

BİTKİ BAZLI PROTEİN KAYNAKLARI

PLANT-BASED PROTEIN SOURCES

Ali Adnan Hayaloğlu

BİTKİ BAZLI PROTEİN KAYNAKLARI

Prof. Dr. Ali Adnan HAYALOĞLU

TÜBA Asosye Üyesi, İnönü Üniversitesi

Özet

Proteinler insan beslenmesinde tüketilmesi gerekli makro besin maddeleri arasındadır ve yaygın olarak da hayvansal gıdalarda bulunmaktadır. Fakat son yıllarda çevresel faktörler, yaşam tarzı, geleneksel ve kültürel etkiler hayvansal ürünlerin kullanılmasını sınırlamaktadır. Bu durum insanların bitkisel kaynaklı beslenmeye yönelimlerini arttırmıştır. Bu artışa paralel olarak bitkisel kaynaklı proteinlerin yenilebilir ve biyolojik olarak kolay parçalanabilme özellikleri nedeniyle son zamanlarda daha fazla ilgi görmektedir. Bitki bazlı proteinlerin fizikokimyasal özellikleri, yapısal özellikleri, amino asit bileşimi ve fonksiyonel özellikleri gıda işleme endüstrilerinin büyük ilgisini çekmektedir. Bitkisel kaynaklı proteinlerin yenilebilir kaplama malzemeleri, hayvansal ürün alternatiflerinin geliştirilmesi, fonksiyonel özellikleri ve çeşitli gıdalarda emülgatör özelliği göstermesinden dolayı büyük önem taşımaktadır. Bitki bazlı proteinlerin yukarıda belirtilen etkileri göz önüne alındığında daha fazla protein kaynakları araştırılmaktadır. Bu amaçla baklagiller, tahıllar, kuru yemişler, yeşil yapraklı bitkiler, yumrular, mikrobiyal kaynaklı ve alglerden elde edilen protein izolatları değerlendirilmektedir. Farklı bitkisel kaynaklardan izole edilen proteinlerin, sağlık üzerinde etkileri, alerjeniteleri, fonksiyonel özellikleri ve süt ve et ürünleri gibi bitki kaynaklı analogların geliştirilmesinde etkileri değerlendirilerek uygun protein kaynakları araştırılmaktadır.

Anahtar Kelimeler

Bitki Proteinleri, Vegan Beslenme, Protein İzolatları, Baklagiller, Tahıllar

PLANT-BASED PROTEIN SOURCES

Prof. Dr. Ali Adnan HAYALOĞLU

TÜBA Associate Member, İnönü University

Abstract

Proteins serve as essential macronutrients in the human diet and are commonly found in animal foods. However, in recent years, environmental factors, lifestyle, traditional and cultural influences have limited the use of animal products. This situation has increased people's tendency towards plant-based nutrition. In parallel with this increase, plant-derived proteins have recently attracted attention because they are edible and easily biodegradable. The physicochemical properties, structural properties, amino acid composition and functional properties of plant-based proteins attract great attention from food processing industries. The development of edible coating materials and animal product alternatives of plant-derived proteins is of great importance due to their functional properties and emulsifying properties in various foods. Considering the above-mentioned effects of plant-based proteins, more protein sources are being investigated. For this purpose, protein isolates obtained from legumes, grains, nuts, green leafy plants, tubers, microbial origin and algae are evaluated. Appropriate protein sources are investigated by evaluating the health effects, allergenicity and functional properties of proteins isolated from different plant sources and their effects on the development of plant-derived analogues such as dairy and meat products.

Keywords

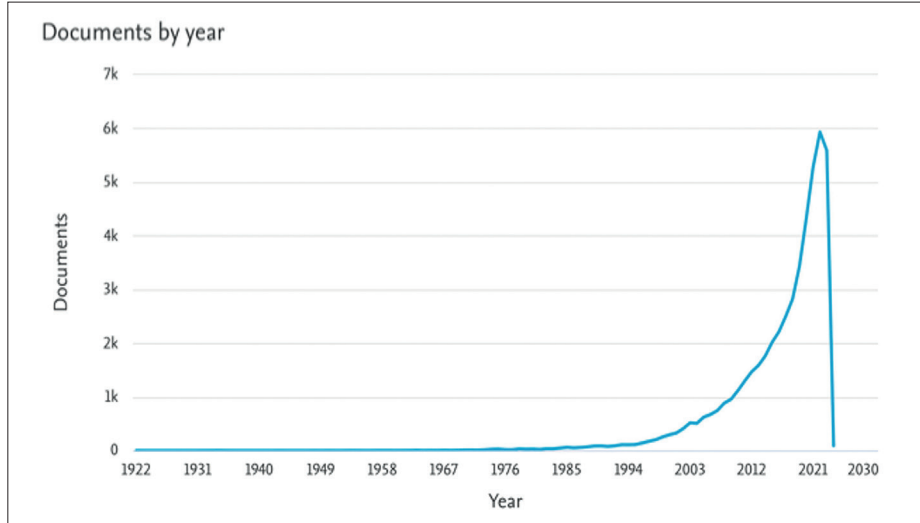
Plant Proteins, Vegan Nutrition, Protein Isolates, Legumes, Cereals

GİRİŞ

2050 yılına kadar dünya nüfusunun 10 milyar olacağı tahmin edilmektedir. Bu nedenle, artan nüfusu besleyecek gıdaya olan talebin de iki katına çıkabileceği düşünülmektedir. Geçtiğimiz yıllarda yaşanan küresel salgınlar, savaşlar, üretim ve buna bağlı olarak gıda arzındaki azalışlar, üretimdeki girdi maliyetlerinin artması, sera gazı emisyonlarının artması ve bunda büyük oranda tarım sektörünün sorumlu tutulması, iklim değişikliği gibi faktörler alternatif protein kaynaklarına ve/veya bitki bazlı gıdalara olan yönelişi ve ilgiyi artırmaktadır (Şensoy, 2023). Bitki bazlı gıdaların kabulü noktasında tüketicilerin büyük bir kısmı alışkanlık kazanmakta zorlansa da vegan veya vejetaryen beslenme rejimini tercih edenlerin kabulü nispeten daha kolay olduğu belirtilmektedir. Bu nedenle, gıda üreticilerinin vegan beslenme tarzının taleplerini karşılamak için bilimsel çalışmaların sayısı da son yıllarda önemli artış göstermiştir. Bitki bazlı gıdalar konusundaki bilimsel çalışmalar 2000’li yıllardan sonra belirginlik kazansa da 2015’ten sonraki yıllık bilimsel makale sayısında dramatik artışlar olduğu görülmektedir (Şekil 1). Bu da bilim dünyasının bitki bazlı gıdalar konusunda gösterdiği yakın ilgiyi teyit etmektedir.

Şekil 1.

Scopus veri tabanında “plant-based foods” anahtar kelimesi ile arama sonucu görünen bilimsel doküman sayısı (Kaynak: www.scopus.com Erişim: 10.11.2023).



“Bitki bazlı” terimi 2014’ten bu yana ilk 10 küresel gıda terimleri arasında yer almaktadır ve 2020 itibarıyla ilk üç trendden biri olmuştur. Bitki bazlı diyetler, doymamış yağ asitleri nispeten daha yüksek olan bitkisel yağları ve az miktarda et ve süt ürünlerine ek olarak meyve, sebze, kuruyemişler, tam tahıllar ve baklagillere odaklanmaktadır. Bitki bazlı bir beslenme düzenine geçişe yardımcı olmak için, geleneksel hayvansal kaynaklı proteinlerin olası ikameleri olarak “alternatif protein kaynakları” araştırılmaktadır. Süt,

et ve yumurta gibi hayvansal kaynaklı gıdalar genellikle protein açısından yüksek ve dengeli amino asit profillerine sahip olduğundan, yeterli besin kalitesini sağlamak, protein içeriği ve kalitesinin bozulmadan kalması çok önemlidir. Tablo 1’de hayvan ve bitki proteinleri genel özellikleri bakımından kıyaslanmıştır. Hem bitki hem de hayvansal kaynaklı proteinlerinin çeşitli avantajlarla birlikte dezavantajlara da sahip olduğu görülmektedir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO)’ne göre proteinin ne kadar kaliteli olduğu vücuda alınan aminoasitlerin biyoyararlılığına bağlıdır. Bu yararlılık ve vücudun aminoasidi kullanabilme durumu Sindirilebilir Vazgeçilmez Amino Asit Skoru (DIAAS: Digestible Indispensable Amino Acid Score) ile belirlenir. Bu ölçüme göre hayvansal kaynaklı proteinin skoru (%95) bitki bazlı protein skoruna oranla (%80-90) daha yüksektir (Demirci ve Yetim, 2021).

WHO, Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), United Nations University (UNU)’ nun ortak konsültasyon raporuna göre; yetişkin normal bir birey için günlük protein tüketim miktarı 0,656 g protein/ kg ya da 105 mg nitrojen/kg’dır. Bu değer bireylerin yaş skalasına, ağırlıklarına, özel beslenme gereksinimlerine göre değişiklik gösterebilmektedir.

Daha sürdürülebilir bir diyet için seçeneklerden biri etin yerine alternatif proteinler koymaktır. Tüketiciler diyetlerine çeşitli protein kaynaklarını dahil edebilirler. Baklagiller, tahıllar, yağlı tohumlar, yumrular, mikrobiyal proteinler, algler ve böcekler birçok çalışmaya konu olan bitkisel protein alternatifleridir. Protein alternatiflerinden, böceklerin kabulü en düşük düzeydedir. Bazı alternatif protein kaynaklarının tüketiciler tarafından diğerlerinden daha kolay kabul edilmesi, tat ve sağlık nedenleri, aşinalık, önceden benimsenmiş tutumlar, gıda neofobisi, tiksinti ve sosyal normlar gibi durumlar nedeniyle gerçekleşmektedir (Onwezen vd., 2021).

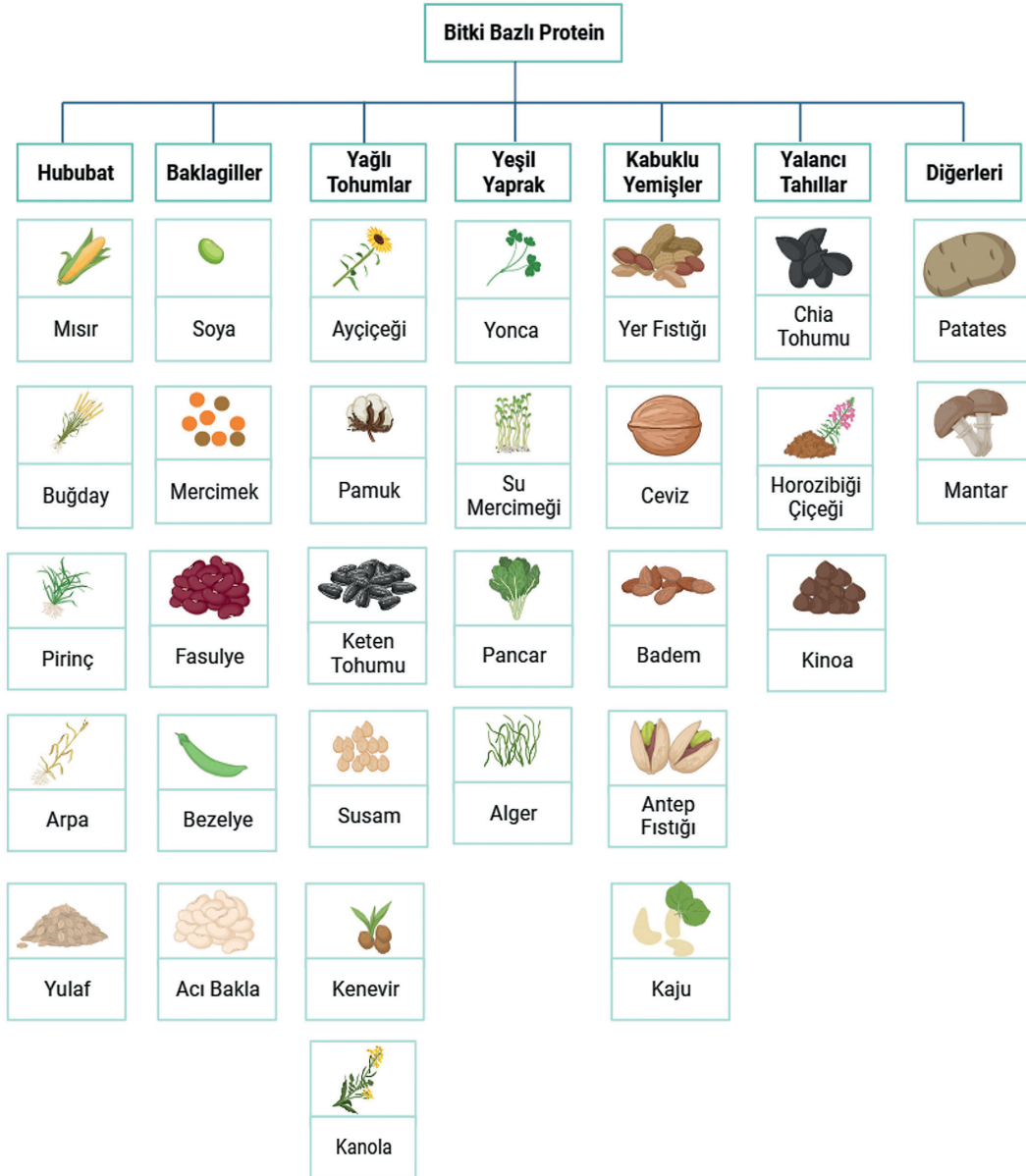
BİTKİ BAZLI PROTEİNLER

Tüketilen protein miktarının yanı sıra, protein kalitesi de sağlığın farklı yönleri açısından çok önemli bir faktördür. Yüksek kaliteli bir protein, kolayca sindirilebilen ve protein sentezi için kullanılabilen yeterli miktarda esansiyel amino asit sağlar. Proteinin amino asit bileşimi, kalitesini belirleyen en önemli faktördür. Farklı bitki kaynaklarından elde edilen proteinler, farklı özellikleri ve sağlık yararlarını gösteren farklı amino asit profilleri içerir (Kumar vd., 2022). Bitki bazlı protein kaynakları temel olarak hububat, baklagiller, yağlı tohumlar, yeşil yapraklı bitkiler, kabuklu yemişler, yalancı tahıllar ve diğer bitkilerden elde edilmektedir (Şekil 2).

Bitki bazlı protein kaynakları çok çeşitlidir ancak et, süt ve yumurta gibi hayvansal kaynaklı proteinlere göre yapısal ve lezzet özellikleri bakımından birtakım eksiklikleri olduğundan ikame edici olmalarında bazı engeller vardır. Ancak, geniş yelpazede bileşim farklılıkları ve alternatifler sunduklarından kayda değer avantajları da bulunmaktadır.

Şekil 2.

Bitki bazlı protein kaynakları (Hadidi vd., 2022).



Tablo 1'de hayvansal ve bitkisel kaynaklı proteinlerin avantaj ve dezavantajları listelenmiştir (Ewy vd., 2022; Maningat vd., 2022; Imran & Lyan, 2023).

Tablo 1.

Hayvan ve Bitki Bazlı Proteinlerin Avantaj ve Dezavantajları (Evey vd., 2022).

	Avantajlar	Dezavantajlar
Hayvan Bazlı Protein	• Yeterli miktarda esansiyel amino asit içeren komple protein • Artan kas protein sentezi ile ilişkili • Geliştirilmiş sindirilebilirlik	• Daha yüksek doymuş yağ içeriği • Daha düşük lif içeriği • Obezite ve diğer kronik hastalıklarla ilişkili artan tüketim • İşlenmiş et tüketiminin artan gastrointestinal kanser oranıyla ilişkili olduğu • Hayvancılıktan kaynaklanan sera gazı emisyonları da dahil olmak üzere çevreye artan etki
Bitki Bazlı Protein	• Daha yüksek lif içeriği tokluğu artırır ve gastrointestinal sistem sağlığını ve mikrobiyom çeşitliliğini iyileştirir • İyileştirilmiş kan basıncı kontrolü ve antiinflamatuvar ile ilişkili iyi bir nitrat kaynağı • Çoklu doymamış yağ asidi ve sterol içeriğinin artması yoluyla kolesteroldeki iyileşme ile ilişkili • Eşdeğer bitki bazlı protein üretimi daha az su, toprak, gübre ve böcek ilacı gerektirdiğinden çevresel etki azalıyor	• Pek çok bitki bazlı protein esansiyel amino asitlerce fakirdir (soya, karabuğday ve kinoa içeren gıdalar tam veya tama yakın olarak kabul edilebilir) • Azalan sindirilebilirlik • Diyetin çeşitlendirilmemesi ve takviye edilmemesi vitamin ve mikro besin eksiklikleriyle ilişkili olabilir

Tahıllar

Hayvansal gıdaların ikame maddeleri olarak tahıllar önemli bir gruptur ve dünya çapında insan beslenmesinde büyük öneme sahiptir. Buğday, arpa, mısır, pirinç, yulaf, sorgum gibi bitkiler bu gruba girmektedir. Tahıllar protein içeriği bakımından zengindir ve ana protein deposu çoğunlukla depo proteinleridir. Aynı zamanda iyi bir lif, vitamin ve mineral kaynağıdır ve esas olarak nişastanın sindirimi yoluyla diyet enerjisini arttırmaya da önemli katkılar sağlarlar. Ek olarak, polifenoller, antioksidanlar, vitaminler ve kalsiyum, magnezyum, çinko, demir ve mineraller gibi diğer biyoaktif bileşikler de içerir. Tahıllar grubunda yer alan pirinç gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde yaygın olarak tüketilmektedir. Pirinç proteinlerinin amino asit profili

analiz edildiğinde albümindeki en yüksek lizin (Lys) içeriği gözlemlenirken globülin de ise sülfür aminoasitleri ana içeriğine sahiptir (Sá vd., 2020). Aynı zamanda pirinç proteini, hipokolesterolemik (plazma kolesterol seviyesini düşürür) ve hipoalerjenik (herhangi bir alerjik reaksiyona karşı daha düşük risk) özellikleri, hafif tadı, renksizliği ve yüksek miktarda esansiyel amino asitleri nedeniyle oldukça değerli kabul edilir ve pirincin bazı gıda ürünlerine önemli bir katma değer sağladığı bilinmektedir. Diğer bir önemli tahıl grubu olan buğdaydaki gluten buğdaydan nişasta üretimi sırasında ortaya çıkan maliyeti düşük bir yan üründür ve çölyak hastaları tarafından tüketilmesi önerilmeyen bir bileşendir. Yulaf son yıllarda bitki bazlı süt alternatifleri gibi içecekler ile yoğurt vb. fermente ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır (Barbosa vd., 2022). Mısır ve protein konsantreleri, özellikle gelişmekte olan ülkelerde tüketilen, oldukça besleyici bir tahıl protein kaynağıdır. Mısır, Lys de dahil olmak üzere insanlar için tavsiye edilen miktarların üzerinde yüksek miktarlarda esansiyel amino asitler içerir ve böylelikle insan beslenmesinde protein içeriğini zenginleştirmek için mükemmel bir seçenek olduğu öne sürülmektedir (Sá vd., 2020).

Yalancı Tahıllar

Son yıllarda, tüketicilerin besleyici ve dengeli bitkisel kaynaklara yönelmesi ile kinoa, chia, amaranth ve karabuğday gibi yalancı (pseudocereal) tahıl proteinlerinin kullanımına olan ilgi artmıştır. Tohumları kompozisyon ve işlev bakımından gerçek tahıllara benzediğinden bunlara sahte/yalancı tahıllar denir. Psödotahtıl proteinlerinin aminoasit bileşimi, yüksek miktarda esansiyel aminoasit içeriği ve yüksek biyoyararlanım ile iyi dengelenmiştir. Ayrıca, yalancı tahıllar gluten içermediği için çölyak hastaları için yeterli besin alımının sağlanmasına yönelik önemli kaynaktır. Bu kaynaklar yüksek protein, lif, doymamış yağ asitleri ve arzu edilen vitamin ve mineral düzeyine sahiptir (López vd., 2018)

Baklagiller

Bitki bazlı protein kaynaklarına olan ilginin artmasına paralel olarak yaygın olarak üretilen ve tüketilen baklagillerden protein elde edilmesi de artmaktadır. Son yıllarda bitki bazlı protein kaynaklarına olan ilginin artmasıyla birlikte glisemik indeksi düşük, diyet lifi, vitaminler, mineraller ve çeşitli biyoaktif bileşenler açısından zengin olan soya fasulyesi de dikkat çekmeye başlamıştır. Son birkaç yılda yapılan araştırmalara göre soya fasulyesinin büyüme ve gelişme için gerekli tüm temel proteinleri içerdiği belirlenmiştir (S. T. Tan, Tan, & Tan 2023). Soya fasulyesi proteinlerinin bileşiminde özellikle fenilalanin, metiyonin, treonin, valin, izolösin, triptofan ve lizin gibi amino asitlerin varlığı hayvansal proteine daha yakın olduğunu göstermektedir (Kudelfka vd., 2021). Soya fasulyesi yüksek protein içeriğinin yanı sıra bazı dezavantajları da vardır. Soya fasulyesinin sahip olduğu kötü aroma ve tadın yanında bazı kişilerde alerjik reaksiyonlar oluşturması, kullanımını sınırlandırmaktadır.

Yeterince kullanılmayan baklagillerden biri olan mercimek proteini, esansiyel amino asit içeriği ve sağlık etkileri ile araştırmacılar tarafından ilgi görmektedir. Ayrıca mercimek proteinleri gıda ürünlerinde önemli bir parametre olan jelleşme özelliğinin yanı sıra su, aroma, prebiyotik ve gıda bileşenlerinin hapsedilmesini sağlayan üç boyutlu ağ yapısı oluşturmaktadır (Tang vd., 2024). Soya proteinine benzeyen bir diğer baklagil olan maş fasulyesi de daha düşük alerjenitesinden dolayı kullanım olanağı artmaktadır. Soya proteini ve maş fasulyesi proteinlerinin jelleşme kapasiteleri karşılaştırıldığında maş fasulyesinin daha iyi olduğu bulunmuştur. Bu özelliği de bu protein kaynağının gıda ürünlerinde kullanılma konusunda avantajlı bir konuma sokmaktadır (Tojan vd., 2024).

Yağlı Tohumlar

Yağlı tohumlar ve bunların pres kekleri, posaları önemli bir protein ve biyoaktif bileşen kaynağıdır. Bu nedenle son yıllarda yağlı tohumlar gıda ve nutrasötik endüstrilerinde giderek daha popüler bir alternatif protein kaynağı haline gelmektedir. Özellikle beslenme uzmanları ve gıda üreticileri tarafından geniş çapta tanınmakta ve bu nedenle tüketicilerin ilgisi de dünya çapında hızla artmaktadır. Başta et, unlu mamuller ve süt ürünleri olmak üzere çeşitli işlenmiş gıdalar, gıda alerjileri, bağir sak hastalıkları, kanser ve nörodejeneratif hastalıklar gibi bazı sağlık sorunları yaşayan tüketicilere yönelik yağlı tohum küspesi veya yağlı tohum protein hidrolizatları ile desteklenebilmektedir.

Son yıllarda, amino asit bileşimi ve çeşitli bitkilerden elde edilen yağlı tohumların besinsel ve sağlık açısından yararları konusundaki farkındalık adına önemli ilerlemeler yaşanmıştır. Chia, kenevir, çörek otu, balkabağı tohumu, kolza tohumu proteinlerinden salınan çok sayıda peptidin, biyoaktif aktiviteye, yani ACE inhibitör aktiviteye, antioksidan aktiviteye, anti -inflamatuvar, antimikrobiyal, hipoglisemik veya kardiyoprotektif etkilere sahip olduğu tanımlanmıştır. Ancak çuha çiçeği, deve diken i ve susam proteinlerinin biyoaktif özellikleri hakkında hala çok az bilgi bulunmaktadır. Klinik ve hayvan deneylerini kullanarak sağ lığ a yararlarını araştırmak için ek çalışmalara ihtiyaç olduğu bildirilmiştir. Sonuç olarak, yağlı tohum proteinleri, gıda endüstrisinde fonksiyonel bileşenler veya protein ikameleri olarak büyük bir potansiyele sahiptir (Kotecka-Majchrzak vd., 2020).

Kuruyemişler

Atıştır malık olarak tercih edilen kuruyemişler dünya genelinde yaygın kullanıma sahiptir. Bitki bazlı protein kaynaklarının arayışında kuruyemişler incelendiğinde oldukça verimli protein kaynaklarının olduğu belirlenmiştir. Bu kuruyemişler arasında en yaygın olarak bilinen yer fıstığ ının kuru madde üzerinden %24-36 aralığında protein içeriğine sahiptir. İçerdiği esansiyel amino asitler ve sağlık üzerinde teşvik etkisi olan

diğer bileşenler yönünden oldukça zengindir. Nispeten yüksek besin değeri, yüksek verimi ve düşük maliyeti ile yer fıstığı proteinin diğer gıdalarla birlikte işlenmesine olan ilginin günden güne artmasına neden olmaktadır. Yer fıstığı proteinleri ana fraksiyonları, farklı amino asit profilleri, moleküler ağırlıkları ve yapıları nedeniyle benzersiz fiziksel ve fonksiyonel özellikler sergiler (Cui vd., 2023). Ekonomik açıdan önemli olan diğer bir kuruyemiş olan ceviz, yağ ve protein açısından zengindir. Özellikle yağsız kuru maddesi %45 civarında protein içermektedir. Bu protein içeriği insan vücudu için iyi dengelenmiş temel amino asitlere sahiptir (Ma vd., 2024). Yıllık üretimi 1.2 milyon ton olan ve dünyada en çok tüketilen kuruyemişlerden biri olan badem çekirdeklerinin protein ekstraksiyonu oldukça kolay ve ekstraksiyon verimi de %70' e kadar yükselmektedir. Genel olarak badem çekirdeği proteinin yüksek besin içeriği, yeterli hammadde kaynağı, basit ekstraksiyon işlemi ve yüksek ekstraksiyon oranından dolayı protein açığını doldurmak için umut verici kaynaklardan biridir (Shi vd., 2023) protein içeriğine sahip olan kaju, protein içeriğinin emülsifiye özelliği ve yağ tutma kapasitesi göz önüne alındığında bitki bazlı gıda üretimlerinde kullanım olanakları artmaktadır (Oyeyinka vd., 2019).

Yumrular

Yumrular besin içeriği ve besin değeri incelendiğinde protein miktarı nedeniyle bitki bazlı proteinlere alternatif olarak değerlendirilebilmektedir. Dünya genelinde yaygın olarak tüketilen patates, içerdiği protein miktarı çoğu temel bitki proteininden daha yüksek olması ve yumurta proteinine yakın besin kalitesi gösterdiği için bitki bazlı protein alternatifleri arasında değerlendirilmektedir (Romero vd., 2011)type, and solubility of proteins and the size of aggregates have been determined in aqueous dispersion. Air-water and oil-water interfacial properties (adsorption, spreading, and viscoelastic properties. Bununla birlikte patates proteinleri alerjik olmaması ve yüksek besin değerine sahip olması nedeniyle kullanım olanakları artmaktadır. Ayrıca patates proteinleri, jelleşme, köpürme ve emülsifiye etme özellikleri ile fonksiyonel özellik göstermektedirler. Yapılan araştırmalara göre patates proteinlerinin, peynir altı suyu tozu ile karşılaştırılabilir emülsifiye edici özelliğe sahip olduğu belirlenmiştir (Tan vd., 2023).

Mikrobiyal Protein Kaynakları

İnsan beslenmesinde ve zengin protein içeriği ile besin değeri yüksek olan bir diğer bitki bazlı protein kaynağı yenilebilir mantarlardır. Mantarlar gelişmeleri için daha az suya ihtiyaç duyarlar ve endüstriyel atıklar ile beslenebilirler. Mantarların kolay yetiştirilmelerinin yanı sıra kuru maddede %19-35 oranında protein içeriğine sahip olmasıyla büyük öneme sahiptir. Yenilebilir mantarlar bazı sebzelerden daha yüksek protein içeriğine sahipken soya fasulyesi protein içeriğine de yakındır. İnsan beslenmesi için gerekli olan 8 esansiyel amino asidi içermektedir. Ayrıca, bitki bazlı

protein kaynaklarında yaygın olarak kullanılan soya fasulyesi ve buğday gibi bitkilerle karşılaştırıldığında yenilebilir mantarlarda alerjenite nispeten düşüktür. Bu gıda alerjenleri temel olarak fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörlerden etkilenebilen proteinler olduğu için belirli yöntemler ile azaltılabilir veya ortadan kaldırılabilir. Mantar proteinlerinin besinsel özellikleri ve gıda ürünlerine ilave edilmesinde bitki bazlı gıda analogunun geliştirilmesinde oldukça önemli etkiler göstermektedir (Wang ve Zhao, 2023)

Alg Proteinleri

Son yıllarda yenilebilir alglerden elde edilen ve yüksek değerli protein içeriğine sahip olarak değerlendirilen mikroalgler protein kaynağı olarak önem taşımaktadır. Mikroalg proteinleri, kuru madde içeriğinin %50-80 aralığında yüksek protein içeriğine sahiptir (Muys vd., 2023) microbial protein (MP). Mikroalgler türlerine göre ürettikleri protein miktarları da değişiklik gösterebilmektedir. Yaygın olarak yüksek protein içerikleri ve besin değerleri nedeniyle *Spirulina plantesis*, *Chlorella* sp., *Dunaliella terticola*, *Dunaliella salina* ve *Aphanizomenon flos-aquae* türleri ön plana çıkmaktadır. Tablo 2’de çeşitli mikroalg türlerinin kuru madde cinsinden protein miktarları verilmiştir (Koyande vd., 2019).

Tablo 2.

*Mikroalg Türlerinin Protein, Lipid ve Karbohidrat İçerikleri * (Koyande vd., 2019).*

Mikroalg türleri	Protein (%)	Mikroalg türleri	Protein (%)
Anabena cylindrica	43-56	Isochrysis galbana	50-56
Aphanizomenon flos-aquae	62	Porphyridium cruentum	28-39
Chaetoceros calcitrans	36	Prymnesium parvum	28-45
Cylamydomonas rheinhardii	48	Scenedesmus obliquus	50-56
Chlorella vulgaris	51-58	Scenedesmus dimorphus	8-18
Chlorella pyrenoidosa	57	Scenedesmus quadricauda	47
Diacronema vlkianum	57	Spiogrya sp.	6-20
Dunaliella salina	57	Spirulina maxima	60-71
Dunaliella bioculata	49	Spirulina platensis	46-63
Euglena gracilis	39-61	Synechococcus sp.	63
Haematococcus pluvialis	48	Tetraselmis maculata	52

* Değerler kurumadde üzerinden verilmiştir.

Yeşil Yapraklı Bitkiler

Geleneksel olarak yeşil yapraklı bitkiler, yem, yeşil gübre gibi çeşitli gıda dışı uygulamalarda kullanılmaktadır. Ancak bu bitkiler, iyi bir protein, vitamin, mineral, diyet lifi ve esansiyel yağ asitleri kaynağı oldukları için arzu edilen besin profilleri nedeniyle gıdalarda da kullanılma potansiyeline sahiptir. Yeşil yapraklı bitki proteinleri, yonca, ıspanak, manyok, tütün, çimen, moringa, brokoli ve şeker pancarı dahil olmak üzere farklı bitki kaynaklarında kayda değer miktarlarda mevcuttur (Hadidi vd., 2023). Örnek olarak ıspanak, sodyum (827 mg/100g), demir (28,4 mg/100g), magnezyum (827 mg/100g) ve kalsiyum (1036 mg/100g) gibi mükemmel bir mineral kaynağıdır (Kumari vd., 2004). Bu yenilebilir yeşil yapraklı bitki kaynakları genellikle uygun fiyatlı ve bol protein kaynaklarıdır. Üstelik bu proteinlerin üretimi, yeşil yapraklı bitkilerin atmosferdeki karbondioksiti tutma yeteneğinden dolayı sera gazı seviyelerinin azaltılmasına yardımcı olabilir. Bazı yeşil yapraklı bitkilerin içerdiği protein oranları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3.

Bazı Yeşil Yapraklı Bitkilerin İçerdiği Protein Oranları (Hadidi vd., 2023).*

Sebze (100 g için)	Protein Oranı (g)
Yabani Turp Yapağı	32.26
Yabani Nane	20.1
Brüksel Lahanası	5.2
Ebegümeçi	4.4-26.2
Nane	4.0
Asma Yapağı	3.8
Maydanoz	3.6
Enginar	3.0
Roka	3.0
Tere	3.0
Ispanak	2.8-3.2
Madımak	2.4
Pazı	2.0
Semiz Otu	2.0
Kıvırcık	1.7
Marul	1.2-12.5
Yonca	1.0

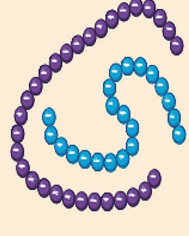
*Değerler kuru madde üzerinden verilmiştir.

BİTKİ BAZLI PROTEİNLERDE ARANAN ÖZELLİKLER

Sürdürülebilir bir beslenme ve hayvansal protein kaynaklarının kullanımını azaltmak için bitkisel kaynaklı protein arayışı yaygınlaşmaktadır. Bitkisel kaynaklı proteinler, hayvansal proteinlere alternatif olarak görüldüğü için türevlerinin fonksiyonel ve fizikokimyasal özelliklerinin derinlemesine araştırılması ve fizyolojik etkilerinin anlaşılması, ayrıca gıda ürünlerine işlenebilirliğinin araştırılması gerekmektedir. Bitki bazlı protein kaynaklarının gıda ürünlerinde kullanımı, tüketici kabulü, gıda güvenliği ve üretim maliyeti gibi değerlerinin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Gıda endüstrisinde protein izolatları (Şekil 3), yenilebilir kaplama malzemeleri, gıda stabilizatörleri, hidrojel ile yapıştırıcılar ve biyoaktif peptitler olarak kullanımları mevcuttur (Kumar vd., 2022)

Şekil 3.

Protein izolatlarının kullanım alanları.

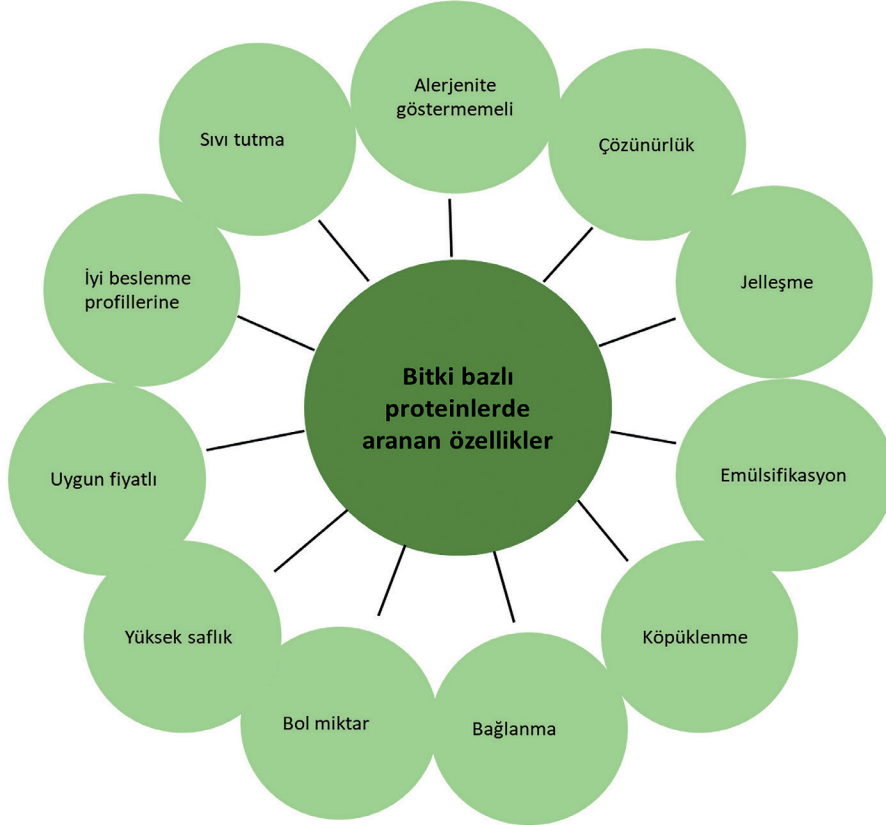
Protein Takviyesi	Yenilebilir Filmler ve Kaplama	Emülsiyon Stabilizatörü veya Emülgatör	Hidrojeller	Biyoaktif Peptitler
				

Bitki bazlı proteinlerin işlenmesi veya gıdalarda ürünlerinde daha iyi etkinlik gösterebilmesi için bazı fonksiyonel özelliklere sahip olması gerekmektedir. Bu özellikler; su tutma kapasitesi, alerjen etkinlik göstermemesi, iyi çözünürlük, jelleşme kabiliyeti, emülsifikasyon etkinliği, köpük oluşturma özelliği, bağlanabilme, miktar olarak kolay ve bol bulunabilir olması, yüksek saflıkta olması, maliyeti düşük ve iyi beslenme özelliği göstermelidir (Şekil 4; Hewage vd. 2022; Hadidi vd., 2023). Bununla birlikte proteinlerin ekstraksiyondan sonra karakterizasyonu, kalitesinin analizi ve değerlendirilmesi için zorunludur. Protein kaynaklarının yeteneği vücudun metabolik ihtiyaçlarının karşılanması, kaliteleri değerlendirilerek belirlenir. Proteinlerin fonksiyonel ve fizikokimyasal özelliklerinin karakterizasyon teknikleri yoluyla tam olarak anlaşılması, proteinlerin gıdalarda ve besinsel açıdan üstün işlenmiş ürünlerde kullanımının artırılmasında merkezi öneme sahiptir. Bu anlayış, gıda ve gıda dışı sistemlerde proteine yönelik spesifik bir uygulamanın açıklanmasına yardımcı olur.

Örneğin bitki kaynaklarından elde edilen saflaştırılmış antioksidan peptitler gıdaların korunmasında kullanılabilir çünkü bu peptitler gıdalardaki oksidasyon sürecini geciktirir (Kumar, Tomar, Potkule vd., 2022)

Şekil 4.

Bitki bazlı proteinlerde aranan özellikler (Hadidi vd., 2023; Hewage vd., 2022).

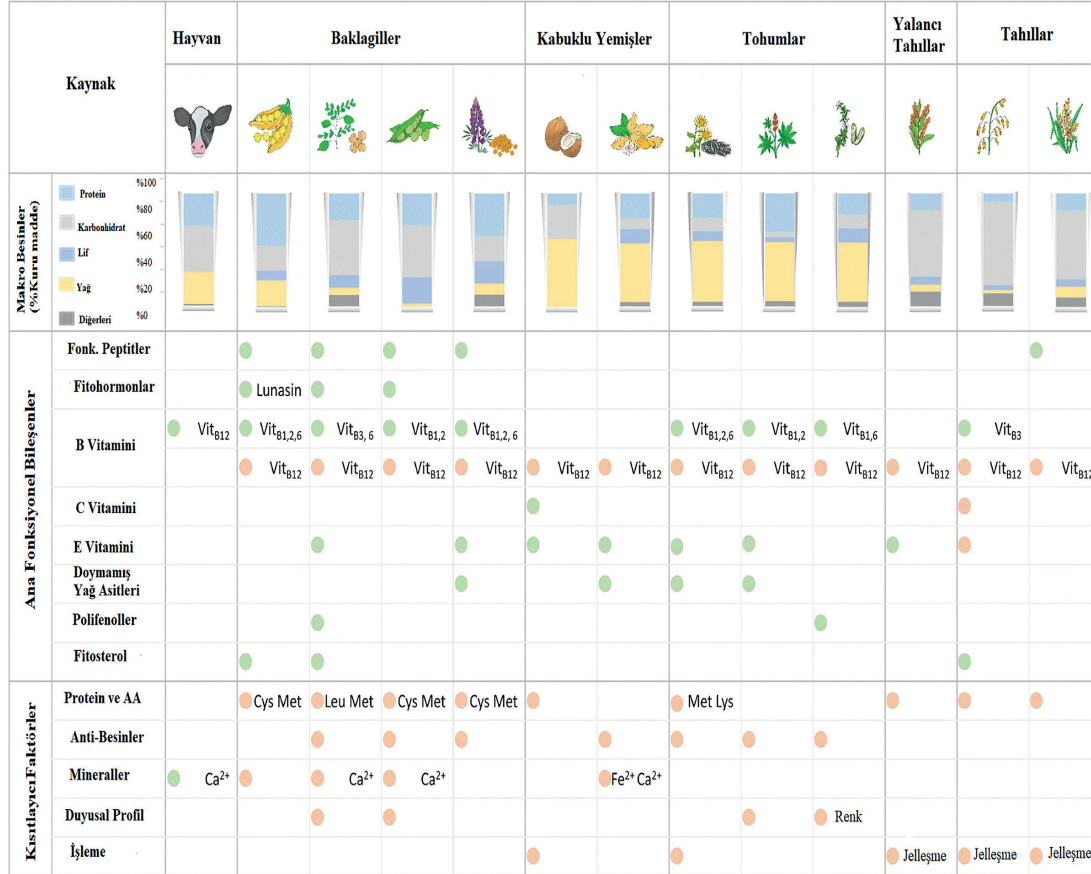


BİTKİ BAZLI PROTEİNLERİN FONKSİYONEL BİLEŞENLERİ

Bitki bazlı protein kaynakları hayvansal besinlere alternatif olarak geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Hayvansal ürünler kategorisinde yer alan süt ise yıllardır süregelen fermente süt ürünlerinin ana kaynağı olduğu için geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bitki bazlı fermente süt ürünlerinin verimli bir şekilde üretilmesi ve beslenme açısından süt ürünlerine benzer olabilmesi için bu bitki bazlı protein kaynaklarının besin içeriğinin süt ile karşılaştırılması gerekmektedir. Bitki bazlı ürünlerden soya protein, Hindistan cevizi yağı ve pirinç ise karbonhidrat açısından oldukça zengin bir içeriğe sahiptir (Şekil 5).

Şekil 5.

Bitki bazlı süt alternatifi üretiminde kullanılan yaygın bitkilerin makro besin bileşimi, fonksiyonel bileşenleri ve sınırlayıcı faktörleri (Tangyu vd., 2019).



Gıda formülasyonlarında bitki bazlı proteinler, jelleştirici, koyulaştırıcı ve köpük oluşturuçu ajanlar olarak görev yapmak da dahil olmak üzere önemli roller oynar ve emülsiyon stabilizatörü, su ve yağ bağlama etkilerine sahiptir. Ayrıca bitki bazlı proteinlerin antimikrobiyal ve antioksidan aktivite gibi biyolojik fonksiyonları da bulunmaktadır. Bilimsel literatüre göre, tahıllar (buğday, pirinç, mısır, arpa ve sorgum), baklagiller (soya fasulyesi, barbunya fasulyesi, bezelye, siyah fasulye, güvercin bezelyesi, yer fıstığı ve börülce) ve yağlı tohumlar (susam, kolza tohumu ve pamuk tohumu) bitkisel proteinin kaynaklarıdır. Pek çok çalışma aynı zamanda kepek, yağsız küspeler ve tahıl yaprakları, baklagiller ve yağlı tohumlar (buğday, arpa, soya fasulyesi, yer fıstığı, kanola, yer fıstığı, keten tohumu, üzüm çekirdeği, susam tohumu, pamuk tohumu, kabak çekirdeği, kolza tohumu, ayçiçeği) gibi yan ürünlerin potansiyelini de göstermiştir (Kumar vd., 2022).

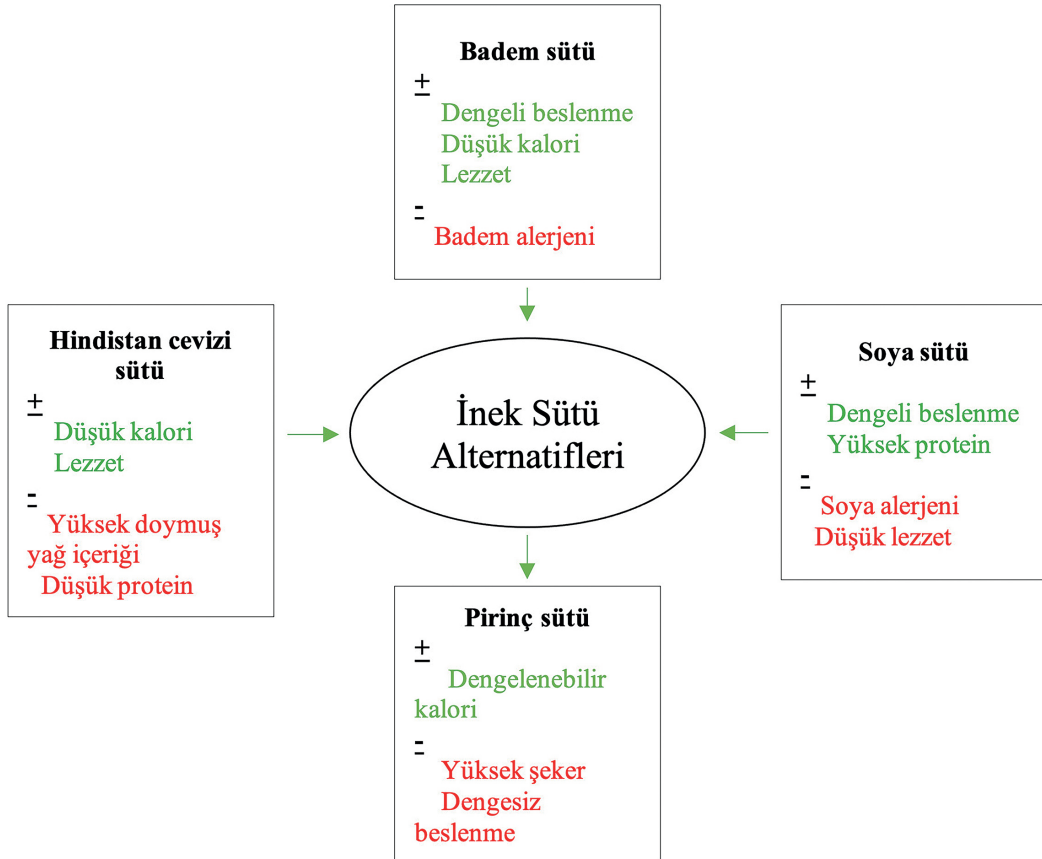
BİTKİ BAZLI PROTEİNLERİN GIDA UYGULAMALARI

Bitki Bazlı Süt Alternatifleri

Bitki bazlı süt alternatiflerine yönelik sürekli artan talep ve farklı fonksiyonel özellikleri keşfetmeye olan ilginin artması nedeniyle, bitki bazlı süt alternatifleri üretmek için çeşitli bitkiler kullanılmaktadır. Kullanılan bitki kaynakları beş türe ayrılabilir: (i) baklagiller, (ii) sert kabuklu yemişler, (iii) tohumlar, (iv) yalancı tahıllar ve (v) tahıllar. Soya bazlı içecekler Batı Dünyasındaki baskın bitki bazlı süt alternatifleridir. Ayrıca badem, Hindistan cevizi, ayçiçeği tohumu, nohut, acı bakla bazlı içecekler, kenevir, susam, kinoa, bezelye ve pirinç mevcuttur. Bitki bazlı süt alternatiflerinin kullanılan ham maddeye bağlı olarak bileşimi ve tadı önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Bazı bitki bazlı süt alternatiflerinin olumlu ve olumsuz özellikleri Şekil 6' da gösterilmiştir (Vanga ve Raghavan, 2018).

Şekil 6.

Bazı bitki bazlı süt alternatiflerinin olumlu ve olumsuz özellikleri.



Bitki Bazlı Yoğurt Alternatifleri

Yoğurt fonksiyonel bir gıda olarak kabul edilir çünkü fermentasyon sırasında laktik asit bakterileri (LAB), gastrointestinal enfeksiyona karşı koruma, serum kolesterolünü düşürme, bağışıklık sistemini uyarma ve bağırsak mikroflorasını stabilize etme gibi önemli terapötik değerler sağlar. Son zamanlarda fermente yoğurt alternatifleri, bitki bazlı süt ikamelerinin daha çevre dostu olması ve daha doğal antioksidanlara sahip olması nedeniyle tüketicilerin ilgisini çekmektedir. Bazı çalışmalar, LAB ile aşıl原因 soya ieeğinin yoğurt benzeri ürünler oluşturabileceğini bildirmiştir. Proteinlerin farklı doğasından dolayı süt ürünü olmayan yoğurt alternatifleri, süt kaynaklı yoğurtla karşılaştırıldığında yapısal dezavantajlar ortaya çıkabilmektedir. Son yıllarda birçok araştırmacı, asit kaynaklı soya ve yulaf proteini bazlı jellerin yapısını ve reolojik özelliklerini incelemiştir. Bununla birlikte, sulandırılmış süt, soya ieeğı ve yulaf ieeğı arasındaki fizikokimyasal özellikler ve uçucu tat bileşenlerinin LAB ile fermentasyon öncesi ve sonrası farklılıkları henüz açıklığa kavuşturulmamıştır (Wang vd., 2023). Bitki bazlı yoğurdun besin bileşimi, formülasyonunda kullanılan hammaddelere bağlıdır. Yulaf ve piring gibi tahılların kullanımı yüksek düzeyde karbonhidrat ve lif sağlarken, kinoa, acı bakla, mercimek ve soya gibi sahte tahıllar ve baklagillerin kullanımı yüksek değerli proteinlerle sonuçlanmaktadır. Bununla birlikte, düşük miktarda amino asit içeren bitki proteinlerinin genellikle besin açısından eksik olduğu, sindirilebilirliği düşük olduğu ve antibeslenme/ antinutrient faktörleri içerdiği düşünölmektedir. Tahıl ve baklagillerin kombinasyon halinde karıştırılması, birbirlerinin amino asitlerini tamamlayabilir ve biyoişlem yoluyla amino asitlerin biyoyararlılığını en üst düzeye çıkarabilir (Dhakal vd., 2023).

Üç çeşit sütün (rekonstüte süt, soya sütü ve yulaf sütü) kullanılarak yoğurt elde edildiği çalışmada yoğurtların bileşimi, fizikokimyasal özellikleri, reolojisi, uçucu bileşikleri incelemesi sonucunda rekonstüte süttten yapılan yoğurdun daha yüksek titre edilebilir asitlik gösterdiği ve fermentasyon için daha uygun olduğunu göstermiştir. Soya bazlı yoğurt en yüksek sertlik, kıvam ve su tutma kapasitesine aynı zamanda yüksek G>/G>> değerlerine ve yüksek stabiliteye sahip çıkmıştır. Yulaf bazlı yoğurt ise gevşek bir yapı ile birlikte düşük sertlik ve G> değerine sahip olduğu bildirilmiştir. Sonuç olarak fermentasyon sırasında soya proteinleri arasında daha fazla ve daha güçlü etkileşimlerin olduğu görölmüştür (Wang vd., 2023).

Soya fasulyesi ve kinoa kullanılarak kabul edilebilir ve fonksiyonel bitki bazlı yoğurt üretildiği bildirilmiştir. Soya bazlı yoğurdun formülasyonuna kinoanın eklenmesi, başlangıç kültürünün metabolik yeteneği üzerinde bir etkiye sahip olmuş, bu durumun bileşim, su tutma kapasitesi, hücre canlılığı , renk ve reolojik özellik üzerinde önemli bir varyasyona neden olduğu bildirilmiştir. Duyusal analiz sonuçlarının kinoanın soya fasulyesine karşı 8:2 ve 2:8 oranında kullanılmasının hem besin değeri hem de tüketici tercihi açısından yüksek puanlar aldığını belirtmişlerdir (Huang vd., 2022).

Bitki Bazlı Peynir Analogu

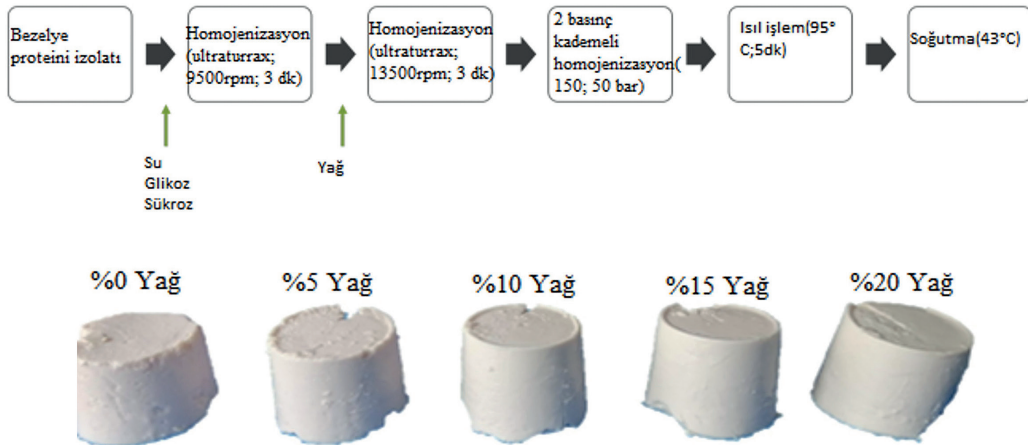
Bitki bazlı peynir alternatifi endüstrisi, en hızlı büyüyen sektörlerinden biridir. Geleneksel peynir ile bitkisel peynir üretimi arasındaki temel fark, normal peynirde tek bir ana bileşenin (farklı kaynaklardan elde edilen süt) bulunmasıdır. Buna karşın, bitki bazlı peynir analogları birçok farklı kaynaktan üretilebilmektedir. Bitki bazlı peynirlerde kullanılan proteinler esas olarak bezelye, soya, acı bakla, patates, fındık ve mısırdan elde edilmektedir. Kullanılacak olan bitkisel proteinlerin farklı fizikokimyasal ve fonksiyonel özellikleri yerine getirmesi gerekmektedir. Bu özellikler arasında emülsifikasyon, jelleşme, su tutma ve lezzet gibi özellikler sayılabilmektedir (Grossman vd., 2021).

Fermantasyonla indüklenen bitki bazlı peynirlere uygun optimal bezelye protein matrisinin tanımlanmasına ve karakterize edilmesi ile ilgili yapılan bir çalışmada bezelye protein matrislerinde stabilite ve jel oluşumu araştırılmıştır. %10 protein ve %0, 5, 10, 15 ve 20 zeytinyağı seviyelerine sahip bezelye protein izolatu (PPI) emülsiyonları üretilmiş ve bitki matrislerine uygun bir starter kültür ile ayrıca fermente edilmiştir. Tüm PPI emülsiyonlarının 7 saat sonra fiziksel olarak stabil olduğunu göstermiştir. PPI emülsiyonlarında ζ -potansiyeli zamanla önemli ölçüde değişmemiş, tüm numunelerde çift modlu parçacık boyutu dağılımı gözlenmiş ve numunelerin hiçbirinde 7 saat sonra önemli bir değişiklik gözlenmemiştir. Daha yüksek yağ içeriği, daha zayıf jellere ve daha düşük elastik modüle yol açmış ve kapalı kaplarda soğutma altında 7 günlük depolama boyunca jel sertliğinde önemli bir değişiklik gözlenmemiştir.

Bitki bazlı peynir için bezelye proteini izolatu (PPI) matrisinin üretim süreci Şekil 7’de gösterilmiştir.

Şekil 7.

%10 protein içeren farklı yağ içeriğindeki peynirlerin kapalı kaplarda buzdolabında 7 gün saklandıktan sonraki görünümleri (Masiá vd., 2022)



Correia vd. (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, ham veya ekstrüde sorgum ununun krem peynir formülasyonlarına dahil edilmesinin ürüne etkisi incelenmiştir. Ham sorgum ununun krem peynir formülasyonlarına eklenmesi, önceden işleme gerekmediği için daha karmaşık ve maliyetli olan ekstrüde sorgum ununa göre duyu ve operasyonel maliyetler açısından daha uygun olduğu görülmüştür. Sorgum unu ilaveli krem peynir gibi yeni ürünlerle, insanlar için besinsel, işlevsel ve duyu yararları olan tüketilebilir ürünlere yönelik pazar talebinin karşılandığı belirtilmiştir. Bitki bazlı peynir analogları geliştirmek için hammadde olarak farklı baklagil unlarının (haşlanmış ve kavrulmuş sarı bezelye ve bakladan elde edilen unlar) kullanıldığı araştırmada, haşlanmış ve kavrulmuş sarı bezelye ve bakladan elde edilen unların, bitki bazlı peynir analogları üretmek için hammadde olarak kullanılmaya uygun olduğu görülmüştür. Baklagil bazlı peynir analoglarının, yüksek lif içerikleri (6-8 g/100 g ürün) nedeniyle fonksiyonel gıdalar olarak tüketilebileceği belirtilmiştir. Geliştirilen baklagil bazlı peynir analoglarının, mevcut bitki bazlı peynir pazarında potansiyel olarak daha sağlıklı alternatifler olabileceği ve bakliyat tüketimini artırmaya katkı sağlayacağı ileri sürülmüştür (Ferawati vd., 2021).

Bitkisel Bazlı Et Analogu

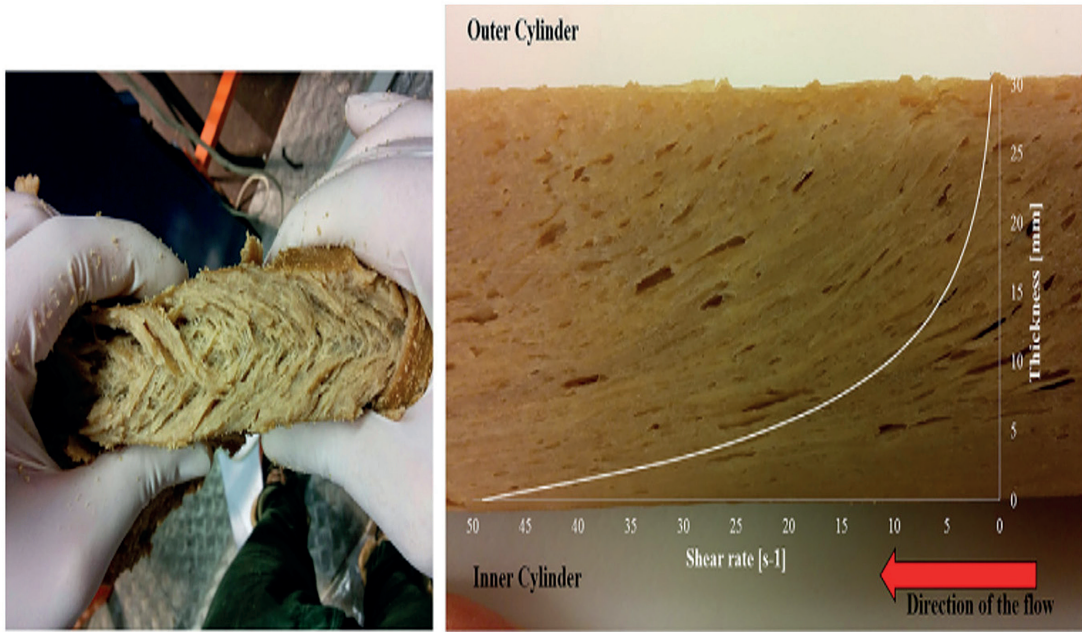
Bitki bazlı et analogu üretiminde, genellikle temel bileşenler olarak bitki proteinlerini kullanılır. Bunun için en sık kullanılan bileşenler tahıllar ve baklagil kökenli proteinlerdir. Tüketiciler tarafından popüler olarak kabul edilen ve aynı zamanda bitki bazlı geleneksel Asya ürünlerinin temel kaynağı olan soya fasulyesi proteinleri; yuba, tofu ve fermente ürünlerin geleneksel bitki bazlı et analoglarından bazıları gibi sıklıkla kullanılmaktadır (Lou vd., 2023). Et analoğunun geliştirildiği bir çalışmada, Couette hücresinde basit kesme akışı ve ısı uygulamasının, hafif işlem koşullarında bitki proteinlerinin granüler bir karışımına lifli yapısal desenler oluşturabilen ölçeklenebilir bir işlem konsepti olduğunu gösterilmiştir. Özellikle yapılandırılmış soya bazlı et ikamelerinin üretiminde 7 litre kapasiteli Couette Cell cihazı kullanılmıştır. İşlem sıcaklığı 120°C’de sabit kalırken işlem süresi ve dönüş hızı parametreleri arasındaki optimum işlem koşullarını bulmak için azaltılmış faktöriyel deney tasarımı kullanılmıştır. Çalışma sonunda (Şekil 8) yüksek anizotropi indekslerine sahip fiber yapıları elde edilmiştir (Krintiras vd., 2016).

Bir diğer çalışmada, hayvansal ete kıyasla soya proteini bazlı gıda jellerinin lifli yapısını ve reolojik özelliğini kontrol etmek için dondurma işlemi kullanılmıştır. Soya fasulyesi unu ve iki tür soya proteini izolat tozu, et benzeri yapılar üretme yetenekleri ve reolojik özellikleri açısından incelenmiştir. İzolat tozlarının ve dondurma koşullarının belirli kombinasyonlarının, gıda protein jellerinde çok katmanlı yapılar üretebildiği bulunmuştur. Ayrıca, %10 katı içerikli formülasyondaki soya fasulyesi unu, gerçek etin kırılma mukavemetine eşdeğer bir kırılma mukavemeti elde eden, nispeten

gözenekli ve anizotropik bir yapıya sahip katmanlı en yoğun katmanların oluşmasıyla sonuçlanmıştır. Gerçek et yapılarını taklit etmede anahtar rol oynayan protein jelindeki buz kristallerinin büyümesi, numunelerin jelleşme yeteneğinden önemli ölçüde etkilenmiştir. Jelleşme yeteneği düşük olan soya fasulyesi unu, soya proteini bazlı gıda jellerinin dondurularak yapılandırılması için iyi bir adaydır (Sun vd., 2015).

Şekil 8.

Sol: 120°C, 20 rpm’de (dakikada devir sayısı) 30 dakikada elde edilen tipik fiber yapı numune. Sağ: Numune kalınlığı (30 mm).



SONUÇ VE ÖNERİLER

Bitki bazlı protein kaynakları, beslenme ve çevresel etkileri azaltma gibi potansiyelleri gelecek için umut vadetmektedir. Son yıllarda beslenme farklılıkları, inanış ve kültürel yapılar ile hayvansal ürünlerin çevreye verdiği zararlı etkiler insanların bitkisel kaynaklı ürünlere yönelimlerini arttırmaktadır. Bu artışla birlikte hayvansal ürünlere alternatif farklı bitki kaynaklarına da ihtiyaç duyulmuştur. Hayvansal gıda ürünlerinin ise içerdiği yüksek protein miktarı da insan beslenmesi için gerekli amino asitleri içermektedir. Bu nedenle bitkisel kaynaklı ürünlerde protein içeriği daha fazla araştırma konusu olmuştur. Bitki bazlı proteinlerin insan beslenmesi için gerekli amino asitlerinin aranmasının yanı sıra bu proteinlerin yenilebilir filmler/kaplamalar, biyoaktif bileşenler, stabilizatörler veya emülgatörler, hidrojel ve yapıştırıcılar gibi endüstriyel uygulamaları da araştırılmaktadır.

Bitki bazlı proteinler farklı kaynaklardan izole edilmektedir. Bunlar; tahıllar, baklagiller, yağlı tohumlar, yalancı tahıllar, yumrular, yeşil yapraklı bitkiler, mikrobiyal kaynaklı proteinler ve alglerden elde edilmektedir. Araştırmacılar bu kaynaklar arasında en yüksek protein içeriğine sahip bitkisel kaynak aramanın yanı sıra bu proteinlerin izolasyonunun en uygun olan protein, insan beslenmesi için gerekli olan önemli amino asitleri içermesi, tüketildiği takdirde alerjenitesinin düşük olması, hayvansal gıdalara alternatif olarak üretilen ürünlerin yapılarını iyileştirmesi ve emülgatör özelliği yüksek proteinler araştırılmaktadır. Bu proteinlerin fizikokimyasal özelliklerinin yanı sıra endüstriyel olarak elde edilmeleri ve maliyet olarak düşük olması tercih edilmiştir. Bu nedenle mikrobiyal kaynaklı ve algler tarafından üretilen proteinlere talep artmıştır. Yapılan araştırmalar mikrobiyal kaynaklı ve algler tarafından üretilen proteinlerin oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir.

Gelecekte, yeni alternatif protein kaynaklarının yapısal özelliklerinin belirlenmesi, yenilebilir özellikleri, besinsel değerleri ve fizikokimyasal özelliklerinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Bitkisel kaynaklı proteinlerin besinsel kalitesi ve çeşitli teknolojik özelliklerini, proteinin moleküler özellikleri ve ekstraksiyon süreci etkilemektedir. Bu nedenle protein izolasyonunun gerçekleştirilmesinde yüksek teknolojik işlemlere gereksinim duyulmaktadır. Teknolojik işlemlerin geliştirilmesine paralel olarak daha verimli protein izolasyonu gerçekleştirilebilir. Böylelikle elde edilen proteinlerin işlevselliğinde de artış görülebilir. Protein izolasyonunun en önemli etkilerinden biri sonraki aşama olan gıda ürünlerinde kullanılmasıdır.

Dünya genelinde çeşitli sebeplerden dolayı bitkisel kaynaklı beslenmeye yönelinmesinin farklı hayvansal kaynaklı gıdalara alternatif ürünlere talepler de artmıştır. Bu nedenle çeşitli et, süt ve yumurta gibi bitkisel analoglar geliştirilmiştir. Hayvansal kaynaklı gıda ürünlerinde ise besin değeri açısından en önemli bileşen proteindir. Bitkisel kaynaklı analogların geliştirilmesinde de protein özellikleri dikkate alınarak üretim gerçekleştirilmektedir. Bitki kaynaklı gıda analoglarında kullanılan proteinlerin ürünün fizikokimyasal özelliği, tekstür, reoloji ve duysal özelliklerinde iyileştirici etkiler göstermesi gerekmektedir. Bitkisel kaynaklı gıda analoglarında yoğurt, peynir ve et gibi çeşitli araştırmalar/denemeler gerçekleştirilmektedir. Bu araştırmalar kapsamında bitkisel kaynaklı gıda ürünlerinin üretilmesinde çeşitli protein kaynakları araştırılmaktadır. Yapısal olarak hayvansal gıdalara benzer özellikte ürünler elde edilmektedir. Fakat tat ve aroma gibi duysal özelliklerin istenilen düzeyde olabilmesi için daha ileri çalışmalara gereksinim duyulmaktadır.

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Barbosa, J. C., Rodrigues, D., Almeida, D., Machado, D., Franco, I., Inácio, J., ... & Gomes, A. M. (2022). The role of cereals in the industry of plant-based foods. In *20th ICC Conference: future challenges for cereal science and technology*.
- Cui, S., McClements, D. J., Xu, X., Jiao, B., Zhou, L., Zhou, H., ... & Dai, L. (2023). Peanut proteins: Extraction, modifications, and applications: A comprehensive review. *Grain & Oil Science and Technology*.
- Demirci, M., & Yetim, H. (2021). İNSAN GIDASI OLARAK BÖCEK PROTEİNLERİ TÜKETİMİ VE GETİRDİĞİ SORUNLAR. *Helal ve Etik Araştırmalar Dergisi*, 3(2), 11-22.
- da Veiga Correia, V. T., D'Angelis, D. F., dos Santos, A. N., Ronchetti, E. F. S., Queiroz, V. A. V., Figueiredo, J. E. F., ... & Fante, C. A. (2022). Tannin-sorghum flours in cream cheese: Physicochemical, antioxidant and sensory characterization. *LWT*, 154, 112672.
- Dhakal, Damodar, Tayyaba Younas, Ram Prasad Bhusal, Lavaraj Devkota, Christiani Jeyakumar Henry, and Sushil Dhital. 2023. "Design Rules of Plant-Based Yoghurt-Mimic: Formulation, Functionality, Sensory Profile and Nutritional Value." *Food Hydrocolloids* 142(May). doi: 10.1016/j.foodhyd.2023.108786.
- Ewy, Matthew W., Ankitaben Patel, Marwa G. Abdelmagid, Osman Mohamed Elfadil, Sara L. Bonnes, Bradley R. Salonen, Ryan T. Hurt, and Manpreet S. Mundi. 2022. "Plant-Based Diet: Is It as Good as an Animal-Based Diet When It Comes to Protein?" *Current Nutrition Reports* 11(2):337–46. doi: 10.1007/s13668-022-00401-8.
- Ferawati F, Hefni M, Östbring K, Witthöft C. (2021). The Application of Pulse Flours in the Development of Plant-Based Cheese Analogues: Proximate Composition, Color, and Texture Properties. *Foods*. 2021; 10(9):2208. <https://doi.org/10.3390/foods10092208>
- Grossmann, Lutz, and David Julian McClements. 2021. "The Science of Plant-Based Foods: Approaches to Create Nutritious and Sustainable Plant-Based Cheese Analogs." *Trends in Food Science and Technology* 118(October):207–29. doi: 10.1016/j.tifs.2021.10.004.
- Hadidi, Milad, Fatemeh Aghababaei, and David Julian McClements. 2023. "Enhanced Alkaline Extraction Techniques for Isolating and Modifying Plant-Based Proteins." *Food Hydrocolloids* 145(March). doi: 10.1016/j.foodhyd.2023.109132.
- Hadidi, Milad, Shima Jafarzadeh, Mehrdad Forough, Farhad Garavand, Saeid Alizadeh, Ali Salehabadi, Amin Mousavi Khaneghah, and Seid Mahdi Jafari. 2022. "Plant Protein-Based Food Packaging Films; Recent Advances in Fabrication, Characterization, and Applications." *Trends in Food Science and Technology* 120(December 2021):154–73. doi: 10.1016/j.tifs.2022.01.013.

- Hewage, Anuruddika, Oladipupo Odunayo Olatunde, Chamila Nimalaratne, Maneka Malalgoda, Rotimi E. Aluko, and Nandika Bandara. 2022. "Novel Extraction Technologies for Developing Plant Protein Ingredients with Improved Functionality." *Trends in Food Science and Technology* 129(October):492–511. doi: 10.1016/j.tifs.2022.10.016.
- Huang, Kai, Yongyong Liu, Yu Zhang, Hongwei Cao, Da ke Luo, Cuiping Yi, and Xiao Guan. 2022. *Formulation of Plant-Based Yoghurt from Soybean and Quinoa and Evaluation of Physicochemical, Rheological, Sensory and Functional Properties*. Vol. 49.
- Imran, M., & Liyan, Z. (2023). Production of plant-based meat: functionality, limitations and future prospects. *European Food Research and Technology*, 1-25.
- Kotecka-Majchrzak, Klaudia, Agata Sumara, Emilia Fornal, and Magdalena Montowska. 2020. "Oilseed Proteins – Properties and Application as a Food Ingredient." *Trends in Food Science and Technology* 106(July 2019):160–70. doi: 10.1016/j.tifs.2020.10.004.
- Koyande, A. K., Chew, K. W., Rambabu, K., Tao, Y., Chu, D. T., & Show, P. L. (2019). Microalgae: A potential alternative to health supplementation for humans. *Food Science and Human Wellness*, 8(1), 16-24.
- Krintiras, Georgios A., Javier Gadea, Atze Jan, Van Der Goot, Andrzej I. Stankiewicz, and Georgios D. Stefanidis. 2016. "On the Use of the Couette Cell Technology for Large Scale Production of Textured Soy-Based Meat Replacers." 169:205–13.
- Kudelfka, Wanda, Małgorzata Kowalska, and Marzena Popis. 2021. "Quality of Soybean Products in Terms of Essential Amino Acids Composition." *Molecules* 26(16):1–9. doi: 10.3390/molecules26165071.
- Kumar, Manoj, Maharishi Tomar, Jayashree Potkule, Reetu, Sneha Punia, Jyoti Dhakane-Lad, Surinder Singh, Sangram Dhumal, Prakash Chandra Pradhan, Bharat Bhushan, T. Anitha, Omar Alajil, Ahmad Alhariri, Ryszard Amarowicz, and John F. Kennedy. 2022. "Functional Characterization of Plant-Based Protein to Determine Its Quality for Food Applications." *Food Hydrocolloids* 123(June 2021). doi: 10.1016/j.foodhyd.2021.106986.
- Kumar, Manoj, Maharishi Tomar, Sneha Punia, Jyoti Dhakane-Lad, Sangram Dhumal, Sushil Changan, Marisennayya Senapathy, Mukesh K. Berwal, Vellaikumar Sampathrajan, Ali A. S. Sayed, Deepak Chandran, R. Pandiselvam, Nadeem Rais, Dipendra Kumar Mahato, Shashikant Shiddappa Udikeri, Varsha Satankar, T. Anitha, Reetu, Radha, Surinder Singh, Ryszard Amarowicz, and John F. Kennedy. 2022. "Plant-Based Proteins and Their Multifaceted Industrial Applications." *Lwt* 154(July 2021). doi: 10.1016/j.lwt.2021.112620.
- Kumari, Mamatha, Sheetal Gupta, A. Jyothi Lakshmi, and Jamuna Prakash. 2004. "Iron Bioavailability in Green Leafy Vegetables Cooked in Different Utensils." *Food Chemistry* 86(2):217–22. doi: 10.1016/j.foodchem.2003.08.017.

- López, Débora N., Micaela Galante, María Robson, Valeria Boeris, and Darío Spelzini. 2018. "Amaranth, Quinoa and Chia Protein Isolates: Physicochemical and Structural Properties." *International Journal of Biological Macromolecules* 109:152–59. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2017.12.080.
- Lou, Jiamiao, Mingjuan Ou, Yang Teng, Yuxing Guo, Daodong Pan, Hua Yang, and Zhen Wu. 2023. "Comparative Metabolomics Analysis of the Fermented Plant-Based Meat Analogue of Soybean Proteins." *Food Bioscience* 56(September). doi: 10.1016/j.fbio.2023.103143.
- Ma, Xuan, Chongbo Huang, Chang Zheng, Weijun Wang, Huang Ying, and Changsheng Liu. 2024. "Effect of Oil Extraction Methods on Walnut Oil Quality Characteristics and the Functional Properties of Walnut Protein Isolate." *Food Chemistry* 438(2):138052. doi: 10.1016/j.foodchem.2023.138052.
- Maningat, C. C., Jeradechachai, T., & Buttshaw, M. R. (2022). Textured wheat and pea proteins for meat alternative applications. *Cereal Chemistry*, 99(1), 37-66.
- Masiá, Carmen, Poul Erik Jensen, Iben Lykke Petersen, and Patrizia Buldo. 2022. "Design of a Functional Pea Protein Matrix for Fermented Plant-Based Cheese." *Foods* 11(2):1–13. doi: 10.3390/foods11020178.
- Muys, Maarten, Sergio J. González Cámara, Sebastiaan Derese, Marc Spiller, Arne Verliefde, and Siegfried E. Vlaeminck. 2023. "Dissolution Rate and Growth Performance Reveal Struvite as a Sustainable Nutrient Source to Produce a Diverse Set of Microbial Protein." *Science of the Total Environment* 866(September 2022). doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.161172.
- Onwezen, M. C., E. P. Bouwman, M. J. Reinders, and H. Dagevos. 2021. "A Systematic Review on Consumer Acceptance of Alternative Proteins: Pulses, Algae, Insects, Plant-Based Meat Alternatives, and Cultured Meat." *Appetite* 159(September 2019). doi: 10.1016/j.appet.2020.105058.
- Oyeyinka, Adewumi T., Julianah O. Odukoya, and Yusuf S. Adebayo. 2019. "Nutritional Composition and Consumer Acceptability of Cheese Analog from Soy and Cashew Nut Milk." *Journal of Food Processing and Preservation* 43(12):1–6. doi: 10.1111/jfpp.14285.
- Romero, Alberto, Valérie Beaumal, Elisabeth David-Briand, Felipe Cordobés, Antonio Guerrero, and Marc Anton. 2011. "Interfacial and Oil/Water Emulsions Characterization of Potato Protein Isolates." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59(17):9466–74. doi: 10.1021/jf2019853.
- Sá, A. G. A., Moreno, Y. M. F., & Carciofi, B. A. M. (2020). Plant proteins as high-quality nutritional source for human diet. *Trends in Food Science & Technology*, 97, 170-184.
- Shi, Tingting, Jiarui Cao, Jun Cao, Feng Zhu, Fuliang Cao, and Erzheng Su. 2023. "Almond (Amygdalus Communis L.) Kernel Protein: A Review on the Extraction, Functional Properties and Nutritional Value." *Food Research International* 167(February). doi: 10.1016/j.foodres.2023.112721.

- Sun, Jie, Zhuo Peng, Liangkun Yan, Jerry Y. H. Fuh, and Geok Soon Hong. 2015. "3D Food Printing-An Innovative Way of Mass Customization in Food Fabrication." *International Journal of Bioprinting* 1(1):27–38. doi: 10.18063/IJB.2015.01.006.
- Şensoy İ. Geleceğin alternatif protein kaynakları. El SN, editör. Besleyici ve Sağlıklı Gıda: Gıda Endüstrisinden Sofraya. 1. Baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri; 2023. p.68-74.
- Tan, Seok Tyug, Seok Shin Tan, and Chin Xuan Tan. 2023. "Soy Protein, Bioactive Peptides, and Isoflavones: A Review of Their Safety and Health Benefits." *PharmaNutrition* 25(August). doi: 10.1016/j.phanu.2023.100352.
- Tan, Yunbing, Donpon Wannasin, and David Julian McClements. 2023. "Utilization of Potato Protein Fractions to Form Oil-in-Water Nanoemulsions: Impact of PH, Salt, and Heat on Their Stability." *Food Hydrocolloids* 137:1–34. doi: 10.1016/j.foodhyd.2022.108356.
- Tang, Qi, Yrjö H. Roos, and Song Miao. 2024. "Comparative Studies of Structural and Thermal Gelation Behaviours of Soy, Lentil and Whey Protein: A PH-Dependency Evaluation." *Food Hydrocolloids* 146(July 2023). doi: 10.1016/j.foodhyd.2023.109240.
- Tangyu, Muzi, Jeroen Muller, Christoph J. Bolten, and Christoph Wittmann. 2019. "Fermentation of Plant-Based Milk Alternatives for Improved Flavour and Nutritional Value." *Applied Microbiology and Biotechnology* 103(23–24), 9263–75. doi: 10.1007/s00253-019-10175-9.
- Tojan, Shince, Lovedeep Kaur, and Jaspreet Singh. 2024. "Hybrid Paneer: Influence of Mung Bean Protein Isolate (*Vigna Radiata* L.) on the Texture, Microstructure, and in Vitro Gastro-Small Intestinal Digestion." *Food Chemistry* 434(September 2023). doi: 10.1016/j.foodchem.2023.137434.
- Vanga, Sai Kranthi, and Vijaya Raghavan. 2018. "How Well Do Plant Based Alternatives Fare Nutritionally Compared to Cow's Milk?" *Journal of Food Science and Technology* 55(1), 10–20. doi: 10.1007/s13197-017-2915-y.
- Wang, Meiqi, and Ruilin Zhao. 2023. "A Review on Nutritional Advantages of Edible Mushrooms and Its Industrialization Development Situation in Protein Meat Analogues." *Journal of Future Foods* 3(1):1–7. doi: 10.1016/j.jfutfo.2022.09.001.
- Wang, Xinlu, Xiangzhen Kong, Caimeng Zhang, Yufei Hua, Yeming Chen, and Xingfei Li. 2023. "Comparison of Physicochemical Properties and Volatile Flavor Compounds of Plant-Based Yoghurt and Dairy Yoghurt." *Food Research International* 164(August 2022). doi: 10.1016/j.foodres.2022.112375.

Yazar Hakkında / About Author

**Prof. Dr. Ali Adnan HAYALOĞLU | TÜBA Asosye Üyesi | İnönü Üniversitesi
adnan.hayaloglu[at]inonu.edu.tr | ORCID: 0000-0002-4274-2729**

Ali Adnan Hayaloğlu, İnönü Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde Lisans, Çukurova Üniversitesi'nde Yüksek Lisans ve Doktora derecelerini tamamlamıştır. Doktora çalışmasının bir kısmını İrlanda'da University College Cork'ta gerçekleştirmiştir. Türkiye'nin geleneksel peynirlerinin; üretim teknolojisi, kimyası, biyokimyası, uçucu maddeler, bitki bazlı peynir ve fermente ürünlerin peptit profilleri, bunların anjiyotensin dönüştürücü enzim (ACE) inhibisyon aktivitesi, antioksidan ve antimikrobiyal aktiviteleri üzerinde çalışmaktadır. Son 5 yılda mikrobiyal metabolitler ve bunların karakterizasyonu, gıda muhafaza uygulamaları üzerine yoğunlaşmıştır. 2024 yılında Elsevier BV tarafından yayınlanan "Peynir: Kimya, Fizik ve Mikrobiyoloji" adlı derlemeyi tamamlamıştır. 145 uluslararası hakemli dergide makalesi bulunmaktadır ve Web of Science tabanına göre h-indeksi 32'dir. Uluslararası yayınlanmış 6 hakemli kitap bölümü ve peynir üzerine yayınlanmış bir kitabı bulunmaktadır. Geleneksel Türk peynir türleri, kiraz, mor reyhan için coğrafi işaretleme çalışmalar yapmıştır. Kendi üniversitesinde ve ulusal kuruluşlarda araştırma projeleri vererek 28 yıllık deneyime sahiptir. 2015 yılından bu yana Türkiye Bilimler Akademisi'nin aktif bir üyesidir. Yabancı dili İngilizce'dir.

**Prof. Dr. Ali Adnan HAYALOĞLU | TÜBA Associate Member |
İnönü University | [adnan.hayaloglu\[at\]inonu.edu.tr](mailto:adnan.hayaloglu@inonu.edu.tr) |
ORCID: 0000-0002-4274-2729**

Ali Adnan Hayaloğlu was graduated from Department of Food Engineering, at Inonu University, Malatya (1995). He completed MSc and PhD degrees at the University of Çukurova, in 1999 and 2003, respectively. Dr. Hayaloglu worked a part of his PhD studies in Ireland, University College Cork under supervision of Profs Paul LH McSweeney and Patrick F. Fox, in 2002 as visiting student. He has mainly experience on traditional cheeses of Türkiye, its manufacturing technology, chemistry, biochemistry, and volatiles developed during ripening. Recently, he has been working on profiles of cheese and non-dairy peptides, its angiotensin-converting enzyme (ACE)-inhibition activity, antioxidant, and antimicrobial activities. In the last 5 year, he concentrated on microbial metabolites (e.g., postbiotics) and their characterization, applications for food preservation by collaborating other researchers from different universities. He also developed new plant-based food and dairy alternatives for vegan consumers. He has also experienced in the cheeses ripened under brine in Türkiye and Mediterranean countries and he reviewed an overview in “Cheese” book published by Elsevier BV, Edited by PLH McSweeney et al., in 2024. Dr. Hayaloglu has about 145 internationally peer-reviewed papers (Web of Science) and 32 h-index (Web of Science). He has 6 peer-reviewed book chapter published international books (English) and a book published in Turkish on cheese. Ali Adnan Hayaloğlu has been also worked on traditional Turkish cheeses, published some peer-reviewed international papers on these types of cheeses, and geographical indicated foods (PGI) such as sweet cherry (*Prunus avium*), purple basil (*Ocimum basilicum* L.), some traditional cheeses with PGI. He has 28 years of experience for research projects at his university and national organizations (TÜBİTAK or Ministry of Agriculture and Forestry) by granting research projects. Dr. Hayaloglu is an active member of Turkish Science of Academy (TÜBA) since 2015. He is native Turkish speaker and good communication skills in English, especially in writing.