeye geçişin beslenme ve sağlık üzerindeki etkileri açıkça önemlidir ve gelecekteki araştırmalar için kritik bir alan olacaktır (Hemler ve Hu, 2019).

12. Diğer işlevler

Bitki bazlı bileşenler, geleneksel hayvan bazlı gıdaların özelliklerini taklit etmek için önemli olan çeşitli diğer arzu edilen özellikleri de sağlayabilmektedir. Örneğin biyopolimerler, bitki bazlı dondurulmuş yemeklerde ve dondurmalarda büyük buz kristallerinin oluşumunu baskılamaya yardımcı olabilir, böylece dokularını ve ağızda bıraktığı hissi iyileştirebilir. Ayrıca gıda ürünlerinde sinerez nedeniyle su kaybını önlemeye yardımcı olabilecek nem geçişini de engelleyebilmektedir. Bu, özellikle ürünün üzerinde görünür bir su tabakasının istenmediği bitki bazlı yoğurt analoglarında önemlidir. Aromalar, renkler, pH düzenleyiciler ve koruyucular gibi diğer bileşenler de hayvansal kökenli gıdaları doğru şekilde taklit eden bitki bazlı gıdalar oluşturmak için önemlidir. Tatların ve renklerin türü, simüle edilen ürünün kesin doğasına bağlıdır. Belirli bitki bazlı gıdalar için metnin ilerleyen kısımlarında bir takım spesifik örnekler verilmektedir (Wilson ve ark., 2020).

Sonuç

Bitki bazlı proteinler, sürdürülebilir kökenleri, ekonomik maliyetleri ve hayvan bazlı gıdalara göre son zamanlarda ilgi görmektedir. Bitkilerden elde edilen proteinlerin genel kalitesinin yalnızca işlenebilirliklerinden değil, aynı zamanda besinsel bakış açılarından da iyileştirilmesi gerekir. Besinsel kalite yalnızca bileşimsel parametreleri (amino asit vb bileşenleri) içermez, aynı zamanda optimum biyolojik işlevselliğe yol açan diğer bileşenleri de içermelidir. Alternatif protein gıda kaynaklarının ve bunlardan elde edilen bileşenlerin kullanımındaki en büyük engellerden biri, gıdalara yapı ve doku gibi nitelikler kazandırma yetenekleridir. Bu bileşenler, emülsiyonları ve köpükleri stabilize etmek veya jeller, protein içecekleri ve et alternatifleri üretmek için formülasyonlarda önemli bir rol oynar. Ancak, çoğu işlevsellikleri nedeniyle sınırlı uygulamalara sahiptir. Bu nedenle, besinsel işlevsellik konusunun üzerinde durmak ve bunun için teknolojik ve endüstriyel uygulamalarını iyileştirmek ve genel olarak daha erişilebilir hale getirmek için bitki proteinlerinin modülasyonu oldukça önem arz etmektedir.

KAYNAKÇA

- Amagliani, L., & Schmitt, C. (2017). Globular plant protein aggregates for stabilization of food foams and emulsions. *Trends in Food Science & Technology*, 67, 248–259. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.07.013>
- Arvidson, S. A., Lott, J. R., Mcallister, J. W., Zhang, J., Bates, F. S., Lodge, T. P., R. L. Sammler, Y. Li, Brackhagen, M. (2013). Interplay of phase separation and thermoreversible gelation in aqueous methylcellulose solutions. *Macromolecules*, 46(1), 300–309. <https://doi.org/10.1021/ma3019359>
- Bai, L., Huan, S., Li, Z. ve McClements, DJ (2017). Yağ-su emülsiyonlarındaki gıda sınıfı polisakaritlerin emülsifiye edici özelliklerinin karşılaştırılması: Arap zamkı, pancar pektini ve mısır lifi zamkı. *Gıda Hidrokolloidleri*, 66, 144-153.
- Bemiller, J. N. (2019). *Carbohydrate Chemistry for Food Scientists*, 3rd Edition, Woodhead Publishing
- Blackwood, A. D., Salter, J., Dettmar, P. W., & Chaplin, M. F. (2000). Dietary fibre, physicochemical properties and their relationship to health. *The journal of the Royal Society for the Promotion of Health*, 120(4), 242-247
- Cornet, S. H. V., Snel, S. J. E., Lesschen, J., Van Der Goot, A. J., & Van Der Sman, R. G. M. (2021). Enhancing the water holding capacity of model meat analogues through marinade composition. *Journal of Food Engineering*, 290, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110283>
- Davidov-Pardo, G., Joye, I. J., & McClements, D. J. (2015). Encapsulation of resveratrol in biopolymer particles produced using liquid antisolvent precipitation. Part 1: Preparation and characterization. *Food Hydrocolloids*, 45, 309–316. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.11.023>
- Dickinson, E. (1992). *Introduction to food colloids*. Oxford University Press. Dickinson, E. (2019). Strategies to control and inhibit the flocculation of protein-stabilized oil-in-water emulsions. *Food Hydrocolloids*, 96, 209–223. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.05.021>
- Duan, B., Huang, Y., Lu, A., & Zhang, L. N. (2018). Recent advances in chitin based materials constructed via physical methods. *Progress in Polymer Science*, 82, 1–33. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2018.04.001>
- Foegeding, E. A., & Davis, J. P. (2011). Food protein functionality: A comprehensive approach. *Food Hydrocolloids*, 25(8), 1853–1864. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.05.008>
- Fu, S. Y., Feng, X. Q., Lauke, B., & Mai, Y. W. (2008). Effects of particle size, particle/matrix interface adhesion and particle loading on mechanical properties of particulate-polymer composites. *Composites Part B-Engineering*, 39(6), 933–961. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2008.01.002>
- Godfrey, G. (2018). *Persepsi Tiga Kumpuu. An Yang Berbeza Mengenai Faktörü So-*

sioekonomi Terhadap Penternakan Lembu Pedaging Di Sabah (Doktora Tezi, Malezya Üniversitesi).

- Grasso, N., Alonso-Miravalles, L., & O'mahony, J. A. (2020). Composition, Physicochemical and Sensorial Properties of Commercial Plant-Based Yogurts. *Foods*, 9(3), 1–13. <https://doi.org/10.3390/foods9030252>
- Guo, J., He, Z. Y., Wu, S. F., Zeng, M. M., & Chen, J. (2019). Binding of aromatic compounds with soy protein isolate in an aqueous model: Effect of pH. *Journal of Food Biochemistry*, 43(10), 10–11. <https://doi.org/10.1111/jfbc.12817>
- Guo, M. Q., Hu, X., Wang, C., & Ai, L. (2017). Polysaccharides: Structure and solubility. In Z. Xu (Ed.), *Solubility of polysaccharides* (pp. 1–17). IntechOpen.
- Hemler, E. C., & Hu, F. B. (2019). Plant-based diets for cardiovascular disease prevention: All plant foods are not created equal. *Current Atherosclerosis Reports*, 21(5). <https://doi.org/10.1007/s11883-019-0779-5>
- Herreman, L., Nommensen, P., Pennings, B., & Laus, M. C. (2020). Comprehensive overview of the quality of plant- And animalsourced proteins based on the digestible indispensable amino acid score. *Food Science & Nutrition*, 8(10), 5379–5391. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1809>
- Jones, B. A., Grace, D., Kock, R., Alonso, S., Rushton, J., Said, M. Y., ... & Pfeiffer, D. U. (2013). Zoonosis emergence linked to agricultural intensification and environmental change. *Proceedings of the national academy of sciences*, 110(21), 8399–8404.
- Khalil, H., Davoudpour, Y., Islam, M. N., Mustapha, A., Sudesh, K., Dungani, R., & Jawaid, M. (2014). Production and modification of nanofibrillated cellulose using various mechanical processes: A review. *Carbohydrate Polymers*, 99, 649–665. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.08.069>
- Kyriakopoulou, K., Keppler, J. K., & Van Der Goot, A. J. (2021). Functionality of Ingredients and Additives in Plant-Based Meat Analogues. *Foods*, 10(3), 600. <https://doi.org/10.3390/foods10030600>
- Li, X. F., & De Vries, R. (2018). Interfacial stabilization using complexes of plant proteins and polysaccharides. *Current Opinion in Food Science*, 21, 51–56. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.05.012>
- Marangoni, A. G., Acevedo, N., Maleky, F., Co, E., Peyronel, F., Mazzanti, G., B. Quinn, Pink, D. (2012). Structure and functionality of edible fats. *Soft Matter*, 8(5), 1275–1300. <https://doi.org/10.1039/c1sm06234d>
- Mariotti, F. (2017). *Vegetarian and plant-based diets in health and disease prevention*. Academic Press.
- Marquez, A. L., Wagner, J. R., & Palazolo, G. G. (2018). Effects of calcium content and homogenization method on the microstructure, rheology, and stability of emulsions prepared with soybean flour dispersions. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 120(7). <https://doi.org/10.1002/ejlt.201700500>
- Mattice, K. D., & Marangoni, A. G. (2020). Comparing methods to produce fibrous

- material from zein. *Food Research International*, 128. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108804>
- Mcclements, D. J., Bai, L., & Chung, C. (2017). Recent advances in the utilization of natural emulsifiers to form and stabilize emulsions. *Annual Review of Food Science and Technology*, 8, 205–236.
- Mcclements, D. J., & Gumus, C. E. (2016). Natural emulsifiers— Biosurfactants, phospholipids, biopolymers, and colloidal particles: Molecular and physico-chemical basis of functional performance. *Advances in Colloid and Interface Science*, 234, 3–26. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2016.03.002>
- Mcclements, D. J. (2015). *Food emulsions: Principles, practice, and techniques* (2nd ed.). CRC Press.
- Mcclements, D. J. (2021). Food hydrocolloids: Application as functional ingredients to control lipid digestion and bioavailability. *Food Hydrocolloids*, 111. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106404>
- Murray, J. C. F. (2009). Cellulosics. In G. O. Phillips & P. A. Williams (Eds.), *Handbook of hydrocolloids* (2nd ed., pp. 710–723). Elsevier Narsimhan ve Xiang, (2018).
- Ogawa, Y., Donlao, N., Thuengtung, S., Tian, J. H., Cai, Y. D., Reginio, F. C., S. Ketnawa, N. Yamamoto, Tamura, M. (2018). Impact of food structure and cell matrix on digestibility of plant-based food. *Current Opinion in Food Science*, 19, 36–41. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.01.003>
- Phillips, G. O., & Williams, P. A. (2021). *Handbook of hydrocolloids* (3rd ed.). Woodhead Publishing. Pietsch, V. L., Emin, M. A., & Schuchmann, H. P. (2017). Process conditions influencing wheat gluten polymerization during high moisture extrusion of meat analog products. *Journal of Food Engineering*, 198, 28–35. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.10.027>
- Ramel, P. R., Co, E. D., Acevedo, N. C., & Marangoni, A. G. (2016). Structure and functionality of nanostructured triacylglycerol crystal networks. *Progress in Lipid Research*, 64, 231–242. <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2016.09.004>
- Reynaud, Y., Buffiere, C., Cohade, B., Vauris, M., Liebermann, K., Hafnaoui, N., M. Lopez, I. Souchon, D. Dupont, Remond, D. (2021). True ileal amino acid digestibility and digestible indispensable amino acid scores (DIAASs) of plant-based protein foods. *Food Chemistry*, 338. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128020>
- Santos-Hernandez, M., Alfieri, F., Gallo, V., Miralles, B., Masi, P., Romano, A., P. Ferranti, Recio, I. (2020). Compared digestibility of plant protein isolates by using the INFOGEST digestion protocol. *Food Research International*, 137. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109708>
- Seto, K. C. & Ramankutty, N. (2016). Hidden linkages between urbanization and food systems. *Science* 352, 943–945.
- Spelzini, D., Rigatusso, R., Farruggia, B., & Picó, G. (2005). Thermal aggregation of

methyl cellulose in aqueous solution: a thermodynamic study and protein partitioning behaviour. *Cellulose*, 12, 293-304.

- Stephen, A. J., Phillips, G. O., & Williams, P. A. (2006). Food polysaccharides and their applications (2nd ed.). CRC Press.
- Toldra, F. (2017). Lawrie's meat science (8th ed.). Woodhead Publishing. Tolstoguzov, V. B. (1991). Functional properties of food proteins and role of protein-polysaccharide interaction. *Food Hydrocolloids*, 4(6), 429-468.
- Viry, O., Boom, R., Avison, S., Pascu, M., & Bodnar, I. (2018). A predictive model for flavor partitioning and protein-flavor interactions in fat-free dairy protein solutions. *Food Research International*, 109, 52-58. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.04.013>
- Vranken, L., Avermaete, T., Petalios, D., & Mathijs, E. (2014). Curbing global meat consumption: Emerging evidence of a second nutrition transition. *Environmental Science & Policy*, 39, 95-106.
- Wang J, Zhao M, Yang X, Jiang Y. 2006. Improvement on functional properties of wheat gluten by enzymatic hydrolysis and ultrafiltration. *J Cereal Sci* 44:93-100.
- Williams, P. A., & Phillips, G. O. (2021). Introduction to food hydrocolloids. In *Handbook of hydrocolloids* (pp. 3-26). Woodhead publishing.
- Wilson, A. S., Koller, K. R., Ramaboli, M. C., Nesengani, L. T., Ocvirk, S., Chen, C. X., Flanagan CA, Sapp FR, Merritt ZT, Bhatti F, Thomas TK, O'Keefe, S. J. D. (2020). Diet and the human gut microbiome: An international review. *Digestive Diseases and Sciences*, 65(3), 723-740. <https://doi.org/10.1007/s10620-020-06112-w>
- Xie, C., Jones, K. L., Rayner, C. K., & Wu, T. Z. (2020). Enteroendocrine hormone secretion and metabolic control: Importance of the region of the gut stimulation. *Pharmaceutics*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics12090790>