

Aronya (*Aronia melanocarpa*) Lipitlerinin Farmasötik Uygulamaları: Biyoyararlanım ve Sürdürülebilirlik Açısından Bir İnceleme

Pharmaceutical Applications of Lipids from *Aronia Melanocarpa*: A Review in terms of Bioavailability and Sustainability

Ercan OKTAN^{1*}, Öznur ÖZKAN², Neslihan ATAR³

¹Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Silvikültür Anabilim Dalı, Trabzon

²Artvin Çoruh Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Artvin

³Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Silvikültür Anabilim Dalı, Artvin

Eser bilgisi/Article info

Derleme/Review

DOI: 10.17474/artvin.ofd.1902568

*Sorumlu yazar/Corresponding author

Ercan OKTAN

e-mail: oktan@ktu.edu.tr

Gönderilme tarihi/Submission date

04.03.2026

Kabul tarihi/Acceptance date

05.05.2026

Yayımlanma tarihi/Publication date

25.05.2026

Anahtar kelimeler:

Aronia melanocarpa

Lipit fraksiyonları

Tıbbi aromatik bitkiler

İnsan sağlığı

Sürdürülebilirlik

Keywords:

Aronia melanocarpa

Lipid fractions

Medicinal and aromatic plants

Human health

Sustainability

Öz

Tıbbi ve aromatik bitkiler, insan sağlığı üzerindeki olumlu etkileri sayesinde giderek daha fazla ilgi görmekte ve kullanım alanları genişlemektedir. Son yıllarda yapılan araştırmalar, bu bitkilerin yalnızca geleneksel tedavi yöntemlerinde değil, aynı zamanda farmasötik ve fonksiyonel gıda endüstrilerinde de potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda, orman ekosistemlerinde değerlendirilebilecek yüksek katma değerli türlerden biri olan *Aronia melanocarpa* içerdiği fitokimyasal bileşiklerin yanı sıra lipit fraksiyonlarıyla da dikkat çekmektedir. Bu çalışmada, *Aronia melanocarpa* bitkisinden elde edilen lipit fraksiyonlarının bileşimi, biyolojik etkileri ve kullanım alanları üzerine yapılan güncel çalışmalar araştırılmıştır. Aronya lipitlerinin omega-3 ve omega-6 çoklu doymamış yağ asitleri, fitosteroller ve tokoferoller gibi biyoaktif bileşikler içerdiği ve bu bileşiklerin antioksidan, antienflamatuvar, kardiyoprotektif ve metabolik düzenleyici etkilere sahip olduğu belirlenmiştir. Bu özellikler, aronyanın doğal kaynaklı ilaç, fonksiyonel gıda ve dermokozmetik ürünlerde aktif bileşen olarak değerlendirilmesini mümkün kılmaktadır. Sonuç olarak bitkisel lipit fraksiyonları, hem insan sağlığını destekleyici fonksiyonel gıdaların geliştirilmesinde hem de tedavi edici farmasötik ürünlerin formülasyonunda biyolojik kaynaklar olarak öne çıkmaktadır. Dolayısıyla *Aronia melanocarpa*'nın biyokimyasal özelliklerinin daha kapsamlı şekilde araştırılması büyük önem taşımaktadır. Özellikle, bitkiden elde edilen lipit bileşiklerinin biyoyararlanım düzeylerinin artırılması ve bu bileşiklerin insan sağlığına yönelik etkili formülasyonlarda değerlendirilmesine odaklanan çalışmaların yaygınlaştırılması gerekmektedir. Aronya gibi doğal kaynakların sürdürülebilir üretim modellerine entegre edilmesi hem ekosistemlerin korunmasına hem de toplum sağlığının desteklenmesine katkı sağlayacaktır. Bu kapsamda, *Aronia melanocarpa*'nın çok amaçlı orman ürünü olarak değerlendirilmesi hem orman biyolojik çeşitliliğinin desteklenmesine hem de kırsal kalkınmaya sürdürülebilir ekonomik katkılar sağlama potansiyeline sahiptir.

Abstract

Medicinal and aromatic plants are gaining increasing interest and their areas of use are expanding due to their positive effects on human health. Recent research indicates that these plants hold significant potential not only in traditional treatment methods but also in the pharmaceutical and functional food industries. In this context, *Aronia melanocarpa*, one of the high value-added species that can be utilized in forest ecosystems, stands out for its lipid fractions as well as its rich phytochemical compounds. This study investigates current research on the composition, biological effects, and usage areas of lipid fractions obtained from the *Aronia melanocarpa* plant. It has been determined that Aronia lipids contain bioactive compounds such as omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids, phytosterols, and tocopherols, which possess antioxidant, anti-inflammatory, cardioprotective, and metabolic regulatory effects. These properties enable Aronia to be utilized as an active ingredient in natural drugs, functional foods, and dermocosmetic products. Consequently, vegetable lipid fractions emerge as valuable biological resources in both the development of functional foods that support human health and the formulation of therapeutic pharmaceutical products. Therefore, a more comprehensive investigation of the biochemical properties of *Aronia melanocarpa* is of great importance. In particular, studies focusing on increasing the bioavailability of lipid compounds derived from the plant and evaluating these compounds in effective formulations for human health should be expanded. Integrating natural resources like Aronia into sustainable production models will contribute to both the conservation of ecosystems and the support of public health. In this scope, evaluating *Aronia melanocarpa* as a multi-purpose forest product has the potential to support forest biodiversity and provide sustainable economic contributions to rural development.

GİRİŞ

Aronia melanocarpa, halk arasında karadut olarak da bilinen ve Doğu Kuzey Amerika'ya özgü olan bir çalı türüdür. Bitki, 19. yüzyılda Avrupa'ya tanıtılmış ve biyoçeşitlilik entegrasyonlarıyla ormancılık uygulamalarında yaygın şekilde kullanılmaya başlanmıştır (Dinu vd., 2022; Xu vd., 2024). Orman ekosistemlerine adaptasyon yeteneği yüksek olan aronya, hem nemli habitatlarda (bataklık kenarları, göl çevresi gibi) hem de kurak ya da aşırı nemli toprak koşullarında, hatta -30 °C'ye kadar düşük sıcaklıklarda dayanabilir ve düşük toprak besin düzeylerinde dahi gelişebilir (Dinu vd., 2022). Ayrıca, humuslu, iyi drenajlı ve nem dengesi korunan topraklarda optimal verim sağlama yeteneğine sahiptir (Diaconescu Dinu vd., 2021). Aronya yalnızca orman ekosistemlerine uyum sağlamakla kalmaz, aynı zamanda ekosistem çeşitliliğinin artırılması ve sürdürülebilir tarım uygulamaları açısından da önemli bir türdür. Ayrıca, yüksek biyoaktif içerikli yapısından dolayı, sağlık ve fonksiyonel gıda alanında yoğun biçimde araştırılmaktadır. Özellikle polifenolik bileşikler (örneğin antosiyanin ve proantosiyanidinler), antioksidan, antienflamatuvar, hipolipitemik ve hepatoprotektif etkiler göstermektedir (Jurendić ve Ščetar, 2021; Ren vd., 2022).

Literatürde aronya meyveleri üzerine yapılan araştırmalar, genellikle bitkinin zengin polifenolik içeriğine, antioksidan kapasitesine ve genel biyoaktif özelliklerine odaklanmaktadır (Piras vd., 2024a). Ancak ekosistem temelli yaklaşımla değerlendirildiğinde aronyanın önemi yalnızca bu polifenolik bileşiklerle sınırlı değildir. Aronya lipit fraksiyonlarının—özellikle çoklu doymamış yağ asitleri, tokoferoller ve fitosteroller—orman ürünlerinden sağlık ve endüstriyel uygulamalara geçişte kritik bir köprü oluşturduğu görülmektedir (Piras vd., 2024b; Oktan vd., 2025).

Literatürde aronya meyvelerinden süperkritik SCO_2 ekstraksiyonuyla elde edilen sabit yağların, insan sağlığı için kritik öneme sahip doymamış yağ asitleri bakımından oldukça zengin bir profile sahip olduğu bildirilmektedir (Sagandyk vd., 2024; Piras vd., 2024b). Bu derleme çalışması, *Aronia melanocarpa*'dan elde edilen lipit fraksiyonlarının kimyasal bileşimini, biyolojik ve farmakolojik etkilerini ve potansiyel uygulama alanlarını bütüncül bir yaklaşımla değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Mevcut literatürde aronya üzerine yapılan araştırmaların ağırlıklı olarak polifenolik bileşiklere odaklandığı, buna karşın lipit fraksiyonlarının farmasötik ve biyoteknolojik potansiyelinin nispeten sınırlı düzeyde incelendiği görülmektedir. Bu çalışma, literatürdeki söz konusu boşluğu doldurmayı hedefleyerek; aronya lipitlerinin biyoyararlanım düzeylerini, modern teknolojik işleme yöntemlerini ve ormancılık temelli sürdürülebilir üretim perspektifini ilk kez bu denli kapsamlı bir sentez ile sunmaktadır. Bu tip bileşenler, fonksiyonel gıda, dermokozmetik ve farmasötik formülasyonlarda doğal katkı sağlayabilecek niteliktedir. Bu bağlamda, bu derleme çalışması şu eksenlerde yapılandırılmıştır:

- *Ekolojik ve ormancılık boyutu*: Aronyanın ekosistemlere adaptasyonu, ekolojik rolü ve sürdürülebilir tarım potansiyeli,
- *Kimyasal biyoproses*: Lipit fraksiyonlarının (yağ asidi, fitosterol, tokoferol) içerik analizi,
- *Biyolojik fonksiyonlar*: Antioksidan, antienflamatuvar ve metabolik düzenleyici etkilerin değerlendirilmesi,
- *Biyoyararlanım ve teknoloji*: Emilim ve metabolizma süreçleri ile biyoyararlanımı artırma yöntemleri,
- *Uygulama ve ormancılık perspektifi*: Fonksiyonel gıda, dermokozmetik ve farmasötik kullanımın yanı sıra ormancılık temelli üretim stratejileri,
- *Sürdürülebilirlik*: Biyoçeşitlilik, karbon dengesi ve yeşil ekonomi bağlamında doğal kaynak yönetimi.

Literatür Tarama Yöntemi

Bu derleme çalışması kapsamında, *Aronia melanocarpa* lipitlerine ilişkin güncel literatür sistematik bir yaklaşımla incelenmiştir. Literatür taraması, Web of Science, Scopus, PubMed ve Google Scholar veri tabanları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tarama sürecinde “*Aronia melanocarpa*”, “lipids”, “fatty acids”, “phytosterols”, “tocopherols”, “bioavailability”, “functional foods” ve “pharmaceutical applications” anahtar kelimeleri tek başına ve kombinasyonlar halinde kullanılmıştır. Çalışmaya dahil edilen yayınlar, ağırlıklı olarak son 20 yıl içerisinde yayımlanmış, hakemli dergilerde yer alan özgün araştırma makaleleri ve derlemelerden seçilmiştir. Konuyla doğrudan ilişkili olmayan çalışmalar kapsam dışı bırakılmıştır. Elde edilen veriler; lipit bileşimi, biyolojik etkiler, biyoyararlanım ve uygulama alanları başlıkları altında sınıflandırılarak bütüncül bir değerlendirme yapılmıştır. Ayrıca, özellikle lipit fraksiyonlarına odaklanan çalışmalar önceliklendirilmiş ve polifenol ağırlıklı çalışmalar yalnızca karşılaştırmalı değerlendirme amacıyla kullanılmıştır.

Aronia melanocarpa'nın Ekolojik ve Fitokimyasal Özellikleri

Ekolojik Uyum ve Habitat Özellikleri

Aronia melanocarpa (Black chokeberry), Doğu Kuzey Amerika'ya özgü, geniş bir dağılım alanına sahip dikenli, çok gövdeli bir çalıdır. Tür, özellikle Kanada'dan Orta ABD'ye kadar olan bölgede ve daha sonra Avrupa'da yetiştirilmeye başlanmıştır (Kulling ve Rawel, 2008).

Bu bitki, özellikle ıslak orman kenarları, bataklıklar, göl-nehir kenarları ve yüksek nemli çalılıklar gibi nemli habitatlara uyum sağlamaktadır (Kulling ve Rawel, 2008). Orman mühendisliği açısından bu ekolojik adaptasyon, aronyanın yer örtüsü, erozyon kontrolü ve habitat çeşitliliğinin artırılması için uygun bir tür olduğunu göstermektedir. Ayrıca aronya, düşük bakım gereksinimi, toprak ve kuraklık toleransı ile sınırlı hastalık ve zararlı baskısı sayesinde, organik tarıma ve sürdürülebilir üretim modellerine oldukça uygun bir türdür (Jurendić ve Ščetar, 2021).

Bu özellikleri sayesinde aronya, çok amaçlı orman ürünleri kapsamında değerlendirilebilecek, erozyon kontrolü, karbon tutumu ve habitat çeşitliliğinin artırılması gibi ekosistem hizmetlerine katkı sağlayabilecek potansiyele sahiptir. Dolayısıyla tür, yalnızca tarımsal değil aynı zamanda sürdürülebilir ormancılık uygulamaları açısından da stratejik bir bitki olarak öne çıkmaktadır.

Fitokimyasal Profil

Polifenoller

Aronya meyveleri; antosiyaninler, proantosiyanidinler, flavonoidler ve fenolik asitler bakımından zengin bir fitokimyasal profile sahiptir. Toplam polifenol içeriğinin kuru ağırlıkta yaklaşık 1750 mg/100 g düzeyine ulaşabildiği ve özellikle antosiyaninler ile proantosiyanidinlerin baskın bileşenler olduğu bildirilmektedir (Kulling ve Rawel, 2008). Bu bileşikler yüksek antioksidan kapasite göstererek oksidatif stresin azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Bununla birlikte, aronyanın biyolojik potansiyeli yalnızca polifenollerle sınırlı olmayıp lipitler ve diğer biyoaktif fraksiyonlar da önemli rol oynamaktadır (Kulling ve Rawel, 2008; Sidor ve Gramza-Michałowska, 2019). Bu derleme kapsamında, aronyanın yaygın olarak bilinen bu polifenolik yapısından ziyade, farmasötik potansiyeli yeni keşfedilen lipit bileşenleri ve bu bileşenlerin biyoyararlanım süreçleri detaylandırılacaktır.

Lipitler

Aronia melanocarpa lipit fraksiyonları, başlıca çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA), fitosteroller ve tokoferoller gibi biyoaktif bileşenlerden oluşmaktadır. Özellikle linoleik asit (C18:2, ω -6) ve α -linolenik asit (C18:3, ω -3), toplam yağ asidi profilinin büyük bir kısmını oluşturmaktadır olup, bu bileşenler esansiyel yağ asitleri olarak insan metabolizmasında kritik rol oynamaktadır (Sagandyk vd., 2024; Piras vd., 2024b).

Yapılan analizlerde, aronya yağında doymamış yağ asitlerinin oranının %85–90 seviyelerine ulaştığı ve bu durumun biyolojik aktivite açısından önemli bir avantaj sağladığı bildirilmektedir (Piras vd., 2024b). Bunun yanı sıra, fitosteroller (özellikle β -sitosterol) kolesterol metabolizmasını düzenleyici etkiler gösterirken, tokoferoller (E vitamini türevleri) lipit oksidasyonunu önleyerek hücresel düzeyde koruyucu rol üstlenmektedir (Jurendić ve Šćetar, 2021).

Bu bileşenlerin sinerjik etkisi, aronya lipitlerinin antioksidan, kardiyoprotektif ve antiinflamatuvar özelliklerinin temelini oluşturmaktadır. Aronya meyve ve çekirdeklerinden elde edilen lipit fraksiyonları, insan sağlığı için esansiyel olan biyoaktif bileşenlerce zengin bir matris sunmaktadır. Bu bileşenlerin detaylı dağılımı ve farmasötik açıdan üstlendikleri temel roller Çizelge 1'de özetlenmiştir (Sagandyk vd., 2024; Piras vd., 2024a, 2024b).

Çizelge 1. *Aronia melanocarpa* lipit fraksiyonlarının kimyasal bileşimi ve fonksiyonel rolleri

Bileşen	Yaklaşık Oran (%)	Fonksiyonel/Farmasötik Açıklama
Linoleik asit (ω -6)	%40-60	Esansiyel yağ asidi; hücre zarı yapısı ve bariyer onarımı
α -Linolenik asit (ω -3)	%20-30	Güçlü anti-inflamatuvar ve nöroprotektif etki
Oleik asit	%10-20	Kardiyoprotektif etki ve oksidatif stabilite desteği
Doymuş yağ asitleri	%5-10	Düşük oran; sağlıklı lipit profili avantajı
Fitosteroller	~%2-5	Kolesterol metabolizması düzenleyici (β -sitosterol)
Tokoferoller	Değişken	Doğal antioksidan; lipit peroksidasyonu koruması

Not: Veriler literatürdeki genel ortalamaları yansıtmaktadır; yetiştirme ortamı ve ekstraksiyon yöntemine bağlı olarak değişkenlik gösterebilir.

Aronya lipitlerinin bu zengin fitokimyasal profili, bitkinin sergilediği farmakolojik aktivitelerin temel belirleyicisidir. Bu bağlamda, lipit fraksiyonlarının antioksidan ve anti-inflamatuvar etkileri aşağıda detaylandırılmıştır.

Aronya Lipitlerinin Farmakolojik Etkileri

Lipit fraksiyonları, aronyanın sağlık ve endüstri açısından öne çıkan önemli bileşenleri arasında yer almaktadır. Yapılan çalışmalarda süperkritik CO₂ ekstraksiyonu ile elde edilen aronya sabit yağında yaklaşık %90 oranında doymamış yağ asidi bulunduğu; linoleik ve α -linolenik asit gibi esansiyel çoklu doymamış yağ asitlerinin toplamda 356 mg/g seviyesine ulaştığı bildirilmiştir (Piras vd., 2024b). Bununla birlikte aronya lipitlerinin fitosteroller ve tokoferoller gibi biyoaktif bileşenlerce de zengin olduğu belirtilmektedir. Bu kimyasal bileşim, aronya lipitlerinin biyolojik ve farmakolojik potansiyelinin temelini oluşturmakta ve fonksiyonel gıda, dermokozmetik ile farmasötik alanlarda doğal kaynaklı bir bileşen olarak değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır (Jurendić ve Šćetar, 2021).

Antioksidan Etkiler

Aronia melanocarpa lipit fraksiyonları, içerdiği tokoferoller ve çoklu doymamış yağ asitleri sayesinde oksidatif stresin azaltılmasında önemli rol oynamaktadır. Tokoferoller, lipit peroksidasyonunu inhibe ederek hücre membranlarını oksidatif hasara karşı korurken, doymamış yağ asitleri hücresel redoks dengesinin düzenlenmesine katkı sağlamaktadır. Bununla birlikte, aronya meyvesinde bulunan polifenolik bileşikler—özellikle proantosiyanidinler, antosiyaninler ve fenolik asitler—yüksek düzeyde in vitro antioksidan aktivite sergilemekte; proantosiyanidinlerin toplam antioksidan kapasiteye

belirgin katkı sağladığı ve bazı fraksiyonların monomerik bileşiklere kıyasla daha güçlü serbest radikal giderici ve enzim inhibitör etkiler gösterdiği bildirilmektedir (Oszmiański ve Wojdyło, 2005; Bräunlich vd., 2013; Tolić vd., 2015). Lipitlerin farmakolojik etkinliği literatürde genellikle bu polifenolik matrisle ilişkilendirilse de, asıl koruyucu mekanizma biyoaktif lipitlerin membran bütünlüğünü sağlamasıyla gerçekleşmektedir. Ayrıca, klinik çalışmalarda aronya takviyesinin egzersize bağlı oksidatif stres belirteçlerini azalttığı ve plazma antioksidan kapasitesini artırabildiği de rapor edilmiştir (Pilaczyńska-Szcześniak vd., 2005; Skarpańska-Stejnborn vd., 2014). Bu bulgular, aronya lipitleri ile polifenoller arasında sinerjik bir antioksidan etki mekanizması bulunduğunu göstermektedir.

Antienflamatuvar Etkiler

Aronya lipitlerinin antienflamatuvar potansiyeli, özellikle bünyesinde barındırdığı n-3 ve n-6 çoklu doymamış yağ asitlerinin (PUFA) proinflamatuvar mediyatörler üzerindeki baskılayıcı etkisinden kaynaklanmaktadır. Bu lipit bileşenlerinin, iNOS ve COX-2 enzimlerinin aktivitesini modüle ederek nitrik oksit (NO) ve prostaglandin sentezini azalttığı bildirilmektedir (Ohgami vd., 2005). Ayrıca, lipit fraksiyonunda bulunan fitosteroller, hücrel sinyal yollarını etkileyerek TNF- α gibi sitokinlerin üretimini baskılamakta ve böylece kronik inflamasyon süreçlerinin yönetiminde doğal bir destekleyici ajan rolü üstlenmektedir (Zapolska-Downar vd., 2012).

Kardiyoprotektif ve Metabolik Etkiler

Aronya lipit bileşenleri, özellikle kardiyovasküler sistem üzerinde lipit profilini iyileştirici etkiler sergilemektedir. Bitkisel sterollerin (fitosteroller) bağırsaklarda kolesterol emilimi ile yarışarak total kolesterol ve LDL seviyelerinde anlamlı düşüşler sağladığı klinik verilerle desteklenmektedir (Chamberlin, 2024). Buna ek olarak, aronya yağındaki yüksek doymamış yağ asidi oranı, serum trigliserit düzeylerinin dengelenmesine ve karaciğerdeki lipit metabolizmasına dahil olan gen ekspresyonlarının düzenlenmesine katkı sunar. Bu mekanizmalar, aronya lipitlerinin ateroskleroz ve dislipidemi gibi metabolik hastalıkların önlenmesinde yüksek bir terapötik potansiyele sahip olduğunu kanıtlamaktadır (Christiansen vd., 2023).

Nöroprotektif ve Diğer Potansiyel Etkiler

Aronya meyvesi yalnızca kardiyovasküler ve metabolik sağlık üzerinde değil, aynı zamanda sinir sistemi üzerinde de potansiyel faydalar göstermektedir. Bu kapsamda, aronyanın nörolojik koruyucu etkilerine dair bazı çalışmalar mevcuttur. Örneğin, fare modelinde aronya polisakkaridlerinin (AMP), NF- κ B ve Nrf2/HO-1 gibi sinyal yollarını modüle ederek beyin dokusundaki yaşlanma ve inflamasyon süreçlerini yavaşlattığı tespit edilmiştir (Zhao vd., 2021). Bu bulgular, orman ekosistemlerinden elde edilen doğal lipit ve polisakkarit bileşimlerinin, oksidatif stresin azaltılması ve inflamasyonun baskılanması yoluyla sinir sistemi üzerinde koruyucu etki gösterebileceğine dair önemli ipuçları sunmaktadır. Belirlenen bu farmakolojik etkilerin klinik düzeyde karşılık bulabilmesi, biyoaktif lipitlerin gastrointestinal sistemdeki stabilitesine ve emilim kapasitesine bağlıdır.

Biyoyararlanım ve Teknolojik Yaklaşımlar

Emilim ve Metabolizma Sorunları

Bitkisel lipitlerin biyoyararlanımı, genellikle düşük çözünürlük, bağırsak ortamında sınırlı stabilite ve metabolik yıkıma karşı hassasiyet gibi faktörlerden dolayı kısıtlanmaktadır (McClements, 2020). Piras vd. (2024b) tarafından bildirilen aronya lipit fraksiyonlarının yüksek çoklu doymamış yağ asidi içeriği göz önüne alındığında, bu bileşenlerin de benzer şekilde

gastrointestinal sistemde sınırlı emilim gösterebileceği ve oksidatif bozulmaya karşı duyarlı hale gelebileceği öngörülmektedir.

Bu bağlamda, lipitlerin biyoyararlanımı yalnızca kimyasal bileşenlerin yapısıyla değil, aynı zamanda taşıma mekanizmaları (örneğin micel oluşumu, taşıyıcı proteinlerle etkileşim) ve bağırsak mikrobiyotasının metabolik rolü ile de şekillenmektedir (Ganesan ve Brothersen, 2021).

Biyoyararlanımı Artırmaya Yönelik Teknolojik Yaklaşımlar

Aronya lipitlerinin farmasötik ve fonksiyonel gıda uygulamalarında etkinliğini artırmak amacıyla çeşitli teknoloji tabanlı stratejiler geliştirilmiştir. Bunların başında mikroenkapsülasyon gelmektedir. Enkapsülasyon, lipitlerin oksidatif stabilitesini artırmakta ve gastrointestinal geçiş sırasında kontrollü salınım sağlamaktadır (Augustin ve Sanguansri, 2015). Benzer şekilde, nanoemülsiyonlar ve lipit bazlı taşıyıcı sistemler (örn. liposomlar, niosomlar), aronya lipitlerinin biyoyararlanımını artırmada umut vadeden teknolojiler arasında yer almaktadır (McClements, 2020). Bu sistemler, yağ asitlerinin biyoyararlanımını iyileştirmekle kalmaz, aynı zamanda farmasötik formülasyonlarda hedeflenmiş dağılım imkânı da sunar (Ganesan ve Brothersen, 2021).

Son yıllarda yapılan çalışmalar, aronya lipitlerinin polifenollerle birlikte kombine edilmesinin de biyoyararlanımı artırabileceğini, çünkü fenolik bileşiklerin lipit oksidasyonunu yavaşlatarak bağırsakta daha stabil bir ortam sağladığını ortaya koymuştur (Jurendić ve Šćetar, 2021).

Uygulama Alanları

Fonksiyonel Gıdalar

Aronya lipitleri, yüksek düzeyde çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA), tokoferoller ve fitosteroller içermesi nedeniyle fonksiyonel gıda formülasyonlarında değerli bir bileşen olarak değerlendirilmektedir. Özellikle linoleik ve α -linolenik asitlerin, kardiyovasküler sağlık ve lipit metabolizması üzerinde olumlu etkiler gösterdiği bildirilmektedir (Piras vd., 2024b). Aronya katkılı yoğurtlarda antioksidan aktivitenin zenginleştirme düzeyine bağlı olarak arttığı; DPPH ve benzeri radikal giderme testlerde anlamlı iyileşmeler rapor edilmiştir (Nguyen vd., 2016; Pădureț vd., 2024).

Farmasötik Ürünler

Aronia melanocarpa lipitleri, farmasötik uygulamalarda antienflamatuvar, kardiyoprotektif ve metabolik düzenleyici etkilerinden dolayı potansiyel aktif bileşenler arasında değerlendirilmektedir. Deneysel çalışmalarda, Aronya lipit fraksiyonlarının, yüksek yağlı diyetle beslenen farelerde serum trigliserid ve LDL kolesterol düzeylerini modüle ettiği ve karaciğerdeki lipit metabolizmasıyla ilişkili gen ekspresyonlarını düzenlediği rapor edilmiştir (Park vd., 2017; Mikami vd., 2020). Klinik bulgular da bu sonuçları desteklemekte; örneğin Xie vd. (2017), aronya tüketiminin insanlarda açlık total kolesterol ve LDL düzeylerinde anlamlı azalmalar sağladığını bildirmiştir. Ayrıca, aronya bazlı fonksiyonel içeceklerin HDL kolesterol düzeylerini artırdığı ve kardiyometabolik parametreleri iyileştirdiği de gösterilmiştir (Daskalova vd., 2021). Bu veriler, aronya lipit fraksiyonlarının biyoyararlanımı artırıcı formülasyonlarla birlikte hiperlipitemi, ateroskleroz ve diyabet tedavisinde destekleyici potansiyel taşıdığını ortaya koymaktadır.

Dermokozmetik Uygulamalar

Aronia melanocarpa'dan elde edilen lipit ve ekstrakt bileşenlerinin cilt bariyerini güçlendirme, nem tutma kapasitesini artırma ve oksidatif strese karşı koruma potansiyeli, dermokozmetik uygulamalarda doğal antioksidan ve nemlendirici ajanlar olarak değerlendirilmelerini mümkün kılmaktadır. Örneğin, aronya ekstraktının dermal fibroblastlarda kolajen sentezini uyarak cilt dokusunun yenilenmesini desteklediği bulunmuştur (Lee vd., 2022). Benzer şekilde, klorojenik asit ve rutin açısından zengin aronya ekstraktının topikal uygulanması, UVB'ye maruz bırakılmış farelerde kolajen yıkımını azaltmış ve inflamatuvar yanıtı baskılamıştır (Her vd., 2020). Ayrıca, fermente aronya ekstraktlarının melanojenizi düşürücü etkiler gösterdiği (Shin vd., 2023) ve aronya meyve tozu içeren yüz maskesi formülasyonlarının nemlendirme özelliklerini artırdığı rapor edilmiştir (Klimaszewska vd., 2024). Ek olarak, liposomal aronya formülasyonları hyaluronik asit sentezini destekleyerek nem tutma kapasitesini yükseltebilmektedir (Work vd., 2020). Bu veriler, tokoferol ve fitosterol gibi lipit bileşenlerle birlikte, aronya bazlı dermokozmetik ürünlerin yaşlanma karşıtı ve bariyer güçlendirici özelliklerini destekleyen bilimsel kanıtlar sunmaktadır.

Ormancılık Perspektifi ve Sürdürülebilirlik

Ormancılık ve Sürdürülebilir Üretim Perspektifi

Orman mühendisliği bakış açısıyla değerlendirildiğinde, aronya lipitleri yalnızca sağlık sektöründe değil, aynı zamanda orman ürünlerinden elde edilen yüksek katma değerli biyokimyasalların sürdürülebilir yönetimi açısından da kritik öneme sahiptir. Aronyanın düşük girdi gereksinimi, yüksek adaptasyon kapasitesi ve ekosistem çeşitliliğini destekleyici rolü, sürdürülebilir ormancılık politikalarıyla uyum göstermektedir (Kulling ve Rawel, 2008). Bu nedenle, aronya üretiminin hem ekolojik hem de ekonomik boyutlarının birlikte ele alınması, "yeşil ekonomi" ve "döngüsel biyoekonomi" stratejileriyle bütünleştirilmesi önem arz etmektedir (Jurendić ve Ščetar, 2021).

Hammadde Tedarik Zinciri ve İzlenebilirlik

Aronia melanocarpa, düşük bakım gereksinimi, hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılığı ve farklı iklim koşullarına adaptasyon kapasitesi ile sürdürülebilir üretim sistemleri için önemli bir aday türdür (Jeppsson, 2000). Bu ekolojik ve tarımsal avantajlar yalnızca üretim süreçlerini kolaylaştırmakla kalmamakta, aynı zamanda orman ekosistemlerinin çeşitliliğini desteklemektedir. Ayrıca aronyanın içerdiği yüksek biyolojik değere sahip polifenoller, lipitler ve diğer biyoaktif bileşenler, katma değerli gıda, sağlık ve kozmetik ürünlerinin geliştirilmesi için güvenilir bir hammadde kaynağı oluşturmaktadır (Kokotkiewicz vd., 2010).

Sürdürülebilir Üretim ve İşleme

Aronyanın üretim ve işleme süreçlerinde kullanılan yeşil ekstraksiyon teknikleri (örneğin süperkritik CO₂ ekstraksiyonu, basınçlı sıvı ekstraksiyonu) enerji tasarrufu ve düşük çevresel etki sağlamaktadır (Piras vd., 2024b). Bu yöntemler hem biyoaktif bileşiklerin korunmasını hem de atık miktarının azaltılmasını mümkün kılmaktadır. Dolayısıyla aronya üretiminin sürdürülebilir yöntemlerle gerçekleştirilmesi, ormancılık kökenli biyokütlenin döngüsel ekonomi yaklaşımı ile değerlendirilmesine katkı sağlar (González-Centeno vd., 2022). Aronya üretiminde kullanılan yeşil ekstraksiyon teknikleri, sadece biyoaktif bileşiklerin korunmasını sağlamakla kalmaz, aynı zamanda düşük çevresel etki ile yüksek saflıkta lipit fraksiyonları elde edilmesine olanak tanır. Ormancılık perspektifiyle aronya, düşük girdi gereksinimiyle sürdürülebilir bir biyo-yag (bio-oil) kaynağı olarak değerlendirilmelidir. Özellikle meyve işleme sanayiinin bir yan ürünü olan çekirdeklerin

lipit ekstraksiyonu için ham madde olarak kullanılması, 'sıfır atık' prensibi ve dögüsel biyoekonomi stratejileriyle tam uyum göstermektedir.

Biyoeçitlilik, Karbon Dengesi ve Yeşil Ekonomi

Aronia melanocarpa yetiştiriciliği, farklı orman ekosistemlerine entegre edilerek biyolojik çeşitliliğin artırılması ve karbon sekestrasyonunun desteklenmesi açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Çok yıllık bir çalı türü olması sayesinde toprakta organik madde birikimini teşvik ederek karbon depolama kapasitesini güçlendirir ve aynı zamanda erozyon kontrolüne katkıda bulunur (Kokotkiewicz vd., 2010). Bu özellikleri nedeniyle, aronyanın ormancılık faaliyetlerine entegre edilmesi; iklim değişikliğiyle mücadele, yeşil ekonomi uygulamaları ve sürdürülebilir arazi kullanımı stratejilerinde dikkate değer bir araç olarak değerlendirilmektedir (Denev vd., 2019).

Gelecek Araştırma Alanları ve Öneriler

Lipit Biyokimyası Üzerine Derinlemesine Çalışmalar

Mevcut literatür, *Aronia melanocarpa*'nın polifenolik bileşenleri hakkında oldukça kapsamlıdır; buna karşın lipit fraksiyonları üzerine yürütülen araştırmalar görece sınırlı kalmaktadır. Özellikle yağ asidi profilleri, tokoferol düzeyleri ve fitosterol kompozisyonuna ilişkin biyokimyasal analizlerin ayrıntılandırılması gerektiği vurgulanmaktadır (Eccleston vd., 2002; Sidor ve Gramza-Michałowska, 2019).

Klinik Araştırmalar ve İnsan Üzerinde Etkiler

Aronya lipitlerinin antioksidan, kardiyoprotektif ve metabolik etkilerini ortaya koyan çok sayıda hayvan deneyi ve in vitro çalışma bulunmasına rağmen, bu bulguların insanlarda doğrulanmasına yönelik klinik araştırmalar oldukça sınırlıdır. Örneğin, yüksek yağlı diyetle beslenen farelerde aronya ekstraktlarının serum lipit profilini iyileştirdiği rapor edilmiştir (Park vd., 2017). Ayrıca bazı in vitro çalışmalar tokoferol ve fitosterol fraksiyonlarının antioksidan kapasiteye önemli katkı sağladığını göstermektedir (Sidor ve Gramza-Michałowska, 2019). Ancak, mevcut klinik çalışmalar genellikle küçük örneklem gruplarıyla yürütülmüş olup sonuçlar genellenebilir nitelikte değildir (Xie vd., 2017). Bu nedenle, aronya lipitlerinin terapötik etkilerini doğrulamak için daha geniş ölçekli, randomize kontrollü klinik araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Biyoyararlanım ve Formülasyon Geliştirme

Aronya lipitlerinin biyoyararlanımı, oksidatif bozulmaya duyarlılık ve sınırlı emilim gibi faktörlerden ötürü kısıtlıdır (McClements, 2020). Bu nedenle, nanoenkapsülasyon, emülsiyon sistemleri ve lipit bazlı taşıyıcılar gibi ileri teknolojilerin kullanıldığı yeni formülasyon yaklaşımlarına ihtiyaç vardır (Augustin ve Sanguansri, 2015).

Ormancılık ve Sürdürülebilir Üretim

Aronyanın orman ekosistemlerine entegrasyonu, yalnızca sağlık sektörüne katkı sağlamakla kalmayıp aynı zamanda biyoeçitlilik, karbon sekestrasyonu ve erozyon kontrolü gibi ekosistem hizmetlerini de desteklemektedir (Kulling ve Rawel, 2008). Gelecek araştırmalarda, aronya yetiştiriciliğinin orman mühendisliği uygulamalarıyla birlikte değerlendirilmesi ve bu türlerin sürdürülebilir üretim sistemlerine nasıl entegre edilebileceğinin incelenmesi önem taşımaktadır (González-Centeno vd., 2022)

Döngüsel Biyoekonomi ve Yeşil Teknolojiler

Aronya üretiminde kullanılan ekstraksiyon ve işleme yöntemlerinin, yeşil kimya ilkeleri ve döngüsel biyoekonomi stratejileri ile uyumlu hale getirilmesi, gelecekte araştırılması gereken önemli bir alandır. Özellikle yan ürünlerin (çekirdek, kabuk, posa) değerlendirilmesine yönelik çalışmalar, atık yönetimini iyileştirerek ekonomik değer zincirini güçlendirebilir (Piras vd., 2024b).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Aronia melanocarpa, yalnızca yüksek polifenol içeriğiyle değil, aynı zamanda sahip olduğu lipit fraksiyonları (çoklu doymamış yağ asitleri, tokoferoller, fitosteroller) ile de dikkat çeken değerli bir türdür. Bu bileşenlerin antioksidan, antienflamatuvar, kardiyoprotektif, metabolik düzenleyici ve nöroprotektif etkiler sunduğu çeşitli bilimsel çalışmalarla gösterilmiştir (Kulling ve Rawel, 2008; Kokotkiewicz vd., 2010, Daskalova vd., 2015). Ancak mevcut literatür polifenollere kıyasla lipit fraksiyonları üzerine daha sınırlı veri sunmaktadır (Chrubasik vd., 2010).

Biyoyararlanım açısından aronya lipitlerinin oksidatif bozulmaya duyarlılığı ve düşük emilim kapasitesi önemli sınırlılıklar oluşturmaktadır. Bu nedenle, nanoenkapsülasyon, emülsiyon sistemleri ve lipit bazlı taşıyıcı teknolojiler gibi yenilikçi yaklaşımlar, bu bileşiklerin sağlık ve endüstri uygulamalarında daha etkin kullanılabilmesi için kritik öneme sahiptir (Mozafari 2019; Gulati vd., 2022).

Ormancılık ve sürdürülebilirlik perspektifinden bakıldığında, aronyanın düşük girdi gereksinimi, ekosistem çeşitliliğini desteklemesi, erozyon kontrolü ve karbon sekestrasyonu gibi ekolojik avantajları, onu yalnızca bir tıbbi-aromatik bitki değil, aynı zamanda ormancılık uygulamaları açısından stratejik bir tür haline getirmektedir (Tönutare vd., 2009; Zheng vd., 2021). Bu özellikler, aronyanın ormancılık faaliyetlerine entegre edilerek hem ekosistem hizmetlerini destekleme hem de katma değerli ürün geliştirme açısından çift yönlü katkı sağlayabileceğini göstermektedir.

Sonuç olarak, aronya lipitlerinin çok yönlü faydaları; sağlık, gıda teknolojisi, farmasötik ve dermokozmetik sektörlerinin yanı sıra sürdürülebilir orman ürünleri geliştirme politikaları için önemli fırsatlar sunmaktadır. Gelecekte yapılacak çalışmaların, biyoaktif lipitlerin klinik doğrulaması, biyoyararlanımı artırıcı formülasyon teknolojileri ve ekosistem temelli üretim modelleri üzerine yoğunlaşması büyük önem taşımaktadır.

BİLGİLENDİRME

Bu çalışmanın ilk hali, 8–12 Eylül 2025 tarihleri arasında Rusya'nın Karelya bölgesinde düzenlenen LİPİTS2025 Konferansı'nda "özet bildiri" olarak sunulmuştur.

KAYNAKLAR

- Augustin, M.A., & Sanguansri, L. (2015). Encapsulation of bioactive compounds in food ingredients and nutraceuticals. *Curr Opin Food Sci*, 1, 56–61. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2014.12.001>
- Bräunlich, M., Sliemstad, R., Wangensteen, H., Brede, C., Malterud, K.E., & Barsett, H. (2013). Extracts, anthocyanins and procyanidins from *Aronia melanocarpa* as radical scavengers and enzyme inhibitors. *Nutrients*, 5, 663–678. <https://doi.org/10.3390/nu5030663>
- Chamberlin, M.L. (2024). Polyphenol-rich *Aronia melanocarpa* fruit beneficially affects biomarkers of lipid and glucose metabolism: a 30-day clinical trial. *Foods*, 13, 2768. <https://doi.org/10.3390/foods13172768>
- Christiansen, C.B., Gadegaard, A.B., Bønløkke, L., Dragsted, L.O., & Poulsen, H.E. (2023). The impact of an 8-week supplementation with fermented *Aronia* extract on cardiovascular risk factors. *Nutrients*, 15, 5094. <https://doi.org/10.3390/nu15245094>
- Chrubasik, C., Li, G., & Chrubasik, S. (2010). The clinical effectiveness of chokeberry: a systematic review. *Phytother Res*, 24, 1107–1114. <https://doi.org/10.1002/ptr.3122>

- Daskalova, E., Delchev, S., Vladimirova-Kitova, L., Kratchanova, M., Kratchanov, C., & Denev, P. (2015). Antiatherogenic and cardioprotective effects of *Aronia melanocarpa* juice in rats fed a high-cholesterol diet. *Plant Foods Hum Nutr*, 70, 429–436. <https://doi.org/10.1007/s11130-015-0513-9>
- Daskalova, E., Delchev, S., Vladimirova-Kitova, L., Kratchanova, M., Kratchanov, C., & Denev, P. (2021). Black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) functional drinks improve lipid metabolism in animal model of metabolic syndrome. *Foods*, 10, 1641. <https://doi.org/10.3390/foods10071641>
- Denev, P., Kratchanov, C., Ciz, M., Lojek, A., & Kratchanova, M. (2019). Biological activities of berries: a focus on *Aronia melanocarpa* (chokeberry). *Food Funct*, 10, 3567–3589. <https://doi.org/10.1039/C9FO00646A>
- Diaconescu Dinu, M.N., Chivu, M., Enescu, I., & Cosmulescu, S. (2021). Preliminary study regarding the growth and yielding processes of two *Aronia melanocarpa* cultivars in the pedoclimate conditions of Mărăcineni–Argeş area. *Curr Trends Nat Sci*, 10, 66–71. <https://doi.org/10.47068/ctns.2021.v10i19.008>
- Dinu, M.D., Mazilu, I.E., & Cosmulescu, S. (2022). Influence of climatic factors on the phenology of chokeberry cultivars planted in the pedoclimatic conditions of southern Romania. *Sustainability*, 14, 4991. <https://doi.org/10.3390/su14094991>
- Eccleston, C., Baoru, Y., Tahvonen, R., Kallio, H., Rimbach, G., & Minihane, A.M. (2002). Effects of an antioxidant-rich juice (sea buckthorn) on risk factors for coronary heart disease in humans. *J Nutr Biochem*, 13, 346–354. [https://doi.org/10.1016/S0955-2863\(02\)00180-1](https://doi.org/10.1016/S0955-2863(02)00180-1)
- Ganesan, B., & Brothersen, C. (2021). Bioavailability of lipids and lipid-based bioactive compounds: role of delivery systems. *Annu Rev Food Sci Technol*, 12, 23–44. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-061920-104854>
- González-Centeno, M.R., Comas-Serra, F., Femenia, A., Rosselló, C., & Simal, S. (2022). Green extraction approaches for bioactive compounds from natural sources. *Trends Food Sci Technol*, 119, 378–392. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.11.016>
- Gulati, O.P., Berry Ottaway, P., & Calame, W. (2022). Novel encapsulation technologies for improving bioavailability of lipophilic bioactives in functional foods. *Food Hydrocoll*, 124, 107297. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107297>
- Her, Y., Shin, H., Lee, Y., Song, K., & Park, J. (2020). Topical application of *Aronia melanocarpa* extract rich in chlorogenic acid and rutin reduces UVB-induced skin damage. *Molecules*, 25, 4577. <https://doi.org/10.3390/molecules25194577>
- Jeppsson, N. (2000). The effects of fertilizer rate on vegetative growth, yield and fruit quality in black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) and black currant (*Ribes nigrum*). *Sci Hortic*, 83, 127–137. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(99\)00071-6](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(99)00071-6)
- Jurendić, T., & Ščetar, M. (2021). *Aronia melanocarpa* products and by-products for health and nutrition: a review. *Antioxidants*, 10, 1055. <https://doi.org/10.3390/antiox10071055>
- Klimaszewska, A., Nowak, R., & Pecio, Ł. (2024). Application of *Aronia melanocarpa* fruit powder obtained by an innovative low-temperature drying method for facial care masks. *Appl Sci*, 14, 5432. <https://doi.org/10.3390/app14125432>
- Kokotkiewicz, A., Jaremicz, Z., & Luczkiewicz, M. (2010). *Aronia* plants: a review of traditional use, biological activities, and perspectives for modern medicine. *J Med Food*, 13, 255–269. <https://doi.org/10.1089/jmf.2009.0062>
- Kulling, S.E., & Rawel, H.M. (2008). Chokeberry (*Aronia melanocarpa*)—a review on the characteristic components and potential health effects. *Planta Med*, 74, 1625–1634. <https://doi.org/10.1055/s-0028-1088306>
- Lee, H., Kim, E., & Choi, J. (2022). Effect of *Aronia melanocarpa* extract on collagen synthesis in human skin cells and dermal equivalent. *Int J Mol Sci*, 23, 8550. <https://doi.org/10.3390/ijms23158550>
- McClements, D.J. (2020). Advances in the design of nanoemulsions for improving the bioavailability of lipophilic bioactive components in functional foods. *Food Hydrocoll*, 100, 105413. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105413>
- Mikami, D., Kurihara, Y., Hashimoto, M., Matsumoto, H., & Nakamura, K. (2020). Effects of black chokeberry juice residue and its ethanol extract on lipid metabolism in mice fed a high-fat diet. *Int J Funct Nutr*, 1, 10. <https://doi.org/10.3892/ijfn.2020.10>
- Mozafari, M.R. (2019). Nanoliposomes: preparation and analysis. In: *Methods in Molecular Biology*. Humana Press, pp. 39–50. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-9512-7_4
- Nguyen, L., Hwang, E.S., & Jeong, C.H. (2016). Quality characteristics and antioxidant activity of yogurt supplemented with *Aronia* juice. *Korean J Food Sci Anim Resour*, 36, 418–426. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2016.36.3.418>
- Ohgami, K., Ilieva, I., Shiratori, K., Koyama, Y., Jin, X.H., Yoshida, K., Kase, S., Kitaichi, N., Suzuki, Y., Tanaka, T., & Ohno, S. (2005). Anti-inflammatory effects of *Aronia* extract on rat endotoxin-induced uveitis. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 46, 275–281. <https://doi.org/10.1167/iovs.04-0136>
- Oktan, E., Özkan, Ö., & Atar, N. (2025) *Aronia (Aronia melanocarpa)* lipitlerinin farmasötik uygulamaları: biyoyararlanım ve sürdürülebilirlik açısından bir inceleme. In: *LİPİTS2025 Bildirileri*, Karelya, Rusya.
- Oszmiański, J., & Wojdyło, A. (2005). *Aronia melanocarpa* phenolics and their antioxidant activity. *Eur Food Res Technol*, 221, 809–813. <https://doi.org/10.1007/s00217-005-0002-5>
- Pădureț, S., Tofana, M., David, A., Mureșan, C.I., Chiș, M.S., Călugăr, A., & Mureșan, A.E. (2024). Physicochemical, textural, and antioxidant attributes of yogurts supplemented with black chokeberry fruit, juice, and pomace. *Foods*, 13, 3231. <https://doi.org/10.3390/foods13203231>
- Park, C.H., Jung, S.J., Kim, M.Y., Kim, S.H., & Jeong, H.O. (2017). *Aronia melanocarpa* extract attenuates hepatic lipid accumulation in high-fat diet-fed mice. *PLoS One*, 12:e0169685. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169685>
- Pilaczyńska-Szcześniak, Ł., Skarpańska-Steinborn, A., Deskur, E., Basta, P., & Horoszkiewicz-Hassan, M. (2005). The influence of chokeberry juice supplementation on oxidative stress. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 15, 48–58. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.15.1.48>
- Piras, A., Porcedda, S., Smeriglio, A., Trombetta, D., Nieddu, M., Piras, F., Sogos, V., & Rosa, A. (2024a). Chemical composition and biological properties of extracts from *Aronia melanocarpa* berries. *Molecules*, 29, 2577. <https://doi.org/10.3390/molecules29112577>
- Piras, A., Rosa, A., Atzeri, A., Falconieri, D., & Porcedda, S. (2024b). Supercritical CO₂ extraction of fixed oils from *Aronia melanocarpa*. *J Food Compos Anal*, 125, 105678. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.105678>
- Ren, J., He, Y., & Chen, H. (2022). Pharmacological effects of *Aronia melanocarpa* polyphenols: a systematic review. *Front Nutr*, 9, 857394. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.857394>

- Sagandyk, B., Yessimbekov, Z., & Shim, Y. (2024). Fatty acid composition and bioactive lipids of *Aronia melanocarpa* oil. *Foods*, 13, 356. <https://doi.org/10.3390/foods13030356>
- Shin, E., Park, S., & Kim, J. (2023). Fermented *Aronia melanocarpa* inhibits melanogenesis. *Antioxidants*, 12, 655. <https://doi.org/10.3390/antiox12030655>
- Sidor, A., & Gramza-Michałowska, A. (2019). Black chokeberry as a functional food. *J Funct Foods*, 54, 370–381. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.01.009>
- Skarpańska-Stejnborn, A., Basta, P., Sadowska, J., & Pilaczyńska-Szcześniak, Ł. (2014). Effect of chokeberry juice supplementation on inflammatory status. *J Int Soc Sports Nutr*, 11, 48. <https://doi.org/10.1186/s12970-014-0048-5>
- Tolić, M.T., Jurčević, I.L., Krbavčić, I.P., Marković, K., & Vahčić, N. (2015). Phenolic content and antioxidant capacity of chokeberry products. *Food Technol Biotechnol*, 53, 171–179. <https://doi.org/10.17113/ftb.53.02.15.3833>
- Tõnutare, T., Moor, U., Szajdak, L., & Edesi, L. (2009). Soil organic matter content in cultivated *Aronia* plantations. *Agron Res*, 7, 807–815.
- Work, S., Lee, D., & Cho, H. (2020). Enhancing hyaluronic acid synthesis via liposomal formulation. *J Plant Biotechnol*, 47, 133–142. <https://doi.org/10.5010/JPB.2020.47.2.133>
- Xie, L., Lee, S.G., & Chun, O.K. (2017). Impact of *Aronia melanocarpa* consumption on lipid profiles. *J Funct Foods*, 31, 68–75. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.01.024>
- Xu, J., Li, F., Zheng, M., Sheng, L., Shi, D., & Song, K. (2024). A comprehensive review of the functional potential and sustainable applications of *Aronia melanocarpa* in the food industry. *Plants*, 13(24), 3557. <https://doi.org/10.3390/plants13243557>
- URL-1. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11679783/>
Erişim Tarihi: 03.03.2026.
- Zapolska-Downar, D., Bryk, D., Małecki, M., Hajdukiewicz, K., & Sitkiewicz, D. (2012). *Aronia melanocarpa* fruit extract exhibits anti-inflammatory activity. *Eur J Nutr*, 51, 563–571. <https://doi.org/10.1007/s00394-011-0260-4>
- Zhao, Y., Liu, W., Zheng, Y., Ding, C., Wang, S., Wang, Y., Han, T., & He, J. (2021). *Aronia melanocarpa* polysaccharide ameliorates inflammation and aging. *Sci Rep*, 11, 20558. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00071-6>
- Zheng, W., Wang, S.Y., & Wang, C.Y. (2021). The role of berry crops in carbon sequestration. *HortScience*, 56, 543–552. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI15735-21>