



GIDA BİLİMLERİ VE MÜHENDİSLİĞİ ALANINDA BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR

Editör: Dr.Öğr.Üyesi Hicran UZUN KARKA

yaz
yayınları

Gıda Bilimleri ve Mühendisliği Alanında Bilimsel Araştırmalar

Editör

Dr.Öğr.Üyesi Hicran UZUN KARKA

yaz
yayınları

2026

**Gıda Bilimleri ve Mühendisliği Alanında
Bilimsel Araştırmalar**

Editör: Dr.Öğr.Üyesi Hicran UZUN KARKA

© YAZ Yayınları

Bu kitabın her türlü yayın hakkı Yaz Yayınları'na aittir, tüm hakları saklıdır. Kitabın tamamı ya da bir kısmı 5846 sayılı Kanun'un hükümlerine göre, kitabı yayınlayan firmanın önceden izni alınmaksızın elektronik, mekanik, fotokopi ya da herhangi bir kayıt sistemiyle çoğaltılamaz, yayınlanamaz, depolanamaz.

E_ISBN 978-625-8574-71-5

Mart 2026 – Afyonkarahisar

Dizgi/Mizanpaj: YAZ Yayınları

Kapak Tasarım: YAZ Yayınları

YAZ Yayınları. Yayıncı Sertifika No: 73086

M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3
İscehisar/AFYONKARAHİSAR

www.yazyayinlari.com

yazyayinlari@gmail.com

İÇİNDEKİLER

Ekmek ve Pastacılık Sektöründe Sebze ve Meyve Yan Ürünlerinin Değerlendirilmesi.....	1
<i>Aslıhan TÜĞEN</i>	

Bitkisel Kaynaklı Süt Alternatifleri: Beslenme ve Fonksiyonellik Açısından Değerlendirme	23
<i>Ayşen BABACAN, Nilgün Başak TECER</i>	

"Bu kitapta yer alan bölümlerde kullanılan kaynakların, görüşlerin, bulguların, sonuçların, tablo, şekil, resim ve her türlü içeriğin sorumluluğu yazar veya yazarlarına ait olup ulusal ve uluslararası telif haklarına konu olabilecek mali ve hukuki sorumluluk da yazarlara aittir."

EKMEK VE PASTACILIK SEKTÖRÜNDE SEBZE VE MEYVE YAN ÜRÜNLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Ashhan TÜĞEN¹

1. GİRİŞ

Küresel gıda sistemleri, artan nüfus, iklim değişikliği ve kaynak kıtlığı karşısında önemli sürdürülebilirlik zorlukları ile karşı karşıyadır. Sürdürülebilir gıda sistemleri, çevresel, ekonomik ve sosyal boyutları dengeleyen, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılama kapasitesini tehlikeye atmadan mevcut ihtiyaçları karşılayan sistemler olarak tanımlanmaktadır (Gallardo vd., 2024). Bu çerçevede geleneksel "al-kullan-at" yaklaşımını temel alan doğrusal modellerin yerini döngüsel ekonomi kavramı almaktadır. İlgili model, kaynakların en yüksek verimle ve en uzun süre boyunca sistem içerisinde tutulmasını, atık oluşumunun en alt düzeye indirilmesini ve yan ürünlerin tekrar işlenerek ekonomiye kazandırılmasını hedefleyen kapalı döngü mekanizmalarını odağına almaktadır (Martins, 2022). Gıda üretim ve işleme aşamalarında kayda değer miktarda yan ürün ile atığın ortaya çıkması, döngüsel ekonomi yaklaşımını gıda endüstrisi için kritik bir konuma taşımaktadır.

Ekmek ve pastacılık sektörü, dünya genelinde en büyük gıda sektörlerinden biridir ve önemli miktarda hammadde tüketmektedir. Geleneksel olarak, bu sektör ağırlıklı olarak buğday unu, şeker, yağ ve su gibi temel hammaddelere dayanmaktadır. Ancak, artan tüketici bilinçlenmesi ve sağlıklı

¹ Doktora Öğrencisi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye, ORCID: 0000-0001-5344-2804.

beslenme talebi, sektörü daha besleyici ve fonksiyonel ürünler geliştirmeye yöneltmektedir. Aynı zamanda, sektörün sürdürülebilirlik performansını iyileştirme ihtiyacı, alternatif ve yenilikçi hammadde kaynaklarının araştırılmasını gerektirmektedir (Duarte vd., 2025).

Ekmek ve pastacılık sektörü, dünya genelinde en yaygın tüketilen gıda kategorilerinden birini oluşturmakta ve bu nedenle fonksiyonel bileşenlerin tüketicilere ulaştırılması için ideal bir platform sunmaktadır. Geleneksel unlu mamullerin düşük lif içeriği, yüksek glisemik indeksi ve sınırlı biyoaktif bileşen profili, bu ürünlerin besin değerinin geliştirilmesi ihtiyacını doğurmaktadır. Meyve ve sebze yan ürünlerinin ekmek ve pastacılık ürünlerine dahil edilmesi, hem bu ürünlerin besinsel kalitesini artırma hem de gıda israfını azaltma açısından çift yönlü bir fayda sağlamaktadır (Duarte vd., 2025 & Gallardo vd., 2024 & Hoxha vd., 2024). Bu derleme çalışması, meyve ve sebze yan ürünlerinin kimyasal kompozisyonunu, biyoaktif özelliklerini, ekmek ve pastacılık ürünlerinde kullanım şekillerini, besinsel ve teknolojik etkilerini ve sürdürülebilirlik boyutlarını kapsamlı bir şekilde incelemeyi amaçlamaktadır.

2. MEYVE VE SEBZE YAN ÜRÜNLERİ

Gıda işleme endüstrisi, küresel ölçekte önemli miktarlarda meyve ve sebze yan ürünü oluşturmaktadır. Meyve ve sebze üretiminin yaklaşık %35-60'ı işleme sırasında atılmakta ve bu durum hem ekonomik kayıplara hem de çevresel sorunlara yol açmaktadır (Lau vd., 2021; Gómez & Martinez, 2018). Kabuklar, tohumlar, pirina, yapraklar ve saplar gibi yan ürünler, genellikle değersiz atık olarak görülmesine rağmen, diyet lifi, vitaminler, mineraller ve polifenoller, karotenoidler ve likopen gibi biyoaktif bileşikler açısından zengin içeriğe sahiptir (O'Shea & Arendt, 2012; Trigo vd., 2020). Bu yan ürünlerin unlu mamuller başta

olmak üzere çeşitli gıda ürünlerine fonksiyonel bileşenler olarak dahil edilmesi, hem gıda israfını azaltma hem de ürünlerin besin değerini artırma açısından önemli bir potansiyel sunmaktadır. Özellikle ekmek ve pastacılık ürünlerinde bu yan ürünlerin kullanımı, tüketicilerin daha sağlıklı ve fonksiyonel gıdalara olan talebini karşılamanın yanı sıra sürdürülebilir gıda üretim uygulamalarına katkıda bulunmaktadır (Martins vd., 2017).

2.1. Yan Ürünlerin Kapsamı

Meyve ve sebze yan ürünleri, hasat, nakliye, depolama ve endüstriyel işleme süreçlerinin farklı aşamalarında ortaya çıkan kabuklar, tohumlar, posalar, saplar, pirinalar, tohum kabukları ve yapraklar gibi bileşenleri kapsamaktadır (Santonocito vd., 2025; Sagar vd., 2018). Bu yan ürünler, başta yağ, meyve suyu, şarap, şeker ve diğer işlenmiş gıda ürünlerinin üretimi olmak üzere çeşitli gıda işleme operasyonlarından kaynaklanmaktadır (Dilucia vd., 2020). Akdeniz bölgesi özelinde domates, zeytin, turunçgiller, badem, nar, keçiboynuzu, hurma ve üzüm gibi tarımsal ürünlerin işlenmesi sırasında önemli miktarda yan ürün oluşmaktadır (Santonocito vd., 2025). Meyve suyu üretimi, konserve işleme, dondurulmuş gıda üretimi ve diğer işleme süreçleri sonucunda oluşan kabuklar, posalar, çekirdekler ve saplar, toplam hammadde ağırlığının %30–60'ını oluşturabilmektedir (Ranasinghe vd., 2022; Chulibert vd., 2024). Örneğin, hurma işleme endüstrisi üretimin %10'undan fazlasını atık olarak oluşturmakta (Ranasinghe vd., 2022), enginar işlemede yan ürünler biyokütlenin %60–80'ini temsil etmekte (Cannas vd., 2024), mango kabuğu ise meyvenin %35–60'ını oluşturmaktadır (Chulibert vd., 2024).

Bu yan ürünler, geleneksel olarak hayvan yemi, kompost veya enerji üretimi gibi düşük katma değerli uygulamalarda kullanılmakta veya bertaraf edilmektedir. Ancak, son yıllardaki araştırmalar, bu yan ürünlerin diyet lifi, polifenoller,

karotenoidler, vitaminler, mineraller ve diğer biyoaktif bileşenler açısından zengin olduğunu ortaya koymaktadır (Subiria-Cueto vd., 2021; Ranasinghe vd., 2022; Raczkowska vd., 2024). Bu bileşenler, antioksidan, anti-enflamatuar, antidiyabetik ve antimikrobiyal özellikler gibi çeşitli sağlık yararları sunmaktadır (Raczkowska vd., 2024; Subiria-Cueto vd., 2021).

2.2. Yan Ürünlerde Bulunan Biyoaktif Bileşenler ve Faydaları

Meyve ve sebze yan ürünleri, polifenoller, karotenoidler, diyet lifleri, vitaminler, mineraller ve enzimler gibi geniş bir yelpazede biyoaktif bileşik barındırmaktadır (Dilucia vd., 2020; Marcelli vd., 2025; Sagar vd., 2018). Bu biyoaktif bileşenler, hem ekstrakte edilebilir fenolik bileşikler (EP'ler) hem de hücre duvarları ve proteinler gibi makromoleküllere bağlı olan ekstrakte edilemeyen fenolik bileşikler (NEP'ler) formunda bulunmaktadır (Zeng vd., 2023). Özellikle NEP'ler, kondanse tanenler ve flavonoidler gibi bileşikler içermekte olup, bazı meyve ve sebze atıklarında EP'lerden daha yüksek konsantrasyonlarda tespit edilmektedir (Zeng vd., 2023).

Yan ürünlerin kimyasal bileşimi ve biyoaktif madde içeriği, meyve veya sebze türüne, olgunlaşma aşamasına, yetiştirme koşullarına ve uygulanan işleme yöntemlerine göre önemli farklılıklar göstermektedir (Gómez & Martinez, 2018). Örneğin, narenciye kabuklarının yüksek polifenol içeriği, üzüm pürelerinin zengin antosiyanin profili ve badem kabuklarının güçlü antioksidan kapasitesi, farklı yan ürün kaynaklarının birbirinden farklı fonksiyonel özelliklere sahip olduğunu ortaya koymaktadır (Trigo vd., 2020). Bu bileşenlerin yapısal çeşitliliği, yan ürünlerin çok yönlü kullanım potansiyelini destekleyen temel faktörlerden birini oluşturmaktadır.

Meyve ve sebze yan ürünlerinde bulunan biyoaktif bileşikler, anti-enflamatuar, antioksidan, antimikrobiyal, anti-

kanser, hipoglisemik, antidepresan ve kardiyovasküler ile nörolojik koruyucu aktiviteler dahil olmak üzere çok sayıda sağlık yararı sergilemektedir (Santonocito vd., 2025). Özellikle polifenol açısından zengin olan bu yan ürünler, hipertansiyon, tip II diabetes mellitus, dislipidemi ve obezite gibi kardiyometabolik bozuklukların yönetiminde olumlu etkiler göstermektedir (Tavares vd., 2022). Yan ürünlerden elde edilen ekstraktların, endotel disfonksiyonunu iyileştirerek kardiyovasküler hastalık riskini azaltabileceği ve oksidatif stresi modüle ederek kronik hastalıkların önlenmesine katkıda bulunabileceği bildirilmiştir (Tavares vd., 2022). Karotenoidlerin serbest radikal hasarını baskılama, bazı kanser türlerinin riskini azaltma, bağışıklık sistemi fonksiyonlarını geliştirme ve katarakt, koroner kalp hastalıkları ile felç gibi durumları önleme kapasitesine sahip olduğu gösterilmiştir (Gómez & Martinez, 2018). Ayrıca, NEP'lerin bağırsak sağlığını iyileştirerek bağışıklık fonksiyonunu modüle ettiği ve antioksidan enzim aktivitesini artırarak oksidatif stres ve bağırsak bariyeri fonksiyonunun yönetiminde rol oynadığı ortaya konmuştur (Zeng vd., 2023).

2.3. Yan Ürünlerin Gıda Endüstrisinde Kullanımı ve İşleme Teknikleri

Gıda endüstrisinde meyve ve sebze yan ürünleri; gıda takviyesi, fonksiyonel bileşen olarak gıdalara dâhil edilme, aktif gıda ambalajı üretimi ve yeni gıda ürünlerinin geliştirilmesi gibi çok yönlü uygulama alanlarına sahiptir (Nardella vd., 2022; Trigo vd., 2020). Bu yan ürünlerin öz veya toz formlarının unlu mamuller, süt ürünleri, et ve balık bazlı ürünler, içecekler, yağlar, şarap ve makarna gibi farklı gıda kategorilerinde kullanımı, besin değerinin artırılmasını ve raf ömrünün uzatılmasını mümkün kılmaktadır (Nardella vd., 2022; Trigo vd., 2020). Özellikle unlu mamullerde yan ürün ilavesi, çözünür ve çözünmeyen diyet liflerini önemli ölçüde artırmakta; nişasta ve diğer glisemik karbonhidratların sindirimini etkileyerek glisemik yanıtın

iyileştirilmesine katkıda bulunmaktadır. Ekmek, kurabiye ve kek gibi ürünlerde diyet lifi içeriğinin 20 kata kadar artırılabilirdiği, aynı zamanda ekmek sertliğinin azalması yoluyla ürün kalitesinin iyileştirilebildiği bildirilmektedir (Lau vd., 2021).

Yan ürün ekstraktlarının gıda ambalaj malzemelerinde kullanımı, ambalaj sistemlerinin fiziksel ve mekanik özelliklerinin yanı sıra antioksidan ve antimikrobiyal kapasitelerini de geliştirmekte, böylece gıda güvenliğine doğrudan katkı sağlamaktadır (Dilucia vd., 2020). Ayrıca fermantasyon teknolojilerinin uygulanmasıyla yan ürünler; sindirilebilirliği artırılmış, istenmeyen bileşikleri azaltılmış ve probiyotik içeriği zenginleştirilmiş fonksiyonel gıdalara dönüştürülebilmektedir. Bu yaklaşım, yan ürünlerin oksidasyon süreçlerini, mikrobiyal büyümeyi ve fiziksel bozulmayı sınırlandırarak, duyuusal özelliklerden ödün vermeden doğal koruyucular olarak işlev görebileceğini ortaya koymaktadır (Nardella vd., 2022; Marcelli vd., 2025).

Yan ürünlerin etkin şekilde değerlendirilmesinde işleme ve ekstraksiyon teknikleri belirleyici bir rol oynamaktadır. Maserasyon ve solvent ekstraksiyonu gibi geleneksel yöntemler, düşük seçicilik, uzun işlem süreleri ve ısıya duyarlı bileşiklerin bozulması gibi önemli sınırlamalar taşımaktadır (Sagar vd., 2018). Bu nedenle darbeli elektrik alanı (PEF), ultrason destekli, mikrodalga destekli ve süperkritik akışkan ekstraksiyonu gibi yeni nesil yeşil ekstraksiyon teknolojileri ön plana çıkmaktadır (Sagar vd., 2018). Özellikle NEP'lerin karmaşık yapıları ve makromoleküllere bağlı formları, bu bileşiklerin elde edilmesinde özel hidroliz işlemleri ve gelişmiş analitik yaklaşımların kullanılmasını gerekli kılmaktadır (Zeng vd., 2023).

Yan ürünlerin uygun işleme teknikleri ve hijyen protokolleriyle fonksiyonel gıdalara dönüştürülmesi, ürünlerin fiziksel ve organoleptik özelliklerinin korunması açısından kritik

öneme sahiptir. Bununla birlikte, gıda formülasyonlarına dâhil edilme sürecinde renk, doku ve genel tüketici kabul edilebilirliğinde ortaya çıkabilecek değişimlerin optimize edilmesi gerekmektedir (Lau vd., 2021). Bu kapsamda geliştirilen teknolojik yaklaşımlar, yan ürünlerin endüstriyel ölçekte benimsenmesini kolaylaştırmakta ve yüksek operasyonel maliyetlere bağlı engellerin aşılmasına katkı sağlamaktadır.

3. SEBZE VE MEYVE YAN ÜRÜNLERİNİN EKMEK VE PASTACILIKTA KULLANIMI

Sebze ve meyve işleme yan ürünlerinin (kabuğu, posası, çekirdek/çekirdek unu vb.) ekmek ve pastacılık ürünlerine fonksiyonel bileşen olarak dâhil edilmesi, sürdürülebilirlik perspektifinin yanı sıra ürünün besinsel yoğunluğu ve biyoaktif zenginliğini artırma potansiyeli nedeniyle sıklıkla araştırma konusu olmaktadır. Bu yaklaşımda, belirli ikame düzeylerine kadar fenolik bileşikler, antioksidan kapasite, diyet lifi ve bazı minerallerin düzeylerinde istatistiksel ve teknolojik açıdan anlamlı artışlar sağlanmaktadır. Bununla birlikte ikame oranı yükseldikçe renk tonunun koyulaşması, ürün hacminin azalması, doku sertliğinin artması ve buna eşlik eden duyuusal kabulün gerilemesi gibi teknoloji ve kaliteye ilişkin maliyetler belirginleşmektedir (Gómez & Martinez, 2018; Lau vd., 2021). Bu nedenle uygulamada kritik olan, her bir yan ürün özelinde biyoaktif kazanımı en üst düzeye taşıyan ikame aralığı ile duyuusal ve teknolojik açıdan kabul edilebilir kalite düzeyi arasında optimum dengeyi tanımlamaktır.



Şekil 1. Sebze ve Meyve Yan Ürünlerinin Ekmek ve Pastacılıkta Kullanımı

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

3.1. Besinsel Değere Etkisi

Meyve-sebze yan ürünlerinin ekmek ve pastacılık ürünlerine katılımında en sık elde edilen bulgu, toplam diyet lifinde belirgin artıştır. Ekmek matriksinde bezelye kabuğu gibi lifçe zengin yan ürünlerin %10'a kadar kullanımı toplam diyet lifini anlamlı biçimde yükseltmiş; benzer şekilde patates kabuğu uygulamaları diyet lifi ve selüloz düzeylerini artırmıştır (Kasprzak & Rzedzicki, 2010; Kaack vd., 2006). Daha genel düzeyde, ilgili çalışmalar yan ürün ilavesinin diyet lifini çok yüksek katsayılarla artırabildiğini; bazı uygulamalarda artışın 20 kata kadar çıkabildiğini göstermektedir (Lau vd., 2021). Pastacılıkta yüksek ikame örnekleri de bu eğilimi destekler niteliktedir Chokeberry posasının kısa kabuklu hamur işlerine yüksek oranlarda eklenmesi lif içeriğinde yaklaşık on kata varan artış ve enerji değerinde belirgin azalma ile ilişkilendirilmiştir (Raczkowska vd., 2022).

Biyoaktif bileşenler ve antioksidan kapasite bakımından da yan ürün ilavesi güçlü bir zenginleştirme aracıdır. Nar kabuğu, üzüm posası ve domates posası gibi fenolikçe zengin

materyallerin ekmek ve bisküvi/kurabiye formülasyonlarında toplam fenolikler ve antioksidan aktiviteyi belirgin biçimde yükselttiği, bunun özellikle düşük-orta ikame düzeylerinde daha dengeli bir kalite profili sunduğu vurgulanmaktadır (Altunkaya vd., 2013; Hayta vd., 2012; Nour vd., 2015). Siyah fasulye tohum kabuğunun çok düşük bir düzeyde (%0,5) kullanımında dahi, pişirme sonrası flavonoid, saponin ve antosiyaninlerin önemli bir bölümünün üründe kalabilmektedir (Chávez-Santoscoy vd., 2016). Bisküvi/kurabiye matriksinde nar kabuğu ilavesiyle fenolikler ve antioksidan aktivitenin artması ve depolama sırasında oksidatif bozulmanın azalması da önemli kazanımlar arasındadır (Ismail vd., 2014).

Mineral içeriği yönünden yan ürünlerin katkısı, özellikle kabuk/posa fraksiyonlarının mineralce zengin olmasıyla ilişkilidir. Nar kabuğu ilavesinin kurabiyede kalsiyum ve demir gibi mineralleri artırabildiği, yüksek oranlı chokeberry posası içeren ürünlerde potasyum, kalsiyum, magnezyum ve demirde belirgin artışların görülebildiği bildirilmiştir (Raczowska vd., 2022). Bu çerçevede yan ürünlerin, vitamin ve fitokimyasallarla birlikte ürünün besin profilini genişleten bir “mikro besin taşıyıcısı” gibi davranabildiği kabul edilmektedir (O’Shea, Arendt & Gallagher, 2012).

Protein içeriğine etki daha değişkendir ve çoğu çalışmada lif/biyoaktif artışı kadar belirgin değildir. Bununla birlikte, kayısı çekirdeği gibi protein ve/veya yağ fraksiyonu içeren yan ürünlerin düşük yağlı ürünlerde protein ve lipid kompozisyonuna olumlu katkı verebildiği belirtilmektedir (Özboy-Özbaş vd., 2010). Diyet lifi konsantrelerinin yalnızca lif değil, belirli ölçüde protein, lipit ve sindirilebilir karbonhidrat fraksiyonlarını da taşıması, dolayısıyla besinsel etkinin yan ürünün kimyasal bileşimine göre farklılaşması bu değişkenliği açıklamaktadır (Garcia-Amezquita vd., 2018). Ayrıca bitki bazlı yan ürünlerin fermantasyonu yoluyla sindirilebilirliğin artması ve istenmeyen

bileşiklerin azalması üzerinden protein kalitesinin iyileşebildiği de ortaya konan bulgular arasındadır (Marcelli vd., 2025).

Glisemik yanıt açısından, özellikle çözünür/çözünmeyen lif fraksiyonları ve polifenollerin nişasta sindirimi ve glikoz taşınımı üzerinde düzenleyici etkiler gösterebilmesi nedeniyle, yan ürün ilavesinin glisemik indeksi düşürme potansiyeli olduğu ifade edilmektedir (Gómez & Martinez, 2018). Bu potansiyel, yüksek polifenol içeriğiyle anti-diyabetik etkinin arttığını bildiren yüksek oranlı chokeberry uygulamalarıyla da uyumludur (Raczkowska vd., 2022).

3.2. Duyusal ve Teknolojik Kaliteye Etkisi

Yan ürün ilavesinin kalite üzerindeki etkisi, ürün matriksine (ekmek vs. bisküvi/kurabiye) ve ikame düzeyine güçlü biçimde bağlıdır. Ekmek gibi yüksek havalandırma gerektiren sistemlerde lifçe zengin fraksiyonlar su bağlama kapasitesini artırarak hamur reolojisini değiştirebilmekte, bu durum somun hacminde azalma, gözeneklilikte düşüş ve kırıntı yapısında kabalaşma gibi sonuçlara yol açabilmektedir (Gómez & Martinez, 2018). Nitekim keten tohumu kabuğunda %1–5 aralığında fenolik/antioksidan artışı sağlanırken, yüksek ikame düzeylerinde somun hacminde azalma ve iç dokuda sertleşme eğilimi bildirilmiştir (Seczyk vd., 2017). Benzer biçimde patates kabuğu uygulamalarında lif artışıyla birlikte sertliğin belirginleştiği, duyusal açıdan orta düzey ikamenin (ör. %8 civarı) daha uygun bulunabildiği bildirilmiştir (Kaack vd., 2006). Üzüm posasında ise fenolik/antioksidan kazanım güçlü olmakla birlikte yüksek ikamelerde renk koyulaşması ve sertlik artışı belirginleşmiş, duyusal kabul açısından daha sınırlı bir aralık (%2–5) avantajlı değerlendirilmiştir (Hayta vd., 2012). Nar kabuğunda da benzer bir eşik bulunmaktadır. Antioksidan kapasite artarken en yüksek ikame düzeylerinde tat ve ağız hissi

gibi duyuşal boyutlarda düşüş bildirilmektedir (Altunkaya vd., 2013).

Bisküvi/kurabiye gibi düşük su aktivitesine sahip ürünler, şeker ve lipid fazının bazı istenmeyen tat/acımsı notaları maskeleyebilmesi nedeniyle çoğu zaman daha yüksek ikame düzeylerine ekmekten daha toleranslıdır. Ancak renk koyulaşması ve sertlik artışı burada da duyuşal kabulün temel sınırlayıcılarıdır (Gómez & Martinez, 2018). Patates kabuğu lifi %5–15 aralığında lifçe zenginleştirme sağlarken, ikame oranı yükseldikçe koyu renk ve sert doku nedeniyle kabul edilebilirliğin azaldığı ve %5 düzeyinin daha uygun bulunabildiği raporlanmıştır (Dhingra vd., 2012). Nar kabuğu ilavesinde %7,5 düzeyine kadar ürünlerin kabul edilebilir kalabildiği, %10'a yaklaşıldığında hamur reolojisi ile kırılma/yayılma gibi fonksiyonel özelliklerin belirgin biçimde değiştiği ve sertlik artışı eğiliminin güçlendiği ortaya konulmuştur (İsmail vd., 2014; Srivastava vd., 2014). Üzüm posasına ilişkin bulgular, görece yüksek ikame düzeylerinde dahi (örneğin %20–30) fenolik bileşikler ve antioksidan kapasite kazanımının devam edebildiğini ve genel kabulün bazı koşullarda anlamlı ölçüde zayıflamayabildiğini göstermiştir. Bununla birlikte, farklı çalışmalar %5–10 aralığındaki ilavelerin duyuşal beğeniyi artırabildiğini bildirmiştir. Daha yüksek düzeylerde ise belirgin kahverengileşme ve yoğun renk algısının baskınlaştığı rapor edilmiştir (Maner vd., 2017; Karnopp vd., 2015). Bu ayırışan sonuçlar, yan ürünün bileşimi ile ürün matriksinin yapısal özellikleri ve uygulanan işleme koşulları arasındaki etkileşimin belirleyici nitelik taşıdığını ortaya koymuştur.

Teknolojik açıdan değerlendirildiğinde, yan ürünlerin ekmek ve pastacılık sistemlerine dâhil edilmesi su tutma, emülsifikasyon ve şişme gücü gibi fonksiyonel parametrelerde ölçülebilir değişimler oluşturabilmektedir. Acha bazlı bisküvilere soya kabuğu unu eklenmesi su tutma kapasitesi ile emülsifiye edici kapasiteyi artırmıştır. Aynı uygulama lif ve protein içeriğini

yükseltmiştir. Genel kabul düzeyi ise anlamlı biçimde bozulmamıştır. Bununla birlikte, organoleptik tercih bakımından daha düşük ikame düzeyleri daha avantajlı bulunmuştur (Ayo & Kajo, 2016). Elma püresi tozu içeren kurabiyelerde su ve yağ emme kapasitesinin, şişme gücünün ve köpük kapasitesinin artması da benzer bir çerçeveye sunmuştur. Bu sonuçlar, yan ürünlerin matrikste yalnızca besinsel katkı sağlayan girdiler olmadığını, aynı zamanda ürünün yapısal davranışını yeniden biçimlendiren bileşenler olarak işlev gördüğünü ortaya koymuştur (Naseem vd., 2024).

Sonuç olarak sebze ve meyve yan ürünlerinin ekmek ve pastacılık ürünlerine formülasyona dâhil edilmesi, özellikle diyet lifi ve antioksidan kapasite ekseninde belirgin besinsel kazanımlar üretmiştir. Bununla birlikte, ikame düzeyinin yükselmesine paralel olarak renk koyulaşması, hacimde azalma, dokuda sertleşme ve tat profilinde istenmeyen sapmalar gibi kalite maliyetleri ortaya çıkabilmiştir. Bu çerçevede uygulama başarısı, yan ürünün bileşim özelliklerinin lif fraksiyonu, fenolik profil, pigment içeriği ile yağ ve protein düzeyi bağlamında birlikte değerlendirilmesine dayanmaktadır. Aynı zamanda ürün matriksinin proses ve yapı gereklilikleri de optimizasyon sürecine dâhil edilmektedir. Çoğu uygulamada düşük ve orta ikame aralığında besinsel kazanımı korurken duyu ve teknolojik kabulü sürdürmeyi amaçlayan formülasyon optimizasyonu daha rasyonel bir yaklaşım olarak öne çıkmıştır (Ismail vd., 2014; Kaack vd., 2006; Lau vd., 2021).

Tablo 1. Sebze ve Meyve Yan Ürünlerinin Ekmek ve Pastacılıkta Kullanımı

Yan Ürün Kaynağı	Ürün	Uygulanan Ürün Tipi	İkame Oranı (%)	Besinsel Kazanımlar	Teknolojik ve Duyusal Etkiler	Kabul Edilebilir Optimum Düzey (Öngörülen)
Üzüm Posası	Ekmek		%2-5	Toplam fenolik madde ve antioksidan aktivitede artış.	Yüksek ikame oranlarında renk koyulaşması ve sertlik artışı.	%2-5
Nar Kabuğu	Bisküvi / Kurabiye		%7,5 - %10	Antioksidan aktivite, fenolik bileşikler, kalsiyum ve demir içeriğinde artış.	%7,5 oranına kadar kabul edilebilir; %10 oranında sertlik artışı ve tat profilinde düşüş.	%7,5
Patates Kabuğu	Ekmek		-	Diyet lifi ve selüloz düzeylerinde artış.	Lif artışıyla birlikte sertlikte belirginleşme ve renk değişimleri.	8%
Patates Kabuğu Lifi	Bisküvi		%5-15	Diyet lifi içeriğinde zenginleşme.	İkame oranı yükseldikçe koyu renk ve sert doku nedeniyle kabul edilebilirlik azalmıştır.	5%
Bezelye Kabuğu	Ekmek		10%	Diyet lifi içeriğinde anlamlı artış.	-	10%
Chokeberry (Aronia) Posası	Pastacılık Ürünleri		Yüksek oranlar	Lif içeriğinde belirgin artış, enerji değerinde azalma, potasyum, kalsiyum, magnezyum ve demir artışı; anti-diyabetik etki.	Yüksek oranlarda dahi antioksidan kapasite artışı devam etmektedir.	-
Siyah Fasulye Tohum Kabuğu	Tam Buğday Ekmek		%0,5	Pişirme sonrası korunan flavonoid, saponin ve antosiyanin kazanımı.	-	%0,5
Keten Tohumu Kabuğu	Ekmek		%1-5	Fenolik madde ve antioksidan aktivitede artış.	Yüksek düzeylerde somun hacminde azalma ve iç dokuda sertleşme.	-
Soya Kabuğu Unu	Acha Bazlı Bisküvi		-	Lif ve protein içeriğinde yükselme.	Su tutma ve emülsifiye edici kapasitede artış; düşük oranlar duyuşsal olarak daha avantajlıdır.	Düşük ikame düzeyleri
Elma Püresi Tozu / Yan Ürünleri	Kurabiye		-	Lif ve polifenol zenginleşmesi.	Su ve yağ emme kapasitesinde, şişme gücünde ve köpük kapasitesinde artış.	-

Kaynak: Anılan çalışmalardan yazar tarafından derlenmiştir.

4. SEBZE VE MEYVE YAN ÜRÜNLERİNİN EKMEK VE PASTACILIKTA KULLANIMININ SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ETKİLERİ

Meyve ve sebze yan ürünlerinin değerlendirilmesi, önemli ekonomik ve çevresel boyutlara sahip olmaktadır. Gıda işleme endüstrisinden kaynaklanan bu yan ürünlerin yetersiz kullanımı, yalnızca ekonomik kayıp anlamına gelmemekte, aynı zamanda atık bertarafı, sera gazı emisyonları ve çevre kirliliği gibi ciddi çevresel sorunlara neden olmaktadır (Lau vd., 2021; Trigo vd., 2020). Küresel ölçekte yılda 1,3 milyar ton gıdanın israf edildiği ve bunun önemli bir bölümünün meyve ve sebze yan ürünlerinden

oluştğu göz önüne alındığında, bu kaynakların değerlendirilmesi sürdürülebilir kalkınma açısından kritik önem taşımaktadır (Nardella vd., 2022). Yan ürünlerin gıda endüstrisinde kullanılması, üretim maliyetlerinin düşürülmesine, atık yönetimi giderlerinin azaltılmasına ve yeni ekonomik değer yaratılmasına imkan sağlamaktadır (Lau vd., 2021). Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri ile uyumlu olarak, yan ürünlerin fonksiyonel bileşenlere dönüştürülmesi, sürdürülebilir tüketim ve üretim modellerinin geliştirilmesine katkıda bulunmaktadır (Lau vd., 2021). Daha güvenli ve sağlığı teşvik eden gıdalara yönelik artan tüketici talebi, sentetik katkı maddeleri yerine doğal kaynaklı yan ürün bileşenlerinin kullanımını teşvik etmektedir (Trigo vd., 2020). Bu durum, gıda güvensizliğinin giderilmesi ve beslenme güvenliğinin artırılması açısından yan ürünlerin stratejik önemini vurgulamaktadır.

5. SONUÇ

Meyve ve sebze yan ürünlerinin ekmek ve pastacılık sektöründe değerlendirilmesi hem gıda güvenliği hem de sürdürülebilirlik açısından önemli bir potansiyel sunmaktadır. İncelenen çalışmalar, bu yan ürünlerin diyet lifi, polifenoller, karotenoidler, vitaminler ve mineraller gibi biyoaktif bileşenler açısından oldukça zengin olduğunu ortaya koymaktadır. Nar kabuğu, mango posası, chokeberry püresi, elma yan ürünleri, üzüm pirinası ve çeşitli sebze yan ürünlerinin ekmek, kurabiye, kek ve diğer hamur işlerine dahil edilmesi, bu ürünlerin besinsel değerini önemli ölçüde artırmaktadır. Özellikle diyet lifi içeriğindeki artış, glisemik indeksteki düşüş, antioksidan kapasitenin güçlenmesi ve mineral içeriğinin iyileşmesi, yan ürünlerin fonksiyonel gıda bileşeni olarak kullanımının temel gerekçelerini oluşturmaktadır. Bununla birlikte, yan ürünlerin eklenmesi duysal özellikler, renk, doku ve genel tüketici kabul

edilebilirliği üzerinde belirli etkiler göstermekte ve bu faktörlerin optimize edilmesi gerekmektedir.

Yan ürünlerin ekmek ve pastacılık sektöründe kullanımı, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirlik açısından stratejik öneme sahiptir. Gıda işleme endüstrisinden kaynaklanan yan ürünlerin düşük katma değerli uygulamalar yerine yüksek değerli gıda bileşenlerine dönüştürülmesi, hem ekonomik kayıpların azaltılmasına hem de atık yönetimi maliyetlerinin düşürülmesine katkıda bulunmaktadır. Yan ürünlerin değerlendirilmesi, sera gazı emisyonlarının azaltılması, çevresel kirlilik riskinin düşürülmesi ve doğal kaynakların korunması açısından da önemli faydalar sağlamaktadır. Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri ile uyumlu olarak, yan ürünlerin fonksiyonel bileşenlere dönüştürülmesi döngüsel ekonomi modellerinin geliştirilmesine hizmet etmektedir. Tüketicilerin doğal ve sağlıklı gıdalara olan talebindeki artış, sentetik katkı maddeleri yerine yan ürün kaynaklı biyoaktif bileşenlerin kullanımını teşvik etmekte ve bu eğilim sektörün gelişimini desteklemektedir. Bununla birlikte, yan ürünlerin endüstriyel düzeyde benimsenmesi için multidisipliner araştırma yaklaşımlarına, gelişmiş ekstraksiyon ve işleme teknolojilerine, kapsamlı yapı-aktivite ilişkisi çalışmalarına ve gıda ürünlerine entegrasyonun optimize edilmesine ihtiyaç bulunmaktadır. Özellikle insan çalışmalarında yan ürün takviyesinin kardiyometabolik bozukluklar ve diğer kronik hastalıklar üzerindeki etkilerine ilişkin sağlam sonuçlar elde etmek için daha ileri araştırmaların yürütülmesi gerekmektedir. Gelecekteki çalışmaların, yan ürünlerin tam potansiyelinden yararlanarak daha yeşil, daha sağlıklı ve daha sürdürülebilir gıda sistemlerinin geliştirilmesine odaklanması beklenmektedir.

KAYNAKÇA

- Altunkaya, A., Hedegaard, R. V., Brimer, L., Gokmen, V., & Skibsted, L. H. (2013). Antioxidant capacity versus chemical safety of wheat bread enriched with pomegranate peel powder. *Food & Function*, 4, 722–727. <https://doi.org/10.1039/c3fo30296b>
- Ayo, J. A., & Kajo, N. (2016). Effect of soybean hulls supplementation on the quality of acha based biscuits. *Agricultural and Biological Journal of North America*, 6, 49–56. <https://doi.org/10.5251/ajfn.2016.6.2.49.56>
- Cannas, M., Conte, P., Urgeghe, P. P. & Piga, A. (2024). Artichoke by-products: Promising ingredients for breadstick fortification. *LWT - Food Science and Technology*, 202, 116307. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116307>
- Chávez-Santoscoy, R. A., Lazo-Vélez, M. A., Serna-Sáldivar, S. O., & Gutiérrez-Urbe, J. A. (2016). Delivery of flavonoids and saponins from black bean (*Phaseolus vulgaris*) seed coats incorporated into whole wheat bread. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(222). <https://doi.org/10.3390/ijms17020222>
- Chulibert, M. E., Roppolo, P., Buzzanca, C., Alfonso, A., Viola, E., Sciurba, L., Tinebra, I., D'Amico, A., Farina, V. & Piazzese, D. (2024). Exploring the Addition of Mango Peel in Functional Semolina Sourdough Bread Production for Sustainable Bio-Reuse. *Antioxidants*, 13(11), 1278. <https://doi.org/10.3390/antiox13111278>
- Dhingra, D., Michael, M., & Rajput, H. (2012). Physico-chemical characteristics of dietary fibre from potato peel and its effect on organoleptic characteristics of biscuits. *Journal of Agricultural Engineering*, 49, 25–32.

- Duarte, S., Sánchez-García, J., Harasym, J. & Betoret, N. (2025). Enrichment of Rice Flour with Almond Bagasse Powder: The Impact on the Physicochemical and Functional Properties of Gluten-Free Bread. *Foods*, 14(13), 2382. <https://doi.org/10.3390/foods14132382>
- Flavia Dilucia, Valentina Lacivita, Amalia Conte, Matteo A. Del Nobile (2020). Sustainable Use of Fruit and Vegetable By-Products to Enhance Food Packaging Performance. *Foods*, 9(7), 857. <https://doi.org/10.3390/foods9070857>
- Gallardo, M. A., Martínez-Navarro, M. E., Álvarez-Ortí, M. & Pardo, J. E. (2024). Utilization of Flours Derived from the Waste from the Frozen Vegetable Industry for Bakery Product Production. *Agriculture*, 14(10), 1747. <https://doi.org/10.3390/agriculture14101747>
- Garcia-Amezquita, L. E., Tejada-Ortigoza, V., Serna-Saldívar, S. O., & Welti-Chanes, J. (2018). Dietary Fiber Concentrates from Fruit and Vegetable By-products: Processing, Modification, and Application as Functional Ingredients. *Food and Bioprocess Technology*, 11(8), 1439-1463. <https://doi.org/10.1007/s11947-018-2117-2>
- Gómez, M., & Martinez, M. M. (2018). Fruit and vegetable by-products as novel ingredients to improve the nutritional quality of baked goods. *Critical Reviews in Food Science and Food Nutrition*, 58(13), 2119-2135. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1305946>
- Hayta, M., Özugur, G., Etgü, H., & Seker, I. T. (2012). Effect of grape (*Vitis vinifera* L.) pomace on the quality, total phenolic content and anti-radical activity of bread. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38, 980–986. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12054>

- Hoxha, L., Mestani, M., Nuha, D., Bytyçi, P. & Durmishi, B. (2024). Sustainable Applications of Cereal-Based Products Through the Utilisation of Fruit Waste. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 31(2 (139)), 174-198. <https://doi.org/10.15193/zntj/2024/139/502>
- Ismail, T., Akhtar, S., Riaz, M., & Ismail, A. (2014). Effect of pomegranate peel supplementation on nutritional, organoleptic and stability properties of cookies. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 65, 661–666. <https://doi.org/10.3109/09637486.2014.908170>
- Kaack, K., Pedersen, L., Laerke, H. N., & Meyer, A. (2006). New potato fibre for improvement of texture and colour of wheat bread. *European Food Research and Technology*, 224, 199–207. <https://doi.org/10.1007/s00217-006-0301-5>
- Karnopp, A. R., Fugueroa, A. M., Los, P. R., Teles, J. C., Simoes, D. R. S., & Barana, A. C. (2015). Effects of whole-wheat flour and bordeaux grape pomace (*Vitis labrusca* L.) on the sensory, physicochemical and functional properties of cookies. *Food Science and Technology*, 35, 750–756. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.0010>
- Kasprzak, M., & Rzedzicki, Z. (2010). Effect of pea seed coat admixture on physical properties and chemical composition of bread. *International Agrophysics*, 24, 149–156.
- Lau, K. Q., Sabran, M. R. & Shafie, S. R. (2021). Utilization of Vegetable and Fruit By-products as Functional Ingredient and Food. *Frontiers in Nutrition*, 8, 661693. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.661693>
- Maner, S., Sharma, A. K., & Banerjee, K. (2017). Wheat flour replacement by wine grape pomace powder positively

- affects physical, functional and sensory properties of cookies. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 87, 109–113. <https://doi.org/10.1007/s40011-015-0570-5>
- Marcelli, A., Osimani, A. & Aquilanti, L. (2025). Vegetable By-Products from Industrial Processing: From Waste to Functional Ingredient Through Fermentation. *Foods*, 14(15), 2704. <https://doi.org/10.3390/foods14152704>
- Martins, M. R. B. F. (2022). A Circular Economy approach in the Agri-food chain: using by-products and underexploited raw materials as flours for gluten-free bakery and as coagulants for wastewater treatment [Doctoral dissertation, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro].
- Martins, Z. E., Pinho, O. & Ferreira, I. M. P. L. V. O. (2017). Food industry by-products used as functional ingredients of bakery products. *Trends in Food Science & Technology*, 67(Suppl. C), 106-128. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.07.003>
- Nardella, S., Conte, A. & Del Nobile, M. A. (2022). State-of-Art on the Recycling of By-Products from Fruits and Vegetables of Mediterranean Countries to Prolong Food Shelf Life. *Foods*, 11(5), 665. <https://doi.org/10.3390/foods11050665>
- Naseem, Z., Bhat, N. A. & Mir, S. A. (2024). Valorisation of apple pomace for the development of high-fibre and polyphenol-rich wheat flour cookies. *Scientific Reports*, 14(1), 25912. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-77377-8>
- Nour, V., Ionica, M. E., & Trandafir, I. (2015). Bread enriched in lycopene and other bioactive compounds by addition of

- dry tomato waste. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 8260–8267.
<https://doi.org/10.1007/s13197-015-1934-9>
- O'Shea, N., Arendt, E. K. & Gallagher, E. (2012). Dietary fibre and phytochemical characteristics of fruit and vegetable by-products and their recent applications as novel ingredients in food products. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 16(1), 1-10.
<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2012.06.002>
- Özboy-Özbaş, O., Seker, I. T., & Gökbulut, I. (2010). Effects of resistant starch, apricot kernel flour, and fiber-rich fruit powders on low-fat cookie quality. *Food Science and Biotechnology*, 19, 979–986.
<https://doi.org/10.1007/s10068-010-0137-4>
- Raczkowska, E., Nowicka, P., Wojdyło, A., Styczyńska, M. & Lazar, Z. (2022). Chokeberry Pomace as a Component Shaping the Content of Bioactive Compounds and Nutritional, Health-Promoting (Anti-Diabetic and Antioxidant) and Sensory Properties of Shortcrust Pastries Sweetened with Sucrose and Erythritol. *Antioxidants*, 11(2), 190. <https://doi.org/10.3390/antiox11020190>
- Raczkowska, Ewa & Serek, Paweł (2024). Health-Promoting Properties and the Use of Fruit Pomace in the Food Industry—A Review. *Nutrients*, 16(16), 2757. <https://doi.org/10.3390/nu16162757>
- Ranasinghe, M., Manikas, I., Maqsood, S. & Stathopoulos, C. (2022). Date Components as Promising Plant-Based Materials to Be Incorporated into Baked Goods—A Review. *Sustainability*, 14(2), 605. <https://doi.org/10.3390/su14020605>

- Sagar, N. A., Pareek, S., Sharma, S., Yahia, E. M., & Lobo, M. G. (2018). Fruit and Vegetable Waste: Bioactive Compounds, Their Extraction, and Possible Utilization. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(3), 512-531. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12330>
- Santonocito, D., Montenegro, L. & Puglia, C. (2025). Mediterranean Food By-products as a Valuable Source of Bioactive Compounds with Health Properties. *Current Medicinal Chemistry*, 32(21), 4154-4175. <https://doi.org/10.2174/0109298673309549240723054831>
- Seczyk, Ł., Swieca, M., Dziki, D., Anders, A., & Gawlik-Dziki, U. (2017). Antioxidant, nutritional and functional characteristics of wheat bread enriched with ground flaxseed hulls. *Food Chemistry*, 214, 32–38. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.068>
- Srivastava, P., Indrani, D., & Singh, R. P. (2014). Effect of dried pomegranate (*Punica granatum*) peel powder (DPPP) on textural, organoleptic and nutritional characteristics of biscuits. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 65, 827–833. <https://doi.org/10.3109/09637486.2014.937797>
- Subiria-Cueto, R., Coria-Oliveros, A. J., Wall-Medrano, A., Rodrigo-Garcia, J., González-Aguilar, G. A., MARTINEZ-RUIZ, N. D. R., & Alvarez-Parrilla, E. (2021). Antioxidant dietary fiber-based bakery products: a new alternative for using plant-by-products. *Food Science and Technology*, 42, ctaAR57520.
- Tavares, I., Pinheiro, V. S., Castro, P. M. L. A., Alfaia, C. M., Prates, J. A. M., & Martins, S. V. (2022). The role of by-products of fruit and vegetable processing for the dietary treatment of cardiovascular risk factors: A narrative

review. *Antioxidants*, 11(11), 2170.
<https://doi.org/10.3390/antiox11112170>

Trigo, J. P., Alexandre, E. M. C., Saraiva, J. A. & Pintado, M. E. (2020). High value-added compounds from fruit and vegetable by-products: Characterization, bioactivities, and application in the development of novel food products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(8), 1388-1416.
<https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1572588>

Zeng, Y., Zhou, W., Yu, J., Zhao, L., Wang, K., Hu, Z. & Liu, X. (2023). By-Products of Fruit and Vegetables: Antioxidant Properties of Extractable and Non-Extractable Phenolic Compounds. *Antioxidants*, 12(2), 418.
<https://doi.org/10.3390/antiox12020418>

BİTKİSEL KAYNAKLI SÜT ALTERNATİFLERİ: BESLENME VE FONKSİYONELLİK AÇISINDAN DEĞERLENDİRME

Ayşen BABACAN¹

Nilgün Başak TECER²

1. GİRİŞ

Geleneksel süt ve süt ürünleri pazarı oldukça geniş bir ürün yelpazesine sahip olmasına rağmen, bitkisel kaynaklı süt alternatiflerinin (BKSA) üretim hacmi ve tüketim düzeyi son yıllarda belirgin biçimde artış göstermektedir. Bu büyümenin arkasında; laktoz intoleransı, süt proteini alerjisi ve hipokolesterolemi gibi fizyolojik kısıtlılıklar, ürünlerin doğal olarak laktoz ve kolesterol içermemesi, ayrıca mikro besin öğeleri ve biyoaktif bileşenler açısından zenginleştirilme potansiyeli gibi beslenme temelli faktörler bulunmaktadır (Silva vd.,2020; Yazıcı vd., 2023). Bunun yanı sıra bitki temelli beslenme modellerinin yaygınlaşması, düşük enerji içerikli ürünlere yönelim ve çevresel sürdürülebilirliğe ilişkin farkındalığın artması da tüketici tercihlerinde etkili olmaktadır (Munekata vd., 2020).

BKSA; tahıllar, psödotahıllar, baklagiller, sert kabuklu yemişler ve yağlı tohumlar gibi farklı bitkisel hammaddelerden elde edilen, çok fazlı ve heterojen yapı sergileyen sıvı gıda sistemleridir. Bu ürünler genellikle kolloidal süspansiyon ya da

¹ Öğr. Gör., Ankara Üniversitesi Kalecik Meslek Yüksekokulu Gıda Teknolojisi Programı, ORCID: 0000-0002-7859-9573.

² Öğr. Gör. Dr., Ankara Üniversitesi Kalecik Meslek Yüksekokulu Bağcılık ve Bağ Ürünleri Teknolojisi Programı, ORCID: 0000-0001-8724-5585.

emülsiyon karakteri göstermekte olup, protein, yağ ve karbonhidrat fazlarının dağılımı ürünün stabilitesini etkilemektedir (Reyes-Jurado vd., 2021).

BKSA adlandırılması ve etiketlenmesi ülkeden ülkeye farklı yasal düzenlemelere tabidir. Ürün isimlerinin, tüketiciyi yanıltmayacak biçimde ve yürürlükteki mevzuata uygun olarak belirlenmesi gerekmektedir (Sethi vd., 2016). Bu nedenle pek çok ülkede “süt” terimi yerine “bitkisel bazlı içecek”, “süt alternatifi” veya “süt ikamesi” gibi ifadeler tercih edilmektedir (McClements vd., 2019). Amerika Birleşik Devletleri’nde ilgili otorite, hayvansal kaynaklı olmayan ve süte benzer duyuşsal özellikler gösteren ürünleri “imitasyon süt” kapsamında değerlendirmektedir (Sethi vd., 2016). Perakende uygulamalarında ise bitki esaslı ürünlerin hayvansal sütlerden ayrı raflarda sunulmasına yönelik düzenlemeler bulunmaktadır (Yılmaz Tuncel & Tuncel, 2022). Avrupa Birliği mevzuatında ise “süt” teriminin kullanımı sınırlandırılmış olup, yalnızca belirli geleneksel kullanımlar istisna kapsamında değerlendirilmektedir (Jeske vd., 2018).

2. TARİHSEL GELİŞİM VE PAZAR EĞİLİMLERİ

BKSA’ların tarihsel kökeni farklı coğrafyalara dayanmaktadır. İspanya’da Horchata (bademden), Güney Kore’de Sikhye (pirinç ve malt bazlı), Balkan ülkelerinde tahılların fermentasyonu ile üretilen Boza, Uganda’da Bushera (sorgun ve darı maltı) ve Çin kökenli yaklaşık 2000 yıl öncesinden günümüze gelen soya sütü, kültürel olarak yerleşik bitki bazlı içecek örnekleri arasında yer almaktadır (Cortés vd., 2005; Prado vd., 2008; Mäkinen vd., 2016).

Başlangıçta özel beslenme gereksinimi bulunan bireyler için geliştirilen bu ürünler, günümüzde teknolojik ilerlemeler ve pazar dinamiklerinin değişmesiyle birlikte geniş tüketici

kitlelerine hitap eden ana akım içecek kategorisine dönüşmüştür (Pointke vd., 2022). Özellikle mineral ve vitamin ilaveleri (ör. kalsiyum, D vitamini, B₁₂ vitamini), hidroklolloid ve emülgatör kullanımıyla fizikokimyasal stabilitenin artırılması, faz ayrımının kontrol altına alınması ve duyuşsal özelliklerin iyileştirilmesi bu dönüşüm sürecinde belirleyici olmuştur. Küresel ölçekte artan talep doğrultusunda; besinsel eşdeğerliğin sağlanması, protein kalitesinin artırılması, raf ömrü stabilitesinin geliştirilmesi ve proses optimizasyonu konularında bilimsel çalışmalar yoğunlaşmıştır (Mäkinen vd., 2016; Sethi vd., 2016).

Son yıllarda gıda işleme teknolojilerindeki gelişmeler, enzimatik uygulamalar, homojenizasyon teknikleri ve stabilizasyon stratejileri bitki bazlı sütlerin kalite özelliklerini iyileştirmiş; bu durum ürünlerin küresel ölçekte ticarileşmesini hızlandırmıştır (McClements vd., 2019). Pazarın büyümesi yalnızca teknolojik gelişmelerle değil, aynı zamanda fleksiteryen beslenme eğilimlerinin yaygınlaşması, hayvansal üretimin çevresel etkilerine ilişkin farkındalığın artması ve ürün çeşitliliğinin genişlemesi ile de ilişkilendirilmektedir (Jeske vd., 2018). Özellikle kahve uygulamalarına yönelik geliştirilen ve köpük stabilitesi ile ısı performansını optimize edilmiş “barista tipi” formülasyonlar, üretim yelpazesinin genişlemesine katkı sağlamıştır (Pointke vd., 2022).

Günümüzde küresel pazarda en yaygın tüketilen BKSA arasında soya, badem, yulaf, pirinç, hindistan cevizi ve bezelye bazlı içecekler yer almaktadır. Bu ürünler; protein içeriği, yağ kompozisyonu, karbonhidrat profili ve mikro besin elementleri zenginleştirme düzeyi bakımından farklılık göstermekte olup, besinsel ve fonksiyonel özelliklerine göre çeşitlendirilmektedir (Reyes-Jurado vd., 2021; Sethi vd., 2016).

3. KULLANILAN HAMMADDELER

Kullanılan hammadde; ürünün aroma ve lezzet profilini, tekstürünü, protein kalitesini, lipit kompozisyonunu ve alerjen potansiyelini doğrudan etkilemektedir. Baklagiller genellikle daha yüksek protein içeriği sağlarken, sert kabuklu yemişler ve tohumlar lipitler ve biyoaktif bileşikler açısından daha zengin bir bileşim sunmaktadır. Eklenmiş şeker ve yüksek protein içeriği bulunmamasına karşın, fenolik bileşikler, doymamış yağ asitleri, antioksidan kapasite ile fitosteroller ve izoflavonlar gibi biyoaktif bileşenlerin varlığı, BKSA'ların besinsel açıdan değerli bir seçenek olarak değerlendirilmesini sağlamaktadır (Aydar vd., 2020). Ayrıca hammaddenin türü, uygulanan ön işlemler ve proses parametreleri; partikül boyutu dağılımı, viskozite, sedimentasyon eğilimi ve duyuşal profil üzerinde doğrudan etkili olmaktadır.

Kullanılan hammaddenin niteliği, son ürünün hem besinsel hem de duyuşal performansını belirleyen temel unsurlardan biri olarak değerlendirilmektedir. Hammaddenin makro ve mikro bileşen dağılımı; aroma oluşumu, tat dengesi ve ağız hissi gibi duyuşal özelliklerin yanı sıra su bağlama kapasitesi, emülsiyon stabilitesi ve partikül yapısı üzerinden tekstürel karakteri doğrudan şekillendirmektedir. Aynı zamanda protein miktarı ve amino asit kompozisyonu, ürünün biyolojik değerini belirlerken; yağ asidi profili ve lipofilik bileşenler de lipit kalitesi ile oksidatif stabilite üzerinde etkili olmaktadır. Bu nedenle bitkisel hammaddelerin bileşen özellikleri ile işleme sırasında meydana gelen fizikokimyasal değişimlerin birlikte değerlendirilmesi, ürün kalitesinin optimize edilmesi açısından kritik öneme sahiptir (McClements & Grossmann, 2021; Granato vd., 2020)

Aşağıda Tablo 1'de BKSA'da kullanılan hammadde kaynakları ve genel besinsel eğilimlere yer verilmiştir. Tablo

içeriği Mäkinen ve ark. (2016), Sethi ve ark. (2016) ve McClements ve ark. (2019), Vajdovich ve ark. (2025) çalışmalarına dayalı olarak hazırlanmıştır.

Tablo 1. BKSA’da kullanılan hammadde kaynakları ve genel besinsel eğilimler

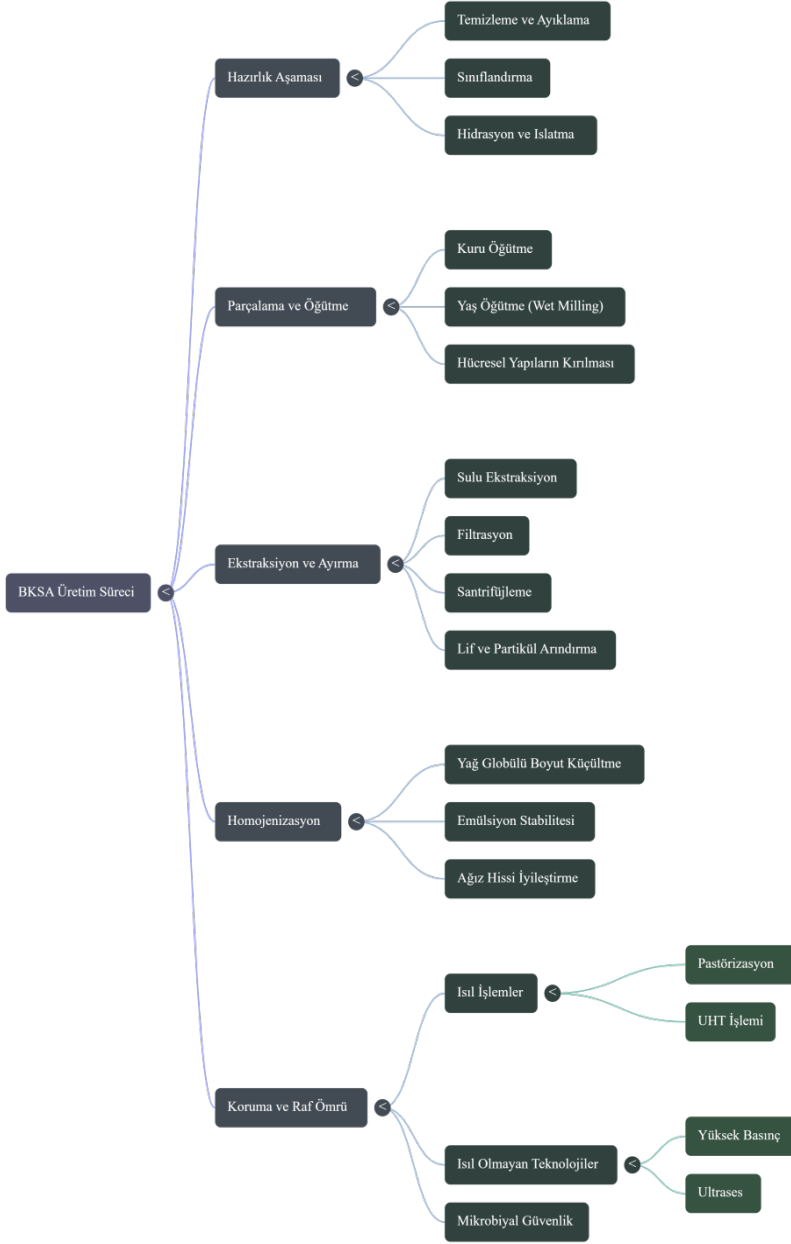
Kategori	Hammaddeler	Besinsel/Fonksiyonel Özellik
Tahıllar	Yulaf, Pirinç, Darı, Mısır	Karbonhidrat ağırlıklı yapı; düşük–orta protein içeriği; hafif tat profili ve akışkan tekstür
Baklagiller	Soya fasulyesi, Bezelye, Acı Bakla	Yüksek protein içeriği; dengeli amino asit profili; iyi emülsifikasyon kapasitesi
Sert kabuklu yemişler	Badem, Fındık, Kaju, Ceviz	Yüksek lipit içeriği; doymamış yağ asitleri ve biyoaktif bileşikler açısından zengin
Tohumlar	Susam, Kenevir, Ayçiçeği, Ketentohumu	Zengin yağ asidi profili (özellikle PUFA); lif ve fitokimyasal içerik yüksek
Yalancı Tahıllar	Kinoa, Tef, Amarant	Protein, lif kaynağı; protein sindirilebilirliği yüksek

4. ÜRETİM TEKNOLOJİLERİ

BKSA üretimi, hammaddenin bileşimi ve hedeflenen ürün özelliklerine bağlı olarak değişebilmekle birlikte, genel olarak birbiriyle ilişkili temel işlem basamaklarından oluşmaktadır. İlk aşamada hammadde, yabancı maddelerin uzaklaştırılması, sınıflandırma ve hidrasyon amacıyla temizleme, ayıklama ve ıslatma işlemlerine tabi tutulmaktadır. İkinci aşama olarak bitkisel dokunun parçalanması ve hücresel yapıların kırılması amacıyla kuru veya yaş öğütme (wet milling) uygulanmakta, böylece çözünür makromoleküllerin serbest hale gelmesi sağlanmaktadır. Öğütme sonrası gerçekleştirilen sulu ekstraksiyon aşamasında proteinler, karbonhidratlar, yağ fraksiyonları ve çözünür biyoaktif bileşenler sıvı faza aktarılmaktadır. Elde edilen süspansiyon, filtrasyon veya santrifüjleme gibi ayırma işlemleri ile çözünmeyen lif ve

partiküllerden arındırılmakta, ardından homojenizasyon uygulanarak yağ globüllerinin boyut dağılımı azaltılmakta ve emülsiyon stabilitesi ile ağız hissi iyileştirilmektedir. Son aşamada ise mikrobiyal güvenliğin sağlanması ve raf ömrünün uzatılması amacıyla pastörizasyon, UHT işlemi veya alternatif olarak yüksek basınç ve ultrases gibi ısıl olmayan koruma teknolojileri uygulanmaktadır (Sethi vd., 2016; Mäkinen vd., 2016; Jeske vd., 2017; McClements & Grossmann, 2021).

BKSA üretiminde (özellikle tahıl bazlı), duyuusal özelliklerin iyileştirilmesi ve besinsel bileşenlerin biyoyararlanımının artırılması amacıyla enzimatik (amilaz, proteaz, β -glukanaz gibi) hidroliz uygulamalarına yaygın olarak başvurulmaktadır. Bu sayede nişastanın kısmi hidrolizi yoluyla tatlılık düzeyinin artırılmasına, proteinlerin peptitlere parçalanmasıyla sindirilebilirliğin geliştirilmesine ve çözünür liflerin modifikasyonu aracılığıyla viskozitenin kontrol edilmesine olanak sağlamaktadır. Enzimatik işlemlerin aynı zamanda ürün stabilitesi ve homojen yapının korunmasına katkı sunduğu bildirilmektedir (Sethi vd., 2016; Mäkinen vd., 2016).



Şekil 1. BKSA Üretim Süreci

BKSA'lar yüksek su aktivitesi ($a_w > 0.95$) ve nötr pH değerleri nedeniyle mikrobiyal gelişime elverişli ürünlerdir.

Hammaddenin doğal mikrobiyotası ve işleme sırasında oluşabilecek kontaminasyonlar mikrobiyal kaliteyi doğrudan etkilemektedir. Özellikle *Bacillus* spp., *Enterobacteriaceae* ve maya-küf gelişimi raf ömrü açısından kritik risk faktörleridir (Baysan, 2024).

BKSA üretiminde, geleneksel pastörizasyon ve UHT işlemleri yaygın olarak uygulanmakla birlikte alternatif olarak geliştirilen yüksek basınç uygulamaları, ultrases teknolojisi ve membran filtrasyonu gibi ileri proses teknikleri, BKSA üretiminde kullanımı ile ilgili araştırmalar yaygınlaşmaktadır. Bu teknolojilerin kullanımı ürünün mikrobiyal güvenliğinin sağlanması ve raf ömrünün uzatılması amacıyla giderek daha fazla araştırılmakta ve uygulanmaktadır. Bu yöntemler ayrıca gıdaların doğal besin ve duyuşal özelliklerini koruyarak mikrobiyal stabiliteyi sağlayabilmekte ve ısı işlemlere kıyasla ürün kalitesinin daha iyi korunmasına imkan tanımaktadır. Ayrıca membran filtrasyonu gibi basınç temelli ayırma teknikleri, BKSA stabilitesini ve duyuşal özelliklerini iyileştiren önemli bir proses adımı olarak değerlendirilmektedir (Sarangapany vd., 2022; Sotelo-Lara vd., 2024; He & Xu, 2024).

5. BİLEŞİM, FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLER VE KOLLOİDAL STABİLİTE

BKSA besinsel profili, kullanılan hammaddeye ve uygulanan işleme şartlarına bağlı olarak önemli ölçüde değişkenlik göstermektedir. Genel olarak bitki bazlı sütlerin protein içeriği inek sütüne kıyasla daha düşükken; lipid kompozisyonu çoğunlukla doymamış yağ asitleri bakımından daha zengindir ve kolesterol içermemektedir. İnek sütü için çeşitli mikro besin maddelerinin miktarı mevcutken benzer bilgiler çoğu BKSA için mevcut değildir ve yapılan araştırmaların sayısı giderek artmaktadır. Ancak piyasadaki mevcut BKSA'ların

içeriği çeşitli mikro besin elementleri (Ca, D vitamini gibi) ile zenginleştirilerek üretilmektedir.

Bitki bazlı sütler, çok fazlı kolloidal sistemler olup; sulu faz içerisinde dağılmış protein partikülleri, yağ damlacıkları ve çözünmeyen hücresel kalıntılardan oluşmaktadır. Bu sistemlerin fizikokimyasal stabilitesi; partikül boyut dağılımı, iyonik güç, pH ve uygulanan homojenizasyon basıncı gibi parametrelere bağlıdır (Mäkinen vd., 2016).

Homojenizasyon işlemi, yağ fazının damlacık çapını azaltarak (genellikle 0.2–2 µm aralığında) emülsiyon stabilitesini artırmaktadır. Bununla birlikte, bitkisel proteinlerin yüzey aktif özellikleri süt proteinlerine kıyasla daha sınırlı olduğundan, faz ayrılması ve sedimentasyon eğilimi daha yüksektir (Yazıcı vd., 2023). Stabilizatör ve hidroklolloid ilavesi (örneğin karragenan, gellan gum, guar gum) serum ayrılmasını ve partikül çökmesini kontrol etmek amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır.

Reolojik açıdan değerlendirildiğinde, bitki bazlı sütlerin çoğu Newtonyen veya zayıf psödoplastik akış davranışı göstermektedir. Tahıl bazlı içeceklerde β-glukan varlığı viskoziteyi artırarak ağız hissini iyileştirebilmektedir. Bununla birlikte, enzimatik nişasta hidrolizi viskoziteyi azaltarak daha akışkan bir yapı oluşturabilmektedir (Gilani vd., 2025).

6. DUYUSAL ÖZELLİKLER VE TÜKETİCİ KABULÜ

BKSA üretim ve tüketimi giderek artmasına rağmen, bu ürünlerin duysal özellikleri tüketici kabulünü sınırlayan önemli faktörlerden biri olarak değerlendirilmektedir. BKSA'ların duysal kalitesi; aroma profili, tat dengesi, renk, ağız hissi ve köpürme kapasitesi gibi parametreler üzerinden değerlendirilmektedir. Özellikle baklagil kaynaklı içeceklerde

görülen “fasulyemsi (beany)” ve “boyamsı (painty)” olarak tanımlanan istenmeyen tat ve aroma bileşikleri, lipoksigenaz enziminin aktivitesi sonucu oluşmakta ve ürünün genel beğenilebilirliğini olumsuz etkileyebilmektedir. Özellikle soya bazlı içeceklerde lipoksigenaz aktivitesine bağlı oluşan “beany flavor” tüketici kabulünü olumsuz etkileyebilmektedir. Bu durum, ısı inaktivasyon ve enzim kontrolü ile azaltılabilmektedir (Mäkinen vd., 2016). Bunun yanı sıra bazı bitkisel süt alternatiflerinde görülen tebeşirimsi ağız hissi (chalky mouthfeel), genellikle büyük ve çözünmeyen partiküllerin varlığından kaynaklanmakta ve ürünün duyu kalitesini olumsuz yönde etkileyebilmektedir.

Badem ve yulaf bazlı içecekler daha nötr ve tatlımsı aromaları nedeniyle tüketiciler tarafından daha yüksek kabul oranına sahiptir. Barista tipi formülasyonlarda protein içeriği ve yağ fazı optimizasyonu köpük stabilitesi açısından kritik öneme sahiptir. Özellikle kahve uygulamalarında protein denatürasyonu ve pH kaynaklı flokülasyon önemli teknolojik sorunlar arasında yer almaktadır (Yazıcı vd., 2023).

Tüketici tercihlerini inceleyen çeşitli çalışmalarda laktozsuz inek sütünün soya sütüne göre daha fazla tercih edildiği (Palacios vd., 2009), örneğin yulaf sütünün inek sütüne kıyasla daha yüksek genel beğeni puanı aldığı (Önning vd., 1998), yer fıstığı sütünde tüketici kabulünün ise ürünün rengi, ağız hissi, yer fıstığı aromasının belirgin olmaması ve inek sütüne benzerliği gibi faktörlere bağlı olduğu belirlenmiştir (Diarra vd., 2005). Bu bulgular, BKSA’larda duyu kaliteyi iyileştirmeye yönelik proses optimizasyonu ve hammaddede uygun çeşit seçiminin tüketici kabulü açısından önemli olduğunu göstermektedir.

Tüketici tercihlerinde sağlık algısı, laktoz içermeme, kolesterol bulunmaması ve çevresel sürdürülebilirlik önemli belirleyiciler arasındadır (Gilani vd., 2025).

7. ZORLUKLAR VE GELECEK PERSPEKTİFİ

BKSA pazarında gözlenen hızlı büyümenin yanı sıra ürün geliştirme ve endüstriyel standardizasyon açısından çeşitli teknolojik ve besinsel zorluklar devam etmektedir. Literatürde, özellikle protein kalitesinin artırılması, esansiyel amino asit dengesinin iyileştirilmesi ve mikro besin öğelerinin biyoyararlanımının geliştirilmesinin temel araştırma alanları arasında yer aldığı bildirilmektedir (Singhal vd., 2017; McClements & Grossmann, 2021). Bitkisel proteinlerin bazı durumlarda lizin, metiyonin veya triptofan gibi sınırlayıcı amino asitler bakımından yetersiz kalabildiği ve fitat, tanen ve proteaz inhibitörleri gibi antinütrient bileşenlerin mineral biyoyararlanımını ve protein sindirilebilirliğini olumsuz etkileyebildiği rapor edilmiştir (Rasane vd., 2015).

Bu bağlamda, protein izolat ve konsantrelerinin çeşitlendirilmesi, farklı bitkisel kaynakların kombinasyonu ile amino asit tamamlayıcılığının sağlanması, ayrıca fermentasyon ve enzimatik modifikasyon gibi biyoteknolojik uygulamaların besinsel kaliteyi artırmada etkili olduğu belirtilmektedir (Singhal vd., 2017; McClements & Grossmann, 2021). Dolayısıyla BKSA ürünlerinde besinsel optimizasyon, yalnızca hammadde seçimiyle sınırlı kalmayıp ileri proses ve biyoteknolojik stratejilerin entegrasyonunu gerektiren çok boyutlu bir araştırma alanı olarak değerlendirilmektedir.

BKSA endüstrisinde maliyet azaltımı ve ölçeklenebilir üretim stratejileri, uzun vadeli sürdürülebilirlik açısından kritik belirleyiciler arasında yer almaktadır. Hammadde temini, proses verimliliği ve yan ürünlerin geri kazanımı ekonomik fizikiteyi doğrudan etkilemektedir (McClements & Grossmann, 2021). Özellikle soya işleme yan ürünü olan okara, badem posası ve tahıl kepeği gibi lif ve protein bakımından zengin fraksiyonların fonksiyonel bileşen olarak değerlendirilmesi, hem katma değer

oluşturmakta hem de çevresel yükün azaltılmasına katkı sağlamaktadır (Rasane vd., 2015). Gelecekteki araştırmaların; mikroalgler ve farklı baklagil türleri gibi alternatif protein kaynaklarının incelenmesine, ayrıca yüksek basınç uygulamaları, ultrasonik ekstraksiyon ve membran ayırma sistemleri gibi ileri işleme teknolojilerinin optimizasyonuna yönelmesi beklenmektedir (McClements & Grossmann, 2021).

8. SONUÇ

BKSA'lar, gıda endüstrisinde yenilikçi ve dinamik bir ürün kategorisi olarak konumlanmakta ve geleneksel süt ürünlerine alternatif oluşturmaktadır. Laktoz intoleransı, çevresel sürdürülebilirlik kaygıları ve değişen tüketici tercihleri bu sektörün büyümesini desteklemektedir. Bununla birlikte, ürün kalitesinin artırılması; hammadde seçiminin optimize edilmesi, gelişmiş işleme teknolojilerinin uygulanması ve fonksiyonel formülasyon stratejilerinin geliştirilmesi ile doğrudan ilişkilidir.

Bu ürünlerin antioksidan aktivitelerin ve esansiyel yağ asitleri gibi çeşitli faydalar sunmasının yanında; protein içeriği yetersizdir ve vitamin ve minerallerin biyoyararlanımı daha düşüktür, bu da özellikle çocuklar ve menopoz dönemindeki kadınlar için potansiyel sağlık riskleri oluşturmaktadır. Bilimsel ve teknolojik ilerlemeler sayesinde protein kalitesinin iyileştirilmesi, mikrobiyal güvenliğin artırılması ve duyuşal özelliklerin optimize edilmesi mümkün görünmektedir. Gelecekte disiplinler arası yaklaşımlar (gıda mühendisliği, beslenme bilimi, biyoteknoloji ve sürdürülebilirlik analizi) bitki bazlı sütlerin hem besinsel hem de çevresel performansını artırmada kritik rol oynayacaktır. Bu doğrultuda, bitki bazlı süt alternatifleri, sürdürülebilir gıda sistemlerinin önemli bir bileşeni olma potansiyelini taşımaktadır.

Küresel BKSA pazarının büyüklüğü 2023 yılında 32,4 milyar dolar olarak değerlendirilmiş olup, 2023 ile 2030 yılları arasında %11,2'lik bir bileşik yıllık büyüme oranıyla büyümesi beklenmektedir. Küresel BKSA pazarının 2018'deki 20,2 milyar dolardan 2030 yılına kadar 74,2 milyar dolara ulaşması beklenmektedir (Worldmetrics, 2026). Ancak BKSA'lardaki bu ilgi artışına rağmen, bu ürünlerin pazar büyüklüğü ve potansiyeli belirsizliğini korumaktadır. Birçok çalışma bu alternatiflere ilişkin tüketici bakış açılarını incelemiş olsa da, bulgulardaki değişkenlik yeterince anlaşılamamıştır. Yapılan çalışmalar ve geliştirilen çeşitli teknolojik işlemler BKSA'ların çoğunun besin değerlerinin düşük olduğu göstermektedir. Bu nedenle, bitkisel süt alternatifleri inek sütüne alternatif olarak kullanıldığında tüketici bilincinin önemli olduğu vurgulanmalıdır.

Bu yaklaşımlar, besinsel kalite, duyuşsal kabul ve çevresel sürdürülebilirlik parametrelerinin entegre biçimde değerlendirilmesini gerektirmektedir. Dolayısıyla sürdürülebilirlik, beslenme yeterliliği ve tüketici beklentilerinin birlikte ele alınması, bitki bazlı sütlerin uzun vadeli gelişimi açısından temel stratejik eksen olarak görülmektedir (Singhal vd., 2017).

KAYNAKLAR

- Aydar, E. F., Tutuncu, S., & Ozcelik, B. (2020). Plant-based milk substitutes: Bioactive compounds, conventional and novel processes, bioavailability studies, and health effects. *Journal of Functional Foods*, 70, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.103975>
- Baysan, U. (2024). Bitkisel sütlerin gıda endüstrisindeki önemi ve mikrobiyal güvenliğinin sağlanması. *Turkish Journal of Agriculture: Food Science and Technology*, 12(1), 116–124. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v12i1.116-124.6464>
- Cortés, C., Esteve, M. J., Frígola, A., & Torregrosa, F. (2005). Characteristics of horchata (a Spanish vegetable beverage) treated with pulsed electric fields during refrigerated storage. *Food Chemistry*, 91, 319–325. doi:10.1016/j.foodchem.2004.06.014
- Diarra, K., Nong, Z. G., & Jie, C. (2005). Peanut milk and peanut milk-based products: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45(5), 405-423. doi: 10.1080/10408390590967685
- Gilani, S. J., Asif, M., & Fatima, K. (2025). Current research on plant-based milk alternatives and impact on health. *Advances in Food and Nutrition Research*. 116, 103-138. doi: 10.1016/bs.afnr.2025.04.010.
- Granato, D., Barba, F. J., Kovačević, D. B., Lorenzo, J. M., Cruz, A. G., & Putnik, P. (2020). Functional foods: Product development, technological trends, efficacy testing, and safety. *Annual Review of Food Science and Technology*, 11, 93–118. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-032519-051708>

- He, A., & Xu, B. (2024). High-pressure homogenisation improves food quality of plant-based milk alternatives. *International Journal of Food Science & Technology*, 59(1), 399–407. doi:10.1111/ijfs.16822
- Jeske, S., Zannini, E., & Arendt, E. K. (2017). Evaluation of physicochemical and glycaemic properties of commercial plant-based milk substitutes. *Plant Foods for Human Nutrition*, 72, 26–33. doi: 10.1007/s11130-016-0583-0
- Jeske, S., Zannini, E., & Arendt, E. K. (2018). Past, present and future: The strength of plant-based dairy substitutes based on gluten-free raw materials. *Food Research International*, 110, 42–51. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.03.045>
- Mäkinen, O. A., Wanhalinna, V., Zannini, E., & Arendt, E. K. (2016). Foods for special dietary needs: Non-dairy plant-based milk substitutes and fermented dairy-type products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(3), 339–349. doi: 10.1080/10408398.2012.761950
- McClements, D. J., & Grossmann, L. (2021). The science of plant-based foods: Constructing next-generation meat, fish, milk, and egg analogs. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20, 4049–4100 doi: 10.1111/1541-4337.12771.
- McClements, D. J., Newman, E., & McClements I.F. (2019). Plant-based milks: A review of the science underpinning their design, fabrication, and performance. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(6): 2047–2067. doi: 10.1111/1541-4337.12505
- Munekata, P. E. S., Domínguez, R., Budaraju, S., Roselló-Soto, E., Barba, F. J., Mallikarjunan, K., Roohinejad, S., & Lorenzo, J. M. (2020). Effect of innovative food

- processing technologies on the physicochemical and nutritional properties and quality of non-dairy plant-based beverages. *Foods*, 9(3), 1–16. <https://doi.org/10.3390/foods9030288>
- Önning, G., Akesson, B., Oste, R., & Lundquist, I. (1998). Nutritional evaluation of oat milk and its comparison with cow's milk in human subjects. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 42(4), 211–220. <https://doi.org/10.1159/000012736>
- Palacios, O. M., Badran, J., Drake, M. A., Reisner, M., & Moskowitz, H. R. (2009). Consumer acceptance of cow's milk versus soy beverages: Impact of ethnicity, lactose tolerance and sensory properties. *Journal of Sensory Studies*, 92(3), 731–748. doi: 10.1111/j.1745-459X.2009.00236.x
- Pointke, M., Albrecht, E. H., Geburt, K., Gerken, M., Traulsen, I., & Pawelzik, E. (2022). A comparative analysis of plant-based milk alternatives. Part 1: Composition, sensory, and nutritional value. *Sustainability*, 14, 7996. <https://doi.org/10.3390/su14137996>
- Prado, F. C., Parada, J. L., Pandey, A., & Soccol, C. R. (2008). Trends in non-dairy probiotic beverages. *Food Research International*, 4, 111–123. doi:10.1016/j.foodres.2007.10.010
- Rasane, P., Jha, A., Sabikhi, L., Kumar, A., & Unnikrishnan, V. S. (2015). Nutritional advantages of oats and opportunities for its processing as value added foods—A review. *Journal of Food Science and Technology*, 52(2), 662–675. Doi: 10.1007/s13197-013-1072-1
- Reyes-Jurado, F., Soto-Reyes, N., Dávila-Rodríguez, M., Lorenzo-Leal, A. C., Jiménez-Munguía, M. T., Mani-

- López, E., & López-Malo, A. (2021). Plant-based milk alternatives: Types, processes, benefits, and characteristics. *Food Reviews International*, 39(4), 2320–2351 doi:10.1080/87559129.2021.1952421
- Sarangapany, A. K., Murugesan, A., Annamalai, A. S., Balasubramanian, A., & Shanmugam, A. (2022). An overview on ultrasonically treated plant-based milk and its properties – A review. *Applied Food Research*, 2, 100130. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100130>
- Sethi, S., Tyagi, S. K., & Anurag, R. K. (2016). Plant-based milk alternatives: An emerging segment of functional beverages: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 53(9), 3408–3423. doi:10.1007/s13197-016-2328-3
- Silva, A. R. A., Silva, M. M. N., & Ribeiro, B. D. (2020). Health issues and technological aspects of plant-based alternative milk. *Food Research International*, 131, 108972. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108972>
- Singhal, S., Baker, R. D., & Baker, S. S. (2017). A comparison of the nutritional value of cow's milk and nondairy beverages. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 64(5), 799–805. doi:10.1097/MPG.0000000000001380
- Sotelo-Lara, D. M., Amador-Espejo, G. G., Álvarez-Araiza, D. F., Cordero-Rivera, A. K., Millán-Quintero, K. G., Campos-Vega, R., & Velázquez-Estrada, R. M. (2024). Ultrasound and thermosonication as promising technologies for processing plant-based beverages: A review. *Food Technology and Biotechnology*, 62(4), 538–552. <https://doi.org/10.17113/ftb.62.04.24.8624>

- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. (2025). Türk Gıda Kodeksi gıda etiketleme ve tüketicileri bilgilendirme yönetmeliği kılavuzu. Ankara: T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı.
- Vajdovich, D. K., Csajbókné Csobod, É., & Benedek, C. (2025). Pseudocereal-based functional beverages: Main properties and nutritional evaluation with an emphasis on amino acid content. *Foods*, 13, 2080. <https://doi.org/10.3390/foods14122080>
- Worldmetrics.org. (2026). Plant based milk industry statistics. [https://worldmetrics.org/plant based milk industry statistic](https://worldmetrics.org/plant_based_milk_industry_statistic) (Erişim tarihi:03.03.2026)
- Yazıcı, G. N., Taşpınar, T., Güven, M., & Özer, M. S. (2023). An overview of plant-based milk alternatives. *Turkish Journal of Agriculture: Food Science and Technology*, 11(3), 587–602. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v11i3.587-602.5642>
- Yılmaz Tuncel, N., & Tuncel, N. B. (2022). Hayvansal süt ve bitkisel “süt”. *TÜBİTAK Bilim ve Teknik*, 12, 68–76.

**GIDA BİLİMLERİ VE MÜHENDİSLİĞİ ALANINDA
BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR**

yaz
yayınları

YAZ Yayınları
M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3
İscehisar / AFYONKARAHİSAR
Tel : (0 531) 880 92 99
yazyayinlari@gmail.com • www.yazyayinlari.com