

Muğla İline Ait Dikenli İncir (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) Genotiplerinin Fizikokimyasal Özellikler Yönünden Karakterizasyonu

Physicochemical Characterization of Prickly Pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) Genotypes from Muğla

Elif UYDURAN¹



¹Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fethiye Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Muğla, Türkiye

Halil İbrahim
SAĞBAŞ¹



¹Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fethiye Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Muğla, Türkiye



ÖZ

Küresel iklim değişikliğinin etkisiyle artan kuraklık ve su kıtlığı, tarımsal üretimde dayanıklı türlerin önemini her geçen gün artırmaktadır. Bu bağlamda, düşük su gereksinimi ve yüksek adaptasyon kapasitesiyle dikkat çeken dikenli incir (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) sürdürülebilir tarım açısından stratejik bir tür olarak öne çıkmaktadır. Bu araştırma, Muğla ili Fethiye ilçesinin farklı bölgelerinden seçilen 15 dikenli incir genotipinin bazı fizikokimyasal meyve özellikleri yönünden karakterizasyonunu amaçlamıştır. Çalışmada suda çözünen kuru madde (SÇKM), titre edilebilir asitlik (sitrik ve malik asit), pH ve askorbik asit (C vitamini) içerikleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre SÇKM değerleri %8,95–13,97, sitrik asit %0,43–1,44, malik asit %0,45–1,50, pH 3,40–4,65 ve askorbik asit 134,50–364,00 mg/L aralığında değişmiştir. Genotipler arasında tüm parametreler bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ($p<0,05$) saptanmıştır. OP11, OP1 ve OP3 genotipleri yüksek SÇKM içerikleriyle öne çıkarken; OP2 yüksek organik asit, OP9 düşük pH, OP1 ise yüksek askorbik asit içeriği ile dikkat çekmiştir. Bulgular, Fethiye'deki dikenli incir popülasyonlarında önemli bir genetik varyasyon bulunduğunu ve bu varyasyonun üstün özelliklere sahip genotiplerin belirlenmesi, ilah çalışmaları, depolama ve fonksiyonel ürün geliştirme alanlarında değerlendirilebileceğini göstermektedir. Düşük su gereksinimi ve yüksek kuraklık toleransı dikkate alındığında, dikenli incir Türkiye'nin Akdeniz kuşağında sürdürülebilir meyve yetiştiriciliği için umut verici bir tür olarak değerlendirilebilir.

Anahtar Kelimeler: *Opuntia* spp., meyve kalitesi, varyasyon, fitokimyasal, kuraklığa dayanıklılık

ABSTRACT

The increasing drought and water scarcity driven by global climate change have heightened the importance of resilient species in agricultural production. In this context, the prickly pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.), characterized by its low water requirement and high adaptation capacity, stands out as a strategic species for sustainable agriculture. This study aimed to characterize 15 prickly pear genotypes collected from different locations in the Fethiye district of Muğla Province in terms of selected physico-chemical fruit traits. Soluble solid content (SSC), titratable acidity (citric and malic acids), pH, and ascorbic acid (vitamin C) contents were determined. The results revealed that SSC ranged from 8.95% to 13.97%, citric acid from 0.43% to 1.44%, malic acid from 0.45% to 1.50%, pH from 3.40 to 4.65, and ascorbic acid from 134.50 to 364.00 mg/L. Statistically significant differences ($p<0.05$) were observed among genotypes for all parameters. The genotypes OP11, OP1, and OP3 exhibited the highest SSC values; OP2 showed the highest organic acid content; OP9 had the lowest pH; and OP1 displayed the highest ascorbic acid level. The findings indicated a substantial genetic variation among the prickly pear populations in Fethiye, suggesting that this variation can be effectively utilized in breeding, storage, and functional product development studies. Given its low water requirement and high drought tolerance, prickly pear can be considered a promising species for sustainable fruit cultivation in Turkey's Mediterranean belt.

Keywords: *Opuntia* spp., fruit quality, variation, phytochemical, drought tolerance

Geliş Tarihi/Received 13.10.2025
Revizyon Talebi/Revision Requested 08.11.2025
Son Revizyon/Last Revision 14.11.2025
Kabul Tarihi/Accepted 15.11.2025
Yayın Tarihi/Publication Date 26.12.2025

Sorumlu Yazar/Corresponding author:

Elif UYDURAN

E-mail: elifuyduran@mu.edu.tr

Cite this article: Uyduran, E., & Sağbaş H.İ. (2025). Physicochemical Characterization of Prickly Pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) Genotypes from Muğla. *Journal of Ecological Harmony*, 1(2), 68-76.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International License.

Giriş

Dikenli incir (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.), taksonomik olarak *Caryophyllales* takımı, *Cactaceae* familyası ve *Opuntia* cinsi içerisinde sınıflandırılan, çok yıllık sukulent bir bitkidir (Güzel, 2019). *Cactaceae* familyası, dünyanın kurak ve yarı-kurak bölgelerinde yayılım gösteren ve bu ekosistemlerin karakteristik bitki gruplarından birini oluşturmaktadır (Kigel, 1995; Zurnacı, 2017). Bitkinin kökeni, Güney Amerika ve özellikle Meksika'ya dayanmakta olup, tarihsel süreçte İspanyol fetihleri aracılığıyla 15. yüzyılda Akdeniz havzası başta olmak üzere dünyanın birçok bölgesine yayılmış ve kültür bitkisi haline gelmiştir (Jimenez-Aguilar vd., 2014; Andreu-Coll vd., 2019). Meksika kültüründe mitolojiden sanat eserlerine kadar önemli bir yere sahip olan dikenli incir, günümüzde Latin Amerika, Güney Afrika, Akdeniz ülkeleri ve Mısır'da yaygın olarak yetiştirilmektedir.

Ticari üretimde Meksika, dünya üretiminin yaklaşık %45'ini karşılayarak lider konumdadır. İtalya ise %12,2'lik üretim payı ile onu takip etmekte olup, Sicilya bölgesinde 7000-8300 hektar alanda 78.000-87.000 ton üretim yapılarak üretken bir sektör oluşturulmuştur (FAO, 2018; Garcia vd., 2020). İspanya, Yunanistan ve Kıbrıs gibi diğer Akdeniz ülkelerinde ise üretim daha çok küçük aile işletmeleri şeklindedir (Andreu-Coll vd., 2019). Türkiye'de ise özellikle Akdeniz ve Ege bölgelerinin kıyı kesimlerinde doğal yayılış göstermekte ve Antalya, Muğla, Mersin ve Adana gibi illerde doğadan toplanarak kullanılmaktadır. Dikenli incir halk arasında "hint inciri", "frenk yemişi" veya "kaynana dili" olarak da bilinen bir kaktüs türüdür. Bu adlandırmalar, bitkinin farklı bölgelerdeki yöresel kullanımına ve halk arasındaki tanınırlığına bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Uzun ve Şengül, 1994).

Dikenli incir, zengin besin içeriği ve fonksiyonel biyoaktif bileşikleri nedeniyle önemli bir fonksiyonel gıda olarak kabul edilmektedir. Meyve şekerler (~9 g/100 g), toplam diyet lifi (~3.5 g/100 g), proteinler (~0.7 g/100 g), ham yağ (~0.5 g/100 g) ve düşük kalori değeri (~41 kcal/100 g) gibi temel besin öğelerini içermektedir (Elhassaneen vd., 2016; USDA, 2018). Ayrıca, fosfor, kalsiyum, magnezyum, potasyum ve selenyum gibi mineraller açısından da zengin bir kaynaktır (Abou-Zaid vd., 2013). Besin içeriğine ek olarak, dikenli incir insan sağlığı üzerinde olumlu etkileri bulunan çeşitli biyoaktif bileşikler içermektedir. Bu bileşikler arasında C vitamini (askorbik asit), E vitamini, karotenoidler, fenolik asitler (kafeik asit, protokateşik asit), flavonoller (kamferol, kersetin, izoramnetin), flavanoller (kateşin) ve betalainler (betanin, indikaksantin) bulunur (Feugang vd., 2006; Halmi vd., 2012). Özellikle kırmızı ve mor meyvelilerde bulunan

betanin, güçlü bir antioksidan ve antienflamatuar bileşiktir. Yapılan çalışmalar, bu bileşiklerin, antimikrobiyal, antikanser, nöroprotektif, hepatoprotektif ve antidiyabetik gibi çeşitli farmakolojik aktivitelere de sahip olduğunu göstermiştir. Bu özellikleriyle dikenli incir, oksidatif stresle ilişkili dejeneratif hastalıkların önlenmesi ve tedavisinde potansiyel bir rol oynayabilir (Albano vd., 2015; El-Mostafa vd., 2014).

Dikenli incir, 3-5,5 metre boya ulaşabilen, vejetatif yapısını "kladod" adı verilen etli, yassılaştırmış gövde parçalarının oluşturduğu bir bitkidir. Kladodlar, fotosentezden sorumlu dış klorenkima dokusu ve su depolama görevi gören iç parankima dokusundan meydana gelmektedir (Feugang vd., 2006; Zurnacı, 2017). Bitki, erselik çiçek yapısına sahip olup kendi kendine döllenme özelliği göstermekte ve ilkbahar aylarında çiçeklenmektedir. Meyvesi 4-10 cm uzunluk ile 67-216 gram ağırlık aralığında değişkenlik göstermektedir (Inglese vd., 1995). Meyvenin dış yüzeyi dikenlerle kaplı olup, olgunlaşma döneminde yeşil rengini kaybederek beyaz, sarı, turuncu, kırmızı, kiraz kırmızısı veya mor gibi çeşitli renklere bürünür. Bu renk çeşitliliği, kabukta ve meyve etinde bulunan betalain adı verilen pigmentlerden kaynaklanmaktadır (Yahia ve Saenz, 2011). Meyvenin yenilebilir kısmı olan sulu pulp, çok sayıda tohum içerir ve dikenli kabuk kısmı meyvenin yaklaşık %48'ini oluşturur (Belviranlı, 2016; Omar vd., 2021).

Meyve kalitesi, bir dizi fizikokimyasal parametre ile değerlendirilmektedir. Bu parametrelerden suda çözünür kuru madde (SÇKM), genellikle °Brix cinsinden ifade edilir ve meyvenin şeker içeriğinin dolayısıyla tatlılık derecesinin en önemli göstergesidir. Dikenli incirde SÇKM içeriği genotip, olgunluk düzeyi ve yetiştirme koşullarına bağlı olarak %12 ile %18 arasında değişkenlik gösterebilmektedir (Piga, 2004). Titre edilebilir asitlik ise başta sitrik asit olmak üzere meyvedeki organik asit miktarını yansıtır ve genellikle sitrik asit eşdeğeri cinsinden ifade edilir. Asitlik, meyvenin tat dengesi (tatlılık-ekşilik dengesi), olgunluk indeksi ve raf ömrü üzerinde doğrudan etkilidir (Corral-Aguayo vd., 2008). SÇKM'nin titre edilebilir asitliğe oranı (SÇKM/Asitlik oranı) ise meyvenin tat lezzetini tanımlayan "olgunluk indeksi" olarak kabul edilir.

pH değeri, meyve suyunun asitlik veya alkalilik durumunun bir ölçüsüdür ve meyvenin mikrobiyal stabilitesi, işlenebilirliği ve enzimatik aktivitelere üzerinde kritik bir role sahiptir. Dikenli incir gibi asidik meyvelerde pH değeri, ürünün raf ömrünü ve duyu kalitesini doğrudan etkiler. Askorbik asit (C vitamini) ise meyvenin besin değerini ve antioksidan kapasitesini belirleyen temel bileşenlerden biridir. İnsan sağlığı için esansiyel bir vitamin olan askorbik

asit, aynı zamanda meyve suyu ve işlenmiş ürünlerde doğal bir antioksidan olarak işlev görerek renk ve lezzet stabilitesini artırır (Yahia ve Saenz, 2011). Bu dört parametre (SÇKM, titre edilebilir asitlik, pH ve askorbik asit), dikenli incir meyvesinin hem taze tüketim kalitesini hem de işlenmeye uygunluğunu belirleyen temel kriterlerdir. Meyvenin bu kimyasal parametreleri, genotiplere göre önemli farklılıklar gösterebilmekte olup, bu varyasyon ıslah çalışmaları için değerli bir genetik kaynak oluşturmaktadır. Özellikle SÇKM içeriğinin yüksek olması meyvenin işleme kalitesi, askorbik asit içeriğinin yüksek olması ise besin değeri açısından tercih edilen bir özelliktir (Corral-Aguayo vd., 2008; Piga, 2004; Yahia & Mondragon-Jacobo, 2011).

Akdeniz havzası, iklim değişikliğinin neden olduğu kuraklık ve yüksek sıcaklıklardan en fazla etkilenen bölgelerden biridir. Bu bağlamda, kurak ve yarı-kurak koşullara son derece dayanıklı olan dikenli incir, Türkiye'nin Akdeniz kuşağı için sürdürülebilir bir tarım seçeneği ve yeni bir potansiyel ürün olarak öne çıkmaktadır. Bitkinin fakir topraklarda yetişebilmesi ve sınırlı su kaynaklarıyla hayatiyetini sürdürebilmesi, onu iklim değişikliğine adaptasyon sürecinde stratejik bir tür haline getirmektedir.

Türkiye'deki mevcut genetik çeşitliliğin belirlenmesi ve üstün özelliklere sahip genotiplerin ıslahı büyük önem taşımaktadır. Yukarıda belirtilen SÇKM, titre edilebilir asitlik, pH ve askorbik asit gibi temel kalite parametreleri, genotipler arasında önemli farklılıklar gösterebilmekte ve bu farklılıklar ıslah çalışmaları için temel seleksiyon kriterlerini oluşturmaktadır. Literatürde Türkiye'deki yerel dikenli incir genotiplerinin bu parametreler yönünden kapsamlı ve karşılaştırmalı olarak değerlendirildiği çalışma sayısı oldukça sınırlıdır.

Bu çalışmanın temel amacı, Muğla ili Fethiye ilçesinin farklı bölgelerinden toplanan 15 dikenli incir (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) genotipinin, meyve kalitesini doğrudan etkileyen bazı fizikokimyasal özellikler yönünden karakterize edilmesidir. Çalışmada, genotiplerin meyve kalitesine ilişkin temel parametreleri belirlenerek aralarındaki farklılıkların ortaya konulması hedeflenmiştir.

Araştırmanın temel hipotezi, incelenen genotipler arasında fizikokimyasal özellikler bakımından farklılıkların bulunacağı ve bu farklılıkların, ileride yürütülecek ıslah programlarında yüksek kaliteye ve pazarda rekabet gücüne sahip çeşitlerin geliştirilmesinde değerlendirilebileceği yönündedir. Fethiye yöresinden toplanan 15 genotip üzerinde yürütülen bu karakterizasyon çalışmasının, üstün nitelikli genotiplerin belirlenmesi ve yerel genetik kaynakların değerlendirilmesi

açısından önemli katkılar sunması beklenmektedir. Literatürde Türkiye'deki dikenli incir genotiplerinin bu düzeyde karşılaştırmalı analizlerine ilişkin çalışma sayısı sınırlı olduğundan, bu araştırma ıslah çalışmalarına ve genetik kaynakların korunmasına yönelik önemli veri temeli oluşturacaktır.

Yöntem

Bitki Materyali

Çalışma, Türkiye'nin güneybatısında yer alan Muğla ilinin Fethiye ilçesinde yürütülmüştür. Bitki materyalinin belirlenmesi amacıyla, 2025 yılı Ağustos ayı sonunda Fethiye ilçesinin farklı bölgelerinde yoğun dikenli incir popülasyonlarının bulunduğu alanları tespit etmek üzere bir survey çalışması gerçekleştirilmiştir. Arazi gözlemleri sonucunda popülasyonların özellikle Çamköy, Esenköy ve Karaçulha mahallelerinde yoğunlaştığı belirlenmiştir. Seçilen bitkilere ait GPS verileri Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1.

Dikenli incir lokasyon bilgileri

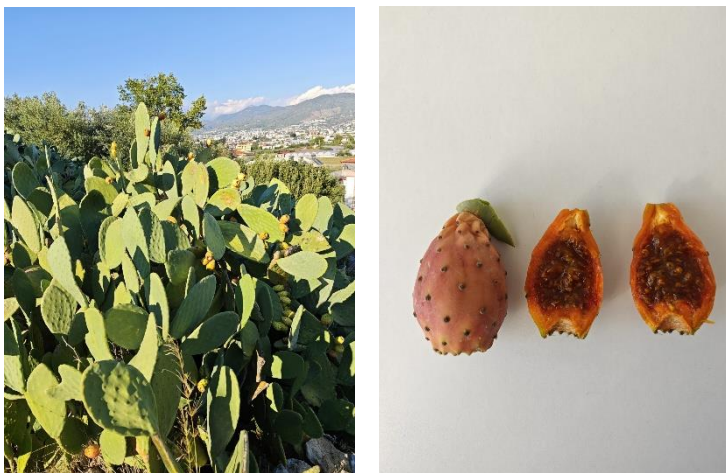
| Genotip Kod | Enlem | Boylam | Mahalle/Mevki |
|-------------|----------------------|---------------------|---------------|
| OP1 | 36°39'37.9" Kuzey | 29°11'14.1" Doğu | Çamköy |
| OP2 | 36°39'38.6" Kuzey | 29°11'12.5" Doğu | Çamköy |
| OP3 | 36°39'36.1" Kuzey | 29°11'16.6" Doğu | Çamköy |
| OP4 | 36°39'28.5" Kuzey | 29°11'47.5" Doğu | Çamköy |
| OP5 | 36°39'41.9" Kuzey | 29°12'37.1" Doğu | Çamköy |
| OP6 | 36°37'49.1" Kuzey | 29°12'47.7" Doğu | Karaçulha |
| OP7 | 36°38'00.7" Kuzey | 29°12'06.0" Doğu | Esenköy |
| OP8 | 36°38'11.4" Kuzey | 29°11'31.7" Doğu | Esenköy |
| OP9 | 36°38'20.9" Kuzey | 29°11'01.6" Doğu | Esenköy |
| OP10 | 36°38'15.2" Kuzey | 29°11'22.9" Doğu | Esenköy |

| | | | |
|------|----------------------|---------------------|---------------------------|
| OP11 | 36°38'19.4" Kuzey | 29°10'40.5" Doğu | Esenköy |
| OP12 | 36°38'24.2" Kuzey | 29°10'41.9" Doğu | Karaçulha-Çalica Mevki |
| OP13 | 36°38'11.1" Kuzey | 29°10'44.3" Doğu | Karaçulha-Çalica Mevki |
| OP14 | 36°38'09.3" Kuzey | 29°10'40.9" Doğu | Karaçulha-Çalica Mevki |
| OP15 | 36°38'11.5" Kuzey | 29°10'40.4" Doğu | Karaçulha-Çalica Mevki |

Morfolojik olarak birbirinden farklılık gösteren, yüksek verim potansiyeline ve iri meyve özelliklerine sahip, hastalık ve zararlı belirtisi göstermeyen, ayrıca farklı lokasyonlarda yer alan 15 dikenli incir (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) genotipi çalışma materyali olarak belirlenmiştir. Her bir genotipten rastgele seçilen 15 adet meyve 24 Eylül 2025 tarihinde hasat edilmiştir. Hasat edilen numuneler aynı gün içerisinde Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fethiye Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Fizyoloji Laboratuvarı'nda bulunan buzdolabına konularak +4 °C'de 24 saat süre ile muhafaza edilmiştir. Meyvelerde hasat sonrası hızlı bozulmayı önlemek amacıyla, örnekler 2–3 cm uzunluğundaki kladod parçaları ile birlikte toplanmıştır. Genotiplere, dikenli incirin bilimsel ismine uygun olarak 1'den 15'e kadar sırasıyla OP1, OP2, ..., OP15 şeklinde kodlar verilmiştir. OP13 genotipinin bitki ve meyve görseli Şekil 1'de sunulmuştur.

Şekil 1.

OP13 genotipinin bitki ve meyve görseli



SÇKM ve Titrasyon Asitliği

Meyve numunelerindeki ölçümler için 3 tekerrür ve her tekerrürde 5 bitki olacak şekilde her genotip için 15 okuma yapılmıştır. Meyvelerin suda çözünebilir kuru madde miktarı (SÇKM) ve titre edilebilir asitliği ATAGO marka (ATAGO CO., LTD., Japan) Brix&ACID hibrit model (pal-BXIACID1) dijital refraktometre kullanılarak yüzde (%) olarak tayin edilmiştir. Ölçümlerde, meyve örneklerinden elde edilen taze meyve suyu kullanılmıştır. Meyve örnekleri temizlendikten sonra rende veya pres yardımıyla sıkılarak suyu çıkarılmış, posalı kısımlar tülbent yardımıyla süzülerek berrak numune elde edilmiştir. Ölçümler oda sıcaklığında (20–25 °C) yapılmıştır. Cihaz ölçüme alınmadan önce prizma yüzeyi distile su ile temizlenmiş ve üretici talimatlarına uygun şekilde kalibrasyon yapılmıştır. Her numune ölçümü öncesinde cihaz yüzeyi temizlenmiş, numuneler arası olası kalıntıların ölçüm sonuçlarını etkilememesi sağlanmıştır. Suda çözünür kuru madde (SÇKM, °Brix) ölçümü için prizma yüzeyine 2–3 damla berrak meyve suyu damlatılmış, hava kabarcığı kalmamasına dikkat edilmiştir. Cihazın "Brix" modunda START tuşuna basılarak ölçüm alınmış, sonuçlar °Brix cinsinden kaydedilmiştir. Titre edilebilir asitlik (TA, % sitrik asit) ölçümü için, cihaz kullanım kılavuzunda belirtilen prosedürlere uygun şekilde kalibrasyon yapılmıştır. Her bir örnekten yaklaşık 1 ml meyve suyu alınmış, üzerine distile su eklenerek toplam hacim 50 ml'ye tamamlanmıştır. Seyreltilmiş numune cihazın prizmasına uygulanmış ve "Acid" modunda ölçüm gerçekleştirilmiştir. Cihaz titrasyon asitliğini % sitrik asit eşdeğeri olarak hesaplamış ve sonucu dijital ekranda göstermiştir. Ayrıca sitrik asit eşdeğerinde elde edilen bu değerler dönüşüm formülü kullanılarak susuz malik asit eşdeğerine çevrilmiştir (Orhan, 2009).

pH ve Askorbik Asit

Meyvelerin pH değerleri ve askorbik asit içerikleri RQflex 20 (Merck, Germany) cihazı kullanılarak değerler reflektometrik olarak tespit edilmiştir (Orhan, 2009).

İstatistiksel Analiz

Fizikokimyasal ve biyokimyasal özelliklerin değerlendirilmesinde elde edilen veriler arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak incelenmesi amacıyla SPSS 20.0 paket programından yararlanılmıştır. Sonuçlar, üç bağımsız tekerrürün ($n = 3$) ortalamasının anlamlı farklılıklarını görmek için harflendirme ile sunulmuştur. Analizlerden önce verilerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro–Wilk testi, varyansların homojenliği ise Levene testi ile değerlendirilmiştir. Normallik ve varyans homojenliği koşullarının sağlandığı durumlarda ($p > .05$), parametrik

istatistiksel yöntemler tercih edilmiştir. Bu kapsamda, gruplar arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla tek yönlü varyans analizi (One-way ANOVA) uygulanmış; farkın hangi gruplardan kaynaklandığını saptamak için Duncan çoklu karşılaştırma testi ($p<,05$) kullanılmıştır. Varsayımlar karşılanmadığında, analiz öncesinde verilere uygun logaritmik veya karekök dönüşümleri yapılmıştır (Blunch, 2012).

Bulgular

Fizikokimyasal Özellikler Bakımından Bulgular

Suda Çözünür Kuru Madde (SÇKM)

SÇKM değerleri genotipler arasında %8,95 (OP15) ile %13,97 (OP11) arasında değişim göstermiş olup, ortalama SÇKM değeri %12,08 olarak tespit edilmiştir (Tablo 2). İstatistiksel analizler, genotipler arasında SÇKM içeriği bakımından oldukça yüksek düzeyde anlamlı farklılıklar olduğunu göstermiştir ($F=26,901$, $p<,05$).

En yüksek SÇKM değerleri sırasıyla OP11 (%13,97), OP1 (%13,80) ve OP3 (%13,60) genotiplerinde belirlenirken, bu genotipler istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. En düşük SÇKM değerleri ise OP15 (%8,95), OP14 (%10,10) ve OP8 (%10,15) genotiplerinde ölçülmüştür. Bu bulgular, dikenli incir genotiplerinde SÇKM içeriği bakımından önemli bir genetik varyasyon potansiyeli olduğunu ortaya koymaktadır.

pH Değerleri

pH değerleri genotipler arasında 3,40 (OP9) ile 4,65 (OP12, OP13, OP15) aralığında değişim göstermiştir (Tablo 2). Ortalama pH değeri 4,40 olarak belirlenmiş olup, istatistiksel analizler genotipler arasında anlamlı farklılıklar olduğunu göstermiştir ($F=5,201$, $p<,05$).

OP9 genotipi 3,40 pH değeri ile diğer tüm genotiplerden istatistiksel olarak anlamlı şekilde ayrılmış ve en düşük pH değerine sahip olmuştur. Diğer genotiplerde pH değerleri 4,30-4,65 aralığında değişim göstermiş olup, bu genotipler istatistiksel olarak benzer gruplarda yer almıştır.

Organik Asit İçeriği

Sitrik Asit

Sitrik asit içeriği genotipler arasında %0,43 (OP14) ile %1,44 (OP2) aralığında değişim göstermiştir (Tablo 2). Ortalama sitrik asit içeriği %0,84 olarak belirlenmiş olup, istatistiksel

analizler genotipler arasında anlamlı farklılıklar olduğunu göstermiştir ($F=3,098$, $p<,05$).

Tablo 2.

Dikenli incir (Opuntia ficus-indica (L.) Mill.) genotiplerinin fiziko-kimyasal özellikleri

| Genotip Kod | SÇKM (%) | Sitrik Asit (%) | Malik Asit (%) | pH | Askorbik Asit (mg/L) |
|-----------------|-----------|-----------------|----------------|--------|----------------------|
| OP1 | 13,80 a | 1,32 ab | 1,38 ab | 4,35 a | 364,00 a |
| OP2 | 13,40 abc | 1,44 a | 1,50 a | 4,35 a | 284,00 b |
| OP3 | 13,60 ab | 0,63 cd | 0,66 cd | 4,40 a | 168,50 fg |
| OP4 | 12,57 cd | 0,77 bcd | 0,81 bcd | 4,45 a | 246,00 bc |
| OP5 | 11,37 e | 0,60 cd | 0,63 cd | 4,55 a | 134,50 g |
| OP6 | 10,47 f | 0,92 a-d | 0,96 a-d | 4,35 a | 227,50 cd |
| OP7 | 11,47 e | 0,75 cd | 0,79 cd | 4,45 a | 156,00 fg |
| OP8 | 10,15 f | 0,67 cd | 0,70 cd | 4,40 a | 188,50 def |
| OP9 | 13,57 ab | 0,48 d | 0,50 d | 3,40 b | 233,00 c |
| OP10 | 11,90 de | 0,77 bcd | 0,81 bcd | 4,30 a | 216,00 cde |
| OP11 | 13,97 a | 1,11 abc | 1,16 abc | 4,50 a | 248,00 bc |
| OP12 | 13,15 abc | 1,16 abc | 1,22 abc | 4,65 a | 223,50 cde |
| OP13 | 12,77 bcd | 0,87 bcd | 0,92 bcd | 4,65 a | 258,00 bc |
| OP14 | 10,10 f | 0,43 d | 0,45 d | 4,60 a | 184,50 ef |
| OP15 | 8,95 g | 0,66 cd | 0,69 cd | 4,65 a | 222,50 cde |
| Ortalama | 12,08 | 0,84 | 0,88 | 4,40 | 223,63 |
| F Değeri | 26,901 | 3,098 | 3,098 | 5,201 | 19,375 |

OP2 genotipi %1,44'lük sitrik asit içeriği ile en yüksek değere sahip olurken, onu OP1 (%1,32) ve OP12 (%1,16) genotiplerinin izlediği gözlemlenmiştir. En düşük sitrik asit içeriği ise OP14 (%0,43) ve OP9 (%0,48) genotiplerinde tespit edilmiştir.

Malik Asit

Malik asit içeriği bakımından genotipler arasında %0,45

(OP14) ile %1,50 (OP2) arasında değişim gözlemlenmiştir (Tablo 2). Ortalama malik asit içeriği %0,88 olarak belirlenmiş olup, sitrik asitte olduğu gibi malik asit içeriği bakımından da genotipler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ($F=3,098, p<,05$).

Malik asit içeriği en yüksek OP2 genotipinde (%1,50) ölçülürken, en düşük değerler OP14 (%0,45) ve OP9 (%0,50) genotiplerinde kaydedilmiştir. Sitrik ve malik asit içerikleri genotipler arasında benzer yönelim göstermektedir; ancak bu çalışmada SÇKM, titrasyon asitliği, askorbik asit ve organik asitler arasında ilişki (korelasyon/regresyon) analiz yapılmadığından, söz konusu paralellik yorumsal düzeydedir.

Biyokimyasal Özellikler Bakımından Bulgular

Askorbik Asit (C Vitamini) İçeriği

Askorbik asit içeriği genotipler arasında 134,50 mg/L (OP5) ile 364,00 mg/L (OP1) arasında önemli ölçüde değişim göstermiştir (Tablo 2). Ortalama askorbik asit içeriği 223,63 mg/L olarak tespit edilmiş olup, genotipler arasında oldukça yüksek düzeyde anlamlı farklılıklar gözlemlenmiştir ($F=19,375, p<,05$).

En yüksek askorbik asit içeriği OP1 genotipinde (364,00 mg/L) belirlenirken, bunu OP11 (248,00 mg/L) ve OP13 (258,00 mg/L) genotipleri izlemiştir. En düşük askorbik asit içeriği ise OP5 (134,50 mg/L) ve OP7 (156,00 mg/L) genotiplerinde ölçülmüştür.

Tartışma

Bu çalışmada belirlenen SÇKM değerleri (%8,95-13,97), Türkiye'nin farklı bölgelerinde yürütölen araştırmalarla dikkat çekici bir uyum sergilemektedir. Adana ve çevresinden selekte edilen genotiplerde %7-15 (Tütöncü, 2014), Doğu Akdeniz Bölgesi'nde %7-14,4 (Zurnacı, 2017) ve Köyceğiz-Ortaca yöresinde %6,40-14,20 (Sert, 2022) aralığında bildirilen SÇKM değerleri, ölkemiz dikenli incir genotiplerinin benzer genetik potansiyele sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Özellikle OP11 genotipinin %13,97'lik SÇKM içeriği ile öne çıkması, bu genotipin tatlılık derecesi bakımından üstün özelliklere sahip olduğuna işaret etmektedir. İngelese (2009)'ın belirttiği üzere, tüketici kabulü için minimum %13 SÇKM değeri önerilmekte olup, çalışmamızda OP1, OP2, OP3, OP9, OP11 ve OP12 genotiplerinin bu standardı karşılaması, söz konusu genotiplerin ticari yetiştiricilik için

önemli potansiyel taşıdığını düşöndürmektedir.

Yapılan çalışmaları ile karşılaştırıldığında, Ak (2006)'nın Mersin, Tarsus, Ceyhan ve Karaisalı'da %10,4-11,0, Dehbi vd. (2014)'nin Fas çeşitlerinde %11,33-15,47, Güzel (2019)'in %5,00-14,10 aralığında bildirdiği SÇKM değerleri, çalışmamızın sonuçlarıyla paralellik göstermektedir. Meksika çeşitlerinde %17-18'e kadar çıkabilen SÇKM değerleri (İngelese, 2009) dikkate alındığında, yerel genotiplerimizin ışlah çalışmaları ile daha da iyileştirilebileceği değerlendirilmektedir.

Organik asit içeriği bakımından genotipler arasında gözlemlenen varyasyon (%0,43-1,44 sitrik asit, %0,45-1,50 malik asit), dikenli incir genetik çeşitliliğinin önemli bir göstergesidir. Stintzing (2002) tarafından belirtildiği gibi, dikenli incir meyvelerinde organik asit profili içinde sitrik asidin baskın rol oynaması, çalışmamızın bulgularıyla muhtemel ilişki olabileceğini göstermektedir.

Ancak, farklı çalışmalarda bildirilen asitlik değerleri arasındaki farklılıklar dikkat çekicidir. Doğu Akdeniz Bölgesi'nde %0,07-0,42 (Zurnacı, 2017), Köyceğiz-Ortaca yöresinde %0,02-0,11 (Sert, 2022) aralığında daha düşük asitlik değerleri bildirilmiştir. Bu farklılıkların temel nedenleri arasında; hasat zamanı, olgunluk derecesi, yetiştirme koşulları ve analiz metodolojisindeki farklılıklar sayılabilir.

Sepulveda ve Saenz (1990) %0,05-0,18, Duru ve Türker (2005) %0,13-0,25, Toplu vd. (2009) %0,12-0,33 aralığında asitlik değerleri bildirmişlerdir. Bu değerler, çalışmamızdaki bulgularla kısmen örtüşmekte olup, genotip x çevre interaksiyonunun organik asit birikimi üzerindeki belirleyici rolünü ortaya koymaktadır.

pH değerleri bakımından genotipler arasında tespit edilen varyasyon (3,40-4,65), dikenli incir meyvelerinin asidik karakterde olduğunu göstermektedir. Özellikle OP9 genotipinin 3,40 gibi oldukça düşük pH değeri, bu genotipin depolama stabilitesi açısından potansiyel avantajlar sağlayabileceğini düşöndürmektedir.

Saenz (1996) tarafından yapılan çalışmada, düşük pH değerlerinin meyve depolama ömrünü uzattığı bildirilmiştir. Bu bağlamda, OP9 genotipinin raf ömrü açısından üstün özelliklere sahip olabileceği değerlendirilmektedir. Literatürdeki diğer çalışmaları karşılaştırıldığında, Coşkuner vd. (2000) tarafından bildirilen 5,4-5,75 aralığındaki doğal pH değerlerinden farklılık göstermesi, genotip x çevre interaksiyonunun bir sonucu olarak yorumlanabilir.

Köyceğiz-Ortaca yöresinde 3,82-6,37 (Sert, 2022), Doğu Akdeniz Bölgesi'nde 4,51-6,22 (Zurnacı, 2017) aralığında

bildirilen pH değerleri, bölgesel farklılıkların pH üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır. Sepulveda ve Saenz (1990)'ın 5,30-7,10, Toplu vd. (2009)'ın 5,25-6,10 aralığındaki bulguları ise çalışmamızın sonuçlarıyla genel anlamda uyumluluk göstermektedir.

Askorbik asit içeriği bakımından genotipler arasında tespit edilen yüksek varyasyon (134,50-364,00 mg/L), genetik ıslah çalışmaları için önemli bir potansiyel oluşturmaktadır. Özellikle OP1 genotipinin 364,00 mg/L askorbik asit içeriği ile öne çıkması, bu genotipin antioksidan kapasite bakımından üstün özelliklere sahip olduğunu düşündürmektedir. Askorbik asit içeriği bulgularımız sıvı matris (özüt/süzüntü) üzerinde yürütülen analizlere dayandığından, yöntemsel bütünlük korunarak mg/L biriminden ifade edilmiştir. Bu nedenle literatürdeki diğer çalışmalarla karşılaştırma yapıldığında, analiz metodolojisi ve birim dönüşümlerinden kaynaklanan farklılıkların ortaya çıktığı görülmektedir. Mevcut bulgularımız, genotipler arasında anlamlı farklılıklar bildirilen çalışmalarla genel eğilim bakımından uyumludur.

Fernandez-Lopez vd. (2010) tarafından İspanya'da 14,50-23,30 mg/100g, Doğan (2019) tarafından 16,60-30,87 mg/100g, Toplu vd. (2009) tarafından 18,04-37,31 mg/100g aralığında bildirilen askorbik asit değerleri, çalışmamızdaki değerlerden oldukça düşüktür. Birim/baz farklılığı nedeniyle bu çalışmalarla doğrudan sayısal karşılaştırma yapılmamış, ancak genotipik ayrışma ve geniş varyasyon aralığı bakımından benzer özellikler gözlenmiştir. Ayrıca hasat zamanı/çevresel koşulların etkisine işaret eden bulgularla da sonuçlarımız örtüşmektedir. Eroğlu vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada, hasat zamanına bağlı olarak askorbik asit içeriğinde önemli değişimler gözlemlenmiştir. Temmuz ayında 98,81 mg/100g, Ekim ayında ise 204,83 mg/100g olarak bildirilen bu değerler, hasat zamanının askorbik asit birikimi üzerindeki kritik rolünü ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, çalışmamızdaki yüksek değerlerin yalnızca metodolojiye bağlı olmayıp; güneşlenme/ışınım süresi, sıcaklık rejimi, toprak özellikleri (organik madde, pH, EC ve beslenme durumu), sulama yönetimi ve taç konumu gibi yetiştirme koşulları ile meyve olgunluk aşaması ve örnekleme zamanına (gün içi değişkenlik dâhil) da bağlı olarak şekillenmiş olabileceğini değerlendirilmektedir.

Çalışmadan elde edilen bulgular, dikenli incir genotiplerinde meyve kalite parametreleri bakımından oldukça zengin bir genetik varyasyon bulunduğunu ortaya koymuştur. Bu varyasyon hem yerel gen kaynaklarının korunması hem de ıslah çalışmaları açısından büyük önem taşımaktadır.

Inglese vd. (1995) tarafından vurgulandığı gibi, SÇKM

miktarının çevresel faktörlerden (iklim, toprak özellikleri, yetiştirme teknikleri) oldukça fazla etkilenmesi, farklı ekolojilerde yapılan çalışmalardaki değer farklılıklarını açıklayabilmektedir. Karaçalı (2012) tarafından belirtildiği üzere, SÇKM içeriği iklim, toprak ve yetiştirme koşulları gibi birçok faktörden etkilenmekte olup, bu durum üstün özellikli genotiplerin farklı ekolojilerdeki performanslarının değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Sepulveda ve Sáenz (1990) tarafından belirtildiği üzere, dikenli incir meyvelerinin yüksek şeker içeriği ve düşük asitlilik derecesi, meyvelerin tatlı olmasını sağlamaktadır. Çalışmamızda tespit edilen yüksek SÇKM içeriğine sahip genotipler (OP1, OP11, OP3), tüketici tercihleri açısından önemli potansiyel taşımaktadır.

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma, dikenli incir (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) genotiplerinde meyve kalite özellikleri bakımından belirgin bir genetik çeşitlilik bulunduğunu ortaya koymuştur. Fethiye (Muğla) bölgesinden temin edilen on beş farklı genotip üzerinde yürütülen çalışmalar, incelenen parametrelerde kayda değer bir varyasyon olduğunu kanıtlamıştır. Elde edilen bulgular, söz konusu genetik zenginliğin ıslah çalışmalarında verimli bir şekilde değerlendirilebileceğine işaret etmektedir. Analiz sonuçlarına göre, genotipler arasında SÇKM (suda çözünür kuru madde) oranı %8,95 ile %13,97, organik asit içeriği %0,43 ile %1,50, pH değerleri ise 3,40 ile 4,65 aralığında değişkenlik göstermiştir. Askorbik asit miktarı ise 134,50 mg/L ile 364,00 mg/L arasında farklılık sergilemiştir. Bu parametrelere ilişkin istatistiksel olarak anlamlı farklar, genotiplerin farklı kullanım amaçları doğrultusunda değerlendirilmesine olanak tanımaktadır. Özellikle OP11, OP1 ve OP3 genotipleri yüksek SÇKM içerikleri nedeniyle tatlılık özellikleri ön planda olan ürünlerin geliştirilmesinde kullanılabilir. OP2 genotipi ise yüksek organik asit içeriği sayesinde gıda işleme endüstrisinde değerlendirilebilecek potansiyel taşımaktadır. Düşük pH değeriyle öne çıkan OP9 genotipinin raf ömrü uzun ürünlerde, yüksek askorbik asit içeriğine sahip OP1 genotipinin ise fonksiyonel gıda ve antioksidan kaynağı olarak kullanımı önerilmektedir.

Çalışmanın sonuçları doğrultusunda, dikenli incir genetik kaynaklarının ıslah programlarında etkin şekilde kullanılması, üstün özellik gösteren genotiplerin multlokasyon çalışmaları ile test edilmesi ve moleküler karakterizasyon çalışmaları ile desteklenmesi önerilmektedir. Ayrıca, türün düşük su gereksinimi ve kuraklığa karşı gösterdiği dayanıklılık dikkate alındığında, dikenli incirin Türkiye'nin tarımsal üretim

sistemleri içinde sürdürülebilir ve alternatif bir meyve türü olarak değerlendirilmesinin uygun olacağı değerlendirilmektedir.

Etik Komite Onayı: Bu çalışma için etik komite onayına gerek yoktur.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Yazar Katkıları: Konsept- HİS; Tasarım - HİS; Denetim - HİS; Kaynaklar - EU; Malzemeler - HİS; Veri Toplama ve/veya İşleme - HİS, EU; Analiz ve/veya Yorum - EU; Literatür Taraması - EU; Yazma - HİS, EU; Eleştirel İnceleme - HİS, E,U.

Çıkar Çatışması: Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan etmiştir.

Finansal Destek: Yazarlar, bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

Yapay Zeka Kullanımı: Yazar yapay zeka destekli uygulamaları kullanmadığını beyan etmiştir.

Ethics Committee Approval: This study does not require ethics committee approval.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Author Contributions: Concept - HİS; Design - HİS; Supervision - HİS; Resources - EU; Materials - HİS; Data Collection and/or Processing - HİS, EU; Analysis and/or Interpretation - EU; Literature Review - EU; Writing - HİS, EU; Critical Review - HİS, EU.

Conflict of Interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Financial Disclosure: The authors declared that this study has received no financial support.

Use of Artificial Intelligence: The author has stated that they do not use AI-powered applications.

Kaynaklar

- Abou-Zaid, A., Nadia, I., Ramadan, M. T., & Nadir, A. (2013). Quality evaluation of sheets, jam and juice from prickly pear and melon blends. *Life Science Journal*, 10(2), 200-208.
- Ak, B. E. (2006). Cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L.) in Turkey: Growing regions and pomological traits of cactus pear fruits. *Acta Horticulturae*, 728, 51-54.
- Albano, C., Negro, C., Tommasi, N., Gerardi, C., Mita, G., Miceli, A., De Bellis, L., & Blando, F. (2015). Betalains, phenols and antioxidant capacity in cactus pear [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.] fruits from Apulia (South Italy) genotypes. *Antioxidants*, 4(2), 269-280.
- Andreu-Coll, L., Cano-Lamarid, M., Sendra, E., Carbonell-Barrachina, A., Legua, P., & Hernandez, F. (2019). Fatty acid profile of fruits (pulp and peel) and cladodes (young and old) of prickly pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) from six Spanish cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*, 84, 103294.
- Belviranlı, B. (2016). *Hint inciri (Opuntia ficus-indica (L.)) meyvesi ve tohumlarının bazı fiziko-kimyasal özellikleri üzerine lokasyonun etkisi*. [Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Blunch, N. J. (2012). *Introduction to structural equation modeling using IBM SPSS statistics and AMOS*. Sage

Publications.

- Corral-Aguayo, R. D., Yahia, E. M., Carillo-Lopez, A., & Gonzalezaguilar, G. (2008). Correlation between some nutritional components and the total antioxidant capacity measured with six different assays in eight horticultural crops. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 10498-10504.
- Coskuner, Y., Turker, N., Ekiz, H. I., Aksay, S., & Karababa, E. (2000). Effect of pH and temperature on the thermostability of prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) yellow-orange pigments. *Food/Nahrung*, 44(4), 261-263.
- Dehbi, F., Hasip, A., Elbatal, H., & Jaouad, A. (2014). Physicochemical characteristics of Moroccan prickly pear juice (*Opuntia ficus indica* L.). *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 4(4), 300-306.
- Doğan, N. (2019). *Dikenli incir (Opuntia ficus-indica) meyvesinin bazı fizikokimyasal ve fonksiyonel özelliklerinin belirlenerek gıda sanayisinde kullanım olanaklarının araştırılması*. [Yüksek lisans tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Duru, B., & Türker, N. (2005). Changes in physical properties and chemical composition of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) during maturation. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 7, 22-33.
- Elhassaneen, Y., Ragab, S., & Mashal, R. (2016). Improvement of bioactive compounds content and antioxidant properties in crackers with the incorporation of prickly pear and potato peels powder. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 5(1), 53-61.
- El-Mostafa, K., El Kharrassi, Y., Asmaa, B., Andreoletti, P., Vamecq, J., El Kebbij, M. S., Latruffe, N., Nasser, B., Cherkaoui-Malki, M., & Lizard, G. (2014). Nopal cactus (*Opuntia ficus-indica*) as a source of bioactive compounds for nutrition, health and disease. *Molecules*, 19, 14879-14901.
- Eroğlu, E., Arslan, R., Güleç, A., & Aksay, S. (2021). Determination of physical and physicochemical properties of prickly pear (*Opuntia ficus-indica* L.). *Journal of Food Processing and Preservation*, 45, e15990.
- Fernández-López, J. A., Almela, L., Obón, J. M., & Castellar, R. (2010). Determination of antioxidant constituents in cactus pear fruits. *Plant Foods for Human Nutrition*, 65(3), 253-259.
- Feugang, J., Konarski, P., Zou, D., Stintzing, F., & Zou, C. (2006). Nutritional and medicinal use of cactus pear (*Opuntia* spp.) cladodes and fruits. *Frontiers in Bioscience*, 11(1), 2574-2589.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2018). *Crop Ecology, Cultivation and Uses of Cactus Pear* (P. Inglese, C. Mondragon, A. Nefzaoui, & C. Saenz, Eds.).

- FAO.
- Garcia, F., Coll, L., Cano-Lamadrid, M., Lluch, D., Barrachina, A., & Murcia, P. (2020). Valorization of prickly pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.): Nutritional composition, functional properties and economic aspects. In *Invasive Species - Introduction Pathways, Economic Impact and Possible Management Options*
- Güzel, Ü. (2019). *Mersin ve çevresinde yetişmekte olan bazı dikenli incirlerde (Opuntia ficus-indica L.) en uygun hasat dönemlerinin saptanması*. [Yüksek lisans tezi, Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Halmi, S., Benlakssira, B., Bechtarzi, K., Djerrou, Z., Djeaalab, H., Riachi, F., & Hamdi Pacha, Y. (2012). Antihyperglycemic activity of prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) aqueous extract. *International Journal of Medicinal Aromatic Plants*, 2, 540-543.
- Inglese, P., Barbera, G., & La Manita, T. (1995). Research strategies for the improvement of cactus pear (*Opuntia ficus indica*) fruit quality and production. *Journal of Arid Environments*, 29(4), 455-468.
- Inglese, P., Barbera, G., Gugliuzza, G., & Liguari, G. (2009). Ecophysiology and fruit production of cultivated cacti. In *Perspectives in Biophysical Plant Ecophysiology: A Tribute to Park S. Nobel* (pp. 153-166).
- Jimenez-Aguilar, D. M., Müjica-Paz, H., & Welte-Chanes, J. (2014). Phytochemical characterization of prickly pear (*Opuntia* spp.) and of its nutritional and functional properties: A review. *Current Nutrition & Food Science*, 10(1), 57-69.
- Karaçalı, İ. (2012). *Bahçe ürünlerinin muhafaza ve pazarlanması* (8. baskı). Ege Üniversitesi Basımevi.
- Kigel, J. (1995). Seed germination in arid and semi-arid regions. In J. Kigel & G. Galili (Eds.), *Seed Development and Germination* (pp. 645-699). Marcel Dekker.
- Omar, A., ElSayed, A., & Mohamed, A. (2021). Genetic diversity and ecotypes of *Opuntia* spp. In *Opuntia spp.: Chemistry, Bioactivity and Industrial Applications* (pp. 181-199). Springer, Cham.
- Orhan, E. (2009). *Oltu ve Olur ilçelerinde yetiştirilen dutların (Morus spp.) seleksiyon yoluyla seçimi ve seçilen tiplerde genetik akrabalığın RAPD yöntemiyle belirlenmesi* (Tez No: 244775). [Doktora tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü]. YÖK Tez Merkezi.
- Piga, A. (2004). Cactus pear: A fruit of nutraceutical and functional importance. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 6, 9-22.
- Saenz, C., Mecklenburg, P., Estevez, A., & Sepulveda, E. (1996). Natural liquid sweetener from cactus pear: Obtention and characteristics. In *International Congress on Cactus Pear and Cochineal* (pp. 135-138).
- Sepulveda, E., & Saenz, C. (1990). Chemical and physical characteristics of prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) pulp. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos*, 30(4), 551-555.
- Sert, T. (2022). *Köyceğiz ve Ortaca yöresinde doğal olarak yetişen dikenli incir (Opuntia ficus-indica L.) genotiplerinin morfolojik ve pomolojik karakterizasyonu*. [Yüksek lisans tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı].
- Stintzing, F., Schieber, A., & Carle, R. (2002). Identification of betalains from yellow beet (*Beta vulgaris* L.) and cactus pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) by high-performance liquid chromatography-electrospray ionization mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 2302-2307.
- Toplu, C., Serçe, S., Ercişli, S., Kamiloğlu, Ö., & Şengül, M. (2009). Phenotypic variation in physico-chemical properties among cactus pear fruits (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) from Turkey. *Pharmacognosy Magazine*, 5(20), 400-406.
- Tütüncü, M. (2014). *Adana ve çevresinden selekte edilen dikenli incirlerin (Opuntia ficus-indica (L.) Mill.) fenolojik, morfolojik ve pomolojik özellikleri ile moleküler yapısının belirlenmesi*. [Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı].
- United States Department of Agriculture. (2018). *FoodData Central: Prickly pears, raw*. Retrieved from <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/167750/nutrients>
- Uzun, H., & Şengül S. (1994). Frenk İnciri Yetiştiriciliği. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7, 73-89.
- Yahia, E. M., & Sáenz, C. (2011). Cactus pear (*Opuntia* species). In *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits* (pp. 290-331). Woodhead Publishing.
- Zurnacı, M. (2017). *Doğu Akdeniz bölgesinde dikenli incir (Opuntia ficus-indica (L.) Mill.) tür içi çeşitliliğinin morfolojik ve moleküler olarak incelenmesi* (Tez No: 463892). [Yüksek lisans tezi, ESOGÜ Fen Bilimleri Enstitüsü].