



# Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/yyufbed>



Derleme Makale

## Fonksiyonel Gıda Üretiminde Yeni Yaklaşımlar

Osman Onur KARA\*

Tarım ve Orman Bakanlığı, Antalya İl Müdürlüğü, Antalya  
Osman Onur KARA, ORCID No: 0000-0002-2016-2125

\*Sorumlu yazar e-posta: [osmanonurkara@gmail.com](mailto:osmanonurkara@gmail.com)

### Makale Bilgileri

Geliş: 05.08.2024  
Kabul: 11.10.2024  
Online Aralık 2024

DOI: [10.53433/yyufbed.1528392](https://doi.org/10.53433/yyufbed.1528392)

### Anahtar Kelimeler

3D Yazıcı,  
Biyoaktif bileşen,  
Fonksiyonel gıda,  
Nutrigenomic,  
Vakumlu emdirme

**Öz:** Fonksiyonel gıdalar, uluslararası kabul görmüş ortak bir tanımı olmamakla birlikte genel olarak temel beslenmenin ötesinde sağlık faydaları sağlayan ve normal diyetin bir parçası olarak tüketilen gıdalar olarak tanımlanmaktadır. Bu gıdalar, sahip oldukları olumlu etkileri, içerdikleri fenolik bileşikler, karotenoidler, fitosteroller, diyetsel lif, çoklu doymamış yağ asitleri, probiyotikler, A, C ve E vitaminleri gibi biyoaktif fonksiyonel bileşenler ya da etmenler sayesinde sağlarlar. Günümüzde artan tüketici bilinci ve sağlıklı beslenmenin önemini ortaya koyan bilimsel veriler fonksiyonel gıdalara olan ilginin de artışına yol açmıştır. Özellikle gıda teknolojisindeki gelişmelerle birlikte fonksiyonel gıdaların üretimi önemli düzeyde artmış ve yeni fonksiyonel gıda üretim metotları ve yaklaşımlarının oluşturulması konularındaki bilimsel ve endüstriyel çalışmalar da hız kazanmıştır. Bu çalışmada yakın zamanda fonksiyonel gıda üretimi ile ilgili yapılan yeni çalışmalarda yoğun olarak kullanılan metot ve yaklaşımlarla, ortaya çıkışı yeni olan fonksiyonel gıda üretiminde umut vadeden metot ve yaklaşımlar incelenmiştir. Bu kapsamda; 3 boyutlu (3D) yazıcı teknolojisi, vakumlu emdirme, nutrigenomik, tarımsal yan ürünlerin farklı yollarla fonksiyonel gıdalara işlenmesi ve tersine mühendislik yöntem ve yaklaşımlarının, fonksiyonel gıda üretiminde kullanımları açısından literatürde bu konudaki veriler dikkate alınarak incelenmesi ve değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

## New Approaches in Functional Food Production

### Article Info

Received: 05.08.2024  
Accepted: 11.10.2024  
Online December 2024

DOI: [10.53433/yyufbed.1528392](https://doi.org/10.53433/yyufbed.1528392)

### Keywords

3D Printer,  
Bioactive compound,  
Functional food,  
Nutrigenomics,  
Vacuum impregnation

**Abstract:** Functional foods, although there is no internationally accepted common definition, are generally defined as foods that provide health benefits beyond basic nutrition and are consumed as part of a normal diet. These foods provide their positive effects thanks to the bioactive functional components or factors they contain, such as phenolic compounds, carotenoids, phytosterols, dietary fiber, polyunsaturated fatty acids, probiotics, vitamins A, C and E. Today, increasing consumer awareness and scientific data revealing the importance of healthy nutrition have led to an increase in interest in functional foods. Especially with the developments in food technology, the production of functional foods has increased significantly and scientific and industrial studies on the creation of new functional food production methods and approaches have also accelerated. In this study, the methods and approaches that have been used intensively in recent studies on functional food production and the promising methods and approaches in the newly emerging functional food production have been examined. In this context, it is aimed to examine and evaluate the 3-dimensional (3D) printer technology, vacuum impregnation, nutrigenomics, processing of agricultural by-products into functional foods in different ways and reverse engineering methods and approaches in terms of their use in functional food production, and considering the data on this subject in the literature.

## 1. Giriş

Hızlı ve kolay tüketilen yiyeceklerin yaygınlaşması ile tek tip beslenmenin artışı, bunun yanında hareketsiz ve sağlıksız yaşam alışkanlıklarının yaygınlaşması modern çağlarda obezite ve kalp damar rahatsızlıklarını gündeme getirmiştir. Bu durumla birlikte artan tüketici bilinci, sağlıklı beslenmenin önemini ortaya koyan bilimsel veriler ve gıda teknolojisindeki gelişmeler gibi nedenler, son yıllarda sağlık açısından daha faydalı ve uygun beslenme talebinin önemli ölçüde artışına yol açmıştır. Bu talep, fonksiyonel gıdalar içinde önemli düzeyde bir ilgi ve pazar oluşmasını sağlamıştır. Uluslararası kabul görmüş ortak bir tanımla birlikte genel olarak temel beslenmenin ötesinde sağlık faydaları sağlayan gıdalara fonksiyonel gıdalar denilmektedir (Anonim, 2010; Vignesh ve ark., 2024). Fonksiyonel gıda tüketimi ile sağlanacağı iddia edilen, bildirilmiş olan sağlık faydalarının bazıları; kalp sağlığı üzerine olumlu etkiler, kanser riskinin azaltılması, bağışıklık sisteminin güçlendirilmesi, menopoz semptomlarının azaltılması, sindirim sistemi üzerine olumlu etkiler, iltihap önleyici etkiler, kan basıncının azaltılması, antimikrobiyal aktivite, osteoporoz'a karşı koruyucu etkiler olarak sayılabilir (Shandilya & Sharma, 2017). Fonksiyonel gıdalar, bu olumlu etkileri, içerdikleri fenolik bileşikler, karotenoidler, fitosteroller, diyetsel lif, çoklu doymamış yağ asitleri, probiyotikler, vitaminler A, C ve E gibi biyoaktif fonksiyonel bileşenler ya da etmenler sayesinde sağlarlar (Al Saqqa, 2021).

Gıdalara fonksiyonel özellik sağlama girişiminin geçmişi, 1900'lerin başında Amerika Birleşik Devletleri'nde, Guatr hastalığının önlenmesi amacıyla tuzlara iyot eklenmesine kadar gidebilir (Moghe ve ark., 2018). Daha sonraları süt, vitamin A ve vitamin D ile zenginleştirilmeye başlandı. Bununla birlikte, fonksiyonel gıdalar terimi ilk defa 1980'lerin ortalarında Japonya'da kullanıldı ve 1991 yılında Food for Specified Health Use (FOSHU)-Belirli Sağlık Amaçlarıyla Kullanılan Gıda, adı altında yasalaştırıldı (Landström, 2008). 1990'lı yıllardan itibaren gıda sektörüne giren fonksiyonel gıda pazarı, günümüze kadar sürekli artan bir tüketici talebiyle çok geniş bir ürün yelpazesine ulaştı. Bu pazarın bu derece gelişmesindeki önemli nedenler; günümüzde sağlıklı yaşam için tüketici farkındalığının artışı, nüfusun yaşlanması, yaşam süresi beklentisinin artışı, gıda teknolojisindeki gelişmeler, sağlık masraflarının artışı, sağlık ve diyet arasındaki ilişki ile ilgili artan bilimsel kanıtların sunulması olarak sayılabilir (Roberfroid, 2000; Anonim, 2023).

Avrupa'da fonksiyonel gıdalar hakkındaki bilimsel yaklaşımlar üzerinde ortak bir fikir oluşturabilmek amacıyla ILSI (Uluslararası Yaşam Bilimi Enstitüsü) tarafından koordine edilen, Avrupa Birliği uyumlu eylem projesi; Avrupa'da Fonksiyonel Gıda Bilimi (FUFOSE) Komisyonu'na göre fonksiyonel gıda; vücutta bir ya da daha fazla fonksiyonu faydalı olarak etkileyerek sağlık üzerinde iyileştirici ya da hastalıkların oluşma riskini azaltıcı etkisi kanıtlanmış olan gıdalar olarak tanımlanmıştır (Roberfroid, 2000; Arshad ve ark., 2021). Bu komisyona göre fonksiyonel gıdalar, normal gıda formunda olmalı ve normal diyetin bir parçası olmalıdır. Hap, kapsül ya da herhangi farklı bir diyetsel ek formunda olmamalıdır (Roberfroid, 2000; John & Singla, 2021). Ülkemizde fonksiyonel gıdalar hakkında doğrudan bir düzenleme bulunmamakla birlikte "Türk Gıda Kodeksi Özel Beslenme Amaçlı Gıdalar Tebliği" ve "Türk Gıda Kodeksi Özel Beslenme Amaçlı Gıdalara Eklenebilecek Bileşenler Tebliği" bulunmakta olup ayrıca gıdaların etiketi, tanıtımı ve reklamında kullanılabilecek beyanlar "Türk Gıda Kodeksi Beslenme ve Sağlık Beyanları Yönetmeliği" kapsamında belirlenebilmektedir.

Fonksiyonel gıdalar normal diyetin bir parçası olarak tüketilmeli, ilaç, kapsül ya da diyetsel ek formunda olmamalıdır (John & Singla, 2021). Temel beslenmenin ötesindeki fizyolojik faydaları bilimsel olarak kanıtlanmış olmalıdır (Wildman & Kelley, 2007). Fonksiyonel gıdalar, hiç bir işleminden geçmemiş doğal olarak fonksiyonel bileşenler içeren gıdalar olabilir. Bu doğal gıdalara örnek olarak; balık, soya, yulaf, keten tohumu ile üzüm, sarımsak, domates, ceviz ve fındık gibi meyve ve sebzeler verilebilir. Bunun dışında, fonksiyonel bir bileşence zenginleştirilmiş fonksiyonel gıdalar olabilir. Folik asit ile zenginleştirilmiş tahıl ürünleri, vitamin B ile zenginleştirilmiş süt ve süt ürünleri, D ve E vitaminleri ile zenginleştirilmiş bitkisel yağlar, kalsiyum ile zenginleştirilmiş portakal suyu bu gıdalara örnek olarak verilebilir. Ayrıca genetik mühendisliği, fermentasyon gibi farklı yollarla fonksiyonel özellik kazanan fonksiyonel gıdalar da bulunmaktadır. Probiyotik süt ürünleri de bu gıdalara örnek olarak gösterilebilir (Moghe ve ark., 2018).

Gıda tüketimi ile ilgili artan tüketici bilinci ve teknolojik gelişmeler dünya çapında fonksiyonel gıda pazarının sürekli büyümesine neden olmaktadır. Bu kapsamda gıdaların fonksiyonel

özellikleri, üretim prosesinde bu özelliklerin korunması ve yeni fonksiyonel gıdaların üretimi ve bu amaçlarla kullanılan yeni teknolojilerle ilgili bilimsel ve endüstriyel çalışmalar günümüzde yoğun olarak gerçekleşmektedir.

Bu çalışmada, fonksiyonel gıdaların üretiminde ve geliştirilmesinde kullanılan yeni metot ve yaklaşımların, literatürdeki veriler dikkate alınarak incelenmesi ve değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

## 2. Meyve ve Sebzeler

Meyve ve sebzeler, sağlıklı yaşamın sürdürülmesi ve çeşitli rahatsızlıklara karşı koruyucu etki gösterebilen vitaminler, mineraller, karotenoid, fenolik bileşikler gibi biyoaktif maddelerce zengin gıdalardır (Anonim, 2023). Meyve ve sebzelerde bulunan bazı biyoaktif maddelerin göstermiş oldukları önemli bir özellik güçlü antioksidan aktiviteleridir. Antioksidan aktiviteleri ile lipid peroksidasyonu, ateroskleroz ve DNA oksidasyonuna karşı potansiyel koruma sağlarlar (Choudhary & RV, 2009). Vücutta hücreleri oksidasyon zararlarına karşı koruyan başlıca antioksidan maddeler; karotenoidler, fenolik bileşikler, C vitamini, E vitamini ile selenyum, çinko ve magnezyum gibi bazı iz elementler olarak sayılabilir (Lovegrove & Jackson, 2000). Meyve ve sebzelerin sağlık açısından sahip oldukları bir diğer önemli özellik ise genel itibarıyla düşük kalori ve yağ içerikleri ile yüksek diyetetik lif içeriklerine sahip olmalarıdır (Anonim, 2023). Sahip oldukları tüm bu olumlu özellikleri ile doğal fonksiyonel gıdalar olarak bilinirler. Meyve ve sebzelerde bulunan bazı biyoaktif fonksiyonel bileşenler Çizelge 1’de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Meyve ve Sebzelerde Bulunan Başlıca Biyoaktif Fonksiyonel Bileşenler, (Başer, 2002; Web, 2006; Choudhary & RV, 2009; Arai ve ark., 2016; Moghe ve ark., 2018; Arshad ve ark., 2021; John & Singla, 2021)

Fonksiyonel Bileşen	Bulunduğu Besin
Antosiyaninler	Mor, kırmızı meyveler
Kuersetin	Kırmızı üzüm, soğan, elma
Mirisetin	Soğan
Naringenin	Narenciye
Kateşinler	Çay
Hesperetin	Narenciye meyveler
Lutein	Yeşil sebzeler, kırmızı lahana
Alfa karoten	Havuç, mısır
Beta karoten	Yeşil sebzeler, havuç, kabak
Zeaksantin	Yumurta, mısır, narenciye meyveler
Likopen	Domates, guava, karpuz, kayısı
Alisin	Sarımsak
Soya proteini	Soya fasulyesi
Saponinler	Soya fasulyesi
C vitamini	Narenciye, çilek, kivi
E vitamini	Badem, fındık, ayçiçeği tohumu, bitkisel yağlar
Glukosinolatlar	Brokoli, karnabahar, lahana

### 3. Tahıllar

Buğday, karabuğday, mısır, arpa, yulaf, çavdar, pirinç, keten tohumu, mısır ve çavdar, tahıllar arasındaki yaygın fonksiyonel gıdalardır (Ötleş & Taş, 2022). Tahıl ürünleri özellikle yüksek diyetel lif içerikleri ile öne çıkarlar. Diyetel lif, bağırsak fonksiyonlarının düzenlenmesinde olumlu katkılar sunan bir gıda bileşenidir. Bu bileşenler, insan sindirim enzimlerine karşı dirençlidirler ve bu nedenle sindirilemeyen bileşiklerdir. Tahıllar, baklagiller ve sebzeler başlıca lif kaynağı gıdalardır. Dünya sağlık örgütü günlük diyetel lif tüketimini 25-40 g olarak önermiştir. Diyetel yüksek miktarda diyetel lif tüketimi, kalp ve damar sağlığı açısından da koruyucu etkiye sahiptir. Çözülebilir liflerin serum kolesterol seviyesinin düşürülmesinde etkili olduğu bildirilmiştir. Örneğin yulaf kepeği iyi bir çözülebilir lif kaynağıdır ve serum kolesterol seviyesinin düşürülmesinde etkili olduğu bildirilmiştir (Jalili ve ark., 2007). Tahıllar, diyetel lif dışında protein, enerji, vitaminler, antioksidanlar ve mineraller içinde önemli bir kaynak teşkil ederler (Ötleş & Taş, 2022). Tahıl ürünlerinin fonksiyonel özellikteki bileşenlerle zenginleştirilerek fonksiyonel özellik kazandırılmaktadır. Martins ve ark. (2017) buğday unundan yapılan ekmeği portakal, mürver ve nar ekstraktları ile zenginleştirerek ürünün esansiyel mineral içeriğini ve biyoerişilebilirliğini arttırmayı sağladılar.

### 4. Hayvansal Kaynaklı Ürünler

Et ürünleri ve süt ürünleri gibi farklı hayvansal kaynaklı gıdalar da önemli fonksiyonel gıda bileşenlerini içerirler ve sağlık açısından faydalı özellikler sunarlar. Bunlardan konjuge linoleik asit, yağ birikimini azaltıcı ve antidiabetik etkiye sahip yağ asitleridir. Bu bileşenlerin başlıca kaynağı ruminant hayvanların etleri ile süt ve süt ürünleridir. Ayrıca daha az olmakla birlikte kümes hayvanları etinde ve yumurtada da bulunurlar (Ulus & Gücükoğlu, 2017). Bir diğer fonksiyonel bileşen, çoklu doymamış yağ asitlerinden omega-3 yağ asitleridir. Bu bileşenler, kardiyovasküler hastalıkların oluşma riskinin azalmasına katkı sunabilecek bileşenler olmaları ile öne çıkarlar. Besinlerde bulunan başlıca omega-3 yağ asitleri dokosaheksaenoik (DHA), eikosapeataenoik asit (EPA) ve alfa linolenik asittir (ALA). Bu yağ asitlerinden EPA ve DHA'nın başlıca kaynağı balık yağıdır. ALA'nın ise soya ve kanola yağı, keten tohumu ve ceviz başlıca kaynaklarıdır (Arai ve ark., 2016). Arılar tarafından üretilen bal da bir diğer önemli fonksiyonel gıdadır. Antioksidan, antiseptik ve antibakteriyel özelliklere sahip, beslenme açısından önemli bir gıda maddesidir (Gündoğdu ve ark., 2019). Süt proteinlerinden peynir altı suyu proteinleri ve kazein de, özellikle bağışıklık sisteminin korunması üzerinde olumlu etkilere sahip bileşenlerdir. Ayrıca kolay sindirilmeleri ve kas kütlesinin artışı üzerindeki olumlu etkileri diğer faydalı özellikleridir. Buldukları kaynaklar süt ve süt ürünleridir (Arai ve ark., 2016).

### 5. Probiyotik, Prebiyotik ve Sinbiyotikler

Probiyotik ürünler fonksiyonel gıdalar içerisinde önemli bir yere sahiptir. Bu bağlamda marketlerde probiyotik özelliğe sahip pek çok ürün bulunmaktadır. Bu ürünler çoğunlukla süt ve süt ürünleridir. Bu ürünlere probiyotik özellik sağlayan probiyotikler, bağırsaklarda mikrobiyal dengeyi olumlu etkileyen canlı mikroorganizmalardır. Probiyotik mikroorganizmalardan bazıları; *Lb. acidophilus*, *Lb. plantarum*, *Lb. casei*, *B. bifidum*, *B. infantis* ve *Str. thermophilus* gibi bakteriler ve mayalardan *Saccharomyces boulardii* olarak sayılabilir (Wildman & Kelley, 2007). Bağırsakların düzenli çalışması, kolesterol seviyesinin düşürülmesi, probiyotikleri içeren gıdalara atfedilmiş bazı faydalı özelliklerdir (Web, 2006; Moghe ve ark., 2018). Probiyotikler, kalın bağırsağa canlı olarak ulaşabilmeleri için, mide asit şartları ile safra ve sindirim enzimlerine karşı dayanıklı olmalıdırlar. Probiyotikler için başlıca kaynaklar yoğurt, kefir ve bazı peynirler gibi fermente süt ürünleridir (Rastall ve ark., 2000). Prebiyotikler ise probiyotik mikroorganizmaların gelişmesini destekleyen karbonhidrat bileşenleridir. Prebiyotikler sindirilemezler, mide asit ve enzimlerine karşı dayanıklıdırlar (Moghe ve ark., 2018). Doğal prebiyotik kaynakları; muz, soğan, tam buğday unu, pırasa, kereviz ve enginar (Moghe ve ark., 2018). Sinbiyotikler de probiyotik canlı mikroorganizmaların ve prebiyotik oligosakkaritlerin birlikte, karışım halinde kullanımınıdır (Rastall ve ark., 2000). Böylelikle probiyotiklerin daha kolay gelişmeleri hedeflenmektedir.

## 6. Fonksiyonel Gıda Üretiminde Yeni Yaklaşımlar

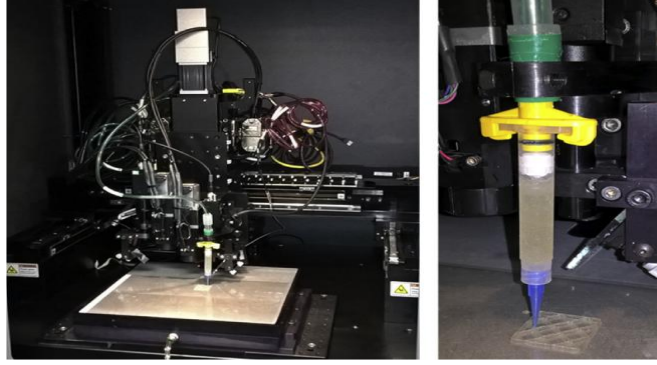
Fonksiyonel gıdaların etkinlikleri içermiş oldukları fenolik bileşikler, karotenoidler, vitaminler ve esansiyel mineral maddeler gibi biyoaktif bileşenlere dayanmaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte 3 boyutlu (3D) yazıcı teknolojisi, vakumlu emdirme, nutrigenomik tarımsal yan ürünlerin farklı yollarla fonksiyonel gıdalara işlenmesi ya da tersine mühendislik gibi yöntemlerin kullanımı, gıdaların içermiş oldukları fonksiyonel bileşenlerin korunması ve artırılması ya da bu bileşenlerce zengin yeni fonksiyonel gıdaların oluşturulabilmesi için önemli fırsatlar sunmaktadır (Zrnic ve ark., 2023).

### 6.1. 3D yazıcı teknolojisinin fonksiyonel gıda üretiminde kullanımı

Fonksiyonel gıda üretiminde 3D yazıcıların kullanımı, özellikle yeni gıda ürünlerinin geliştirilmesi kapsamında önemli potansiyele sahip olan bir seçenektir. Bu teknik, istenen şekil ve boyutlarda ve istenen tat ve aroma özellikleri ile besinsel kompozisyonun oluşturulduğu, üç boyutlu gıda ürünleri üretilmesini sağlamaktadır (Lille ve ark., 2017). 3D yazıcı ile gerçekleştirilen 3D baskı teknolojisi, ürünün katman katman biriktirilerek, üç boyutlu ve belirlenmiş şekil ve boyutta oluşturulduğu bir yöntemdir. Bu sistemde tasarımlar bilgisayar destekli tasarım yazılımı ile oluşturulmakta ve 3D yazıcının bağlantılı olduğu bilgisayar üzerinden ürün modelleri gerçekleştirilmektedir. Bu sistematik sayesinde çok karmaşık yapıdaki şekil ve iç yapıları elde etmek mümkün olmaktadır (Yang ve ark., 2017). 3D yazıcılar ile meyve ve sebze püreleri, süt ürünleri, makarnalar, kurabiyeler, çikolata, sakız, kişiye özel hazırlanan yüksek besin değerlerine sahip gıdalar gibi hemen her türlü gıda basılabilmektedir. Bu sistemde, bir ucu elektrik motoruna, diğer ucu ise bir veya iki memeye bağlanan bir şırıngaya gıda bileşenleri katılır. Şırınganın içindeki gıda kontrollü bir şekilde elektrik motoruyla memelerden platforma itilir veya ekstrüde edilir. Platform üzerinde gıda bileşenleri katmanlar halinde biriktirilerek istenen şekil ve yapıya getirilir. Yazıcıdan çıktıktan sonra elde edilmek istenen gıdanın nevine göre kesme, kırma, fırınlama, pişirme gibi işlemler uygulanabilmektedir (Yang ve ark., 2017; Singhal ve ark., 2020). 3D baskı teknolojisinde; ekstrüzyon bazlı yazdırma, mürekkep püskürtme ve bağlayıcı püskürtme teknikleri kullanılmaktadır. Gıdaların yazdırılmasında bu tekniklerden en yaygın olarak kullanılanı ekstrüzyon bazlı yazdırma tekniğidir (Şekil 1) (Pitayachaval ve ark., 2018; Sharma ve ark., 2024).

3D yazıcı ile, farklı gıda bileşenlerinin entegrasyonu, geleneksel gıda hazırlama yöntemlerine göre daha kolay sağlanabildiğinden (Eswaran ve ark., 2023), farklı fonksiyonel bileşenleri aynı gıdada toplayarak bunların olası sinerjik olumlu etkilerinden de faydalanarak, yeni tat ve yapısal özelliklere sahip yeni gıda ürünleri geliştirilmesi mümkündür (Singhal ve ark., 2020; Eswaran ve ark., 2023). 3D yazıcı teknolojisi kişisel ihtiyaçlara yönelik gıda hazırlama olanağı da sunmaktadır. Ürünün içerdiği gıda bileşenleri ve sertlik, yoğunluk gibi yapısal özellikleri bu kapsamda düzenlenerek farklı yaş, cinsiyet, meslek ve sağlık koşullarına sahip insanlara yönelik beslenme prosesleri oluşturulabilmektedir (Dankar ve ark., 2018). 3D yazıcı teknolojisi ile gıda üretimindeki önemli bir sorun ise, bu teknoloji ile üretilen gıdalarda raf ömrünün genelde sınırlı olmasıdır. Gıda maddesinin, yazıcıdan geçirilerek platforma itilmesi veya ekstrüde edilebilmesi için genelde ısıtılması gerekmektedir. İşlem esnasında ısıtılıp soğutulması ve püre gibi bütünlüğü bozulmuş gıdalardan üretilmesi gibi nedenler bu teknoloji ile üretilmiş ürünü mikrobiyal açıdan daha duyarlı hale getirerek raf ömrünün sınırlı olmasına neden olabilmektedir (Lille ve ark., 2017; Dankar ve ark., 2018). 3D yazıcıların gıda üretiminde endüstriyel olarak kullanımları ise başlangıç aşamasında ve henüz çok sınırlı sayıda gerçekleşmektedir (Singhal ve ark., 2020; Eswaran ve ark., 2023).

3D yazıcı kullanılarak besin değeri yüksek, yeni gıdaların üretilmesiyle ilgili umut vadeden bilimsel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Krishnaraj ve ark. (2019) 3D yazıcı ile; akdari, maş fasülyesi, nohut ve ajovan kimyonundan hazırlanan kompozit undan, yüksek lif ve yüksek protein oranına sahip atıştırmalık ürün elde ettiler. Çalışmada ürünler yazdırma sonrasında; derin yağda kızartma, sıcak hava kurutma uygulanıp ardından derin yağda kızartma ve mikrodalga kurutma işlemlerinden birine tabi tutularak, proses sonrası bu işlemlerin etkinliği karşılaştırılmıştır (Şekil 2). Çalışma sonunda, besinlerin korunumu ile renk ve tekstürel özellikler açısından en iyi sonucun mikrodalga işlemi ile sağlanmış bununla birlikte tüm örneklerin duyuşal olarak kabul edilebilir bulunduğu tespit edilmiştir.



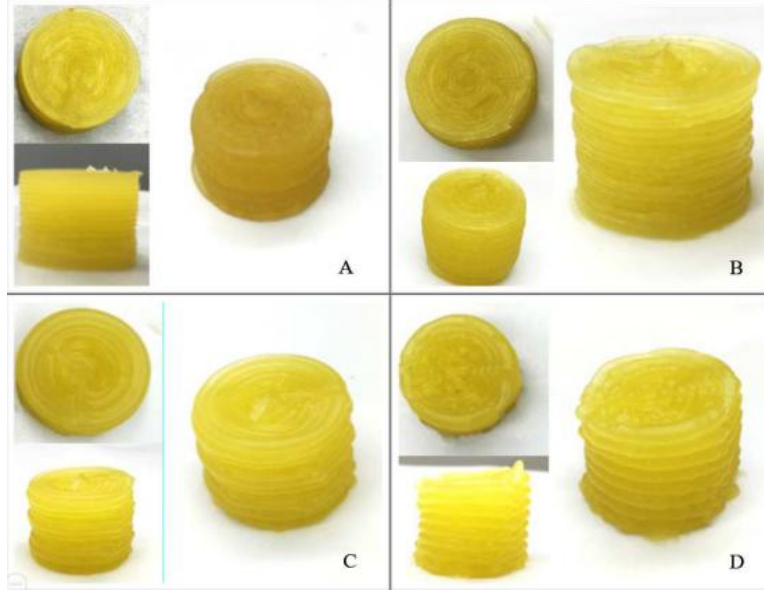
Şekil 1. Gıda materyallerinin 3d yazılımında kullanılan ekstrüzyon bazlı yazıcı (Lille ve ark., 2017).

Ürünün yazılmış ham hali	Derin kızartılmış örnek	Sıcak hava kurutma ve derin kızartma uygulanan örnek	Mikrodalgada kurutulmuş örnek

Şekil 2. 3D yazıcıda yazdırılmış ve farklı proses sonrası işlemlerle elde edilmiş atıştırmalık ürünler (Krishnaraj ve ark., 2019).

Zhang ve ark. (2018) 3D yazıcı kullanarak, tahıl bazlı probiyotik içeren fonksiyonel bir ürün ürettir. Çalışmada probiyotik mikroorganizma içeren buğday unundan elde edilmiş farklı hamur formülasyonları kullanıldı. Yazıcıdan çıkan ürünler farklı sıcaklıklarda pişirilerek probiyotiklerin sağ kalımları ve son ürünün tekstürel özellikleri incelendi. 145 °C'de 6 dakika ısıl işlem görmüş hamur örneklerinde, probiyotik mikroorganizmaların sağ kalımlarının gıdanın probiyotik gıda sayılabilmesi için yeterli düzeyde (canlı bakteri sayısı >10<sup>6</sup> kob/g) olduğu belirlenmiştir. Lille ve ark. (2017) ise 3D yazıcı kullanarak yüksek protein ve lif aynı zamanda düşük şeker ve yağ içeriğine sahip yeni gıda ürünleri yazdırdılar. Çalışmada, yazarlar süt tozu, yulaf proteini, bakla proteini, nişasta, çavdar kepeği ve selüloz nanolifleri farklı oranlarda karıştırarak elde ettikleri ürünleri karşılaştırarak ürünün yazılabilirliğini ve yazdırma için en uygun oranları tespit ettiler. Anukiruthika ve ark. (2020) tarafından yapılan bir diğer çalışmada, fonksiyonel özelliklere sahip bir gıda olan yumurta sarısı ve yumurta beyazı ile pirinç unu karıştırılarak yazdırılmıştır. Yumurta sarısını ve yumurta beyazını doğal halleriyle yazdırmak mümkün olmadığı için pirinç unu dolgu malzemesi olarak kullanılmıştır. Yazarlar, pirinç unu ilavesinin yumurta sarısı ve yumurta beyazının stabiliteğini ve sertliklerini arttırdığını ayrıca yumurta sarısının 3D gıda yazımı uygulamaları için umut vadeden bir materyal olarak uygunluğuna işaret etmişlerdir. Derossi ve ark. (2017) ise 3D yazıcı kullanarak gerçekleştirdikleri çalışmada, çocuklar için meyve bazlı atıştırmalık bir ürün geliştirdiler. Ürünün hazırlanmasında; taze muz, kurutulmuş mantar, konserve kuru fasulye ve üründen sıvı ayrımını önlemek için pektin ile antioksidant olarak da askorbik asit kullandılar. Böylelikle çocukların gelişimi açısından önemli besin maddeleri olan vitamin D, kalsiyum ve demir açısından zengin bir ürün elde ettiler. Yapılan çalışmada ayrıca, düşük akış oranı ile yazdırma yaparken (%70) ürün yapısının düzensiz ve aşırı gözenekli olduğu akış oranının artmasıyla (%130) ürün yapısının daha düzgün ve gözeneklilikte azalma olduğu, boyut ve toplam hacimde de artışın gerçekleştiği belirlendi. Severini ve ark. (2017) ise yaptıkları çalışmada, meyve ve sebze karışımından piramit şeklinde bir smoothie yazdırdılar. Ürün içinde havuç, kivi, brokoli, avakado ve armut meyve ve sebzeleri yer aldı. Yazdırma işleminin ürünün toplam fenolik içeriğini, antioksidan aktivitesini ve duyu özelliklerini belirgin biçimde değiştirmediğini tespit ettiler. Yazarlar ayrıca üründe mikrobiyal stabilitenin sağlanması için, 3D yazıcıların kullanım öncesi sterilizasyonunun yapılması gerektiğini bildirmişlerdir. Bir başka çalışmada Yang ve ark. (2018), 3D yazıcı kullanarak, jelleştirici ajan olarak farklı oranlarda patates

püresi ilavesi ile (10, 12.5, 15, 17.5 ve 20 g/100 g) limon suyu jeli yazdırdılar (Şekil 3). Ürünlerin reolojik ve mekanik özelliklerini gözleyerek en iyi sonucun %15 patates püresi ilavesi ile elde edildiğini bildirdiler. Ayrıca limon suyu jelinin yazdırılması için, optimum nozul başlığı çapının 1mm; nozul başlığı hareket hızının 30 mm/s ve ekstrüzyon oranının 24 mm<sup>3</sup>/s olarak tespit edildiğini bildirdiler.



Şekil 3. Farklı boyutta başlıklar kullanılarak yazdırılan limon suyu jeli örnekleri (A: 0.5 mm B: 1 mm C:1.5 mm D: 2mm (Yang ve ark., 2018).

Et ve ürünleri ise doğrudan yazdırma işlemi yapılamayan lifli malzemelerdir. Yazdırmak için ekstrüde edilebilir macun benzeri bir malzeme elde edebilmek için etlerin reolojik ve mekanik özelliklerini değiştirecek, akışı kolaylaştırıcı maddelerin ilavesi gereklidir (Dick ve ark., 2019). Bu kapsamda, Liu ve ark. (2018) tavuk, domuz ve balıktan elde edilen et karışımını, jelatin çözeltisi ilave ederek bulamaç haline getirdiler ve 3D yazıcı ile yazdırılabilesini sağladılar. Balığın yazdırılması ile ilgili olan bir başka çalışmada, Wang ve ark. (2018) ise 3D yazıcı ile balık surimi jeli ürettiler. Surimi balığa göre yazdırılması kolay bir malzemeydi. Bununla birlikte, viskozitenin yüksekliği yazdırmayı zorlaştırdığı için %1.5 oranında tuz kullanıldı. Tuz, ürünün nozul başlığından akmasını kolaylaştırmış aynı zamanda ürünün tekstürel bütünlüğünün sağlanmasına da katkıda bulunmuştur. Çalışmada ürünün reolojik özellikleri belirlenerek, yazdırmanın bu oranda tuz ilavesiyle uygun olarak gerçekleştiği bildirilmiştir. Et kullanılarak yapılan bir diğer çalışmada Lipton ve ark. (2010), hindi eti püresine transglutaminaz enzimi ilave ederek yazdırılabılır hale getirdiler. Yazdırma işlemi ile, hindi eti, deniz tarağı ve kerevizden oluşan bir ürün elde ettiler.

## 6.2. Vakumlu emdirme (impregnasyon) teknolojisinin fonksiyonel gıda üretiminde kullanımı

Son yıllarda doğal gıdaların fonksiyonel ve biyolojik özelliklerini arttırmaya yönelik yapılan endüstriyel ve bilimsel çalışmalarda kullanılan önemli bir metot da vakumlu emdirme (VE) metodudur. Gıdalara fonksiyonel özellikler kazandırmak ya da yeni fonksiyonel gıdalar üretmek için gıdanın hücresel yapısına herhangi bir zarar vermeden fonksiyonel bileşenlerin kazandırılması için pratik ve uygulanabilir bir yöntemdir (Şekil 4) (Duran-Castaneda ve ark., 2024). Bu işlem genel olarak meyve ve sebzelerde uygulanmaktadır. VE işlemi, gözenekli gıdadan su ve havayı kısmen uzaklaştırarak gıdaya geçmesi istenen maddelerin (fenolik bileşikler, vitaminler, mineraller ve probiyotikler gibi) emdirilmesini sağlayan ozmotik temelli bir prosestir. Bu proses vakum uygulamasıyla ortam basıncının değiştirilmesi esasına dayanır. Gıda materyali vakumlu ortamda, emdirme çözeltisine daldırılmış haldedir (Vinod ve ark., 2024). İşlem iki temel aşamadan oluşur. İlk aşamada azaltılmış basınç ( $p_1 < p_a$ ) ile sistemde basınç farkı yaratılır. Çözelti içerisinde bulunan gıdada bulunan gazın genişlemesi ve gıdadan çıkışı kolaylaşır. İkinci aşamada basınç tekrar atmosfer basıncı

seviyesine getirilir. Sıkıştırma gözeneklerde kalan gazın hacminde azalmaya ve gıdaya çözültiden su girişine neden olur. Böylelikle gıdaya geçişi istenen bileşenlerin emdirilmesi sağlanmış olmaktadır (Zhao & Xie, 2004; Vinod ve ark., 2024). VE prosesini etkileyen pek çok faktör bulunmaktadır. Bu faktörler; ürünün gözenekliliği (gözenek boyutu ve sıklığı), biçimi ve boyutu, yüzey/hacim oranı, emdirme çözültisinin konsantrasyonu, viskozitesi ve içinde bulunan bileşenler, uygulanan vakum basıncı ve vakum süresi, vakum sonrası restorasyon süresi ve çözülti/ürün oranı olarak belirtilebilir (Neri ve ark., 2016; Yılmaz & Bilek, 2017; Vinod ve ark., 2024).

Gıdalara fonksiyonel özellikler kazandırmak için bu metot, son zamanlarda yapılan bilimsel çalışmalarda sıklıkla kullanılmıştır. Bu kapsamda yapılan çalışmalardan birinde Abalos ve ark. (2020) tatlı patatesi, polifenol ekstraktı (%95 (v/v) pronantosiyanidin) ile VE işlemine tabi tutarak, işlem gören örneklerin fenolik konsantrasyonlarının %473 arttığını tespit ettiler. Çalışmada işlem görmüş örneklerin polifenol miktarları gallik asit eşdeğerinde 220 mg/100 g olarak bulunmuş, bu değer polifenolce zengin sebzelerdeki fenol miktarlarıyla benzer olduğu bildirilmiştir. Erihemu ve ark. (2014) ise patatesi demirce zenginleştirmek için VE işlemi kullanarak yaptıkları çalışmada, vakum süresi ve restorasyon süresinin artışı ile ürünlerin demir içeriğinin arttığını tespit ettiler. Yine patates ile yapılan bir başka çalışmada Günel (2022), VE işlemi ile patates dilimlerini C ve D vitaminince zenginleştirdi. Çalışmada, işlem görmüş patates dilimlerinin C vitamini miktarlarının %65 daha fazla, D vitamini miktarlarının 6 kat daha fazla olduğu tespit edildi. Ayrıca işlem görmüş örneklerin antioksidan kapasite değerlerinde DPPH yöntemi ile yapılan analizde yaklaşık %23, ABTS yöntemiyle yapılan analizde ise yaklaşık %6.5 artış gözlemlendi. Joshi ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada ise VE işlemi ile patates cipsini kalsiyum (kalsiyum laktat) ve çinko (çinko sülfat) ile zenginleştirdiler. Yaklaşık 70-80 mm Hg vakum basıncında her iki mineralin ürünlere maksimum düzeyde emdirilmesi sağlandı. Bu çalışmada VE işlemi ile kalsiyum miktarı 93.3 mg/100 g'den 727.18 mg/100 g'ye çinko miktarı ise 1.68 mg/100 g'den 256.78 mg/100 g'ye artırılmıştır. Elmanın besinsel olarak zenginleştirildiği bir çalışmada ise Yılmaz & Bilek (2017), VE işlemi ile elmayı, siyah havuç konsantresi, kalsiyum laktat ve laktik asit ile işleme sokarak fonksiyonel özellikleri artırılmış yeni bir ürün elde ettiler. İşlem sonrası elde edilen ürünün işlem görmemiş elmaya göre toplam fenolik bileşik miktarı ve antioksidan kapasitesinin daha yüksek olduğu tespit edildi. Schulze ve ark. (2012) VE işlemi ile elmayı, elma kabuğundan elde edilen kuersetin ile zenginleştirdiler. Uygulama sonrasında, 13 farklı elma çeşitinin parankimalarına emdirilen kuersetin miktarları 368-604 µg/g km ağırlıkta olduğu tespit edildi. VE işlemi ile gıdaları besinsel olarak zenginleştiren çalışmaların dışında gıdaya fonksiyonel özellik katmanın bir başka yolu olan probiyotik mikroorganizmalarca zenginleştirildiği çalışmalar da yapılmıştır. Bu kapsamda, De Oliveira ve ark. (2017) tarafından yapılan, çalışmada VE işlemi ile, dilimlenmiş kavun probiyotik bir mikroorganizma olan *Lactobacillus acidophilus* LA-3 ile zenginleştirilmiştir. Probiyotik ilavesinin ürün asitliliği ve çözünebilir kurumadde içeriğinde değişikliğe yol açmadığını bununla birlikte ürün sertliğini değiştirdiğini ayrıca probiyotiklerin işlem sonrası üründe sağ kalım oranlarının yüksek olduğu çalışmada tespit edilmiştir. Elvan ve ark. (2022) ise probiyotik bir mikroorganizma olan *L. pentosus*'u mikroenkapsüle ederek VE işlemi ile sofralık zeytini bu mikroorganizmaca zenginleştirmişlerdir. Çalışmada sofralık zeytinlerin 72 haftalık depolamaları sonunda mikroenkapsüle *L.pentosus*'un sağ kalımı 8 log kob/g olarak tespit edilmiştir. VE işlemi gözenek büyüklüğü ve sıklığının uygunluğu nedeniyle genel olarak meyve ve sebzelerde kullanılan bir işlemdir. Bununla birlikte sayıları az olmakla birlikte diğer gıdaların VE işlemine tabi tutulduğu çalışmalar mevcuttur. Bu kapsamda Andres-Bello ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada çipura filetolarının raf ömrünü arttırmak için iki farklı emdirme ortamı üzerinde çalıştılar. LAB içeren çözülti ve nisin içeren çözülti kullandılar. Vakumlu emdirme 4°C'de gerçekleştirildi. Filetolar emdirme çözültisini içeren kaplara daldırılarak 5 dakika boyunca vakum uygulandı. Bu sürenin sonunda atmosferik basınç yeniden sağlandı. Onbeş günlük buzdolabı koşullarında gerçekleştirilen depolama boyunca toplam aerobik mezofilik bakteri, enterobakterler ve *S.aureus* gelişimleri izlendi. Sonuç olarak ürünlere VE işlemi ile emdirilen LAB ve nisin konsantrasyonlarının, gözlenen mikroorganizma sayılarına bağlı olarak raf ömrünü uzatmak için yeterli olduğu bildirildi. Vakumlu emdirme işleminin etkinliğini arttırmak için; mikrodalga, ohmik ısıtma, darbeli elektrik alan, elektron demeti ile ışınlama, yüksek basınç uygulaması ve ultrason gibi çeşitli ileri teknoloji teknikleri kullanılabilir. Bu metotlar ön işlemler, son işlemler ya da VE ile kombine olarak uygulanmaktadır. Bu metotların VE ile birlikte kullanımı ile kütle transferi sürecinin olumlu etkilenmesi, çözünen madde alımının artırılması, ürünün raf ömrünün artırılması ve genel işlem



verimliliğinin artırılması sağlanmaktadır (Vinod ve ark., 2024). Bu kapsamda, Nawirska-Olszanska ve ark. (2020) tarafından yapılan bir çalışmada kuş üzümü meyveleri öncelikle elma-armut suyu ile vakumlu emdirim işlemine tabi tutularak ardından mikrodalga-vakum teknolojisi ile kurutuldu. Vakumlu emdirim işlemi ile meyvelerin polifenol biyoaktif bileşen içeriğinde, emdirim çözeltisinde bulunmayan antosiyaninler hariç artış sağlandığı bildirildi. Mikrodalga-vakum teknolojisinin kullanıldığı bir başka çalışmada Duarte-Correa ve ark. (2020) VE işlemi ile mikrodalga vakumlu kurutma işlemlerini kombine olarak kullanarak kalsiyum, vitamin C ve vitamin E ile zenginleştirilmiş patates cipsi elde ettiler. Uygulamada, öncelikle VE işlemi ile ürünler zenginleştirilmiş sonrasında da mikrodalga kurutma uygulanarak besince zenginleştirilmiş kurutulmuş patates atıştırmalığı elde edilmiştir. Mashkour ve ark. (2018) ise patatesi demirce zenginleştirmek için ultrason destekli vakumlu emdirme işlemi kullandılar. Yalnızca VE işlemi ile demir oranında %137.5, ön işlem olarak ultrason, ardından VE uygulaması ile %210 artış sağladılar. Ultrason işleminin kullanıldığı bir başka çalışmada, Yılmaz & Bilek (2018), elmaya, kalsiyum laktat ve siyah havuç fenoliklerinin infüzyonunu sağlamak için ultrason ve VE işlemlerinin eş zamanlı etkisini değerlendirdiler. Bu iki işlemi eş zamanlı uygulamak için geliştirdikleri cihazla yapılan çalışmada kalsiyum içeriğinde %13.8, toplam fenoliklerde %11.8, toplam antosiyaninlerde %24.6 artış sağlandı. Mierzwa ve ark. (2022) tarafından yapılan çalışmada ise, kıvılcık meyveleri ultrason destekli VE işlemi ile askorbik asit (C vitamini), sitrik asit ve sakkarozca zenginleştirilmiştir. C vitamini başarılı bir şekilde artırılmıştır. Ananasla yapılan VE işleminin kullanıldığı bir başka çalışmada ise De Lima ve ark. (2016), yaptıkları çalışmada VE işlemi ile kurutma işlemi (konvektif ve dondurarak) kombine olarak kullanarak kalsiyumca zenginleştirilmiş atıştırmalık ananas ürettir. Emdirme işlemi normal atmosfer basıncı altında ve vakumlu olarak gerçekleştirerek sonuçları karşılaştırdılar. Kurutma işlemi sonrası yapılan tespitlerde VE işlemi uygulananların, atmosfer basıncı altında emdirim uygulanan örneklere göre %91 daha fazla konsantrasyonda kalsiyum içerdikleri tespit edilmiştir. Assiss ve ark. (2019) ise VE işlemi ile kalsiyumca zenginleştirilen elma dilimlerini sonrasında konvektif kurutma uygulayarak kalsiyum ile zenginleştirilmiş elma atıştırmalığı elde ettiler. Çalışmada VE işleminin kalsiyum miktarını 10 kat arttırdığı tespit edildi.



Şekil 4. Laboratuvar ölçekli vakumlu emdirme sistemi (Vinod ve ark., 2024).

### 6.3. Tarımsal yan ürünlerin ve alternatif besinlerin fonksiyonel gıda üretiminde kullanımı

Son yıllarda gıda işleme proseslerinin yan ürünlerinden biyolojik değeri yüksek fonksiyonel bileşenler elde ederek bunların fonksiyonel gıda olarak kullanımı ile ilgili pek çok bilimsel çalışma ayrıca bunun yanında endüstriyel uygulamalarda gerçekleştirilmektedir. Tarımsal ve gıda işlemede fenolik bileşikler, karotenoidler, vitaminler, çoklu doymamış yağ asitleri ve bazı mineraller gibi

antioksidan bileşikler, diyetel lif, protein ve prebiyotikler içeren gıdaların yan ürünleri işlem sonrası atılmaktadır. İşleme sonrasında gıdanın yaklaşık üçte birlik kısmı atık olarak atılmaktadır. Gıda işlemeden artan bu yan ürünler aynı zamanda önemli bir çevresel kirlilik kaynağı oluşturmaktadırlar. Ortamdan uzaklaştırılmaları ve taşınmaları da yine gıda sanayi için önemli bir sorun teşkil etmektedir. Bu bağlamda, biyolojik aktif besin bileşenlerine sahip olan gıda işleme yan ürünlerinin değerlendirilmesi fonksiyonel gıda üretimi için önemli ve faydalı bir seçenek oluşturmaktadır (Comunian ve ark., 2021; Kalusevic & Veljovic, 2023). Peynir altı suyu, balık endüstrisi atıkları gibi hayvansal işlemeden artan yan ürünler ile meyve sebze posaları, yapraklar, çekirdekler, kabuk ve zarlar gibi bitkisel işlemeden artan yan ürünler, doğrudan ya da parçalanma ufalanma gibi işlemlere tabi tutularak kullanılabilir ya da bu atıklardan yağlar, vitaminler, fenolik bileşikler ve lif gibi gıda bileşenleri elde edilerek bu bileşenler kullanılabilir (de Toledo ve ark., 2017; Routray & Orsat, 2019; Kalusevic & Veljovic, 2023). Bu bileşenlerin eldesinde organik çözücülerle klasik maserasyon prosesi yoluyla gerçekleştirilen geleneksel ekstraksiyon metotlarının yanında ekstraksiyon verimini arttırmak için mikrodalga destekli ekstraksiyon, ultrason destekli ekstraksiyon, yüksek basınç destekli ekstraksiyon, süperkritik sıvı ekstraksiyon, vurgulu elektrik alan, ohmik ısıtma, fermentasyon ve enzim destekli ekstraksiyon gibi farklı metotlar kullanılabilir (Echegaray ve ark., 2024; Manai ve ark., 2024). Tarım ve gıda endüstrisi yan ürünlerinin fonksiyonel özellikte gıda üretiminde kullanıldığı farklı çalışmalar Çizelge 2'de gösterilmiştir. Şekil 5'de elma posası ve posanın kurutulmuş haline getirilmesiyle elde edilen elma posası unu gösterilmiştir.

Çizelge 2. Tarım ve gıda endüstrisi yan ürünlerinin fonksiyonel özellikte gıda üretiminde kullanıldığı çalışmalar

Yan Ürün	Fonksiyonel kazanımı	Kullanılan ürün	Referans
Çarkıfelek meyvesi yan ürünü tozu	Prebiyotik	Fermente soya sütü	Albuquerque ve ark. (2017)
Durum buğdayı yan ürünü	Protein ve lifçe zenginleştirmek	Makarna	Cuomo ve ark. (2024)
Papaya çekirdeği tozu ve papaya çekirdeği yağı	Protein, lif miktarları ve oleik asitçe yüksek, raf ömrü uzun, farklı tat ve aromaya sahip yeni ürün eldesi	Kapkek	Abdel-Hameed ve ark. (2023)
Pasiflora kabuğu tozu	Antioksidant ve antimikrobiyal özelliklerini güçlendirmek	Et	Ramli ve ark. (2020)
Elma kabuğundan elde edilen flavonoid ekstraktı	Antioksidant aktiviteyi arttırmak	Domates ve havuç suyu	Massini ve ark. (2016)
Kurutulmuş elma posası	Diyetel lif oranını arttırmak	Kurabiye ve kapkek	Jung ve ark. (2015)
Üzüm posası ekstraktı	Toplam fenolik konsantrasyonunda belirgin artış, <i>L.acidophilus</i> sağ kalımını olumlu etkileme	Probiyotik fermente keçi sütü	dos Santos ve ark. (2016)
Ananas kabuğu tozu	Prebiyotik, Diyetel lif	Probiyotik yoğurt	Sah ve ark. (2016)
Zeytin ve üzüm posasından elde edilen fenolik ekstraktı	Antioksidantca zenginleştirme	Yeni fermente süt içeceği	Aliakbarian ve ark. (2014)
Mantar yan ürünlerinden elde edilen polisakkaritler	Prebiyotik	Yoğurt	Chou ve ark. (2013)
Ananas (merkez kısmı), elma (endokarp) ve kavun (kabuk) yan ürünleri	Diyetel lif içeriğinin artışı	Kurabiye	de Toledo ve ark. (2017)
Karnabahar yan ürünleri (yaprak ve sapları) kurutulularak elde edilen tozun izotiyosiyanatça zengin ekstraktı	İzotiyosiyanat, toplam fenol ve antioksidanca zenginleştirmek	İzotiyosiyanatça zengin yeni elma içeceği	Amofa-Diatuo ve ark. (2017)
Portakal suyu yan ürünleri olan portakal kabuk, tohum ve posasından elde edilen lifler, yağ ikamesi olarak kullanılmıştır.	Diyetel lif ve karotenit miktarı artmıştır.	Limonlu dondurma	Crizel ve ark. (2014)
Domates salçası üretimi yan ürünü domates posası	Toplam fenol, antioksidant kapasite, diyetel lif ve minerallerce zenginleştirmek	Kraker	Işık & Topkaya (2016)

Çizelge 2. Tarım ve gıda endüstrisi yan ürünlerinin fonksiyonel özellikte gıda üretiminde kullanıldığı çalışmalar (devam)

Yan Ürün	Fonksiyonel kazanımı	Kullanılan ürün	Referans
Muz kabuğu kurutulmuş toz haline getirilmiştir	Diyetsel lifçe zenginleştirilmesi, Potasyum, kalsiyum, sodyum, demir ve manganez minerallerince daha zengin ekmek	Baladi ekmeği	Eshak (2016)
Zeytin yaprağı ekstraktı	Antioksidant ve antimikrobiyal aktiviteyi artırarak ürünün raf ömrünü arttırmak.	Köfte	Gök & Bor (2012)
Pirinç kepeği	Protein, diyetsel lif, toplam fenol, vitamin E ve antioksidan aktivitenin artışı	Buğday ekmeği	Irakli ve ark. (2015)
Patates kabuğu tozu	Diyetsel lif ve protein miktarının artışı	Kek	Jeddou ve ark. (2016)
Üzüm posası tozu	Toplam fenolik miktarı ve antioksidant aktivitenin artışı	Yarı sert ve sert peynirler	Marchiani ve ark. (2015)
Domates posası	Diyetsel lif, vitamin C ve antioksidant aktivitede artış	Ekmek ve muffin	Mehta ve ark. (2018)
Marul yan ürünü; dış ve baş kısımları çıkarılarak hazırlanmış, kurutulmuş toz haline getirilmiştir.	Diyetsel lif ve toplam fenolce zengin ürün elde edilmiştir.	Ekmek	Plazzotta ve ark. (2018)
Nar kabuğu tozu	Protein , diyetsel lif, $\beta$ -karoten ve antioksidan kapasite artışı	Bisküvi	Srivastava ve ark. (2014)
Avakado kabuğu	Yüksek fenolik ve antioksidant içeriğine sahip çay	Avakado kabuğu çayı	Rotta ve ark. (2016)
Elma posası	Diyetsel lif ve toplam fenol miktarını arttırmıştır.	Pıhtısı kırilmiş yoğurt	Wang ve ark. (2020)
Nar yan ürünü (kabuk ve çekirdekleri)	Fenolik bileşiklerin ve çoklu doymamış yağ asitlerinin miktarının artışı	Dondurma	Çam ve ark. (2013)



Şekil 5. Kurutulmuş elma posası ve elma posası unu (Kalusevic & Veljovic, 2023).

Gıda endüstrisinde kullanılan yeni teknikler ve uygulamalar, fonksiyonel gıda üretiminde sürdürülebilir yeni gıda kaynaklarının ve alternatif besinlerin kullanımını da ön plana çıkarmıştır. Bunlardan deniz yosunu ve mikro algler yüksek protein kaynağı olarak önemli potansiyele sahiptirler. Bunların özellikle bazı çeşitleri süt, yumurta ve soya fasülyesi gibi geleneksel protein kaynaklarına yaklaşık düzeyde protein içerirler (Güldiken ve ark., 2021; Agregan ve ark., 2024). Bir diğer alternatif protein kaynağı ise böceklerdir. Karıncalar, arılar, turtılar, sinekler, termitler ve yaprak zararlıları gibi farklı böcekler protein ekstraksiyonu için kullanılabilirler. Yenilebilir böcekler sürdürülebilir protein kaynağı olarak avantajlı bir seçenek oluşturmaktadırlar. Yemin proteine dönüşüm oranı 1 kg için sığır başına 10 kg yemle sağlanırken yenilebilir böceklerde 1.7 kg yemle sağlanabilmektedir (Mariutti ve ark., 2021).

#### 6.4. Nutrigenomiğin fonksiyonel gıda üretiminde kullanım olanakları

Nutrigenomik, beslenme uyarıları ile genlerin tepkileri arasındaki moleküler ilişkilerin incelenmesidir (Brennan & de Roos, 2021). Örneğin önemli bir diyetel antioksidant olan fenolik bileşiklerin hücrel sinyalleme kaskadlarıyla etkileşime girebileceği ve gen ekspresyonu ile bağlantılı transkripsiyon faktörlerinin aktivitesini düzenleyebileceği bildirilmiştir (Antonia Nunes ve ark., 2018). Bu bilim dalında tüketilen gıda ile bireyin genomu arasındaki etkileşim değerlendirilir. Fonksiyonel gıdalar ise normal beslenmenin ötesinde sağlık faydaları sunan gıdalar olarak tanımlanmaktadır. Gıdalardaki fonksiyonel özelliklerin fizyolojik etkileri, genetik özelliklerden etkilenebilmektedir. Bu kapsamda nutrigenomik bilimi bireye yönelik etkili fonksiyonel beslenmenin sağlanması yönünde önemli fırsatlar sunmaktadır (Ferguson, 2009; Bigliardi & Galati, 2013). Nutrigenomik bilimi henüz başlangıç aşamasındadır ve gıda geliştirilmesi ve beslenme önerilerini sunmak için henüz çok kapsamlı bir veri birikimine sahip değildir (Bigliardi & Galati, 2013). Pratik olarak gıdaların geliştirilmesi ve değerlendirilmesi için kapsamlı kullanılabilirliği diyetle ilişkili hastalıklardan kaçınmaya, yeni beslenme stratejileri oluşturmaya ve diyetle tüketilecek besinlerin olumlu ve olumsuz etkilerinin tasarlanmasına yardımcı olabileceğine sahiptir. Bu kapsamda gen ve gıda alımı arasındaki ilişkiler, hastalık gen ilişkileri ve çevresel diğer faktörlerin etkileri üzerinde kapsamlı araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır (Pavlidis ve ark., 2015).

#### 6.5. Tersine mühendisliğin fonksiyonel gıda üretiminde kullanım olanakları

Tersine mühendislik bir nesnenin ya da ürünün fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait bilgileri bilgisayar destekli sistemle belirleyerek bu ürünün istenilen özelliklerle güçlendirilerek yeniden üretilmesi esasına dayanır. Belirlenmiş özelliklere sahip ürünün realize edilmesi için de bu metod uygulanmaktadır. Bu kapsamda yeni gıda ürünlerinin tasarlanması ve üretilmesi için uygulanabilecek bir metottur. Bu metod, sürdürülebilir bileşen formülasyonu, fonksiyonel özelliklerin güçlendirilmesi ve standart ürün eldesi sağlama konusunda önemli avantajlar sunmaktadır (Lie-Piang ve ark., 2024). Metodun uygulamasında öncelikle CAD gibi üç boyutlu görüntüleme ekipmanı ve yazılımı da kullanılarak dijital olarak modelleme gerçekleştirilmektedir (Çelik ve ark., 2017). Bu modeller, ürünün üretilmesinde kullanılacak boyutsal ve şekilsel özellikler ile hammadde ve süreçlerin formüle edilmesi olarak ifade edilebilir. Elde edilen verilerle, özellikleri dijital olarak belirlenen ürün, 3d yazıcı kullanımı gibi farklı metotlar yardımıyla üretilebilmektedir (Çelik ve ark., 2017; Thomopoulos ve ark., 2019). Bu teknolojinin geliştirilmesi ve endüstride kullanımı ile yeni ürün geliştirme prosesini %40'tan fazla kısaltabileceğine sahip olduğu bildirilmiştir (Tao, 2013).

### 7. Sonuç

Fonksiyonel gıdalar normal diyetin bir parçası olarak tüketilmesinin yanı sıra temel beslenmenin ötesinde sağlık faydaları sağlayan gıda maddeleridir. Teknolojinin gelişmesi ve farklı fonksiyonel gıdaların dünya pazarlarında tüketiciler tarafından önemli düzeyde ilgi görmesi, fonksiyonel gıda biliminin de kapsamının genişlemesine özellikle yeni gıda ürünleri geliştirmede fonksiyonel özelliklerin korunması ve artırılmasının daha fazla önem kazanmasına ve bu alanda bilimsel ve endüstriyel çalışmaların yoğunlaşmasına yol açmıştır. Bu çalışmada yakın zamanda fonksiyonel gıda üretimi ile ilgili yapılan yeni çalışmalarda yoğun olarak kullanılan trend metod ve yaklaşımlarla ortaya çıkışı yeni olan, fonksiyonel gıda üretiminde umut vadeden metod ve yaklaşımlar incelenmiştir. Bu bağlamda fonksiyonel gıdalara fonksiyonel özellik kazandıran biyoaktif bileşen ya da unsurların bu işlevlerini gösterme mekanizmaları ve bu işlevlerin sağlık üzerine etkileri ayrıca kullanılan gıda işleme proseslerinin bu bileşenler üzerine etkileri ve bu alanda fonksiyonel özellikleri artırılmış gıda üretim metod ve proseslerinin geliştirilmesi konularında daha ileri düzeyde araştırmalar yapılmalıdır.

## Kaynakça

- Abalos, R.A., Naef, E.F., Aviles, M.V., & Gomez, B. (2020). Vacuum impregnation: A methodology for the preparation of a ready-to-eat sweet potato enriched in polyphenols. *LWT-Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109773>
- Abdel-Hameed, S.M., Abd Allah, N.A.R., Hamed, M.M., & Soltan, O.I.A. (2023). Papaya fruit by-products as novel food ingredients in cupcakes. *Annals of Agricultural Sciences*, 68, 60-74. <https://doi.org/10.1016/j.aosas.2023.05.003>
- Agrega'n, R., Campagnol, P.C.B., Domínguez, R., Echegaray, N., Salazar, J.A.G., & Perez-Alvarez, J.A. (2024). Sustainability and functional foods: challenges and opportunities (Bölüm 1). In J. M. Lorenzo (Eds.), *Development in food quality and safety strategies to improve the quality of foods* (pp. 1-31). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-15346-4.00001-X>
- Al Saqqa, G. S. R. (2021). Some functional foods and benefits of their bioactive components. *Journal of the Saudi Society for Food and Nutrition*, 14(1), 1-11.
- Albuquerque, M.A.C., Bedani, R., LeBlanc, J.G., & Saad, S.M.I. (2017). Passion fruit by-product and fructooligosaccharides stimulate the growth and folate production by starter and probiotic cultures in fermented soymilk. *International Journal of Food Microbiology*, 261, 35-41. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.09.001>
- Aliakbarian, B., Casale, M., Paini, M., Casazza, A.A., Lanteri, S., & Perego, P. (2014). Production of a novel fermented milk fortified with natural antioxidants and its analysis by NIR spectroscopy. *LWT-Food Science and Technology*, 1, 8. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.07.037>
- Amofa-Diatuo, T., Anang, D.M., Barba, F.J., & Tiwari, B.K. (2017). Development of new apple beverages rich in isothiocyanates by using extracts obtained from ultrasound-treated cauliflower by-products: Evaluation of its physical properties and consumer acceptance. *Journal of Food Composition and Analysis*, 61, 73-81. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2016.10.001>
- Andres-Bello, A., De Jesus, C., Garcia-Segovia, P., Pagan-Moreno, M.J., & Martinez-Monzo, J., 2015. Vacuum impregnation as a tool to introduce biopreservatives in gilthead sea bream fillets (*Sparus aurata*). *LWT-Food Science and Technology*, 60, 2. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.09.063>
- Anonim. (2010). *Functional foods and ingredients-trends and opportunities*. Howe, P. Annual Food Industry Forum, Adelaide, 31st August 2010. Erişim Tarihi: 24.10.2023.
- Anonim. (2023). *Functional Foods*. Centurion University. Erişim Tarihi: 04.12.2023 <https://course.cutm.ac.in/wp-content/uploads/2020/06/Functional-food-1.pdf>
- Antonia Nunes, M., Rodrigues, F., Vinha A. F., Alves, R. C., & Oliveira, M. B. P. P. (2018). Nutrigenomics and polyphenols (Bölüm 4). In C. M. Galanakis (Eds.), *Polyphenols: Properties, recovery, and applications* (pp. 103-132). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813572-3.00004-X>
- Anukiruthika, T., Moses, J. A., & Anandharamakrishnan, C. (2020). 3D printing of egg yolk and white with rice flour blends. *Journal of Food Engineering*, 265, 109691. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.109691>
- Arai, S., Vattem, D. A., & Kumagai, H. (2016). Functional foods-history and concepts (Chapter 1). In D. A. Watter, V. Maitin (Eds), *Functional foods, nutraceuticals and natural products concepts and applications* (pp. 1-18). Destech Publications, Inc.
- Arshad, M. S., Khalid, W., Ahmad, R. S., Khan, M. K., Ahmad, M. H., Safdar, S., Kousar, S., Munir, H., Shabbir, U., Zafarullah, M., Nadeem, M., ASghar, Z., & Suleria, H. A. R. (2021). Functional foods and human health: an Overview. In M. S. Arshad, M. H. Ahmad (Eds.), *Functional foods-phytochemicals and health promoting potential*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.99000>
- Assis, F.R., Rodrigues, L.G.G., Tribuzi, G., de Souza, P.G., Carciofi, B.A.M., & Laurindo, J.B. (2019). Fortified apple (*Malus spp.*, var. Fuji) snacks by vacuum impregnation of calcium lactate and convective drying. *LWT-Food Science and Technology*, 113, 108298. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108298>

- Başer, K. H. C. (2002, Mayıs). *Fonksiyonel gıdalar ve nutrasötikler*. 14. Bitkisel İlaç Hammaddeleri Toplantısı, Eskişehir.
- Bigliardi, B., & Galati, F. (2013). Innovation trends in the food industry: The case of functional foods. *Food Science and Technology*, 31, 118-129. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.03.006>
- Brennan, L., & de Roos, B. (2021). Nutrigenomics: lessons learned and future perspectives. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 113,3, 503-516. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqaa366>
- Chou, W.T., Sheih, I.C., & Fang, T.J. (2013). The applications of polysaccharides from various mushroom wastes as prebiotics in different systems. *Journal of Food Science*, 78. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12160>
- Choudhary, R., & RV, T. (2009). Consumption of functional food and our health concerns. *Pakistan Journal of Physiology*, 5(1).
- Comunian, T.A., Silva, M.P., & Souza, C.J.F. (2021). The use of food by-products as a novel for functional foods: Their use as ingredients and for the encapsulation process. *Trends in Food Science & Technology*, 108, 269-280. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.003>
- Crizel, T.M., de Araujo, R.R., Rios, A.O., Rech, R., & Flores, S.H. (2014). Orange fiber as a novel fat replacer in lemon ice cream. *Food Science and Technology*, 34, 2, 332-340. <https://doi.org/10.1590/fst.2014.0057>
- Cuomo, F., Cinquanta C., Trivisonno M.C., Falasca L., Miani Greco M., Messia M.C., & Marconi E. (2024). Durum wheat milling by-products for the production of pasta with high nutritional and cooking quality. *LWT-Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116504>
- Çam, M., Erdoğan, F., Aslan, D., & Dinç, M. (2013). Enrichment of functional properties of Ice Cream with Pomegranate by-products. *Journal of Food Science*, 78, 10. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12258>
- Çelik, H.K., Rennie, A.E.W., & Akıncı, I. (2017). Reverse engineering approach for precise measurement of the physical attributes related to the geometric features of agricultural product. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11, 75-84. <https://doi.org/10.1007/s11694-016-9373-5>
- Dankar, I., Haddarah, A., Omar, F.E.L., Sepulcre, F., & Pujola, M. (2018). 3D printing technology: The new era for food customization and elaboration. *Trends in Food Science & Technology*, 75. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.03.018>
- De Lima, M.M., Tribuzi, G., de Souza, J.A.R., de Souza, I.G., Laurindo, J.B., & Carciofi, B.A.M., (2016). Vacuum impregnation and drying of calcium-fortified pineapple snacks. *LWT-Food Science and Technology*, 72, 501-509. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.05.016>
- De Oliveira, P.M., Ramos, A.M., Martins, E.M.F., Vieira, E.N.R., Soares, A.S., & de Noronha, M.C. (2017). Comparison of vacuum impregnation and soaking techniques for addition of the probiotic *Lactobacillus acidophilus* to minimally processed melon. *International Journal of Food Science and Technology*, 52, 12. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13540>
- De Toledo, N.M.Y., Nunes, L.P., da Silva, P.P.M., Spoto, M.H.F., & Canniatti-Brazaca, S.G. (2017). Influence of pineapple, apple and melon by-products on cookies: physicochemical and sensory aspects. *International Journal of Food Science and Technology*, 52(5), 1185-1192. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13383>
- Derossi, A., Caporizzi, R., Azzolini, D., & Severini, C. (2017). Application of 3D printing for customized food. A case on the development of a fruitbased snack for children. *Journal of Food Engineering*, 220. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.05.015>
- Dick, A., Bhandhari, B., & Prakash, S. (2019). 3D printing of meat. *Meat Science*, 153. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.03.005>
- Dos Santos, K.M.O., de Oliveira, I.C., Lopes, M.A.C., Cruz, A.P.G., Buriti, F.C.A., & Cabral, L.M. (2016). Addition of grape pomace extract to probiotic fermented goat milk: The effect on phenolic content, probiotic viability and sensory acceptability. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 97, 4. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7836>
- Duarte-Correa, Y., Diaz-Osorlo, A., Osorio-Arias, J., Sobral, P.J.A., & Vega-Castro, O. (2020). Development of fortified low-fat potato chips through Vacuum Impregnation and Microwave Vacuum Drying. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 64. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102437>

- Duran-Castaneda, A.C., Gonzalez-Moya, S., Sanchez-Burgos, J.A., Sayago-Ayerdi, S.G., & Zamora-Gasga, V.M. (2024). Applications of vacuum impregnation as a technology to incorporate. *Food Chemistry Advances*, 4, 100579. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100579>
- Echegaray, N., Viuda-Martos, M., Campagnol, P. C. B., Agregación, R., Santos, E. M., Munekata P. E. S., & Domínguez, R. (2024). New technologies for obtaining healthy foods (Bölüm 2). In J. M., Lorenzo (Eds.), *Strategies to Improve the Quality of Foods* (pp. 33-63), Development in food quality and safety strategies to improve the quality of foods. Oxford, UK: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-15346-4.00002-1>
- Elvan, M., Baysal, A. H., & Harsa, S. (2022). Microencapsulation of a potential probiotic *Lactiplantibacillus pentosus* and its impregnation onto table olives. *Food Science and Technology*, 156, 112975. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112975>
- Erihemu, Hironaka, K., Oda, Y., & Koaze, H. (2014). Iron enrichment of whole potato tuber by vacuum impregnation. *Food Science and Technology*, 59, 504-509. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.04.043>
- Eshak, N. S. (2016). Sensory evaluation and nutritional value of balady flat bread supplemented with banana peels as a natural source of dietary fiber. *Annals of Agricultural Science*, 61, 2. <https://doi.org/10.1016/j.aosas.2016.07.002>
- Eswaran, H., Ponnuswamy, R. D., & Kannapan, R. P. (2023). Perspective approaches of 3D printed stuffs for personalized nutrition: A comprehensive review. *Annals of 3D Printed Medicine*, 12, 100125. <https://doi.org/10.1016/j.stlm.2023.100125>
- Ferguson, L. R. (2009). Nutrigenomics approaches to functional foods. *Journal of the American Dietetic Association*, 109, 3. <https://doi.org/10.1016/j.jada.2008.11.024>
- Gök, V., & Bor, Y. (2012). Effect of olive leaf, blueberry and *Zizyphus jujuba* extracts on the quality and shelf life of meatball during storage. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 10, 2, 190-195.
- Güldiken, B., Gülsünoğlu, Z., Bakir, S., Çatalakaya, G., Çapanoğlu, E., & Nickerson, M. (2021). Innovations in functional foods development (Chapter 3). In C. M. Galanakis (Eds.), *Food technology disruptions* (pp. 73-130). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821470-1.00008-2>
- Gündoğdu, E., Çakmakçı, S., & Şat, İ. G. (2019). An overview of honey: Its composition, nutritional and functional properties. *Journal of Food Science and Engineering*, 9(1), 10-14. <https://doi.org/10.17265/2159-5828/2019.01.003>
- Günel, Z. (2022). Vakumlu emdirim tekniği ile patates dilimlerinin C ve D vitaminlerince zenginleştirilmesi. *Food and Health*, 8, 3, 181-192. <https://doi.org/10.3153/FH22018>
- Irakli, M., Katsantonis, D., & Kleisiaris, F. (2015). Evaluation of quality attributes, nutraceutical components and antioxidant potential of wheat bread substituted with rice bran. *Journal of Cereal Science*, 65, 74-80. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.06.010>
- Isik, F., & Topkaya, C. (2016). Effects of tomato pomace supplementation on chemical and nutritional properties of crackers. *Italian Journal of Food Science*, 28(3), 525. <https://doi.org/10.14674/1120-1770/ijfs.v510>
- Jalili, T., Medeiros, D. M., & Wildman, R. E. C. (2007). Dietary fiber and coronary heart disease (Chapter 6). In R. E. C. Wildman, R. Wildman, & T. C. Wallace (Ed.), *Handbook of nutraceuticals and functional foods* (Second Edition) (pp. 131-145). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420006186>
- Jeddou, K. B., Bouaziz, F., Zouari-Ellouzi, S., Chaari, F., Ellouz-Chaabouni S., Ellouz-Ghorbel, R., & Nouri-Ellouz, O. (2016). Improvement of texture and sensory properties of cakes by addition of potato peel powder with high level of dietary fiber and protein. *Food Chemistry*, 217, 4-7. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.08.081>
- John, R., & Singla, A. (2021). Functional foods: Components, health benefits, challenges, and major projects. *DRC Sustainable Future: Journal of Environment, Agriculture and Energy*, 2(1), 61-72. <https://doi.org/10.37281/DRCSF/2.1.7>
- Joshi, A., Kar, A., Rudra, S. G., Sagar, V. R., Varghese, E., Lad, M., Khan, I., & Singh, B. (2016). Vacuum impregnation: a promising way for mineral fortification in potato porous matrix (potato chips). *Journal of Food Science and Technology*, 53, 12, 4348-4353. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2424-4>

- Jung, J., Cavender, G., & Zhao, Y. (2015). Impingement drying for preparing dried apple pomace flour and its fortification in bakery and meat products. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 5568–5578. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1680-4>
- Kalusevic, A., & Veljovic, M. (2023, Şubat). *Functional products based on food industry by-products*. CASB Proceedings Book, Academy of Applied Studies, Belgrade.
- Krishnaraj, P., Anukiruthika, T., Choudhary, P., Moses, J. A., & Arandharamkrishnan C. (2019). 3D extrusion printing and post-processing of fibre-rich snack from indigenous composite flour. *Food and Bioprocess Technology*, 12(10), 1776-1786. <https://doi.org/10.1007/s11947-019-02336-5>
- Landström, E. (2008). *To choose or not to choose functional foods, that is the question*. Digital Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Social Sciences.
- Lie-Piang, A., Boom, R., & van der Padt, A. (2024). Towards low-impact food products through reverse engineering: A functionality-driven approach. *Journal of Food Engineering*, 367, 111857. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2023.111857>
- Lille, M., Nurmela, A., Nordlund, E., Metsa-Kortelainen, S., & Sozer, N. (2017). Applicability of protein and fiber-rich food materials in extrusion-based 3D printing. *Journal of Food Engineering*, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.04.034>
- Lipton J., Arnold, D., Nigl, F., Lopez, N., Cohen, D., Norén, N., & Lipson, H. (2010). *Multi-material food printing with complex internal structure suitable for conventional post-processing*. In Solid Freeform Fabrication Symposium.
- Liu, C., Ho, C., & Wang, J. (2018). The development of 3D food printer for printing fibrous meat Materials. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*, 284, 1:012019. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/284/1/012019>
- Lovegrove, J. A., & Jackson, K. A. (2000). Dietary fibre functional products (Chapter 13). In G. R., Gibson, C. M., Williams (Eds.), *Functional foods concept to product* (315-355). Woodhead Publishing Limited.
- Manai, S., Boulila, A., Silva, A.S., Barbosa-Pereira, L., Sendon, R., & Khwaldia, K. (2024). Recovering functional and bioactive compounds from date palm by-products and their application as multi-functional ingredients in food. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 38, 101475. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2024.101475>
- Marchiani, R., Bertolino, M., Ghirardello, D., McSweeney, P. L. H., & Zeppa, G. (2015). Physicochemical and nutritional qualities of grape pomace powder-fortified semi-hard cheeses. *Journal of Food Science and Technology*, 53, 3. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2105-8>
- Mariutti, L. R. B., Rebelo, K. S., Bisconsin-Junior, A., de Moraes, J. S., Magnani, M., Maldonade, I. R., Madeira, N. R., Tiengo, A., Marostica Jr., M. R., & Cazarin, C. B. B. (2021). The use of alternative food sources to improve health and guarantee access and food intake. *Food Research International*, 149, 110709. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110709>
- 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, 106-128. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.07.003>
- Massini, L., Rico, D., Martin-Diana, A.B., & Barry-Ryan, C. (2016). Apple peel flavonoids as natural antioxidants for vegetable juice applications. *European Food Research Technology*, 242, 1459–1469. <https://doi.org/10.1007/s00217-016-2646-8>
- Mehta, D., Prasad, P., Sangwan, R. S., & Yadav, S. K. (2018). Tomato processing byproduct valorization in bread and muffin: improvement in physicochemical properties and shelf life stability. *Journal of Food Science and Technology*, 55, 7. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3176-0>
- Mierzwa, D., Szadzinska, J., Gapinski, B., Radziejewska-Kubzdela, E., & Bieganska-Marecik, R. (2022). Assessment of ultrasound-assisted vacuum impregnation as a method for modifying cranberries' quality. *Ultrasonics Sonochemistry*, 89, 106117. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2022.106117>
- Moghe, S. B., Jain, S., & Srivastava, V. (2018). *Functional Foods and Nutraceuticals II-Semester*, Alagappa University, Publishing House, Pvt. Ltd.



- Mashkour, M., Maghsoudlou, Y., Kashaninejad, M., & Aalami, M. (2018). Effect of ultrasound pretreatment on iron fortification of potato using vacuum impregnation. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(5), e13590. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13590>
- Nawirska-Olszanska, A., Paslawska, M., Stepień, B., Oziembowski, M., Sala, K., & Smorowska, A. (2020). Effect of Vacuum Impregnation with Apple-Pear Juice on Content of Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Dried Chokeberry Fruit. *Foods*, 9, 1. <https://doi.org/10.3390/foods9010108>
- Neri, L., Di Biase, L., Sacchetti, G., Di Mattia, C., Santarelli, V., Mastrocola, D., & Pittia, P. (2016). Use of vacuum impregnation for the production of high quality fresh-like apple products. *Journal of Food Engineering*, 179, 98-108. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.02.002>
- Ötleş, S., & Taş, E. N. (2022). Cereal-based functional foods (Chapter 3). In N. Chhikara, A. Panghal, G. Chaudhary (Eds.), *Functional foods* (pp. 55-90). Scrivener Publishing LLC. <https://doi.org/10.1002/9781119776345.ch3>
- Pavlidis, C., Patrinos, G. P., & Katsila, P.T. (2015). Nutrigenomics: A controversy. *Applied & Translational Genomics*, 4, 50-53. <https://doi.org/10.1016/j.atg.2015.02.003>
- Pitayachaval, P., Sanklong, N., & Thongrak, A. (2018). A review of 3D food printing technology. *MATEC, Web of Conferences*, 213, 01012. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201821301012>
- Plazzotta, S., Sillani, S., & Manzocco, L. (2018). Exploitation of lettuce waste flour to increase bread functionality: effect on physical, nutritional, sensory properties and on consumer response. *International Journal of Food Science and Technology*, 53, 10. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13820>
- Ramli, A. N. M., Manap, N. W. A., Bhuyar, P., & Azelee, N. I. W. (2020). Passion fruit (*Passiflora edulis*) peel powder extract and its application towards antibacterial and antioxidant activity on the preserved meat products. *Springer Nature Applied Sciences*, 2, 1-11. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03550-z>
- Rastall, R. A., Fuller, R., Gashings, H. R., & Gibson, G. R. (2000). Colonic functional foods (Chapter 4). In G. R. Gibson, C. M. Williams (Eds.), *Functional foods concept to product* (pp. 71-96). Woodhead Publishing Limited.
- Roberfroid, M. B. (2000). Defining functional foods (Chapter 1). In G. R. Gibson, C. M. Williams (Eds.), *Functional foods concept to product* (pp. 9-28). Woodhead Publishing Limited.
- Rotta, E. M., de Morais, D. R., Biondo, P. B. F., dos Santos, V. J., Matsushita, M., & Visentainer, J. V. (2016). Use of avocado peel (*Persea americana*) in tea formulation: a functional product containing phenolic compounds with antioxidant activity. *Acta Scientiarum*, 38(1), 23-29. <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v38i1.27397>
- Routray, W., & Orsat, V. (2019). Agricultural and food industry by-products: Source of bioactive components for functional beverages (Bölüm 15). In A. M. Grumezescu, A. M. Holban (Eds.), *Nutrients in Beverages* (pp. 543-589). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816842-4.00015-0>
- Sah, B. N. P., Vasiljevic, T., McKechnie, S., & Donkor, O. N. (2016). Physicochemical, textural and rheological properties of probiotic yogurt fortified with fibre-rich pineapple peel powder during refrigerated storage. *LWT-Food Science and Technology*, 65, 978-986. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.09.027>
- Schulze, B., Peth, S., Hubbermann, E. M., & Schwarz, K. (2012). The influence of vacuum impregnation on the fortification of apple parenchyma with quercetin derivatives in combination with pore structures X-ray analysis. *Journal of Food Engineering*, 109, 380-387. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.11.015>
- Severini, C., Derossi, A., Ricci, I., Caporizzi, R., & Fiore, A. (2017). Printing a blend of fruit and vegetables. New advances on critical variables and shelf life of 3D edible objects. *Journal of Food Engineering*, 220, 89-100. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.08.025>
- Shandilya, U. K., & Sharma, A. (2017). Functional food and their benefits: an overview, *Journal of Nutritional Health & Food Engineering*, 7(4), 353-356. <https://doi.org/10.15406/jnhfe.2017.07.00247>
- Sharma, R., Nath, P. C., Hazarika, T. K., Ojha, A., Nayak, P. K., & Sridhar, K. (2024). Recent advances in 3D printing properties of natural food gels: Application of innovative food additives. *Food Chemistry*, 432, 137196. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137196>

- Singhal, S., Rasane, P., Kaur, S., Garba, U., Bankar, A., Singh, J., & Gupta, N. (2020). 3D food printing: paving way towards novel foods. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*, 92(3), e20180737. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202020180737>
- 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 Science and Technology*, 65, 7, 827-833. <https://doi.org/10.3109/09637486.2014.937797>
- Tao, C. S. (2013). Application of reverse engineering technology based on linear scanning on food packaging. *Applied Mechanics and Material*, 437(2013), 941-944. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.437.941>
- Thomopoulos, R., Baudrit, C., Boukhelifa N., Boutrou, R., Buche, P., Guichard, E., Guillard, V., Lutton, E., Mirade, P.S., Ndiaye, A., Perrot, N., Taillandier, F., Thomas-Dangui, T., & Tonda, A. (2019). Multi-Criteria reverse engineering for food: genesis and ongoing advances. *Food Engineering Reviews*, 11, 44-60. <https://doi.org/10.1007/s12393-018-9186-x>
- Ulus, C. A., & Gücükoğlu, A. (2017). Konjuge linoleik asit ve sağlık açısından önemi. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknolojisi Dergisi*, 5(1), 98-102. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v5i1.98-102.1015>
- Vignesh, A., Amal, T. C., Sarvalingam, A., & Vasanth, K. (2024). A review on the influence of nutraceuticals and functional foods on health. *Food Chemistry Advances*, 5. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100749>
- Vinod, B. R., Asrey, R., Sethi, S., Menaka, M., & Meena, N. K. (2024). Recent advances in vacuum impregnation of fruits and vegetables processing: A concise review. *Heliyon*, 10. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28023>
- Wang, L., Zhang, M., Bhandhari, B., & Yang, C. (2018). Investigation on fish surimi gel as promising food material for 3D printing. *Journal of Food Engineering*, 220, 101-108. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.02.029>
- Wang, X., Kristo, E., & LaPointe, G., (2020). Adding apple pomace as a functional ingredient in stirred-type yogurt and yogurt drinks. *Food Hydrocolloids*, 100, 105453. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105453>
- Web, G. P. (2006). *Dietary supplement and functional foods*. Blackwell Publishing. <https://doi.org/10.1002/9780470995754>
- Wildman, R. E. C., & Kelley, M. (2007). Nutraceuticals and functional foods (Chapter 1). In R. E. C. Wildman, R. Wildman, & T. C. Wallace (Ed.), *Handbook of nutraceuticals and functional foods* (Second Edition) (pp. 1-23). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420006186>
- Yang, F., Zhang, M., Bhandhari, B., & Yaping, L. (2018). Investigation on lemon juice gel as food material for 3D printing and optimization of printing parameters. *LWT-Food Science and Technology*, 87, (67-76). <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.08.054>
- Yang, F., Zhang, M., & Bhandari, B. (2017). Recent development in 3D food printing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(14), 3145-3153. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1094732>
- Yılmaz, F. M., & Bilek, S. E. (2018). Ultrasound-assisted vacuum impregnation on the fortification of fresh-cut apple with calcium and black carrot phenolics. *Ultrasonics-Sonochemistry*, 48, 509-516. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.07.007>
- Yılmaz, F. M., & Bilek, S. E. (2017). Natural colorant enrichment of apple tissue with black carrot concentrate using vacuum impregnation. *International Journal of Food Science & Technology*, 52(6), 1508-1516. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13426>
- Zhang, L., Lou, Y., & Schutyser, M. A. I. (2018). 3D printing of cereal-based food structures containing probiotics. *Food Structure*, 18, 14-22. <https://doi.org/10.1016/j.foostr.2018.10.002>
- Zhao, Y., & Xie, J. (2004). Practical applications of vacuum impregnation in fruit and vegetable processing. *Trends in Food Science & Technology*, 15(9), 434-451. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2004.01.008>
- Zrnic, M., Gajic, T., & Vukolic, D. (2023, Şubat). *The future of functional foods: Trends, opportunities and obstacles in the food industry*. CASB Academy of Applied Studies, Belgrade, Proceedings Book, 137-142.