



ECZACILIKTA ANALİTİK KİMYA ALANINDA BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR

Editör: Prof.Dr. Ümit Muhammet KOÇYİĞİT

yaz
yayınları

Eczacılıkta Analitik Kimya Alanında Bilimsel Araştırmalar

Editör

Prof.Dr. Ümit Muhammet KOÇYİĞİT

yaz
yayınları

2026

**Eczacılıkta Analitik Kimya Alanında
Bilimsel Araştırmalar**

Editör: Prof.Dr. Ümit Muhammet KOÇYİĞİT

© YAZ Yayınları

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

E_ISBN 978-625-8574-83-8

Mart 2026 – Afyonkarahisar

Dizgi/Mizanpaj: YAZ Yayınları

Kapak Tasarım: YAZ Yayınları

YAZ Yayınları. Yayıncı Sertifika No: 73086

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

www.yazyayinlari.com

yazyayinlari@gmail.com

İÇİNDEKİLER

Hünnap Meyvesinin Kimyasal Bileşimi	1
<i>Zafer Ömer ÖZDEMİR</i>	
Hünnap ve Ürünlerinde Kalite Kontrol ve Analitik Yöntemler.....	22
<i>Zafer Ömer ÖZDEMİR</i>	

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

HÜNNAP MEYVESİNİN KİMYASAL BİLEŞİMİ

Zafer Ömer ÖZDEMİR¹

1. GİRİŞ

Hünnap (*Ziziphus jujuba* Mill.), Rhamnaceae familyasına ait, 5-10 m yüksekliğe ulaşabilen, ağaç ya da çalı formunda ve ekstrem çevre koşullarına dayanıklı bir bitki türüdür. Anavatanı Çin'in Yunnan eyaleti olan bu bitki, yaklaşık 7000 yıldır hem gıda hem de tıbbi amaçlarla kültüre alınmaktadır (Chen, Hou, Zhang, Pang, & Li, 2017). Coğrafi olarak Güneydoğu Asya, Çin, Hindistan, Güney Avrupa, Ortadoğu ve Kuzey Afrika'da doğal yayılım göstermektedir. Türkiye'de ise Marmara, Batı ve Güney Anadolu bölgelerinde tarımı yapılan hünnap; özellikle Denizli, Amasya, Antalya, Çanakkale, Kayseri ve Bursa illerinde yoğun şekilde üretilmektedir (Kaplan & Okcu, 2020; Kemeç Hürkan, 2019).

Çin'de "hayatın meyvesi" olarak nitelendirilen bu meyve, geleneksel tıpta uykusuzluk, öksürük, sindirim bozuklukları, karaciğer hastalıkları ve kronik bronşit gibi rahatsızlıkların tedavisinde tercih edilmektedir (Li, Fan, Ding, & Ding, 2007). İbn-i Sina'nın tarihsel reçetelerinde de öksürük kesici, laksatif ve tansiyon düşürücü özellikleri ile yer almaktadır (Hamed, Arian, & Farzaei, 2015). Günümüzde üretim hacmi dünya genelinde artış gösteren hünnap meyvesinin, 2019 yılı Türkiye verilerine göre 15 farklı ilde toplam 960 tonluk bir üretim kapasitesine ulaştığı bildirilmiştir (Kaplan & Okcu, 2020).

¹ Doç. Dr., Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Hamidiye Eczacılık Fakültesi, ORCID: 0000-0002-8362-3136.

Hünnap meyvesi, zengin fitokimyasal kompozisyonu sayesinde besin değeri ve farmakolojik açılardan stratejik bir öneme sahiptir. Literatürde yer alan çalışmaları; bitkinin meyve, yaprak, tohum ve kabuk kısımlarının fenolik bileşikler, flavonoidler, triterpenik asitler, saponinler, alkaloidler, vitaminler, mineraller, yağ asitleri, karbonhidratlar ve proteinler açısından zengin bir kaynak olduğunu kanıtlamıştır (Gao, Wu, & Wang, 2013; Kemeç Hürkan, 2019). Hünnap (*Ziziphus jujuba* Mill. ve *Ziziphus spina-christi*), zengin C vitamini, amino asit ve fenolik bileşik içeriğı sayesinde yüksek besinsel değere sahip olup; güçlü antioksidan ve antifungal aktiviteler sergilemektedir. Sahip olduğu bu biyoaktif özellikler nedeniyle gıda ve ilaç sanayisinde kullanım potansiyeli yüksektir. Dünyadaki ölüm nedenleri arasında önemli bir yer tutan mikrobiyal enfeksiyonların riskini azaltmada, bu tür fonksiyonel gıdaların diyetle dahil edilmesi stratejik bir öneme sahiptir (Khadiji, Goodarzi, & Naeemyan, 2024).

Bu bölümde, hünnap meyvesinin kimyasal bileşimi güncel literatür ışığında kapsamlı bir şekilde ele alınmaktadır. Fenolik bileşikler, flavonoidler, triterpenik asitler, saponinler, alkaloidler, vitaminler, mineraller, şekerler ve yağ asitleri gibi temel bileşen grupları ayrıntılı olarak incelenmiştir.

2. FENOLİK BİLEŞİKLER

Fenolikler, hidroksil grupları taşıyan aromatik halka yapısına sahip bileşiklerdir. Bu bileşenler, bitkisel kaynaklarda en yaygın bulunan sekonder metabolitler arasında yer almaktadır. Hünnap meyvesinde fenolik bileşik miktarının 275.6-541.8 mg/100 g aralığında olduğu bildirilmiştir (Koley, Walia, Nath, Awasthi, & Kaur, 2011). Bu zengin fenolik içerik, hünnap meyvesinin güçlü antioksidan özelliğıne sahip olmasını sağlamaktadır. Fenolik bileşikler; serbest radikallere bağlanarak,

metal iyonlarını şelatlayarak ve lipoksijenaz enzimini inhibe ederek antioksidan etki göstermektedir (Ben Mahmoud et al., 2022).

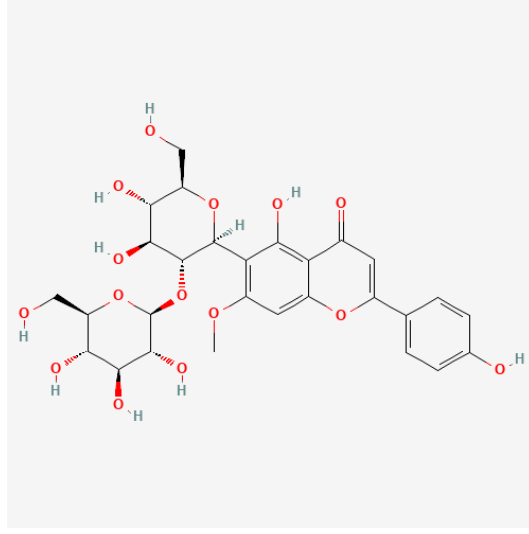
2.1. Fenolik Asitler

Hünnap meyvesinde tanımlanan başlıca fenolik asitler arasında kafeik asit, klorojenik asit, gallik asit, protokateşuik asit, ferulik asit, *p*-kumarik asit, *p*-hidroksibenzoik asit, vanilik asit, ellagik asit ve sinamik asit yer almaktadır (San & Yildirim, 2010; B. N. Wang, Liu, Zheng, Fan, & Cao, 2011). Bu fenolik asitler, serbest radikallerin aktivitelerini azaltarak oksidatif strese karşı koruyucu etki göstermektedir (Kamiloğlu, Ercisli, Şengül, Toplu, & Serçe, 2009).

Çanakkale yöresinden toplanan hünnap meyvelerinin sulu ekstresindeki toplam fenolik bileşik miktarı, 1 mg ekstre başına 15.21 ± 1.05 µg pirokateşol eşdeğeri olarak belirlenmiştir (Yaşa, 2019). Ayrıca hünnap yaprak dokularında da kafeik asit, ferulik asit, *p*-kumarik asit, *p*-hidroksibenzoik asit, siringik asit ve klorojenik asit tespit edilmiştir (San & Yildirim, 2010). Protokateşuik asit, hünnap tohumunun (Semen Ziziphi Spinosa) sulu dekoksilyonunda tanımlanmış; bu bileşiğin antimikrobiyal ve antiinflamatuvar aktivitelere sahip olduğu bildirilmiştir (D. Wang et al., 2019).

2.2. Flavonoidler

Flavonoidler, hünnap bitkisinde en çok çalışılan bileşik gruplarından birini oluşturmaktadır. Hünnap meyvesinde prosiyanidin B2, epikateşin, kuersetin-3-O-rutinosid, kuersetin-3-O-galaktoz, kaempferol-glikozil-ramnoz, kateşin, rutin gibi flavonoidler tanımlanmıştır (Cheng et al., 2000; Choi, Ahn, Kozukue, Levin, & Friedman, 2011). Bu bileşikler, süperoksit anyonu, singlet oksijen ve lipid peroksi radikallerini temizleme yetenekleri sayesinde güçlü antioksidan aktiviteye sahiptir (Birt, Hendrich, & Wang, 2001).



Spinosin'in kimyasal yapısı (PubChem (pubchem.ncbi.nlm.nih.gov) veritabanından alınmıştır)

Hünnap tohumunda bulunan spinosin, swertisin, viteksin, isoviteksin, saponarin ve puerarin gibi C-glikozit flavonoidler, bitkinin sedatif ve hipnotik etkisinden sorumlu başlıca bileşiklerdir. Hünnap tohumundan sekiz flavonoid bileşik izole edilmiş ve bu bileşiklerin yapıları aydınlatılmıştır (Cheng et al., 2000). Spinosin (5,4'-dihidroksi-7-metoksiflavon-6-C- β -D-glukopiranozil(1 $\rightarrow$ 2)- β -D-glukopiranozid) ve swertisin, pentobarbital ile indüklenen uyku süresini %29-31 oranında uzatarak önemli sedatif aktivite göstermiştir. Ayrıca 6'''-feruloilspinosin ve 6'''-feruloilizospinosin gibi açile flavonoidler de tanımlanmıştır (Cheng et al., 2000).

Hünnap meyvesinin sulu ekstresindeki toplam flavonoid miktarı, 1 mg ekstre başına 2.05 ± 0.45 μ g kateşin eşdeğeri olarak tespit edilmiştir (Yaşa, 2019). Flavonoidler, konjuge halka yapıları ve hidroksil grupları sayesinde *in vitro* ve *in vivo* sistemlerde güçlü antioksidan potansiyele sahiptir. Flavonoidlerin bilişsel fonksiyonlar üzerindeki olumlu etkileri, hazırlanan kapsamlı bir derlemede vurgulanmıştır (Bakoyiannis,

Daskalopoulou, Pergialiotis, & Perrea, 2019). Bu bileşiklerin; öğrenme ve hafıza geliştirme, nöronal proliferasyon ve hayatta kalma ile oksidatif stresin azaltılması gibi mekanizmalar üzerinden nöroprotektif etki gösterdiği bildirilmiştir. Hünnap bitkisinin farklı kısımlarında bulunan başlıca fenolik bileşikler Tablo 1 'de verilmiştir.

2.3. Antosiyaninler

Antosiyaninler, hünnap meyvesine kırmızı-mor renk veren suda çözünür pigmentlerdir. Hünnap meyvesinin olgunlaşma sürecinde antosiyanin birikimi artmakta ve meyve rengi yeşilden kırmızıya doğru değişmektedir. Kuru hünnap meyvesindeki antosiyanin miktarı, 1000 µg/mL konsantrasyonda 17.914±1.62 olarak belirlenmiştir (Yaşa, 2019). Antosiyaninlerin antioksidan, antiinflamatuvar ve antikanser özelliklere sahip olduğu bilinmektedir. Hünnap meyvesinin işlenmesi ve depolanması sırasında bu bileşiklerin miktarında önemli değişimler meydana gelmektedir (Kaplan & Okcu, 2020).

Tablo 1. Hünnap bitkisinin farklı kısımlarında bulunan başlıca fenolik bileşikler

Bitki Kısım	Fenolik Bileşikler	Kaynak
Meyve	Kafeik asit, ferulik asit, p-hidroksibenzoik asit, klorojenik asit, gallik asit, protokateşuik asit, vanilik asit, p-kumarik asit, ellagik asit, sinamik asit	(San & Yildirim, 2010; B. N. Wang et al., 2011)
Yaprak	Kafeik asit, ferulik asit, p-kumarik asit, p-hidroksibenzoik asit, siringik asit, klorojenik asit	(San & Yildirim, 2010)
Tohum	Spinosin, swertisin, viteksin, isoviteksin, puerarin, saponarin, 6"-feruloilspinosin	(Cheng et al., 2000; D. Wang et al., 2019)

3. TRİTERPENİK ASİTLER VE SAPONİNLER

3.1. Triterpenik Asitler

Hünnap meyvesi, pentasiklik triterpen yapısında çok sayıda triterpenik asit içermektedir. Bunlar arasında ursolik asit, oleanolik asit, betulinik asit, maslinik asit, seanotik asit, pomonik asit, alfitolik asit, betulonik asit ve kolubrinik asit sayılabilir (Guo et al., 2010; Lee, Min, Lee, Kim, & Kho, 2003). Bu triterpenik asitler, özellikle antikanser, antiinflamatuvar ve hepatoprotektif aktiviteleri ile dikkat çekmektedir.

Ursolik asit, hünnap meyvesinden izole edilen en önemli triterpenik asitlerden biridir. HepG2 insan hepatoblastoma hücreleri üzerinde konsantrasyona ve zamana bağlı olarak hücre canlılığını azalttığı gösterilmiştir (Kim et al., 2000). Ayrıca ursolik asidin B16F-10 melanoma hücrelerinde, DU145 prostat kanser hücrelerinde ve MCF-7 meme kanseri hücrelerinde NF- κ B aracılı Bcl-2 aktivasyonunu baskıladığı bildirilmiştir (Kassi et al., 2009; Manu & Kuttan, 2008; Zhang et al., 2009). Betulinik asitin ise lösemi, kolon, akciğer, prostat ve servikal kanser dahil olmak üzere geniş bir kanser hücre hattı spektrumunda antitümör aktivite gösterdiği rapor edilmiştir (Kemeç Hürkan, 2019).

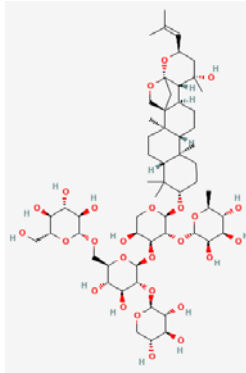
Hünnap meyvesinde bulunan 3-O-cis-p-kumaroalfitolik asit, 3-O-trans-p-kumaroalfitolik asit, 3-O-cis-p-kumaromaslinik asit ve 3-O-trans-p-kumaromaslinik asit gibi asillenmiş triterpenik asitler de tanımlanmıştır (Guo et al., 2010). Bu bileşiklerin yapısal çeşitliliği, hünnap meyvesinin farmakolojik potansiyelini artırmaktadır.

3.2. Saponinler

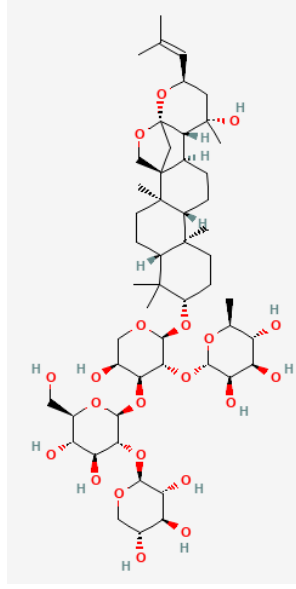
Saponinler, hünnap tohumunun en karakteristik bileşik grubudur ve sedatif-hipnotik etkiden başlıca sorumlu bileşenler olarak kabul edilmektedir. Jujubosid A ve jujubosid B, hünnap tohumundaki başlıca saponinlerdir. Yapılan bir çalışmada,

saponinlerin flavonoidlere kıyasla daha güçlü sedatif ve hipnotik etkiye sahip olduğu gösterilmiştir (Jiang, Huang, & Chen, 2007). HPLC parmak izi analizi ile yapılan bir çalışmada, hünnap tohumu örneklerindeki jujubosid A ve B içeriklerinin partiden partiye büyük farklılıklar gösterdiği; bazı örneklerde ise bu saponinlerin iz miktarda bulunduğu veya hiç bulunmadığı tespit edilmiştir (Sun, Liu, Xu, Yan, & Xie, 2014). Normal ve insomnia model sıçanlarda yapılan karşılaştırmalı farmakokinetik çalışmada, jujubosid A ve jujubosid B'nin farklı farmakokinetik davranışlar sergilediği belirlenmiştir (C. Du et al., 2020). İnsomnia modelinde jujubosid A'nın T_{max} değerinin anlamlı düzeyde düşük, $T_{1/2}$ değerinin ise anlamlı düzeyde yüksek olduğu saptanmıştır. Bu bulgular, saponinlerin insomnia tedavisindeki rolünü desteklemektedir.

UPLC-Q/TOF-MS/MS yöntemiyle hünnap tohumu standart dekoksasyonunda, jujubosid A ve jujubosid B dahil olmak üzere iki triterpenoid saponin tanımlanmıştır (D. Wang et al., 2019). Jujubosid A'nın GABAA reseptör alt birimlerinin mRNA ekspresyonunu etkileyerek sedatif etki gösterdiği bildirilmiştir (You et al., 2010). Jujubosid B'nin ise amino asit metabolizma yolunu kısmen düzenleyerek hipnotik etki oluşturduğu rapor edilmiştir (H. Du, Zhao, & Zhang, 2014).



Jujubosid A'nın kimyasal yapısı (PubChem (pubchem.ncbi.nlm.nih.gov) veritabanından alınmıştır)

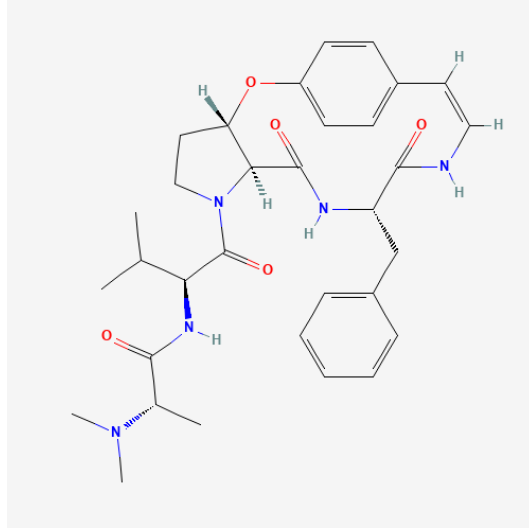


Jujubosid B'nin kimyasal yapısı (PubChem (pubchem.ncbi.nlm.nih.gov) veritabanından alınmıştır)

4. ALKALOİTLER

4.1. Halkalı Peptit Alkaloitler

Hünnap bitkisinin kabuk kısmından çok sayıda halkalı peptit yapılı alkaloit izole edilmiştir. Bunlar arasında mauritin-A, mukronin-D, amfibin-H, nummularin-A ve B, sativanin-A, B, C, D, E, F, G, H, K ve frangulanin yer almaktadır (Singh, Pandey, Singh, & Pandey, 2006; Tschesche, Shah, & Eckhardt, 1979). Sedatif etkiye sahip olan bu alkaloitler, hünnap meyvesinin çekirdek, kabuk ve yapraklarında bulunmaktadır (Lee et al., 2003).

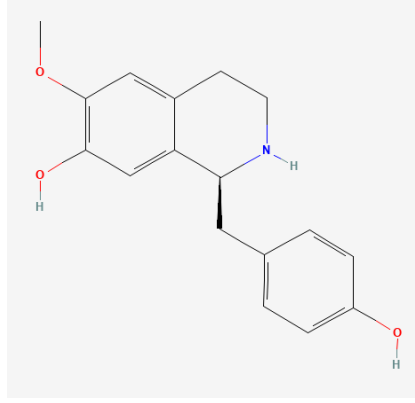


Mauritin-A'nın kimyasal yapısı (PubChem (pubchem.ncbi.nlm.nih.gov) veritabanından alınmıştır)

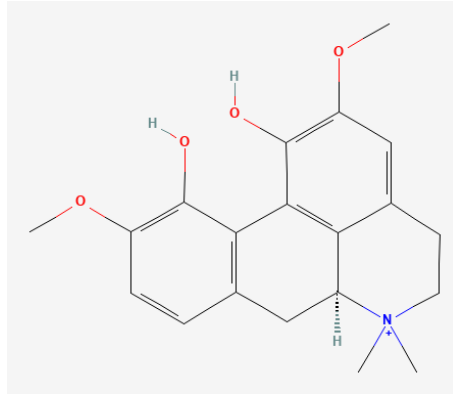
Hünnap tohumundan elde edilen halkalı peptit alkaloid fraksiyonunun pentobarbital ile indüklenen uyku davranışlarını güçlendirdiği ve toplam alkaloidlerin farelerde lokomotor aktiviteyi anlamlı düzeyde azalttığı bildirilmiştir (Ma et al., 2008). Tohum kısmında sajoinin, franguloin, amfibiin-D gibi alkaloidler de tespit edilmiştir (Kemeç Hürkan, 2019).

4.2. İzokinolin Alkaloidleri

Hünnap bitkisinde izokinolin türevi alkaloidler de önemli bir bileşik grubunu oluşturmaktadır. Koklaurin ve magnoflorin, hünnap tohumunun sulu ekstresinde tanımlanan başlıca izokinolin alkaloidleridir (C. Du et al., 2020; Sun et al., 2014). Zizifusin, yaprak ve tohum dokularında bulunan bir diğer önemli alkaloiddir. Hünnap bitkisinin farklı kısımlarında bulunan başlıca alkaloidler Tablo 2'de verilmiştir.



Koklaurin'in kimyasal yapısı (PubChem (pubchem.ncbi.nlm.nih.gov) veritabanından alınmıştır)



Magnoflorin in kimyasal yapısı (PubChem (pubchem.ncbi.nlm.nih.gov) veritabanından alınmıştır)

Temel bileşen analizi (PCA) ile hünnap tohumu örneklerinin kalitesi değerlendirilirken, zizifusinin ikinci temel bileşen (PC2) olarak kalite üzerinde belirleyici etkiye sahip olduğu saptanmıştır (Sun et al., 2014). Koklaurin ve magnoflorinin oral uygulamadan sonra hızla absorbe edildiği ($T_{max} \approx 0.3$ saat) ve koklaurinin kısa bir yarı ömre ($T_{1/2} = 0.45 \pm 0.17$ saat) sahip olduğu bildirilmiştir (C. Du et al., 2020). Magnoflorinin sedatif ve anksiyolitik etkilere sahip olduğu,

koklaurinin ise melatonin reseptörleri ile etkileşerek sedatif biyoaktivite gösterdiği rapor edilmiştir (De La Peña et al., 2013).

Tablo 2. Hünnap bitkisinin farklı kısımlarında bulunan başlıca alkaloidler

Bitki Kısım	Alkaloidler	Kaynak
Kabuk	Mauritin-A, mukronin-D, amfibin-H, nummularin-A/B, sativanin-A/B/C/D/E/F/G/H/K, frangulanin	(Singh et al., 2006; Tschesche et al., 1979)
Yaprak	Koklorin, izoboldin, norizoboldin, asimilobin, iusifin, iusirin	(Ziyaev et al., 1977)
Tohum	Sajoinin, franguloin, amfibin-D, koklaurin, magnoflorin, zizifusin	(C. Du et al., 2020; Sun et al., 2014)

5. VİTAMİNLER VE MİNERALLER

5.1. Vitaminler

Hünnap meyvesi, vitamin içeriği bakımından zengin bir kaynaktır. Meyvede A vitamini (retinol), B grubu vitaminler (tiyamin-B1, riboflavin-B2, niasin-B3, piridoksin-B6, siyanokobalamin-B12) ve özellikle C vitamini (askorbik asit) yüksek miktarlarda bulunmaktadır (Ahmed et al., 2017). Hünnap meyvesinin 100 g'ında C vitamini miktarı 69 mg olarak bildirilmiş; bu değerin birçok meyve türünden daha yüksek olduğu saptanmıştır (Gao et al., 2013). Hünnap meyvesinin vitamin ve mineral içeriği Tablo 3'te verilmiştir.

Hünnap meyvesinden üretilen marmelatlarda askorbik asit miktarının başlangıçta 19.40 mg/100g olduğu; ancak depolama süresi ve sıcaklık artışıyla birlikte bu değerin önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir (Kaplan & Okcu, 2020). Özellikle +4°C'de depolanan örneklerde askorbik asidin daha iyi korunduğu belirlenmiştir. Bu bulgu, hünnap ürünlerinin işlenmesi ve depolanması sırasında vitamin kayıplarının minimize edilmesinin önemini vurgulamaktadır.

Tablo 3. Hünnap meyvesinin vitamin ve mineral içeriği (100 g taze meyve) (Gao et al., 2013)

Bileşen	Miktar
C Vitamini	69 mg
A Vitamini	40 IU
Potasyum	250 mg
Fosfor	23 mg
Kalsiyum	21 mg
Magnezyum	10 mg
Demir	0.48 mg
Karbonhidrat	20.23 g
Protein	1.20 g

5.2. Mineraller

Hünnap meyvesi, kalsiyum, potasyum, brom, rubidyum, lantan, magnezyum, sodyum, demir, çinko ve manganaz gibi mineraller bakımından zengindir (Hernández et al., 2016). Meyvede özellikle potasyum (250 mg/100g), fosfor (23 mg/100g), kalsiyum (21 mg/100g), magnezyum (10 mg/100g) ve demir (0.48 mg/100g) miktarları dikkat çekici düzeylerde (Gao et al., 2013). Bu mineral zenginliği, hünnap meyvesinin günlük diyetle önemli bir besin olarak değerlendirilmesini sağlamaktadır.

6. ŞEKERLER, YAĞ ASİTLERİ VE DİĞER BİLEŞENLER

6.1. Şekerler ve Polisakkaritler

Hünnap meyvesi, karbonhidrat içeriği bakımından zengin olup 100 g'ında yaklaşık 20.23 g karbonhidrat bulunmaktadır (Gao et al., 2013). Meyvede galaktoz, ramnoz, mannoz, glukuronik asit, arabinoz, glikoz, fruktoz, sükroz ve sorbitol gibi şekerler tanımlanmıştır (Hernández et al., 2016; Lee et al., 2003). Hünnap meyvesinde fruktoz oranının yüksek olması, kan şekeri

seviyesinin düzenlenmesine katkıda bulunmaktadır (Gao, Wu, Wang, Xu, & Du, 2012; Salter & Kang, 2013).

Hünnap bitkisindeki polisakkaritler, bağışıklık sistemi düzenleyici özelliğe sahiptir. Özellikle pektik polisakkaritler içerisinde yer alan D-galakturonik asit, L-ramnoz, D-galaktoz ve L-arabinozun immün sistem güçlendirici etkisi bildirilmiştir (Jiao, Mi, Sang, & Wang, 2022). Hünnap meyvesi polisakkaritlerinin kronik yorgunluk sendromu modelinde süperoksit dismutaz (SOD), glutatyon peroksidaz (GSH-Px) enzim aktivitesini ve doğal öldürücü (NK) hücrelerin aktivitelerini artırdığı saptanmıştır (Chi et al., 2015).

6.2. Yağ Asitleri

Hünnap meyvesinde doymuş ve doymamış yağ asitleri bulunmaktadır. Hünnap meyvesinde palmitik asit, stearik asit, oleik asit, linoleik asit ve linolenik asit gibi yağ asitleri tanımlanmıştır (San & Yildirim, 2010). Ayrıca meyvede metil kaproat, benzoik asit, metil kaprilat, etil heksanol, 2-oktenoik asit gibi uçucu bileşenler de tespit edilmiştir. Hünnap çekirdeğinde ise toplam yağ oranının 100 g'da 0.20 g civarında olduğu bildirilmiştir (Gao et al., 2013).

6.3. Amino Asitler ve Proteinler

Hünnap meyvesi protein içeriği bakımından da dikkate değer olup 100 g meyvede yaklaşık 1.20 g protein bulunmaktadır (Gao et al., 2013). UPLC-Q/TOF-MS/MS yöntemiyle hünnap tohumu standart dekoksilyonunda; glutamik asit, aminokaproik asit, fenilalanin ve triptofan gibi amino asitler tanımlanmıştır (D. Wang et al., 2019). Hünnap meyve ve tohumlarında serbest amino asitlerin dağılımı incelenmiş; olgunlaşma dönemine bağlı olarak amino asit profilinin değiştiği saptanmıştır (Choi et al., 2011).

7. SONUÇ

Bu bölümde ele alınan veriler, hünnap meyvesinin fitokimyasal açıdan son derece zengin bir bitki olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Fenolik asitler, flavonoidler, antosiyaninler, triterpenik asitler, saponinler, alkaloidler, vitaminler, mineraller, şekerler, polisakkaritler ve yağ asitleri gibi geniş bir bileşen yelpazesine sahip olan hünnap, hem besinsel hem de farmakolojik açıdan büyük potansiyel taşımaktadır.

Özellikle hünnap tohumunda bulunan spinosin, jujubosid A/B ve halkalı peptid alkaloidlerin sedatif-hipnotik etkileri, meyvede bulunan triterpenik asitlerin antikanser aktiviteleri ve fenolik bileşiklerin güçlü antioksidan kapasitesi, bu bitkinin tıbbi ve farmasötik alanda değerlendirilme potansiyelini artırmaktadır. Türkiye'de hünnap bitkisiyle ilgili fitokimyasal çalışmaların hâlâ sınırlı olması, bu alanda daha kapsamlı araştırmaların yapılması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Farklı coğrafi bölgelerden toplanan hünnap örneklerinin kimyasal kompozisyonlarının karşılaştırılması, çeşitler arası farklılıkların belirlenmesi ve standartlaştırılmış kalite kontrol yöntemlerinin geliştirilmesi, gelecekte yapılacak çalışmalar için önem arz etmektedir. Ayrıca hünnap bileşenlerinin biyoyararlanımı, metabolizması ve güvenlik profillerinin aydınlatılması, bu meyvenin fonksiyonel gıda ve doğal ilaç kaynağı olarak değerlendirilmesinde kritik bir adım olacaktır.

KAYNAKÇA

- Ahmed, A., Saroar Hosan, M., Shariful Islam, M., Rahman, T., Asif Hassan, M., & Kubra Smrity, K. (2017). Pharmacological Investigations of *Ziziphus mucronata*. *International Journal of Innovative Pharmaceutical Sciences and Research*.
- Bakoyiannis, I., Daskalopoulou, A., Pergialiotis, V., & Perrea, D. (2019). Phytochemicals and cognitive health: Are flavonoids doing the trick? *Biomedicine and Pharmacotherapy*, Vol. 109. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2018.10.086>
- Ben Mahmoud, K., Wasli, H., Ben Mansour, R., Jemai, N., Selmi, S., Jemmali, A., & Ksouri, R. (2022). Antidiabetic, antioxidant and chemical functionalities of *Ziziphus jujuba* (Mill.) and *Moringa oleifera* (Lam.) plants using multivariate data treatment. *South African Journal of Botany*, 144. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.08.017>
- Birt, D. F., Hendrich, S., & Wang, W. (2001). Dietary agents in cancer prevention: Flavonoids and isoflavonoids. *Pharmacology and Therapeutics*, Vol. 90. [https://doi.org/10.1016/S0163-7258\(01\)00137-1](https://doi.org/10.1016/S0163-7258(01)00137-1)
- Chen, W., Hou, L., Zhang, Z., Pang, X., & Li, Y. (2017). Genetic diversity, population structure, and linkage disequilibrium of a core collection of *ziziphus jujuba* assessed with genome-wide snps developed by genotyping-by-sequencing and SSR Markers. *Frontiers in Plant Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00575>
- Cheng, G., Bai, Y., Zhao, Y., Tao, J., Liu, Y., Tu, G., ... Xu, X. (2000). Flavonoids from *Ziziphus jujuba* Mill var.

- Spinosa. *Tetrahedron*, 56(45).
[https://doi.org/10.1016/S0040-4020\(00\)00842-5](https://doi.org/10.1016/S0040-4020(00)00842-5)
- Chi, A., Kang, C., Zhang, Y., Tang, L., Guo, H., Li, H., & Zhang, K. (2015). Immunomodulating and antioxidant effects of polysaccharide conjugates from the fruits of *Ziziphus Jujube* on Chronic Fatigue Syndrome rats. *Carbohydrate Polymers*, 122.
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.12.082>
- Choi, S. H., Ahn, J. B., Kozukue, N., Levin, C. E., & Friedman, M. (2011). Distribution of free amino acids, flavonoids, total phenolics, and antioxidative activities of jujube (*Ziziphus jujuba*) fruits and seeds harvested from plants grown in Korea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(12). <https://doi.org/10.1021/jf200371r>
- De La Peña, J. B. I., Lee, H. L., Yoon, S. Y., Kim, G. H., Lee, Y. S., & Cheong, J. H. (2013). The involvement of magnoflorine in the sedative and anxiolytic effects of *Sinomeni Caulis et Rhizoma* in mice. *Journal of Natural Medicines*, 67(4). <https://doi.org/10.1007/s11418-013-0754-3>
- Du, C., Yan, Y., Shen, C., Cui, X., Pei, X., & Qin, X. (2020). Comparative pharmacokinetics of six major compounds in normal and insomnia rats after oral administration of *Ziziphi Spinosae Semen* aqueous extract. *Journal of Pharmaceutical Analysis*, 10(4).
<https://doi.org/10.1016/j.jpha.2020.03.003>
- Du, H., Zhao, X., & Zhang, A. (2014). Identifying potential therapeutic targets of a natural product Jujuboside B for insomnia through network pharmacology. *Plant Science Today*, 1(2). <https://doi.org/10.14719/pst.2014.1.2.26>

- Gao, Q. H., Wu, C. Sen, & Wang, M. (2013). The Jujube (*Ziziphus Jujuba* Mill.) fruit: A Review of current knowledge of fruit composition and health benefits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 61. <https://doi.org/10.1021/jf4007032>
- Gao, Q. H., Wu, C. Sen, Wang, M., Xu, B. N., & Du, L. J. (2012). Effect of drying of jujubes (*Ziziphus jujuba* Mill.) on the contents of sugars, organic acids, α -tocopherol, β -carotene, and phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(38). <https://doi.org/10.1021/jf3026524>
- Guo, S., Duan, J. A., Tang, Y. P., Yang, N. Y., Qian, D. W., Su, S. L., & Shang, E. X. (2010). Characterization of triterpenic acids in fruits of *ziziphus* species by HPLC-ELSD-MS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(10). <https://doi.org/10.1021/jf101022p>
- Hamed, S., Arian, A. A. li, & Farzaei, M. H. osein. (2015). Gastroprotective effect of aqueous stem bark extract of *Ziziphus jujuba* L. against HCl/Ethanol-induced gastric mucosal injury in rats. *Journal of Traditional Chinese Medicine = Chung i Tsa Chih Ying Wen Pan / Sponsored by All-China Association of Traditional Chinese Medicine, Academy of Traditional Chinese Medicine*, 35(6). [https://doi.org/10.1016/s0254-6272\(15\)30157-6](https://doi.org/10.1016/s0254-6272(15)30157-6)
- Hernández, F., Noguera-Artiaga, L., Burló, F., Wojdyło, A., Carbonell-Barrachina, Á. A., & Legua, P. (2016). Physico-chemical, nutritional, and volatile composition and sensory profile of Spanish jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(8). <https://doi.org/10.1002/jsfa.7386>
- Jiang, J.-G., Huang, X.-J., & Chen, J. (2007). Separation and purification of saponins from Semen *Ziziphus jujuba* and

- their sedative and hypnotic effects . *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 59(8).
<https://doi.org/10.1211/jpp.59.8.0017>
- Jiao, W. Y., Mi, S., Sang, Y. X., & Wang, X. H. (2022). Biologically active components and health benefits of jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) and underlying mechanisms. *Acta Horticulturae*, 1350.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2022.1350.16>
- Kamiloğlu, Ö., Ercisli, S., Şengül, M., Toplu, C., & Serçe, S. (2009). Total phenolics and antioxidant activity of jujube (*Zizyphus jujube* Mill.) genotypes selected from Turkey. *African Journal of Biotechnology*, 8(2).
- Kaplan, B., & Okcu, Z. (2020). Hünnap Meyvesinden Üretilen Marmelatların Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(4), 2649–2658.
<https://doi.org/10.21597/jist.788688>
- Kassi, E., Sourlingas, T. G., Spiliotaki, M., Papoutsis, Z., Pratsinis, H., Aligiannis, N., & Moutsatsou, P. (2009). Ursolic acid triggers apoptosis and Bcl-2 downregulation in MCF-7 breast cancer cells. *Cancer Investigation*, 27(7).
<https://doi.org/10.1080/07357900802672712>
- Kemeç Hürkan, Y. (2019). Hünnap (*Ziziphus jujuba* Mill.) Meyvesi: Geçmişten Günümüze Tıbbi Önemi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(3), 1271–1281. <https://doi.org/10.21597/jist.524818>
- Khadivi, A., Goodarzi, S., & Naeemyan, F. (2024). Fruit Quality Characteristics and Bioactive Compounds of *Morus alba* L. var. *nigra*, Black Mulberry (*Morus nigra* L.), White Mulberry (*Morus alba* L.), Seedless Barberry (*Berberis vulgaris* L. var. *asperma*), Cornelian Cherry (*Cornus*

- mas L.), Ziziphus jujuba Mill., Ziziphus spina-christi (L.) Willd., Prunus microcarpa Boiss., and Sumac (Rhus coriaria L.). *Applied Fruit Science*, 66(2). <https://doi.org/10.1007/s10341-024-01048-1>
- Kim, D. K., Baek, J. H., Kang, C. M., Yoo, M. A., Sung, J. W., Kim, D. K., ... Kim, K. W. (2000). Apoptotic activity of ursolic acid may correlate with the inhibition of initiation of DNA replication. *International Journal of Cancer*, 87(5). [https://doi.org/10.1002/1097-0215\(20000901\)87:5<629::AID-IJC2>3.0.CO;2-P](https://doi.org/10.1002/1097-0215(20000901)87:5<629::AID-IJC2>3.0.CO;2-P)
- Koley, T. K., Walia, S., Nath, P., Awasthi, O. P., & Kaur, C. (2011). Nutraceutical composition of Zizyphus mauritiana Lamk (Indian ber): Effect of enzyme-assisted processing. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 62(3). <https://doi.org/10.3109/09637486.2010.526930>
- Lee, S. M., Min, B. S., Lee, C. G., Kim, K. S., & Kho, Y. H. (2003). Cytotoxic Triterpenoids from the Fruits of Zizyphus jujuba. *Planta Medica*, 69(11). <https://doi.org/10.1055/s-2003-45155>
- Li, J. W., Fan, L. P., Ding, S. D., & Ding, X. L. (2007). Nutritional composition of five cultivars of chinese jujube. *Food Chemistry*, 103(2). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.08.016>
- Ma, Y., Han, H., Nam, S. Y., Kim, Y. B., Hong, J. T., Yun, Y. P., & Oh, K. W. (2008). Cyclopeptide alkaloid fraction from Zizyphi Spinosi Semen enhances pentobarbital-induced sleeping behaviors. *Journal of Ethnopharmacology*, 117(2). <https://doi.org/10.1016/j.jep.2008.02.006>
- Manu, K. A., & Kuttan, G. (2008). Ursolic acid induces apoptosis by activating p53 and caspase-3 gene expressions and

- suppressing NF- κ B mediated activation of bcl-2 in B16F-10 melanoma cells. *International Immunopharmacology*, 8(7). <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2008.02.013>
- Salter, J. S., & Kang, J. (2013). Comment on effect of drying of jujubes (*Ziziphus jujuba* Mill.) on the contents of sugars, organic acids, α -tocopherol, β -carotene, and phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 61. <https://doi.org/10.1021/jf305121u>
- San, B., & Yildirim, A. N. (2010). Phenolic, alpha-tocopherol, beta-carotene and fatty acid composition of four promising jujube (*Ziziphus jujuba* Miller) selections. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23(7). <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.02.008>
- Singh, S., Pandey, M. B., Singh, J. P., & Pandey, V. B. (2006). Peptide alkaloids from *Zizyphus sativa* bark. *Journal of Asian Natural Products Research*, 8(8). <https://doi.org/10.1080/1028602042000324835>
- Sun, S., Liu, H., Xu, S., Yan, Y., & Xie, P. (2014). Quality analysis of commercial samples of *Ziziphi spinosae* semen (suanzaoren) by means of chromatographic fingerprinting assisted by principal component analysis. *Journal of Pharmaceutical Analysis*, 4(3). <https://doi.org/10.1016/j.jpha.2014.01.003>
- Tschesche, R., Shah, A. H., & Eckhardt, G. (1979). Sativanine-a and sativanine-b, two new cyclopeptide alkaloids from the bark of *Zizyphus sativa*. *Phytochemistry*, 18(4). [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)84310-1](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)84310-1)
- Wang, B. N., Liu, H. F., Zheng, J. Bin, Fan, M. T., & Cao, W. (2011). Distribution of phenolic acids in different tissues of jujube and their antioxidant activity. *Journal of*

Agricultural and Food Chemistry, 59(4).
<https://doi.org/10.1021/jf103982q>

Wang, D., Li, Q., Liu, R., Xu, H., Yin, Y., Wang, Y., ... Bi, K. (2019). Quality control of Semen Ziziphi Spinosae standard decoction based on determination of multi-components using TOF-MS/MS and UPLC-PDA technology. *Journal of Pharmaceutical Analysis*, 9(6).
<https://doi.org/10.1016/j.jpha.2019.01.001>

Yaşa, H. (2019). Türkiye Çanakkale'den Hünnap Meyvesinin (Zizyphus Jujuba.) Sulu Ekstresinin Toplam Fenolik Miktarı ve Antioksidan Aktivitesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1), 158–165.
<https://doi.org/10.21597/jist.433005>

You, Z. li, Xia, Q., Liang, F. rong, Tang, Y. jun, Xu, C. lun, Huang, J., ... He, J. jia. (2010). Effects on the expression of GABAA receptor subunits by jujuboside A treatment in rat hippocampal neurons. *Journal of Ethnopharmacology*, 128(2).
<https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.01.034>

Zhang, Y. xi, Kong, C. ze, Wang, H. qing, Wang, L. hui, Xu, C. liang, & Sun, Y. hao. (2009). Phosphorylation of Bcl-2 and activation of caspase-3 via the c-Jun N-terminal kinase pathway in ursolic acid-induced DU145 cells apoptosis. *Biochimie*, 91(9).
<https://doi.org/10.1016/j.biochi.2009.06.010>

Ziyaev, R., Irgashev, T., Israilov, I. A., Abdullaev, N. D., Yunusov, M. S., & Yunusov, S. Y. (1977). Alkaloids of Ziziphus jujuba the structure of juziphine and juzirine. *Chemistry of Natural Compounds*, 13(2).
<https://doi.org/10.1007/BF00563948>

HÜNNAP VE ÜRÜNLERİNDE KALİTE KONTROL VE ANALİTİK YÖNTEMLER

Zafer Ömer ÖZDEMİR¹

1. GİRİŞ

Hünnap (*Ziziphus jujuba* Mill.) ve ürünleri, zengin fitokimyasal içerikleri nedeniyle hem gıda hem de farmasötik alanda giderek artan bir öneme sahiptir. Ancak hünnap bitkisinin doğal kaynaklardan elde edilmesi, farklı coğrafi bölgelerde yetiştirilmesi ve çeşitli çevresel faktörlere bağlı olarak kimyasal bileşiminin değişkenlik göstermesi, kalite kontrol süreçlerini karmaşık hale getirmektedir. Özellikle hünnap tohumu (*Semen Ziziphi Spinosa*), Çin Farmakopesi'nde uykusuzluk ve anksiyete tedavisinde en sık kullanılan bitkisel ilaç olarak yer almakta ve kalite kontrolü büyük önem taşımaktadır (Sun, Liu, Xu, Yan, & Xie, 2014).

Kaynak kıtlığı nedeniyle hünnap tohumu piyasalarında kalitesiz ürünler ve hatta tağşiş ürünleri yaygın olarak bulunmaktadır. *Ziziphi mauritiana* semen ve *Hovenia acerbae* semen gibi türler, en sık karşılaşılan tağşiş kaynakları arasında yer almaktadır (Sun et al., 2014). Bu durum, güvenilir ve kapsamlı kalite kontrol yöntemlerinin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Geleneksel kalite kontrol yaklaşımları, genellikle tek veya birkaç belirteç bileşiğin kantitatif tayinine dayalıdır. Ancak hünnap gibi karmaşık fitokimyasal profile sahip bitkilerde, tek

¹ Doç. Dr., Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Hamidiye Eczacılık Fakültesi, ORCID: 0000-0002-8362-3136.

belirteç yaklaşımının yetersiz kaldığı ve çoklu bileşen analizi ile kromatografik parmak izi yöntemlerinin daha kapsamlı bir kalite değerlendirmesi sağladığı kabul edilmektedir (Xie et al., 2006). Bu bölümde, hünnap ve ürünlerinde kullanılan temel analitik yöntemler güncel literatür ışığında ele alınmaktadır.

2. TOPLAM FENOLİK, FLAVONOİD VE ANTİOKSİDAN KAPASİTE TAYİN YÖNTEMLERİ

2.1. Toplam Fenolik Madde Tayini

Hünnap meyvesi ve ürünlerinde toplam fenolik madde tayini, Folin-Ciocalteu reaktifi kullanılarak kolorimetrik yöntemle gerçekleştirilmektedir. Bu yöntemde fenolik bileşikler, alkali ortamda Folin-Ciocalteu reaktifini indirger ve oluşan mavi renkli kompleksin absorbansı 760 nm dalga boyunda ölçülür. Sonuçlar genellikle pirokateşol veya gallik asit eşdeğeri olarak ifade edilmektedir (Slinkard & Singleton, 1977).

Çanakkale yöresinden toplanan hünnap meyvelerinin sulu ekstresindeki toplam fenolik bileşik miktarı, Folin-Ciocalteu yöntemiyle 1 mg ekstre başına 15.21 ± 1.05 µg pirokateşol eşdeğeri olarak belirlenmiştir (Yaşa, 2019). Hünnap meyvesinden üretilen marmelatlarda toplam fenolik madde miktarının 559.56-615.91 mg GAE/100g arasında olduğu tespit edilmiş; depolama süresinin artmasıyla birlikte bu miktarın azaldığı bildirilmiştir (Kaplan & Okcu, 2020). +4°C'de depolanan marmelatlarda 3 ay sonunda %5.76, +20°C'de ise %9.15 oranında fenolik madde kaybı gözlenmiştir.

2.2. Toplam Flavonoid Tayini

Toplam flavonoid miktarı, alüminyum klorür kompleksleşme yöntemine dayalı kolorimetrik analiz ile belirlenmektedir. Bu yöntemde flavonoidler, alüminyum iyonları

ile stabil kompleksler oluşturur ve absorbands 510 nm dalga boyunda ölçülerek kateşin eşdeğeri cinsinden hesaplanır (Sakanaka, Tachibana, & Okada, 2005). Hünnap sulu ekstresindeki toplam flavonoid miktarı, 1 mg ekstre başına $2.05 \pm 0.45 \mu\text{g}$ kateşin eşdeğeri olarak saptanmıştır (Yaşa, 2019).

2.3. Antioksidan Kapasite Tayinleri

Hünnap ve ürünlerinde antioksidan kapasite tayini için birden fazla yöntem kullanılmaktadır. En yaygın kullanılan yöntemler arasında DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) radikal süpürme aktivitesi, ABTS (2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit)) radikal süpürme aktivitesi, FRAP (Ferrik İndirgeyici Antioksidan Güç) ve metal şelatlama aktivitesi yer almaktadır.

Literatürde bir çalışmada, hünnap sulu ekstresinin DPPH radikal süpürme, nitrik oksit giderici, Fe^{2+} şelatlama ve indirgeyici güç aktiviteleri değerlendirilmiştir (Yaşa, 2019). Sulu ekstrenin DPPH radikal giderme aktivitesinin 1 mg/mL konsantrasyonda BHT'ye göre yüksek olduğu, ancak indirgeyici gücünün standart antioksidanların (BHA, BHT, α -tokoferol) altında kaldığı belirlenmiştir. Hünnap marmelatlarında ABTS ve DPPH yöntemleriyle antioksidan kapasite IC_{50} değeri olarak ifade edilmiş ve depolama süresince antioksidan aktivitenin azaldığı saptanmıştır (Kaplan & Okcu, 2020). Hasat sonrası hünnap meyvelerinde ise FRAP yöntemiyle antioksidan aktivite takip edilmiş ve depolama süresince benzer bir azalma eğilimi gözlenmiştir (Gök, Türk, & Şen, 2017).

2.4. Toplam Antosiyanin Tayini

Hünnap meyvelerinin karakteristik renklenmesinden sorumlu olan antosiyaninlerin tayini, analitik süreçlerde önemli bir kalite parametresidir. Farklı meyve türleri (dut, karayemiş, sumak vb.) üzerinde yapılan karşılaştırmalı bir çalışmada, en yüksek toplam antosiyanin içeriğinin (780.32 mg siyanidin-3-

glukozit eşdeğeri/100g taze ağırlık) *Ziziphus jujuba* türünde olduğu saptanmıştır (Khadiji, Goodarzi, & Naeemyan, 2024). Bu yüksek antosiyanin seviyesi, hünnapın hem yüksek antioksidan kapasitesini desteklemekte hem de gıda endüstrisinde doğal bir renklendirici kaynağı olarak potansiyelini ortaya koymaktadır.

3. KROMATOGRFİK PARMK İZİ ANALİZİ

Kromatografik parmak izi analizi, bitkisel ilaçların kalite kontrolünde tek veya birkaç belirteç bileşik analizinin ötesine geçen, kapsamlı bir yaklaşımdır. Bu yöntem, numunenin kimyasal profilinin bütüncül bir görüntüsünü sunarak, kimlik doğrulama, taşıyış tespiti ve kalite tutarlılığının değerlendirilmesine imkan tanımaktadır (Xie et al., 2006).

3.1. HPLC Parmak İzi Yöntemi

Hünnap tohumu (suanzaoren) için 24 parti örneğe dayalı temsili bir HPLC parmak izi ortak deseni oluşturulmuştur. Bu desen, 203 nm dalga boyunda üç ana biyoaktif bileşik grubunu (alkaloitler, flavonoidler ve saponinler) aynı kromatogramda eş zamanlı olarak göstermiştir. Kromatogram retansiyon süresine göre üç bölgeye ayrılmıştır: 25 dakikadan kısa sürede elüe olan alkaloitler, 25-45 dakika arasındaki flavonoidler ve 45-50 dakika arasındaki saponinler (Sun et al., 2014).

Parmak izi analizinde spinosin, jujubosid A ve jujubosid B referans standartlarıyla kesin olarak tanımlanmış; koklaurin, zizifusin, visesin II, 6'''-feruloilspinosin gibi diğer bileşikler ise HPLC-MS/MS tekniğiyle yapısal karakterizasyonları yapılmıştır (Sun et al., 2014). Bu bilgilendirici kromatogram, hünnap tohumunun maddesel temelini kapsamlı bir görünümünü sağlamıştır.

3.2. HPTLC Parmak İzi Yöntemi

Saponinlerin diyot dizisi dedektörüne (DAD) karşı düşük yanıt vermesi nedeniyle, HPLC parmak izi analizinde saponinlerin ağırlığı yeterince yansıtılamamaktadır. Bu sorunu aşmak için (Sun et al., 2014), özellikle saponinleri hedefleyen hızlı ve düşük maliyetli bir HPTLC (Yüksek Performanslı İnce Tabaka Kromatografisi) yöntemi geliştirmiştir.

HPTLC analizinde silika jel 60 plakalar kullanılmış, diklorometan-bütül asetat-metanol-su (10:20:15:4) geliştirme çözgeni ile çalışılmıştır. Saponinler, vanillin-sülfürik asit derivatizasyonu ile mavimsi gri bantlar şeklinde gözlenmiştir. Sonuçlar, jujubosid A ve jujubosid B içeriklerinin partiden partiye büyük farklılıklar gösterdiğini ve iki yaygın tağşiş türünde bu saponinlerin iz miktarda veya hiç bulunmadığını ortaya koymuştur (Sun et al., 2014).

3.3. Temel Bileşen Analizi (PCA) ile Kalite Sınıflandırma

Kromatografik parmak izi verileri, kemometrik yöntemlerle birleştirildiğinde kalite kontrol için çok daha güçlü bir araç haline gelmektedir. Hünnap tohumu örneklerine ait HPLC parmak izi verilerine temel bileşen analizi (PCA) uygulanmış ve tüm örnekler iki ana kümeye ayrılmıştır. Birinci temel bileşen (PC1, visesin II olarak tanımlanan) ve ikinci temel bileşen (PC2, zizifusin olarak tanımlanan) toplam varyansın %91.42'sini açıklamıştır (Sun et al., 2014).

PCA sonuçları, tağşiş ürünlerinin ve düşük kaliteli örneklerin orijinal hünnap tohumlarından ayrılabilmesini göstermiştir. HPTLC parmak izi verilerine uygulanan PCA analizi de HPLC sonuçlarıyla tutarlı bulgular vermiştir. Dikkat çekici bir bulgu, spinosin içeriğinin tüm orijinal örneklerde ve hatta bir tağşiş türünde bile nispeten sabit olmasıdır; bu durum,

spinosinin tek başına kalite belirteci olarak seçilmesinin tartışmalı olabileceğini düşündürmektedir (Sun et al., 2014).

Tablo 1. Hünnap analizinde kullanılan başlıca analitik yöntemlerin karşılaştırması

Hedef Analit	Yöntem	Çözücü	Süre (dk)	Kalitatif/ Kantitatif	Kaynak
21 polar bileşik	UPLC-MS/MS	Metanol	35	Kalitatif	(Yang, Yang, Chen, Hua, & Jiang, 2013)
Jujubosid A, B	HPTLC	Metanol	-	Kalitatif	(Sun et al., 2014)
Spinosin, jujubosid A	HPLC-UV, HPLC-ELSD	%50 metanol	40	Kantitatif	(Kim et al., 2014)
36 bileşik tanımlama, 9 bileşik miktar	UPLC-Q/TOF-MS/MS, UPLC-PDA	Su	40, 30	Her ikisi	(D. Wang et al., 2019)
6 bileşik farmakokinetik	UHPLC-Q-Orbitrap-MS	Su	12	Kantitatif	(Du et al., 2020)

4. UPLC-MS/MS İLE ÇOK BİLEŞENLİ KANTİTATİF ANALİZ

4.1. UPLC-Q/TOF-MS/MS ile Bileşen Tanımlama

Hünnap tohumu standart dekoksasyonunun kimyasal profili, UPLC-Q/TOF-MS/MS sistemiyle kapsamlı olarak aydınlatılmıştır (D. Wang et al., 2019). Pozitif ve negatif iyon modlarında yapılan analizle toplam 36 bileşik tanımlanmıştır. Bu bileşikler; 6 amino asit, 5 nükleozit, 2 fenolik asit, 5 alkaloid, 15 flavonoid, 2 triterpenoid saponin ve 1 lakton olmak üzere yedi farklı kimyasal sınıfa aittir.

Tanımlama sürecinde kütle defekti filtreleme, ürün iyon filtreleme ve nötral kayıp filtreleme gibi çoklu veri işleme yöntemleri kullanılarak analitik sürecin doğruluğu ve verimliliği artırılmıştır. Visesin II gibi C-glikozit flavonoid bileşiklerin negatif iyon modundaki karakteristik fragmentasyon davranışları incelenmiş; glikoz birimlerinin kopmasıyla oluşan iyon pikleri yapısal aydınlatmada kullanılmıştır (D. Wang et al., 2019).

4.2. UPLC-PDA ile Çoklu Bileşen Miktar Tayini

Dokuz bileşiğin (adenozin, protokateşuik asit, magnoflorin, kateşin, epikateşin, visesin II, spinosin, kaempferol-3-rutinosid ve 6'''-feruloilspinosin) eş zamanlı miktar tayini için dört farklı yapısal sınıfa ait UPLC-PDA yöntemi geliştirilmiş ve valide edilmiştir (D. Wang et al., 2019). Waters Cortecs® T3 kolon (2.1 mm × 100 mm, 2.7 µm) kullanılarak 30°C kolon sıcaklığında, %0.03 fosforik asit-su ve asetonitril mobil fazıyla 0.4 mL/dk akış hızında gradient elüsyon gerçekleştirilmiştir.

Yöntem validasyonu, Çin Farmakopesi (2015 baskı) gerekliliklerine göre doğrusallık, tekrarlanabilirlik, geri kazanım ve stabilite parametreleri açısından gerçekleştirilmiştir. Tüm bileşikler için korelasyon katsayıları (r) 0.9996'nın üzerinde, geri kazanım oranları %85.4-104.7 aralığında ve bağıl standart sapma (RSD) değerleri %3.0'ün altında bulunmuştur (D. Wang et al., 2019).

On farklı parti hünnap tohumu standart dekoksilyonunda yapılan miktar tayinlerinde, dokuz bileşiğin toplam içeriğinin 656.59-1002.09 µg/g aralığında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek toplam içerik Shandong eyaleti Jining şehrinden elde edilen örnekte (1002.09 µg/g), en düşük ise Hebei eyaleti Shijiazhuang'dan gelen örnekte (656.59 µg/g) saptanmıştır. Bu farklılıklar; numunelerin coğrafi kökeni, kavurma işlemi ve depolama koşulları gibi çeşitli faktörlere atfedilmektedir (D. Wang et al., 2019).

4.3. Standart Dekoksasyon Kalite Kontrolü

Standart dekoksasyon, tek bitkisel drog parçalarının sulu dekoksasyonudur ve bitkisel ilaç preparatlarının kalite uyumluluğunun değerlendirilmesinde referans olarak kullanılmaktadır. Hünnap tohumu standart dekoksasyonunun hazırlanması için bitkisel drog parçaları, ağırlığının 8 katı kadar su ilave edilerek 30 dakika bekletilmiş (maserasyon) ve ardından 30 dakika geri akış (reflux) yöntemiyle ekstrakte edilmiştir. Bu işlemi takiben, aynı droğa 6 kat su ilave edilerek ikinci bir ekstraksiyon gerçekleştirilmiştir (D. Wang et al., 2019). Birleştirilen ekstraktlar 0.2 g/mL konsantrasyona kadar konsantre edilmiştir.

Bu yaklaşım, farklı üreticilerin hünnap tohumu preparatlarının kalite standardizasyonunu ve klinik uygulama ile dozajın birleştirilmesini sağlamaktadır. Geliştirilen UPLC-PDA yöntemi, standart dekoksasyonun rutin kantitatif analizi ve kalite değerlendirmesi için uygun bulunmuştur (D. Wang et al., 2019).

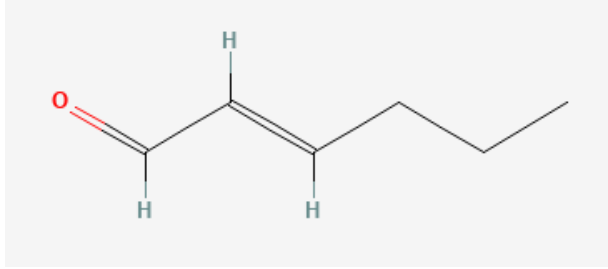
4.4. Yüksek Çözünürlüklü Analitik Profillendirme

Hünnap bileşenlerinin tanımlanmasında LC-ESI/(HR)Orbitrap/MS gibi yüksek çözünürlüklü kütle spektrometrisi yöntemleri, özellikle standart maddesi bulunmayan izomerlerin ayırımında ve yeni bileşiklerin keşfinde kritik rol oynamaktadır (Masullo, Cerulli, Montoro, Pizza, & Piacente, 2019). *Z. jujuba* yaprakları üzerinde yapılan derinlemesine analizlerde, negatif iyon modunda çalışan LC-MS profili rehberliğinde; dammaran tipi saponinler, flavonoid türevleri ve triterpenik asitler dahil olmak üzere 42 bileşik karakterize edilmiş ve iki yeni dammaran tipi saponin (jujubasaponin VII ve VIII) ilk kez tanımlanmıştır (Masullo et al., 2019). Benzer şekilde, hünnap tohumlarında (ZSS) UHPLC-Q-TOF-MS tekniği kullanılarak 51 flavonoid, 23 alkaloid ve 14 triterpenoid dahil olmak üzere toplam 96 bileşiğin eş zamanlı

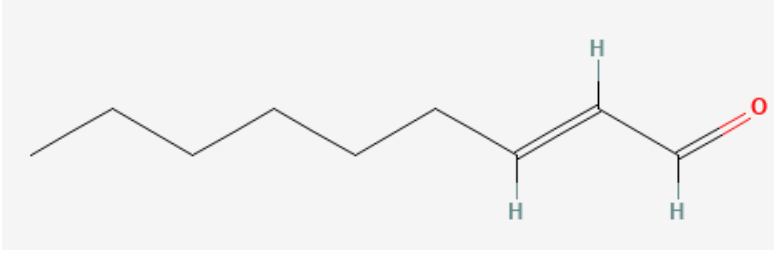
karakterizasyonu gerçekleştirilmiştir (Lin et al., 2026). Bu yüksek çözünürlüklü yöntemler, bitkinin karmaşık fitokimyasal profilinin tam olarak aydınlatılmasına olanak tanımaktadır.

5. UÇUCU BİLEŞEN ANALİZİ VE AROMA KARAKTERİZASYONU

Hünnabın aromatik profilini belirlemek için Tepe Boşluğu Katı Faz Mikroekstraksiyonu (HS-SPME) ile birleştirilmiş Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometrisi (GC-MS) yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır (L. Wang, Liu, Chen, Guan, & Sun, 2026). Meyve olgunlaşma aşamalarına bağlı olarak yapılan analizlerde, aldehitlerin baskın grup olduğu ve hekzenal (1160–1870 µg/kg) ile (E)-2-hekzenal (1470–3180 µg/kg) bileşenlerinin en yüksek derişimlerde bulunduğu saptanmıştır (L. Wang et al., 2026). Koku aktivite değeri (OAV) analizleri, olgunlaşma sürecinde (E)-2-nonenal'in aromaya katkısının arttığını göstermektedir.



(E)-2-hekzenal'in kimyasal yapısı (PubChem (pubchem.ncbi.nlm.nih.gov) veritabanından alınmıştır)



(E)-2-nonenal'ın kimyasal yapısı (PubChem (pubchem.ncbi.nlm.nih.gov) veritabanından alınmıştır)

Analitik veriler ayrıca, hünnapta alkol dehidrogenaz (ADH) aktivitesinin düşük olması nedeniyle aldehytlerin alkollere dönüşümünün kısıtlı kaldığını ve bu durumun hünnaba özgü karakteristik "yeşil-meyvemsi" kokuyu koruduğunu doğrulamaktadır (L. Wang et al., 2026).

6. KEMOMETRİK YAKLAŞIMLAR VE ENTEGRE KALİTE DEĞERLENDİRME MODELLERİ

Modern kalite kontrol stratejileri, kromatografik verilerin Temel Bileşen Analizi (PCA) ve Ortogonal Kısmi En Küçük Kareler-Ayırıcı Analizi (OPLS-DA) gibi kemometrik yöntemlerle entegrasyonuna dayanmaktadır (Lin et al., 2026). Hünnap tohumlarının kalite sınıflandırmasında kullanılan "Ağırlıklı TOPSIS-GRA" (Gri İlişki Analizi) füzyon modeli, çok sayıda kimyasal belirteci tek bir kalite puanına dönüştürerek numuneler arasında objektif bir sıralama yapılmasına imkan vermektedir (Lin et al., 2026). Bu modellemeler sonucunda magnoflorin, 6"-feruloilspinosin, jujubosid A ve spinosin gibi bileşiklerin, hünnap örneklerinin coğrafi orijinini ve kalitesini belirleyen en temel analitik işaretleyiciler olduğu saptanmıştır (Lin et al., 2026).

7. FARMAKOKİNETİK TEMELLİ KALİTE DEĞERLENDİRMESİ

7.1. Normal ve Patolojik Modellerde Karşılaştırmalı Farmakokinetik

Farmakokinetik çalışmalar, bitkisel ilaçların etkin madde temelini aydınlatmada ve kalite belirteçlerinin (Q-marker) belirlenmesinde kritik bir role sahiptir (He, Feng, Wang, Liu, & Qiu, 2018). Hünnap tohumu sulu ekstresindeki altı ana bileşiğin (koklaurin, magnoflorin, spinosin, 6'''-feruloilspinosin, jujubosid A ve jujubosid B) normal kontrol ve para-klorofenilalanin (PCPA) ile indüklenmiş insomnia model sıçanlardaki karşılaştırmalı farmakokinetik profilleri, UHPLC-Q-Orbitrap-MS yöntemiyle incelenmiştir (Du et al., 2020).

Çalışmada Q-Orbitrap kütle spektrometresinin tam tarama modunda (çözünürlük 70.000) kullanılması, düşük tespit sınırları ve geniş dinamik aralık sağlamıştır. Altı bileşik için belirlenen alt ölçüm sınırları (LLOQ); koklaurin 0.08 ng/mL, magnoflorin 4.52 ng/mL, spinosin 3.00 ng/mL, 6'''-feruloilspinosin 0.20 ng/mL, jujubosid A 0.82 ng/mL ve jujubosid B 0.53 ng/mL olarak raporlanmıştır (Du et al., 2020).

Normal kontrol sıçanlarda spinosin ve 6'''-feruloilspinosin hızla absorbe edilmiş ($T_{max} \approx 0.3$ saat), jujubosid A ve B ise tek ve plato fazlı absorpsiyon profili sergilemiştir. İnsomnia modelinde ise 6'''-feruloilspinosinin sistemik maruziyeti (AUC_{0-t} ve $AUC_{0-\infty}$) anlamlı düzeyde azalmış ($p < 0.01$), plazma klerensi ise önemli ölçüde artmıştır. Jujubosid A ve B'nin T_{max} değerleri insomnia modelinde belirgin şekilde düşmüş, jujubosid A'nın $T_{1/2}$ değeri ise uzamıştır (Du et al., 2020).

7.2. Kalite Belirteçlerinin (Q-Marker) Belirlenmesi

Karşılaştırmalı farmakokinetik veriler, hünnap tohumunun kalite belirteçlerinin belirlenmesinde önemli ipuçları

sağlamaktadır. İnsomnia durumunun spinosin, 6"-feruloilspinosin, jujubosid A ve jujubosid B'nin plazma farmakokinetik parametrelerini anlamlı düzeyde etkilemesi, bu bileşiklerin insomnia tedavisindeki etkinlikle doğrudan ilişkili olabileceğini düşündürmektedir.

Hünnap tohumu sulu ekstresinde bu dört bileşiğin Q-marker (kalite belirteci) olarak değerlendirilmesi önerilmiştir (Du et al., 2020). Bu yaklaşım, geleneksel kalite kontrol yöntemlerinin ötesinde, farmakolojik etkinlik temelli bir kalite değerlendirme stratejisi sunmaktadır. Koklaurin ve magnoflorinin farmakokinetik parametrelerinin iki grup arasında belirgin farklılık göstermemesi, bu alkaloidlerin Q-marker olarak öncelikli olmayabileceğine işaret etmektedir.

8. GIDA ÜRÜNLERİNDE KALİTE KONTROL PARAMETRELERİ

8.1. Marmelat ve İşlenmiş Ürünlerde Fizikokimyasal Analizler

Hünnap meyvesinden üretilen gıda ürünlerinde kalite kontrol, fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik parametrelerin kapsamlı değerlendirmesini gerektirmektedir. Hünnap marmelatlarında; suda çözünür kuru madde (SÇKM), titrasyon asitliği, pH, kuru madde, kül, askorbik asit, sakaroz, invert şeker, toplam şeker, renk değerleri (L^* , a^* , b^*), toplam fenolik madde, antioksidan kapasite (ABTS ve DPPH) ile maya ve küf analizleri gerçekleştirilmiştir (Kaplan & Okcu, 2020).

Üretilen marmelatların SÇKM değerleri %64.17-65.00 arasında olup Türk Gıda Kodeksi'nin belirlediği minimum %55 sınırının üzerinde bulunmuştur. pH değerleri 3.34-3.42 aralığında tespit edilmiş ve Kodeks'in öngördüğü 2.8-3.5 sınırları içinde yer almıştır. Toplam kuru madde %68.22-70.12, kül miktarı %0.15-

0.17, askorbik asit 12.01-19.40 mg/100g, toplam şeker 57.84-58.88 g/100g aralığında belirlenmiştir (Kaplan & Okcu, 2020).

8.2. Depolama Koşullarının Kaliteye Etkisi

Depolama sürecinin hünnap ürünlerinin kalitesi üzerindeki etkisi, kalite kontrolün önemli bir bileşenini oluşturmaktadır. Hünnap marmelatları +4°C ve +20°C'de üç ay süreyle depolanmış ve kalite değişimleri izlenmiştir (Kaplan & Okcu, 2020). Depolama süresinin artmasına paralel olarak; SÇKM, invert şeker, toplam şeker, kül, kuru madde, askorbik asit, L*, a*, b* değerleri, fenolik madde ve antioksidan aktivite miktarlarında azalma saptanmıştır.

Düşük sıcaklıkta depolamanın (+4°C) askorbik asit, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivitenin korunmasında daha etkili olduğu belirlenmiştir. Marmelatlarda en yüksek antioksidan aktivite başlangıçta tespit edilmiş, depolama süresine bağlı olarak azalmıştır. Askorbik asidin +4°C'de muhafaza ile daha iyi korunduğu, sıcaklık artışının vitamin kaybını hızlandırdığı saptanmıştır (Kaplan & Okcu, 2020).

Hünnap meyvelerinin hasat sonrası depolanabilirliği üzerinde sıcak su uygulamalarının etkileri araştırılmıştır (Gök et al., 2017). 0°C ve %90-95 oransal nemde 80 gün süreyle depolanan hünnap meyvelerinde, 3 dakika 53°C sıcak su daldırma uygulamasının en düşük fizyolojik ve patolojik bozulma oranını (%16) sağladığı belirlenmiştir. Diğer uygulamalarda bu oran %35'in üzerine çıkmıştır. Depolama süresince meyve eti sertliği, SÇKM, titre edilebilir asitlik ve antioksidan aktivite azalma eğilimi gösterirken, toplam fenolik madde miktarındaki değişimler sınırlı kalmıştır.

9. SONUÇ

Bu bölümde ele alınan veriler, hünnap ve ürünlerinin kalite kontrolünde çok yönlü bir analitik yaklaşımın gerekliliğini açıkça ortaya koymaktadır. Geleneksel spektrofotometrik yöntemler (Folin-Ciocalteu, alüminyum klorür, DPPH, ABTS) genel kalite parametrelerinin hızlı taraması için uygun olmakla birlikte, kapsamlı bir kalite değerlendirmesi için yetersiz kalmaktadır.

HPLC ve HPTLC kromatografik parmak izi yöntemleri, kemometrik analizlerle (PCA) birleştirildiğinde taşıyıcı ürünlerinin ve düşük kaliteli örneklerin ayırt edilmesinde etkili bir araç sağlamaktadır. UPLC-MS/MS ve UPLC-PDA gibi ileri analitik platformlar, çoklu bileşen tanımlama ve miktar tayini ile standart dekoksasyonların kalite standardizasyonuna olanak tanımaktadır.

Farmakokinetik temelli kalite değerlendirmesi, etkinlik ile doğrudan ilişkili bileşiklerin Q-marker olarak belirlenmesinde yenilikçi bir strateji sunmaktadır. Spinosin, 6"-feruloilspinosin, jujubosid A ve jujubosid B'nin insomnia modelinde farklı farmakokinetik davranışlar sergilemesi, bu bileşiklerin kalite belirteci olarak önerilmesini desteklemektedir. Gıda ürünlerinde ise fizikokimyasal parametrelerin depolama koşullarıyla birlikte değerlendirilmesi, ürün kalitesinin korunması açısından kritik önem taşımaktadır.

Gelecekte, farklı coğrafi bölgelerden toplanan hünnap örneklerinin kapsamlı metabolomik profillerinin oluşturulması, in vivo farmakokinetik verilerle desteklenen Q-marker sistemlerinin geliştirilmesi ve uluslararası farmakopelere uyumlu standartlaştırılmış kalite kontrol protokollerinin oluşturulması önem arz etmektedir.

KAYNAKÇA

- Du, C., Yan, Y., Shen, C., Cui, X., Pei, X., & Qin, X. (2020). Comparative pharmacokinetics of six major compounds in normal and insomnia rats after oral administration of Ziziphi Spinosae Semen aqueous extract. *Journal of Pharmaceutical Analysis*, 10(4). <https://doi.org/10.1016/j.jpha.2020.03.003>
- Gök, Z., Türk, B., & Şen, F. (2017). Hasat Sonrası Sıcak Su Uygulamalarının Hünnap (Ziziphus jujuba Mill.) Meyvelerinin Kalite ve Depolanabilirliğine Etkileri. *Fruit Science*, 63–69.
- He, J., Feng, X., Wang, K., Liu, C., & Qiu, F. (2018). Discovery and identification of quality markers of Chinese medicine based on pharmacokinetic analysis. *Phytomedicine*, 44. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2018.02.008>
- Kaplan, B., & Okcu, Z. (2020). Hünnap Meyvesinden Üretilen Marmelatların Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(4), 2649–2658. <https://doi.org/10.21597/jist.788688>
- Khadivi, A., Goodarzi, S., & Naeemyan, F. (2024). Fruit Quality Characteristics and Bioactive Compounds of Morus alba L. var. nigra, Black Mulberry (Morus nigra L.), White Mulberry (Morus alba L.), Seedless Barberry (Berberis vulgaris L. var. asperma), Cornelian Cherry (Cornus mas L.), Ziziphus jujuba Mill., Ziziphus spina-christi (L.) Willd., Prunus microcarpa Boiss., and Sumac (Rhus coriaria L.). *Applied Fruit Science*, 66(2). <https://doi.org/10.1007/s10341-024-01048-1>
- Kim, W. Il, Zhao, B. T., Zhang, H. Y., Lee, J. H., Son, J. K., & Woo, M. H. (2014). Quantitative and pattern recognition

- analyses of magnoflorine, spinosin, 6''-feruloyl spinosin and jujuboside a by HPLC in Zizyphi Semen. *Archives of Pharmacal Research*, 37(9).
<https://doi.org/10.1007/s12272-013-0295-z>
- Lin, W., Zhang, Z., Zhou, S., Ma, J., Shang, Y., Lv, Z., ... He, J. (2026). An Integrative Strategy on the Quality Evaluation of Ziziphi Spinosae Semen Based on Combing Chemometrics and Weighted TOPSIS-GRA Fusion Model. *Food Analytical Methods*, 19(1).
<https://doi.org/10.1007/s12161-025-02962-0>
- Masullo, M., Cerulli, A., Montoro, P., Pizza, C., & Piacente, S. (2019). In depth LC-ESIMS n -guided phytochemical analysis of Ziziphus jujuba Mill. leaves. *Phytochemistry*, 159. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2018.12.014>
- Sakanaka, S., Tachibana, Y., & Okada, Y. (2005). Preparation and antioxidant properties of extracts of Japanese persimmon leaf tea (kakinoha-cha). *Food Chemistry*, 89(4). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.03.013>
- Slinkard, K., & Singleton, V. L. (1977). Total Phenol Analysis: Automation and Comparison with Manual Methods. *American Journal of Enology and Viticulture*, 28(1), 49–55.
- Sun, S., Liu, H., Xu, S., Yan, Y., & Xie, P. (2014). Quality analysis of commercial samples of Ziziphi spinosae semen (suanzaoren) by means of chromatographic fingerprinting assisted by principal component analysis. *Journal of Pharmaceutical Analysis*, 4(3).
<https://doi.org/10.1016/j.jpha.2014.01.003>
- Wang, D., Li, Q., Liu, R., Xu, H., Yin, Y., Wang, Y., ... Bi, K. (2019). Quality control of Semen Ziziphi Spinosae standard decoction based on determination of multi-

- components using TOF-MS/MS and UPLC-PDA technology. *Journal of Pharmaceutical Analysis*, 9(6). <https://doi.org/10.1016/j.jpha.2019.01.001>
- Wang, L., Liu, Q., Chen, C., Guan, R., & Sun, P. (2026). Transcriptomic and biochemical insights into LOX pathway aroma biosynthesis during ripening of *Ziziphus jujuba* Mill. cv. Li. *Food Chemistry: Molecular Sciences*, 12. <https://doi.org/10.1016/j.fochms.2025.100347>
- Xie, P., Chen, S., Liang, Y. zeng, Wang, X., Tian, R., & Upton, R. (2006). Chromatographic fingerprint analysis-a rational approach for quality assessment of traditional Chinese herbal medicine. *Journal of Chromatography A*, 1112(1–2). <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2005.12.091>
- Yang, B., Yang, H., Chen, F., Hua, Y., & Jiang, Y. (2013). Phytochemical analyses of *Ziziphus jujuba* Mill. var. spinosa seed by ultrahigh performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry and gas chromatography-mass spectrometry. *Analyst*, 138(22), 6881–6888. <https://doi.org/10.1039/c3an01478a>
- Yaşa, H. (2019). Türkiye Çanakkale’den Hünnap Meyvesinin (*Zizyphus Jujuba*.) Sulu Ekstresinin Toplam Fenolik Miktarı ve Antioksidan Aktivitesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1), 158–165. <https://doi.org/10.21597/jist.433005>

ECZACILIKTA ANALİTİK KİMYA ALANINDA BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR

yaz
yayınları

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