

Kavunda Raf Ömrü ve Aromanın Fizyolojik ve Genetik Temelleri

Nursal KOCA^{1,*}

¹Kırıkkale Üniversitesi Delice MYO, Organik Tarım Programı, Kırıkkale, Türkiye

*Sorumlu Yazar e-mail: nursalkoca@kku.edu.tr

ORCID: (0000-0002-6332-6230)

Makale Bilgileri	ÖZ
<p>Makale Geçmişi Geliş: 24.11.2022 Kabul: 16.06.2023 Yayın: 30.06.2023</p> <p>Anahtar Kelimeler: <i>Cucumis melo</i>, Kalite, Raf Ömrü, Olgunlaşma, Etilen</p>	<p><i>Cucurbitaceae</i> familyasının <i>Cucumis</i> cinsi içerisinde yer alan Kavun (<i>C. melo</i>), tek yıllık otsu bir bitki olup, Dünyada ve Türkiye’de yetiştirilen ekonomik anlamda değerli bir türdür. Dünya nüfusunun artışıyla beraber, tüketici taleplerindeki değişiklikler özellikle tat, aroma gibi kalite özellikleri yüksek olan ürünlere olan ilginin artması meyve kalite özellikleri ile ilgili çalışmalara yön vermektedir. Türkiye açısından da önemli ve ekonomik bir paya sahip olan kavun meyvesinin satın alınabilirliği renk, tat, aroma gibi özelliklerine bağlı olarak gerçekleşmektedir. Bu özellikler tüketiciler tarafından algılanan meyve kalitesinin başlıca belirleyicilerindendir. Bu unsurlar dikkate alındığında raf ömrünün uzun olması da bu özellikleri korunması açısından önemlidir.</p> <p>Derlemenin amacı hem tüketicilerin hem üreticilerin kaybettikleri tatlara dönüş sağlamak için meyve kalite özellikleri üzerine yapılacak çalışmalara kaynak oluşturmak, kavun çeşitlerindeki türe özgü özelliklerin korunmasını sağlamak, yüksek kalite ve uzun raf ömrüne sahip yeni kültürlerin yetiştirilmesini için tat, aroma, raf ömrü gibi unsurların fizyolojik ve genetik mekanizmasının incelenip ıslah çalışmalarına katkı sağlamaktır. Bu amaçla son yıllarda konuya ilişkin yapılan çalışmalar ele alınmıştır.</p>

Shelf Life and Aroma Physiological and Genetic Basis of in Melon

Article Info	ABSTRACT
<p>Article History Received: 24.11.2023 Accepted: 16.06.2023 Published: 30.06.2023</p> <p>Keywords: <i>Cucumis melo</i> Quality Shelf-Life Maturity Etylene</p>	<p>Melon, which is in the cucumis genus of the Cucurbitaceae family and an annual herbaceous plant is an economically precious species grown in the world and in Turkey. With the increase in world population, changes in consumer demands- especially increasing interest in products with high quality characteristics such as taste and flavour- led the studies on fruit quality characteristics. The affordability of the melon fruit, which has an important and economical share in Turkey, depends on its characteristics such as color, taste and flavour. These characteristics are among the main determinants of fruit quality perceived by consumers. Considering these factors, long shelf life is also important in terms of preserving these properties.</p> <p>The purpose of the review, is to give direction to studies on fruit quality characteristics in order to return to the tastes lost by both consumers and producers, to ensure the preservation of (species-specific) characteristics in melon varieties, to contribute to the examination of the physiological and genetic mechanisms of factors such as taste, aroma and shelf life in order to grow new cultures with high quality and long shelf life. For this purpose, the studies carried out on the subject in recent years have been discussed.</p>



Atf/Citation: Koca, N. (2023). Kavunda Raf Ömrü ve Aromanın Fizyolojik ve Genetik Temelleri, *Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi*, 3(1), 33-42.

GİRİŞ

Kavun (*Cucumis melo* L.), Cucurbitaceae familyasının 965 türünün en önemlilerinden biri olup çeşitli tipler içermesi ve ticari olarak önemli bir sebze olmasından dolayı öne çıkan bir türdür (Christenhusz ve Byng, 2016). Farklı coğrafik anavatana sahip yabani ve kültüre alınan birçok kavun tipi ekonomik bir öneme de sahiptir (Pitrat ve ark., 2000). Bu türler içinde yüksek derece morfolojik ve genotipik farklılıklar bulunmaktadır (Sarı ve Solmaz, 2007; Şensoy ve ark., 2007; Ermiş ve Aras, 2017).

Kavun, dünyadaki en eski meyvelerden biridir ve yetiştiriciliği eski Mısır'da yaklaşık MÖ 3700 ve 3500'e kadar dayandırılmıştır (van Zeist ve de Roller, 1993; El Hadidi ve Hosni, 1996; Janick ve ark., 2007; Paris, 2016). Kavunun kültüre alınma tarihi, Afrika ve Asya'da aynı zamana denk gelmesi sebebiyle bir fikir birliği sağlanamamış ve hala tartışılmaktadır (Xu ve ark., 2022). Kültüre alınan kavunların çoğu, iki yabani tür *C. melo* ssp. *melo* ve *C. melo* ssp. *melooides*'den evrilmiştir. *Melooides* alt türü Afrika'da yaygın olup Sudan bölgesinde yetişen 'Tibish' ve 'Fadasi' kavunlarının meydana gelmesini sağlamıştır. Alt tür *melo* ise Asya ile sınırlıdır ve dünya çapında yetiştirilen tüm modern çeşitlerin ortaya çıkmasına katkı sunmuştur (Chomicki ve ark., 2019). Ayrıca Asya kavunları yabani kavun olarak da bilinen *C. melo* alt türü *agrestis*'e ait çeşitleri de içermektedir. (Lian ve ark., 2021). Bu iki alt türden *agrestis*'ten 5, *melo*'dan ise 11 varyete ile toplam 16 gruba sahip oldukları bilinirken son dönemde yapılan çalışmalar bu sayıyı 19 olarak bildirmektedir (Xu ve ark., 2022).

Sebzelerin, tüketici tercihini yönlendiren birçok kalite özelliği vardır. (Karaağaç ve ark., 2018). Sebzelerde kalite unsurları; görünüş (irilik, şekil, renk, dış kusur), yapı, organoleptik özellikler (tat ve aroma) ve fonksiyonel özellikler (karotenoidler, vitaminler, fenolik bileşikler ve mineraller) bakımından dört temel sınıfa ayrılmıştır (Leonardi ve ark., 2017).

Kavun (*Cucumis melo* L.) birçok mineral madde bulundurması ve insan sağlığına yararlı besinleri içermesi nedeniyle önemli bir sebzedir. Tüketicileri; kavunun tat aroma, şeker mika, tat ve aromasından, tekstüründen ve son zamanlarda insan sağlığına faydalı fitokimyasal içeriklerinden dolayı tercih etmektedirler (Lester, 2008; Özgen ve ark., 2014).

Kavunda kalite kriterleri; kabuk ve et rengi, meyve sertliği, iriliği, tat ve aroma, raf ömrü, lifliliği vb. sıralanmaktadır. (Günay, 2005). Kavun, tat ve aroma özellikleri fazla olan bir meyve olarak ifade edilmektedir (Fallik *et al.*, 2001; Sakaldaş ve ark., 2009) Tat, tarımsal ürünlerin kültüre edilmesinde seçim konusu olup; asitlik, şekerler ve uçucu aroma bileşikler tarafından meydana getirilmektedir (Cohen ve ark., 2014).

Bu çalışmanın amacı; kavun meyvelerinde tat, aroma, raf ömrü gibi unsurların fizyolojik ve genetik mekanizmasının incelendiği çalışmaların derlenmesidir.

Fizyolojik Temeller

Aroma, tadı doğrudan etkilediği için kavunda meyve kalite kriterleri arasında büyük öneme sahiptir. Çünkü, aroma tarımsal ürünlere tat ve çeşitlilik kazandıran, ürünlerin pazarda her zaman yüksek fiyatla alıcı bulabilmesine katkı sağlayan tüketicinin tercihini önemli derecede etkileyen bileşendir. İnsanlar tarafından bu aroma bileşenlerinin çok az miktarı dahi duyuşal olarak algılanabilmesi aromanın önemli bir kalite faktörü olduğunu desteklemektedir. Ancak tarımsal ürünlerle ilgili yapılan birçok çalışma incelendiğinde tat, aroma gibi önemli kalite faktörleri çalışmalarda yetersiz kalmış, bu ürünlerin ticari potansiyelleri düşünülmüş ve bu nedenle verim unsurlarını artırıcı çalışmalara daha çok yer verilerek birim alandan fazla miktarda ürün alma amacı sürdürülmüştür (Karaağaç ve ark., 2018).

Kavun meyvelerinde aromatik uçucular, meyve aromasına büyük ölçüde katkıda bulunmakta ve tüketici tercihlerini önemli ölçüde etkileyebilmektedir. Kavun aroması, klimakterik ve klimakterik olmayan çeşitlerle profillenmiş ve 240'tan fazla uçucu tespit edilmiştir (El Hadi ve ark., 2013). Çalışmalarda aromatik uçucuların profillerinin meyve olgunlaşması sırasında nasıl değiştiği hakkında çok az bilgi ortaya konabilmiştir. Gelişme süreci boyunca meyve örnekleri toplanmış ve meyvelerin metabolit profilleri belirlenmiştir. Ayrıca, farklı meyve olgunlaşma aşamalarındaki metabolit seviyeleri ve transkriptler arasındaki korelasyonu değerlendirmek için aynı meyve numuneleri kullanılarak RNA-seq verileri üretilmiştir. Çalışmaların sonucunda kavun meyve metabolitlerinin ve transkriptlerinin, meyve gelişimi sırasında erken aşamadan geç aşamaya net bir geçişe sahip oldukları tespit edilmiştir (Nagashima ve ark., 2021). Erken evre meyveler, bol miktarda lipid türevi GLV ile karakterize edilirken, geç evre meyveler, C9 GLV'ler, apokarotenoidler ve esterler açısından zenginlik de aynı çalışmada elde edilen bir diğer sonuç olmuştur.

Diğer bir meyve kalite unsuru olan raf ömrü, bir gıdanın güvenliği ve meyve kalite özelliklerinin en üst seviyede korunması açısından önem taşımaktadır. Raf ömrü, üretici ve tüketicilerin ilgilendikleri önemli kriterlerden biridir. Hasat sonrası biyokimyasal değişimler ürünün bozulmasına yol açmaktadır. Aynı zamanda yetersiz kalite koşulları da kavun ticaret hacmini sınırlar, pazar kayıpları oluşturur. Bu durum hem üreticiler hem tüketiciler arasında istenmemektedir. Bu nedenle modern kavun yetiştiriciliğinde uzun raf ömrü önemli bir kriter olarak kabul edilmektedir (Manohar ve Murthy, 2012).

Geniş alanlarda üretilen kavunların hasat edildikten sonra kalite özelliklerini kabetmeden depolanması çok önemlidir. Kavun meyvesinin kalitesini etkileyen uzun raf ömrü tüketicinin bakış açısından da kritik öneme sahiptir. Çünkü kavun meyvesinin satın alınabilirliği renk, tat, aroma gibi subjektif özelliklere bağlı olarak gerçekleşmektedir bu nedenle raf ömrünün uzun olması bu özellikleri korunması açısından önemli bir role sahiptir.

Kısa ve uzun raf ömürlü kavun (*Cucumis melo* L.) genotiplerinin hasat ve hasat sonrası depolama sonrasında duyuşal, fizikokimyasal ve uçucu bileşik analizleri üzerine yapılan bir çalışmada, kavun meyveleri tam olgunlukta +5°C'de altı gün depolandıktan sonra incelenmiştir. Çalışmada yer alan tüm genotiplerde toplam uçucu içeriklerin arttığı ve esterlerin daha baskın olduğu tespit edilmiştir. Daha kısa raf ömrüne sahip genotipler, meyvemsi/çiçek/tatlı aroma ile ilgili parametre ve esterler, kükürt içeren bileşikler ve bir terpenoid ile ilişkili klimakterik faz göstermiştir. Daha uzun raf ömrüne sahip genotipler ise sert, tam rengi oluşmamış, yavan aroma/tad ve aldehytler ile ilişkilendirilmiştir. Çok değişkenli regresyon, gelişmiş lezzet özelliklerine ve daha uzun raf ömrüne sahip kavunların yetiştirilmesini hızlandırabilen, lezzet duyuşal algısını öngören temel uçucuları belirlemiştir (Farcuh ve ark., 2020).

Genelde, meyveler, olgunlaşma süresince otomatik katalizör olarak görev yapan etilenin miktarına göre olarak klimakterik veya klimakterik olmayan meyveler olarak sınıflandırılmaktadır. (Mc Murchie et al. 1972). Klimakterik meyve olgunlaşması, etilen üretiminin en üst seviyesine eşlik eden solunum oranının ani artışıyla karakterizedir (Perin et al., 2002; Kays ve Paull, 2004). Bunun tersine klimakterik olmayanlar meyveler, klimakterik olgunlaşan meyvelerden daha az solunum yapar ve etilen etilen artışı geçicidir veya gözlenmez (Lurie ve Klein, 1989; Kays ve Paull, 2004). Klimakterik özellik gösteren kavunların raf ömürleri kısa, etilen üretimleri ise fazla olmaktadır. (Obando-Ulloa ve ark., 2008)

Etilen, iki karbonlu gaz formunda, kendiliğinden üretilen bir bitki hormonudur. Meyveler ve sebzeler üzerinde gelişme, olgunlaşma ve saklama süresince etkisini devam ettirmektedir. Etilen, raf ömrü, nakliye, depolama ve meyve ve sebzelerin kalitesini etkiler (Theologis, 1992).

Etilenin işleyişi net olarak ifade edilmemekte ancak metiyoninden oluştuğu varsayılmaktadır (Sezer ve Ayhan, 2017).

Etilen sentezi süreklilik gösterip; sentezde kavun çeşitleri arasında geniş bir varyasyon gözlenmektedir. Etilen sentezi ile raf ömrü ve aroma arasında yakın bir ilişki bulunmaktadır. Etilen üretimindeki varyasyon, kavun tipleri arasında hasat sonrası farklılıkları oluşturur. Örneğin “Charentais” (Cantalupensis Grup) kavunları olgunlaşmada yüksek etilen senteziyle karakterizedir. Diğer taraftan “Honey Dew” ve diğer uzun raf ömürlü kavun çeşitleri (Inodorous Group) fazla etilen üretmez ve pazarlanabilir olgunluğa gelen bu kavunlarda absiyon bölgesi oluşmaz (Saladie ve ark., 2015). Inodorous grup kavunları, ortam sıcaklığında 7-8 ay depolanabilirken, kantolop ve Reticulatus grup kavunları, klimakterik fazla alakalı hızlı olgunlaşma nedeniyle düşük depolama kabiliyeti ve kısa raf ömrüne (3-4 gün) sahip olmaktadır (Burger ve ark., 2010).

Kavun yetiştiricileri, uçucu ve aroma maddelerine oranla uzun raf ömrüne sahip kavunlar üzerinde durmuştur. Klimakterik kavunların aromaları, esterleri, doymuş ve doymamış aldehytleri ve alkollerini ve kükürt bileşiklerini içeren kompleks bir karışımdan elde edilmektedir. Bu içerikler arasında uçucu esterler nicel olarak en önemlisi olup aromanın ana bileşeni olarak tanımlanmaktadır (Wyllie ve Leach, 1990).

Olgunlaşma süresince solunum ve etilen miktarı yükselen meyveler klimakterik (domates, muz), yükselme göstermeyenler ise klimakterik olmayan (üzüm, çilek) meyveler olarak belirtilmektedir. Klimakterik meyvelerin büyüme ve olgunlaşma dönemleri boyunca bitki büyüme düzenleyicisi etilen, belirgin bir şekilde ortaya çıkarken, klimakterik özellik göstermeyen meyvelerde etilen miktarı hakkında net bilgi verilememektedir. Etilenin meyveler üzerindeki bu bilginin verilmesi genellikle domates üzerindeki yapılan çalışmalar referans (Domatesin genomunda en az 14 ACS geni, 7 tane ACO geni ve 7 tane ERF (etilen reseptör) geni) gösterilerek açıklanmaktadır. (Uluışık, 2018).

Etilen, klimakterik meyvede uçucu üretimin düzenlenmesinde çok önemli bir rol oynar. Transgenik kavun hatlarında uçucu ester üretimi, etilen baskısıyla güçlü bir şekilde baskı altına alınır (Bauchot). Esterlerin üretimindeki son aşama, alkol asil-transferaz (AAT) ile katalize edilir ve kavunlarda AAT'nin alkollerin asatilyasyonundan sorumlu olduğu görülmektedir. Aromatik kavun çeşitlerinde, uçucu esterler, aslında asetat türev olanlar, yüksek AAT aktivitesiyle öne çıkarken, aromatik olmayan kavun çeşitleri daha düşük toplam uçuculuk seviyesine sahiptir özellikle uçucu ester eksikliği ve AAT aktivitesi de yoktur (Shalit ve ark., 2001).

Genetik Temeller

Meyve gelişimi ve olgunlaşması büyümeyi etkileyen genler, ışık ve fitohormonlar dahil olmak üzere çeşitli iç ve çevresel uyarımlara ihtiyaç duyar (Matas ve diğerleri, 2009). Olgunlaşma başlangıcındaki etilen üretimindeki keskin artış, tat, renk, sertlik ve aromada hızlı değişimleri teşvik eder ve meyvenin sert ve olgunlaşmamış halinden yumuşak ve olgunlaşmış haline dönüşmesine sağlar (Seymour ve McGlasson, 1993; Tucker, 1993). Yapılan bir çalışmada kavunda olgunlaşmanın mekanizması iki farklı yolla açıklanmıştır. İlk mekanizma, 1-aminosiklopropan -1-karboksilat (ACC) sentaz (4CS) ve ACC oksidaz (4CO) gibi maddelerin etilen biyosentezi ile ilgili gen ekspresyonunu değiştirerek etilen üretimini azalttığı, diğer mekanizma ise etilen sentezinde genetik bilgi aktarımı ile ilgili genlerin aktivasyonu sonucu meyvelerde etilen hassasiyetinin azalması olarak belirtilmiştir (Sato-Naraetal., 1999; Ezura, 2001).

Meyve olgunlaşması, meyve sertliğini, meyve rengini, aromasını, tadını ve yapısını

değiştiren çeşitli biyokimyasal ve fizyolojik süreçlerle karakterize; genetik olarak programlanmış bir olaydır (Uluişik, 2018).

Kavun ticari olarak önemli bir meyvedir fakat olgunlaşma mekanizmaları domates avokado veya elma gibi ticari önemi yüksek diğer meyvelerle karşılaştırıldığında göreceli olarak daha az çalışılmıştır. Birçok meyve için bilinen erken veya geç hasat edilen türler varken kavunlarda meyve şekline, rengine ve tatlılığına göre bir hasat zamanı tayin edilir. Bütün bu farklılıklar biyokimyasal ve genetik olarak faydalanılan çok geniş bir gen havuzu sunmaktadır. Kavun meyvelerinin endojen ve ekzojen olarak sağlanan etilen üretimine olan tepkisi biyokimyasal olarak çalışılmıştır. Tat, kavun meyvesinin en karakteristik özelliği olduğu için biyokimyasal çalışmalarda, genellikle şeker birikimine odaklanılmıştır. Olgunlaşma süresince kavun meyvelerinin yumuşaklığı hücre duvarının değişimini içerir fakat bu faaliyetle ilgili mekanizma ve enzim henüz tam olarak açıklanamamıştır (Nunez-Palenius ve ark., 2008).

Meyvelerde aromanın oluşma zamanı veya olgun hale gelmesi, solunum esnasındaki ısı artışı ile gerçekleşmektedir. Yu ve ark. (2021) Hami kavununda yaptıkları çalışmada, aromaya benzer şekilde şeker ve diğer besin maddelerinin de sıcaklıktan etkilendiğini; gece gündüz sıcaklık farkının yüksek olduğu durumlarda bu maddelerin oranının arttığını belirtmiştir. Bu dönemde meyve, katabolizma ve aroma oluşumu için metabolik değişim gösterir. Aroma maddeleri, genetik mekanizma tarafından kontrol edilen bitkide yüksek miktarda karbonhidrat, lipit ve proteinlerden meydana gelmektedir (Bayrak, 2006). Meyve aroması şekerlerin, organik asitlerin, fenolikler ve birçok uçucu bileşiklerin karmaşık bir etkileşimine bağlıdır (Tucker, 1993). Genel olarak kavun meyve kalitesi çoğunlukla mezokarp dokudaki hem yüksek şeker seviyesine hem de tada bağlıdır (McCollum, Huber, and Cantliffe, 1988; Shewfelt 1993; Wyllie et al., 1995). Kavunların eşsiz aroması (*Cucumis melo* L.), yağ asitlerinden, karotenoidlerden, amino asitlerden ve terpenlerden biyosentez yoluyla elde edilen birçok uçucu bileşikten oluşur (Yu ve ark., 2021).

Aromatik kavun çeşitleri, uçucu esterler, sülfür içeren aroma bileşikleri, seskiterpenler, norisoprenler, kısa zincirli alkoller ve aldehidler ile birlikte öne çıkarlar. Aromasız çeşitler genellikle çok daha düşük toplam uçucu seviyesine sahiptirler ve uçucu esterlerden yoksundur. Amino asitlerden elde edilen uçucular kavun aromasına önemli katkı sağlamaktadır ve bu uçucular hem aromatik hem de aroatik olmayan çeşitlerde mevcuttur. Aromatik çeşitlerde bu uçucu maddeler çoğunlukla esterlenmiş ve seviyeleri genellikle aromatik olmayan çeşitlerden daha yüksektir. Aromatik olmayan çeşitlerdeki uçucular aldehitler ve alkoller olarak tanımlanmıştır (Gonda ve ark., 2010).

Moing ve ark. (2020), kavun bioçeşitliliğinde metabolamik ve moleküler filogenetik karşılaştırmaları yaptıkları çalışmalarında 44 farklı kavun alt türünde genotipleme ile sekanslama 20,000'den fazla SNP bölgesi; 80,000'den fazla metabolamik ve mineral özelliği keşfedilmiştir. Bu veriler gözönüne alındığında, metabolamik ve mineral özelliklerin uzaklığı ve bunların genetik uzaklıklarının korrelasyonunun tahmin edilmesinin mümkün olduğunu öne sürülmüştür. Çalışma sonucunda genomik, metabolik ve element verilerinin birlikte kullanımının, kavun alt türlerinin cinsiyetler arasındaki tat ve aroma gibi metabolik kalite özelliklerini etkilediği öne sürülmüştür.

Kantolop, Reticulatus ve Inodorus gruplarının olgunlaşan kavunlarında şeker oranını Sakaroz biriktiren genler determine etmektedir. Bu birikim, sakaroz fosfat sentazın çözünür asit invertaza karşı nispi aktivitesi ile belirlenmektedir. Hibrit çeşitlerde ise sakkaroz birikimi tek bir resesif suc geni ile takip edilmektedir (Burger ve ark., 2002). Düşük organik asit içerikleri ise tek bir baskın So geni tarafından belirlenmektedir (Pitrat ve ark., 2000), Rekombinant genotipler

ise yüksek şeker ve düşük pH özellikleri için bağımsız kalıtım göstermektedir. Geliştirilen birkaç kavun genetik haritasında, suda çözünür kuru madde içeriği, sakkaroz içeriği, meyve boyutu ve şekli, klimakterik olgunlaşma, ağ, renk, karoten ve organik asitler dahil olmak üzere meyve özellikleri için kantitatif özellik lokusu (QTL) tanımlanmıştır (Harel-Beja ve ark., 2010). Sakkaroz içeriği için QTL'lerin tanımlanması, herhangi bir lokusun kavun şekeri metabolizmasında yer alan enzimlerin (asit invertaz, sakkaroz sentaz ve sakkaroz fosfat sentaz) üzerine etkili olup olmadığının incelenmesine imkân sağlamıştır. Sakkaroz konsantrasyonu için

Cohen ve ark. (2014), meyve asitliği üzerinde büyük bir etkisi olan tesadüfi bir mutasyondan yararlanarak kavunda pH genini (CmPH) tanımlamıştır. Aynı zamanda, bu genin hıyar ve domateste olan ortologlarının meyve pH'ını kontrol etmede bir rol oynadığı bildirmişlerdir. Elde edilen bilgiler, meyve asitliğini kontrol eden bitkiye özgü genlerin ilk ailesini ortaya koymakta ve meyvelerdeki önemli asitlik özelliğini etkilediğini öne sürmektedir.

Zhang ve ark. (2016), Xinguowei ve Shouxing kavunlarının melezlenmesi ile elde edilen fengewei kavunu üzerine yaptıkları bir çalışmada, tat ile ilgili özelliklerin ebeveyn sekanslanması segregasyon analizi ile incelemişlerdir. Ebeveyn hatları arasında DHL92 referans genomu üzerinde 2,550.000 SNP ve 140000 yapısal farklılık keşfetmişler. Referans genomu üzerinde 61 bölgede kullanılan markerlerin 9'u tat ve aroma özellikleri için ebeveyn genomunda aday gen bölgesi olarak tanımlanmıştır. Çalışma istenilen tat ve aromaya sahip fengewei kavun eldesinde marker destekli seleksiyonun kullanılmasına katkı sağlamıştır.

QTL ile eşlenen genler ve tanımlanmamış diğer yapısal veya düzenleyici genlerin birlikte şeker metabolizmasına dahil olabileceği sonucuna varılmıştır. Cheng ve ark. (2017), kavun bitkilerinden üç şeker taşıyıcısını (CmTST1, CmTST2 ve CmTST3) izole etmiş ve kavun meyvesi gelişimi sırasında CmTST2'nin en yüksek ekspresyon seviyesini sergilediğini ve kavun meyvesinde CmTST2 geninin aşırı ekspresyonunun şeker birikimini arttırdığını göstermiştir.

Yang ve ark. (2020), *C. melo* spp. *agrestis* (HS) ve *Cucumis melo* ssp. *Melo*'da (DHL92) çeşitlerinde gelişen meyvede sakkaroz, fruktoz ve glikoz birikimlerini karşılaştırdıkları çalışmada fruktoz ve glukoz birikimleri, HS ve DHL92 arasında önemli ölçüde farklılık göstermemiş ancak tozlaşmadan 20 gün sonra HS'nin DHL92'den daha az sakkaroz biriktirdiği belirgin bir farklılık ile gözlemlenmiştir. Daha sonra, transkriptom ve DNA metilasyon verilerinin birleşme analizini kullanarak gelişmekte olan meyvelerde ortak diferansiyel olarak eksprese edilen ve metillenmiş genleri tanımlanmıştır. Tozlaşmadan 20 gün sonra meyvelerde bu ortak diferansiyel olarak eksprese edilmiş ve metillenmiş genlerin esas olarak meyve kalitesinde yer alan metabolik süreçlerle ilişkili oldukları tespit edilmiştir.

Mayobre ve ark. (2021), aromanın, kavun meyve kalitesinde temel bir özellik olduğunu ancak karmaşıklığı ve genetik temelinin hala tam olarak anlaşılamadığını ifade etmiş ve meyve kabuğu ile meyve etinde uçucu organik bileşiklerin biyosentezinin altında yatan kantitatif özellik lokuslarının 'Piel de Sapo' (PS) çaprazından bir Rekombinant İç Hat (RIL) popülasyonundan 2 ticari çeşit kullanılarak tanımlamıştır. Gaz kromatografisi-kütle spektrometrisi (GC-MS) ile toplam 82 uçucu organik bileşik tespit edilmiş ve 166 QTL tanımlanmıştır. Temel QTL kümesi, uçucu organik bileşik biyosentezinde önemli bir rolü olan olgunlaşma ile ilgili lokuslar ile birlikte kromozom 8 üzerinde tespit edilmiştir. Esterler, uçucular ve apokarotenoidlerde yer alan kantitatif özellik lokusu kümeleri de tanımlanmış ve etil 3-(metiltio) propanoat ve benzaldehit biyosentezi için aday genler elde edilmiştir. Sonuçlar kavundaki meyve aromasının genetik kökeninin anlaşılması için genetik bilgiler sağlamıştır.

Mangalore kavunu (*Cucumis melo* ssp. *agrestis* var. *acidulus*), besin değerlerinin yüksek,

raf ömrünün uzun ve biyotik stres direncinin fazla olması nedeniyle dünya genelinde kabul gören bir türdür. Yetmiş dokuz Mangalore kavununda genetik çeşitlilik ve basit dizi tekrarı (ISSR) markerlar kullanılarak değerlendirilmiştir. Mangalore kavunundaki uzatılmış raf ömrüne sahip varsayılan aday genler, kavun (*Cucumis melo* L.) ile karşılaştırmalı olarak kantitatif ters transkripsiyon polimeraz zincir reaksiyonu ile incelenmiştir. Raf ömrünün, oda sıcaklığında 65 gün ile 300 gün arasında değiştiği saptanmıştır. Altı ISSR primeri, yüksek çözünürlüklü bir kapiler elektroforez sisteminde marker başına ortalama 23.66 bant ile 80 bp ile 2380 bp arasında değişen 142 fragmanı amplifiye etmiştir. Etilen biyosentezinin (1-aminosiklopropan-1-karboksilat sentaz, 1-aminosiklopropan-1-karboksilat oksidaz) ve hücre duvarı metabolizmasının (poligalakturonaz, ksiloglukan endotransglukosilaz/hidrolaz ve ekspansin) meyve olgunlaşması ile ilgili genleri hasattan 180 gün sonra incelendiğinde Mangalore kavunlarındaki ekspresyonlarının, kültüre edilmiş kavundan önemli ölçüde daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Gunnaiyah ve ark., 2021).

Olgunlaşma, tohum gelişimi ile yakından koordine edilmesi gereken karmaşık bir süreçtir ve meyvede hormonlar, transkripsiyon faktörleri ve epigenetik mekanizmalar aracılığıyla düzenlenmektedir. Yapılan çalışmalar, akrabalı yetiştirme toleransı, verimli sera yayılımı, kısa yaşam döngüsü, transformasyon kolaylığı ve mevcut tam genomik dizisi nedeniyle domatese (*Solanum lycopersicum*) odaklanmıştır. Etilen biyosentez yolunun 1-aminosiklopropan-1-karboksilat (ACC) sentaz (ACS) ve ACCoksidaz (ACO) enzimlerini kodlayan birkaç gen, aynı zamanda etilen tarafından düzenlenirken, meyve olgunlaşması sırasında diferansiyel olarak ifade edilmiştir. Etilenden bağımsız yolların da olgunlaşmada rol oynadığı tespit edilmiştir (Pech ve ark., 2012). Bu, etilenin önce baskıladığı ve daha sonra olgunlaşmayı teşvik ettiği, etilen zirvesine yol açan karmaşık iki aşamalı bir sisteme yol açmaktadır. Bir epigenetik kontrol faktörü olan DNA metilasyonunun da olgunlaşma üzerinde bir etkisi olup tüm genom hipometilasyonunu indüklemek erken olgunlaşma başlangıcını tetikler sonucuna varılmıştır (Lang ve ark., 2017; Sanchez ve ark., 2021).

Kavun, klimakterik yapısı nedeniyle meyve olgunlaşmasının araştırılması için uygun bir sebzedir. Uzun kodlamayan RNA'lar, bitkilerde meyve olgunlaşması, çiçeklenme zamanı düzenlemesi ve abiyotik stres tepkileri gibi birçok önemli biyolojik süreçle ilişkilendirilmiştir. Bununla birlikte, lncRNA'ların *C. melo*'daki olgunlaşma sürecinin altında yatan düzenleyici rollerine ilişkin bilgi büyük ölçüde bilinmemektedir. *Cucumis melo* L. cv.'nin tam transkriptomunun ele alındığı bir çalışmada, dört gelişim aşamasındaki Hetao meyvesi incelenmiştir. lncRNA'ların potansiyel rolü, diferansiyel olarak eksprese edilen hedef genlerin ve ilişkili genlerin işlevine dayalı olarak tahmin edilmiştir (Hao ve ark., 2019)

SONUÇ

Yetiştiricilikte, yüksek verim ve uzun mesafe taşımacılığa adaptasyon ve tüketicilerin talepleri esasen yüksek kalite, aromalı, meyve tadı gibi üreticilerin ihtiyaçları arasında bir çelişki bulunmaktadır. Son yirmi yılda, meyve kalite özellikleri pahasına uzun raf ömrü üzerine ıslah programları yapılmıştır. Bununla birlikte bazı araştırmacılar ve yetiştiriciler kaybettikleri tatlara dönüş sağlamak için meyve kalite özellikleri üzerine çalışmaktadırlar bu sebeple aroma, tat gibi kalite unsurları yüksek olan kısa raf ömrüne sahip çeşitler ile ilgili çalışmalarını artırarak kavun pazar payı ve kalitesi artabilir ayrıca yüksek kalite ve uzun raf ömrüne sahip yeni kültürlerin yetiştirilmesini için tat, aroma, raf ömrü gibi unsurların fizyolojik ve genetik mekanizması incelenip, meyve olgunlaşmasında yer alan spesifik genlerin molekül seviyedeki çalışmaları artırılarak ıslah çalışmalarına katkı sağlanabilir.

KAYNAKÇA

- Ali, E. C. E. (2017). Çankırı ili Kızılırmak ilçesinde kavun yetiştiriciliği. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 10(1), 31-34.
- Aubert, C., & Bourger, N. (2004). Investigation of volatiles in Charentais cantaloupe melons (*Cucumis melo* var. *cantalupensis*). Characterization of aroma constituents in some cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(14), 4522-4528.
- Bayrak, A. (2006). *Gıda Aromaları*, Gıda Teknolojisi Derneği Yayın No: 32. Baran Ofset, Ankara.
- Burger, Y., Paris, H. S., Cohen, R., Katzir, N., Tadmor, Y., Lewinsohn, E., & Schaffer, A. A. (2010). 3 Genetic Diversity of *Cucumis melo*. *Horticultural Reviews*, 36(1), 177-178.
- Burger, Y., Saar, U., Katzir, N., Paris, H. S., Yeselson, Y., Levin, I., & Schaffer, A. A. (2002). A single recessive gene for sucrose accumulation in *Cucumis melo* fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 127(6), 938-943.
- Cheng, J., Wen, S., Xiao, S., Lu, B., Ma, M., & Bie, Z. (2018). Overexpression of the tonoplast sugar transporter CmTST2 in melon fruit increases sugar accumulation. *Journal of Experimental Botany*, 69(3), 511-523.
- Chomicki, G., Schaefer, H., & Renner, S. S. (2020). Origin and domestication of Cucurbitaceae crops: Insights from phylogenies, genomics and archaeology. *New Phytologist*, 226(5), 1240-1255.
- Christenhusz, M. J. M., & Byng, J.W. (2016). The number of known plants species in the world and its annual increase. *Phytotaxa*, 261, 201-217.
- Cohen, S., Itkin, M., Yeselson, Y., Tzuri, G., Portnoy, V., Harel-Baja, R., & Schaffer, A. A. (2014). The PH gene determines fruit acidity and contributes to the evolution of sweet melons. *Nature Communications*, 5(1), 4026.
- El Hadi, M. A. M., Zhang, F. J., Wu, F. F., Zhou, C. H., & Tao, J. (2013). Advances in fruit aroma volatile research. *Molecules*, 18(7), 8200-8229.
- Ermış, S., & Veysel, A. R. A. S. (2017). Kavun (*Cucumis melo* L.) çeşitlerinin morfolojik karakterizasyonu ve akrabalık derecelerinin belirlenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 6, 171-178.
- Ezura, H. (2001). Genetic engineering of melon (*Cucumis melo* L.). *Plant Biotechnology*, 18(1), 1-6.
- Faruh, M., Copes, B., Le-Navenec, G., Marroquin, J., Cantu, D., Bradford, K. J., & Van Deynze, A. (2020). Sensory, physicochemical and volatile compound analysis of short and long shelf-life melon (*Cucumis melo* L.) genotypes at harvest and after postharvest storage. *Food Chemistry: X*, 8, 100-107.
- Gonda, I., Bar, E., Portnoy, V., Lev, S., Burger, J., Schaffer, A. A., & Lewinsohn, E. (2010). Branched-chain and aromatic amino acid catabolism into aroma volatiles in *Cucumis melo* L. fruit. *Journal of experimental botany*, 61(4), 1111-1123.
- Grumet, R., Katzir, N. L., Little H. A., Portnoy, V., & Burger, Y., (2007). New Insights into Reproductive Development in Melon (*Cucumis melo* L.). *International Journal of Plant Developmental Biology*, Global Science Books.
- Guliyev, N., Sharifova, S., Ojaghı, J., Abbasov, M., & Akpaov, Z. (2018). Genetic diversity among melon (*Cucumis melo* L.) accessions revealed by morphological traits and ISSR markers. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 42, 393-401.
- Gunnaiyah, R., Shet, R. M., Lamani, A., Radhika, D. H., & Jagadeesha, R. C. (2021). Genetic diversity assessment and gene expression analysis of prolonged shelf-life genes in Mangalore melon (*Cucumis melo* ssp. *agrestis* var. *acidulus*). *Euphytica*, 217(8), 158.
- Günay, A. (2005). *Sebze yetiştiriciliği*. Cilt-II, Meta Basımevi, İzmir.
- Harel-Beja, R., Tzuri, G., Portnoy, V., Lotan-Pompan, M., Lev, S., Cohen, S., & Katzir, N. (2010). A genetic map of melon highly enriched with fruit quality QTLs and EST markers, including sugar

- and carotenoid metabolism genes. *Theoretical and Applied Genetics*, 121, 511-533.
- Jiménez Sánchez, D. (2021). *Gene editing in melon (Cucumis melo L.) using CRISPR/Cas9 to functionally validate candidate genes for ripening and fruit shape* (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).
- Karaağaç, O., Balkaya, A., & Kafkas, N. E. Y. (2018). Karpuzda (*Citrullus lanatus*) meyve kalitesi ve aroma özellikleri üzerine anaçların etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 33(2), 92-104.
- Kasım, R., & Kasım, M. U. (2007). Sebzelede etilenin önemi ve 1-metilsiklopropan (1-MCP)'in kullanımı. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 22(2), 227-231.
- Kyriacou, M. C., Leskovar, D. I., Colla, G., & Rouphael, Y. (2018). Watermelon and melon fruit quality: The genotypic and agro-environmental factors implicated. *Scientia Horticulturae*, 234, 393-408.
- Lang, Z., Wang, Y., Tang, K., Tang, D., Datsenka, T., Cheng, J., Zhang, Y., Handa, A. K., & Zhu, J. K. (2017). Critical roles of DNA demethylation in the activation of ripening-induced genes and inhibition of ripening-repressed genes in tomato fruit. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114(22), E4511-E4519.
- Lian, Q., Fu, Q., Xu, Y., Hu, Z., Zheng, J., Zhang, A., & Wang, H. (2021). QTLs and candidate genes analyses for fruit size under domestication and differentiation in melon (*Cucumis melo* L.) based on high resolution maps. *BMC Plant Biology*, 21, 1-13.
- Manohar, S. H., & Murthy, H. N. (2012). Estimation of phenotypic divergence in a collection of *Cucumis melo*, including shelf-life of fruit. *Scientia horticulturae*, 148, 74-82.
- Matas, A. J., Gapper, N. E., Chung, M. Y., Giovannoni, J. J., & Rose, J. K. (2009). Biology and genetic engineering of fruit maturation for enhanced quality and shelf-life. *Current opinion in biotechnology*, 20(2), 197-203.
- Mayobre, C., Pereira, L., Eltahiri, A., Bar, E., Lewinsohn, E., Garcia-Mas, J., & Pujol, M. (2021). Genetic dissection of aroma biosynthesis in melon and its relationship with climacteric ripening. *Food Chemistry*, 353, 129484.
- Moing, A., Allwood, J. W., Aharoni, A., Baker, J., Beale, M. H., Ben-Dor, S., & Schaffer, A. A. (2020). Comparative metabolomics and molecular phylogenetics of melon (*Cucumis melo*, Cucurbitaceae) biodiversity. *Metabolites*, 10(3), 121.
- Nagashima, Y., He, K., Singh, J., Metrani, R., Crosby, K. M., Jifon, J., & Koiwa, H. (2021). Transition of aromatic volatile and transcriptome profiles during melon fruit ripening. *Plant Science*, 304, 110809.
- Nunez-Palenius, H. G., Gomez-Lim, M., Ochoa-Alejo, N., Grumet, R., Lester, G., & Cantliffe, D. J. (2008). Melon fruits: genetic diversity, physiology, and biotechnology features. *Critical Reviews in Biotechnology*, 28(1), 13-55.
- Obando-Ulloa, J. M., Moreno, E., García-Mas, J., Nicolai, B., Lammertyn, J., Monforte, A. J., & Fernández-Trujillo, J. P. (2008). Climacteric or non-climacteric behavior in melon fruit: 1. Aroma volatiles. *Postharvest Biology and Technology*, 49(1), 27-37.
- Ozgen, Ş., Sekerci, S., & Korkut, R. (2014). Honeydew yetiştiriciliğinde organik ve inorganik gübre kaynaklarının fitokimyasal değişimler üzerine etkisi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2014(1), 104-110.
- Pech, J. C., Bouzayen, M., & Latché, A. J. P. S. (2008). Climacteric fruit ripening: ethylene-dependent and independent regulation of ripening pathways in melon fruit. *Plant Science*, 175(1-2), 114-120.
- Pech, J. C., Purgatto, E., Bouzayen, M., & Latché, A. (2012). Ethylene and fruit ripening. Annual Plant Reviews. *The Plant Hormone Ethylene*, 44, 275-304.
- Pichot, C., Djari, A., Tran, J., Verdenaud, M., Marande, W., Huneau, C., & Bendahmane, A. (2022). Cantaloupe melon genome reveals 3D chromatin features and structural relationship with the

- ancestral Cucurbitaceae karyotype. *Isience*, 25(1), 103696.
- Pitrat, M., Hanelt, P., & Hammer, K. (2000, March). *Some Comments on Intraspecific Classification of Cultivars of Melon*. VII Eucarpia Meeting on Cucurbit Genetics and Breeding 510 (pp. 29-36).
- Rouphael, Y., Venema, J. H., Edelstein, M., Savvas, D., Colla, G., Ntatsi, G., & Schwarz, D. (2017). *Vegetable Grafting: Principles and Practices*.
- Sakaldaş, M., Kuzucu, C. Ö., & Kaynaş, K. (2009). Hasat sonrası 1-Methylcyclopropane uygulamalarının farklı sıcaklık derecelerinde depolanan kavunlarda (*Cucumis melo* L. cv. Dellteks F1) meyve kalitesi üzerine olan etkileri. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4(1), 1-9.
- Saladié, M., Cañizares, J., Phillips, M. A., Rodriguez-Concepcion, M., Larrigaudière, C., Gibon, Y., & Garcia-Mas, J. (2015). Comparative transcriptional profiling analysis of developing melon (*Cucumis melo* L.) fruit from climacteric and non-climacteric varieties. *BMC genomics*, 16(1), 1-20.
- Sezer, E., & Ayhan, Z. (2017). Meyve ve sebzelerde etilen tutucu içeren aktif ambalajlama sistemlerinin uygulanması ve raf ömrüne etkisi. *Akademik Gıda*, 15(2), 182-191.
- Shalit, M., Katzir, N., Tadmor, Y., Larkov, O., Burger, Y., Shalekhet, F., & Lewinsohn, E. (2001). Acetyl-CoA: alcohol acetyltransferase activity and aroma formation in ripening melon fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(2), 794-799.
- Tian, Y., Bai, S., Dang, Z., Hao, J., Zhang, J., & Hasi, A. (2019). Genome-wide identification and characterization of long non-coding RNAs involved in fruit ripening and the climacteric in *Cucumis melo*. *BMC Plant Biology*, 19(1), 1-15.
- Uluşık, S. (2018). Olgunlaşan meyvede dokuyu düzenleyen moleküler mekanizmalar. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 11(1), 49-55.
- Wyllie, S. G., & Leach, D. N. (1990). Aroma volatiles of *Cucumis melo* cv. Golden Crispy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38(11), 2042-2044.
- Xu, L., He, Y., Tang, L., Xu, Y., & Zhao, G. (2022). Genetics, Genomics, and Breeding in Melon. *Agronomy*, 12(11), 2891.
- Yang, J., Deng, G., Lian, J., Garraway, J., Niu, Y., Hu, Z., & Zhang, M. (2020). The chromosome-scale genome of melon dissects genetic architecture of important agronomic traits. *Isience*, 23(8), 101422.
- Zhang, H., Yi, H., Wu, M., Zhang, Y., Zhang, X., Li, M., & Wang, G. (2016). Mapping the flavor contributing traits on "Fengwei melon" (*Cucumis melo* L.) chromosomes using parent resequencing and super bulked-segregant analysis. *PLoS One*, 11(2), e0148150.
- Zhong, S., Fei, Z., Chen, Y. R., Zheng, Y., Huang, M., Vrebalov, J., & Giovannoni, J. J. (2013). Single-base resolution methylomes of tomato fruit development reveal epigenome modifications associated with ripening. *Nature Biotechnology*, 31(2), 154-159.
- Zhou, L., Tian, S., & Qin, G. (2019). RNA methylomes reveal the m⁶A-mediated regulation of DNA demethylase gene SIDML2 in tomato fruit ripening. *Genome Biology*, 20, 1-23.