

PAPER DETAILS

TITLE: Dogu Karadeniz Bölgesinden Seçilmiş Bazi Yerel Elma Çesitlerinin Optimum Hasat Zamanlarinin Belirlenmesi

AUTHORS: Namik YER,Veli ERDOGAN

PAGES: 67-76

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2652533>

Doğu Karadeniz Bölgesi Orjinli Bazı Yerel Elma Çeşitlerinin Hasat Zamanlarının Belirlenmesi

Namık YER¹ , Veli ERDOĞAN^{2*} 

¹Çaykur, Müftü Mah., Menderes Bulvarı, Rize

²Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Keçiören, Ankara

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author
E-mail: verdogan@agri.ankara.edu.tr

Araştırma Makalesi/Research Article
Geliş Tarihi/Received: 15.09.2022
Kabul Tarihi/Accepted: 13.11.2022

ÖZ

Bu çalışma, Alya ve 208 nolu yerel elma çeşitleri ile Golden Delicious Reinders'ın (kontrol) hasat zamanlarının belirlenmesi amacıyla 2017 ve 2018 yıllarında gerçekleştirilmiştir. Denemede ince iğ şekli verilmiş M9 anacı üzerindeki sekiz yaşlı ağaçlar kullanılmıştır. Meyve örnekleri beşer gün arayla birinci yılda beş ve ikinci yılda dört kez alınmıştır. Çiçeklenme ve hasat olgunluğu tarihleri yüksek hava sıcaklıkları nedeniyle ikinci yılda yaklaşık iki hafta öne gelmiştir. Optimum hasat tarihi klimakterik minimumun esas alınarak belirlenmiştir. Alya, 208 ve Golden Delicious Reinders çeşitlerinin optimum hasat tarihi 2017 yılında sırasıyla 30 Ağustos, 25 Ağustos ve 30 Ağustos, 2018 yılında ise sırasıyla 6 Eylül, 11 Eylül ve 11 Eylül tarihleri olarak kaydedilmiştir. Çeşitlerin 2017 yılında tam çiçeklenmeden hasada kadar geçen gün sayısı sırasıyla 130 - 141 - 140 gün; meyve eti sertliği (MES) sırasıyla 10,48 - 8,23 - 7,45 kg.cm²; suda çözünabilir kuru madde miktarı (SÇKM) sırasıyla %10,38 - 11,27 - 9,52; titre edilebilir asitlik (TEA) sırasıyla %0,42 - 0,27 - 0,47; nişasta indeksi (NI) sırasıyla 4,67 - 4,67 - 5,50 ve Streif indeksi (SI) sırasıyla 0,149 - 0,124 - 0,068 olarak belirlenmiştir. Bu çeşitlerde 2018 yılında sırasıyla tam çiçeklenmeden hasada kadar geçen gün sayısı 132 - 150 - 146 gün; MES 11,62 - 9,47 - 8,96 kg.cm²; SÇKM %11,05 - 11,50 - 13,15; TEA %0,47 - 0,28 - 0,56; NI 5,00 - 5,33 - 7,00 ve SI 0,194 - 0,127 - 0,148 olarak gerçekleşmiştir. Perlum ve Thiault indekslerinin bu çeşitler için uygun sonuç vermediği saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Elma, Solunum hızı, SÇKM, TEA, Nişasta indeksi, Hasat indeksi

Determination of Harvest Dates of Some Local Apple Cultivars from Eastern Black Sea Region

ABSTRACT

This study was carried out to determine the harvest dates of local apple cultivars of Alya and #208 and Golden Delicious Reinders (control) in 2017 and 2018. Eight-years-old trees which trained with slender spindle shapes on M9 rootstock were used in the experiment. Fruits samples were taken with 5 day intervals, and 5 and 4 samples were collected in the first and second year, respectively. The high air temperatures in 2018 resulted in advancement of flowering and harvest maturity dates for about two weeks. The climacteric minimum was used to determine the harvest date. Alya, #208 and Golden Delicious Reinders had optimum harvest dates of August 30, August 25 and August 30, respectively, in 2017 and September 6, September 11 and September 11, respectively, in 2018. The sum of days from full bloom to harvest was 130 - 141 - 140; fruit firmness (FF) was 10.48 - 8.23 - 7.45 kg.cm²; soluble solids content (SSC) was 10.38 - 11.27 - 9.52%; titratable acidity (TA) was 0.42 - 0.27 - 0.47%; starch index (SI) was 4.67 - 4.67 - 5.50 and Streif index (SFI) was 0.149 - 0.124 - 0.068, respectively in 2017. These values in 2018 were 132 - 150 - 146 for the sum of days from full bloom to harvest; 11.62 - 9.47 - 8.96 kg.cm² for FF; 11.05 - 11.50 - 13.15% for SSC; 0.47 - 0.28 - 0.56% for TA; 5.00 - 5.33 - 7.00 for SI, and 0.194 - 0.127 - 0.148 for SFI, respectively. Perlum and Thiault indices did not give reliable results.

Keywords: Apple, Respiration rate, TSS, TA, Starch index, Harvest index

Cite as;

Yer, N., Erdoğan, V. (2022). Doğu Karadeniz Bölgesi Orjinli Bazı Yerel Elma Çeşitlerinin Hasat Zamanlarının Belirlenmesi, *Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 3(2), 67-76. Doi: 10.53501/rteufemud.1175745

Orcid ID: N.Yer, 0000-0002-2264-0071; V.Erdoğan, 0000-0003-0813-898X

1. Giriş

Kuzey Anadolu, elmanın (*Malus x domestica* Borkh.) gen merkezlerinden birisidir ve kültür elmasının gelişimine katkı sağlamıştır (Volk vd., 2008). Bu alan içinde yer alan Doğu Karadeniz Bölgesi'nin sahil kuşağında yüksek nem ve yağış koşullarına adapte olmuş çok sayıda yerel elma çeşidi bulunmaktadır. Bunlar, genellikle fındık ve çay bahçelerinin arasında tek tek ağaçlar şeklinde yer almaktadır. Dumanoglu vd. (2011), Ordu ili İkizce ilçesinden Gürcistan sınırına kadar uzanan, 0-250 m rakım aralığındaki ve 430 km uzunluğundaki (~10.000 km²) sahil kuşağında bulunan elma genetik kaynaklarını 2009-2012 yılları arasında incelemiştir. Yapılan seleksiyon sonucunda seçilen 206 adet ümitvar genotip Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Araştırma ve Uygulama Bahçesinde koruma altına alınmıştır. Devam eden incelemeler sonrasında dört genotip Alya, Erva, Mira ve Vita isimleri ile 2019 yılında tescil edilmiştir (Dumanoglu vd., 2018). 208 nolu yerel çeşit üzerindeki değerlendirme çalışmaları ise halen devam etmektedir.

Meyve üretiminin amacı kaliteli meyve ile tüketici talebinin karşılanmasıdır. Kalite ise ürün karakterlerinin, niteliklerinin ve özelliklerinin toplamı veya fizyokimyasal özelliklerin dinamik sentezi olarak tanımlanmaktadır. Çeşit (genetik yapı), çevre koşulları ve kültüre işlemler kaliteyi etkilemektedir (Kyriacou ve Rouphael, 2018; Musacchi ve Serra, 2018). Öte yandan, hasat tarihi bütün kalite parametrelerini etkilemekte ve yüksek kaliteli meyve talebinin karşılanmasını garanti altına almaktadır (Vanoli ve Bucchini, 2012). Elma türünde, ağaç olumu (hasat olumu) yeme olumundan daha önce gerçekleşmektedir. Bu nedenle özellikle güzlük ve kışlık çeşitlerin depolama ömrünün uzun ve sağlıklı olması açısından hasat tarihinin doğru tespit edilmesi çok önemlidir. Elma iklimterik bir meyve türüdür ve solunum minimumunun gözlendiği tarih optimum hasat zamanını ifade etmektedir (Pekmezci, 1975; Skic vd., 2016). Erken hasatta dal ile meyve sapı arasında kopma tabakası tam oluşmadığından hasat zorlaşmaktadır. Meyvelerde ise yeteri kadar

şeker birikmez, renk, tat ve aroma yeterince gelişmez. Yeme olgunluğuna tam ulaşamayan meyveler yanıklık ve acı benek gibi fizyolojik bozukluklara daha hassas olur ve su kaybı nedeniyle buruşur. Geç yapılan hasatta ise hasat önü meyve dökümleri artmaktadır. Olgunluk düzeyi ilerleyen meyvelerin fiziksel yaralanmalara ve hastalıklara karşı hassasiyeti artar, muhafaza ömrü kısalmır, asit kaybı arttığı için tat-lezzet dengesi bozulur, acı benek ve camsılaşma gibi fizyolojik bozukluklar ortaya çıkar (Karaçalı, 2012; Güneyli ve Onursal, 2014; Skic vd., 2016). Hasat tarihinin doğru olarak belirlenmesi için çok sayıda kriter geliştirilmiştir. Bunlardan en yaygın kullanılanları tam çiçeklenmeden hasada kadar geçen gün sayısı, kabuk üst veya zemin rengi, meyve eti sertliği (MES), suda çözünabilir kuru madde miktarı (SÇKM), titre edilebilir asitlik (TEA), nişasta testi (NI) ve içsel etilen konsantrasyonudur (Çandır ve Özdemir, 2017; Gonçalves vd., 2017). Bununla birlikte, bu ölçümlerin birçoğunun fizyolojik olgunluğu belirlemede tek başına yetersiz kalması veya yıllara/çeşitlere göre tutarsız sonuçlar vermesi birden fazla testin birlikte kullanılması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Böylece, her bir test veya kriter meyvenin fizyolojik olgunluğu hakkında bir fikir verirken, kriterlerin birlikte değerlendirilmesi ile meyveye, sezona ve lokasyona göre değişim önlenmekte veya minimuma indirilebilmektedir. Araştırmacılar, Streif, De Jager, Perlman, Fars ve Thiault gibi birden fazla hasat kriterini içeren olgunluk indekslerini geliştirerek hasat aralığını (harvest window) belirlemeye çalışmıştır (Meresz vd., 1996; Streif, 1996; Rutkowski vd., 1996; Kvikliene vd., 2008; Icka ve Damo, 2014). Bunlardan, Streif indeksi meyve eti sertliğinin kuru madde ve nişasta miktarına oranından oluşmaktadır. Bu indeks bazı Avrupa ülkelerinde (Almanya, Hollanda, Macaristan ve Polonya) değişik çeşitlerin hasat zamanının belirlenmesinde başarıyla kullanılmıştır.

Bu çalışmada, Doğu Karadeniz orjinli olan ve yerel sofralık çeşit olarak tescil edilen Alya ile çeşit adayı olan 208 nolu genotipin optimum hasat zamanlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Çalışma, 2017 ve 2018 yıllarında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Araştırma ve Uygulama Bahçesinde yürütülmüştür. Denemede Alya ve 208 nolu yerel güzlük çeşitler ile Golden Delicious Reinders (kontrol) kullanılmıştır. Alya (#103) Rize ilinin Çayeli ilçesinden seçilmiş olup yörede Arap Kızı ismi ile bilinmektedir. 208 nolu çeşit ise Artvin ilinin Hopa ilçesinden seçilmiştir. Alya Ankara koşullarında standart çeşitlerden 1-2 hafta daha geç çiçeklenirken 208 nolu çeşit 2-3 gün daha erken çiçeklenmektedir (Dumanoğlu vd., 2011, 2018; Dousti, 2016). Çalışmada 0,7 x 3,0 m mesafelerde dikilmiş 8 yaşlı, M9 anacı üzerine aşılı ve ince iğ şekli verilmiş ağaçlar kullanılmıştır. Meteorolojik veriler meteoblue.com'dan temin edilmiştir. Ankara ilinde yıllık hava sıcaklığı uzun yıllar (1927-2018) ortalamasına göre 12,0 °C iken denemenin yürütüldüğü 2017 ve 2018 yıllarında sırasıyla 12,88 °C ve 14,44 °C olarak gerçekleşmiştir (URL-1, 2019).

Çalışmada, çeşitlerin tam çiçeklenme (%70 çiçeklenme) tarihleri belirlenmiştir. Meyve örnekleri, önceki yılların verileri (Dousti, 2016) de dikkate alınarak öngörülen hasat tarihinden yaklaşık 25 gün önce alınmaya başlanmış ve beşer gün aralıklarla devam edilmiştir. Denemenin birinci yılında 5 tarihte örnek alınmıştır. Ocak-Haziran ayları arasındaki aylık ortalama sıcaklığın daha yüksek seyrettiği ikinci yılda ise çiçeklenme ve hasat olgunluğu tarihleri yaklaşık 7-15 gün daha erken gerçekleşmiştir. Bu nedenle meyve örneği alınma 7 gün daha erken başlanmış ve bu yılda 4 tarihte meyve örneği alınmıştır. Çeşitlerin optimum hasat tarihi (ağaç olumu) iklimterik minimum esas alınarak belirlenmiştir. Bu tarihle örtüşecek şekilde tam çiçeklenmeden hasada kadar geçen gün sayısı ve etkili sıcaklık toplamı (+7 °C<) hesaplanmıştır (URL-2, 2019). Meyvelerde hacim (L), ağırlık (g), sertlik (MES, kg.cm⁻²), suda çözünabilir kuru madde miktarı (SÇKM, %), titre edilebilir asitlik (TEA, %) ve solunum hızı (CO₂ ml.kg⁻¹.h⁻¹) belirlenmiştir (Pekmezci, 1975; Özüpek, 2010; Dousti, 2016).

Analizler, hassas terazi (Sartorius), dereceli ölçü silindiri, el penetrometresi (QA, FT-327), dijital Abbe refraktometresi (Leica), otomatik titratör (Metler Toledo DL50 Graphix) ve CO₂ analizatörü (Serwomex) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Nişasta indeksi (NI) için Blainped ve Silsby'nin (1992), nişasta dağılımı skalası (1 = %100 nişasta; 8 = %0 nişasta) kullanılmıştır. Ayrıca, Streif (SI), Perlum (PI) ve Thiault (TI) olgunluk indeksleri hesaplanmıştır (Streif, 1996; Icka ve Damo, 2014). Streif indeksi 1-5 skalası üzerinden elde edilmiş nişasta indeks değerleri kullanılarak hesaplanmaktadır. Çalışmamızda ise 1-8 skalası kullanılmış, nişasta indeksi skala değerleri 1,25 ile çarpılmış ve 1-5 skalasına dönüştürülmüştür. İndeksler için aşağıdaki formüller kullanılmıştır.

$$SI = MES(kg.cm^{-2}) / [SÇKM(\%) \times NI(1-8 \text{ ölçeği}) \times 1,25] \quad (1)$$

(Streif, 1996).

$$PI = [0,5 \times MES (kg.cm^{-2})] + [0,67 \times SÇKM (\%)] + [0,67 \times TEA (g/L)] - 10 \quad (2)$$

(Musacchi ve Serra, 2018).

$$TI = [TEA (g/L) \times 10] + TS (g/L), TS = (SÇKM (\%) \times 10,6 - 20,6) \quad (3)$$

(Musacchi ve Serra, 2018).

Tesadüf parselleri deneme desenine göre dizayn edilen çalışmada 3 tekerrür ve her tekerrür için 1 ağaç (10 adet meyve) kullanılmıştır. Hasat indeksi değerleri ANOVA analizine ($P \leq 0.05$) tabi tutulmuş (Minitab, v.19) ve ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testi ile karşılaştırılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmada, tam çiçeklenme tarihi ve çiçeklenme süresi 2017 ve 2018 yıllarında Alya için sırasıyla 29 Nisan-20 Nisan ve 23-15 gün, 208 nolu çeşit için 14 Nisan-6 Nisan ve 18-15 gün ve Golden Delicious Reinders çeşidi için 18 Nisan-12 Nisan ve 17-10 gün olarak tespit edilmiştir. Denemenin ikinci yılında çiçeklenme döneminde gerçekleşen yüksek hava sıcaklıkları nedeniyle bir önceki yıla göre çiçeklenme başlangıcı 2-9 gün, tam çiçeklenme tarihi 6-9 gün ve çiçeklenme sonu ise

6-17 gün öne gelmiş, çiçeklenme süresi ise 3-8 gün arasında kısalmıştır (Tablo 1). Çiçeklenme zamanı ve süresi enlem derecesi, rakım, ekoloji, kültürel işlemler, anaç ve çeşide bağlı olarak yıllara göre değişiklik gösterebilmektedir (Dennis, 2003; Karaçalı, 2012). Çiçeklenme sonrasındaki yüksek hava sıcaklıkları ise meyve olgunlaşmasını önemli derecede etkilemektedir (Warrington vd., 1999). Nitekim ilk yıl verilerimiz aynı lokasyonda ve aynı çeşitler üzerinde çalışan Dousti (2016)'nin 2013 yılı verileri ile uyumlu olmasına rağmen ikinci yıl verilerimiz oldukça farklılık göstermiştir. Benzer durum Piraziz elması için de bildirilmiş olup

(Karadeniz vd., 2013) çiçeklenme başlangıcı ve tam çiçeklenme tarihleri 2011 yılında sırasıyla 25-30 Mayıs ve 6 Haziran, 2012 yılında ise 25-30 Nisan ve 6 Mayıs olarak kaydedilmiştir.

Çalışmamızda, tam çiçeklenmeden hasada kadar geçen gün sayısı 2017 ve 2018 yıllarında Alya, 208 ve Golden Delicious Reinders çeşitleri için sırasıyla 130-132 gün, 150-141 gün ve 146-140 gün tespit edilmiştir (Tablo 1). Bu süre, yüksek hava sıcaklıkları nedeniyle ikinci yılda 208 ve Golden Delicious Reinders çeşitlerinde 2-9 gün daha düşük bulunmuştur

Tablo 1. Alya, 208 ve Golden Delicious Reinders çeşitlerinde 2017 ve 2018 yıllarına ait fenolojik tarihler ve etkili sıcaklık toplamı (gün-derece)

Table 1. Phenological dates and heat accumulation (degree-day) values in 2017 and 2018 in Alya, #208 and Golden Delicious Reinders cultivars

Fenolojik Olay	Alya		208		Golden Delicious Reinders	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018
Çiçeklenme başlangıcı	18/4*	9/4	6/4	30/3	10/4	8/4
Tam çiçeklenme	29/4	20/4	14/4	6/4	18/4	12/4
Çiçeklenme sonu	11/5	24/4	24/4	13/4	27/4	18/4
Çiçeklenme süresi (gün)	23	15	18	15	17	10
Tam çiçeklenmeden hasada kadar geçen süre (gün)	130	132	141	150	140	146
Etkili sıcaklık toplamı (gün-derece)	1858	1925	1830	2074	1893	2050

* İlk rakam: gün, ikinci rakam: ay

* First number: date, second number: month

Golden Delicious Reinders'in gün sayısı Hampson ve Kemp (2003)'in 145-155 gün verisi ile benzerlik göstermektedir. Tam çiçeklenmeden hasada kadar geçen gün sayısı hasat zamanını yaklaşık olarak tahmin etmek için kullanılan bir kriterdir. Bununla birlikte kullanılan çeşit, anaç, lokasyon, ekoloji ve yıllara göre değişkenlik gösterebilmektedir (Karaçalı, 2012; Çandır ve Özdemir, 2017). Truter vd. (1985), bu süreyi Starking Delicious, Golden Delicious ve Starkrimson için 140 gün ve Granny Smith için 183 gün olarak bildirmiştir. Westwood (1993), ise Golden Delicious, Starking Delicious, Granny Smith ve Idared için sırasıyla 140-160 gün, 150-160 gün, 180-210 gün ve 140-155 gün rapor

etmiştir. Öte yandan ülkemizde, Golden Delicious için 154 gün (Şen vd., 2000), Starking Delicious ve Granny Smith için sırasıyla 155-160 ve 180-190 gün (Güneyli ve Onursal, 2014) ve Piraziz elması için 160 gün tespit edilmiştir (Karadeniz vd., 2013). Optimum hasat tarihi, vejetasyon dönemi sıcaklığı ve yıllar arasındaki dalgalanmalara bağlı olarak 3-4 hafta kadar değişkenlik gösterebilmektedir. Özellikle çiçeklenme dönemi uzadığında durum daha da karışık hale gelmektedir. Bu nedenle, gün sayısı toplamının tek başına yeterli bir gösterge olmadığı ifade edilmektedir (Kingston, 1992; Anderson ve Seeley, 1993). Çalışmamızda etkili sıcaklık toplamı da hesaplanmış olup Alya, 208 ve

Golden Delicious Reinders çeşitleri için sırasıyla ortalama 1892, 1952 ve 1972 gün-derece olarak tespit edilmiştir (Tablo 1). Denemenin ikinci yılında etkili sıcaklık toplamı bütün çeşitler için daha yüksek (ortalama 156 gün-derece) bulunmuştur. Sıcaklık toplamı elma ve armutlar için iyi bir derim olum kriteri olmakla birlikte sıcaklık etkilerinin değerlendirilmesi önemli bir sorun teşkil etmektedir (Çandır ve Özdemir, 2017). Karaçalı (2012)'ya göre sıcaklık metabolik olayları doğrudan etkilemektedir ve sıcaklık yardımıyla hasat zamanı tayin edilmeye çalışılsa da yöntem yeterince başarılı sonuç vermemektedir.

Tüketiciler genellikle gevrek, sulu ve sert etli elmaları tercih etmektedir. Meyve eti sertliği önemli bir kalite kriteri olması yanında depolama ömrünü belirleyen en önemli faktördür. Olgunluk süreci içinde sürekli düşüş trendi gösterdiğinden hasada doğru yaklaşırken dikkatle takip edilmektedir. Çalışmamızda, MES değerleri 2017 yılında Alya, 208 ve Golden Delicious Reinders çeşitlerinde sırasıyla 12,02-11,00 kg.cm⁻², 10,57-9,22 kg.cm⁻² ve 10,20-8,62 kg.cm⁻² ve 2018 yılında sırasıyla 11,01-9,81 kg.cm⁻², 8,36-7,80 kg.cm⁻² ve 8,20-7,15 kg.cm⁻² arasında değişmiştir (Tablo 2). Dousti (2016), Alya ve 208 nolu çeşit için benzer sonuçlar bildirmiştir. Hava sıcaklığının daha yüksek olduğu 2018 yılında örnekler 1 hafta daha önce alınmaya başlamıştır. Buna karşın MES değerleri daha düşük ölçülmüştür. Böylece meyveler daha erken olgunlaşmaya başlamıştır. Warrington vd. (1999), yüksek hava sıcaklığının MES'i azalttığını, Lachapelle vd. (2013), ise meyve büyüme döneminde yaşanan hava değişikliklerinin hasat tarihindeki MES üzerine etkili olduğunu ve MES'in son yıllarda genel olarak azaldığını bildirmiştir. Araştırmacıların yerli ve yabancı elma çeşitleri için MES değerlerini belirlemiş olmasına rağmen aynı çeşit için farklı ekolojilerde farklı değerler tespit edilebilmektedir (Pekmezci, 1975; Kaynaş ve Karaçalı, 1990; Karşlıoğlu, 1991; Özcan ve Kaşka, 1992; Güneyli ve Onursal,

2014). Ağaç üzerindeki ürün yükü de MES'i etkileyebilmektedir. Birim gövde kesit alanına düşen ürün miktarı arttığında MES düşmekte, tersi durumda ise yükselmektedir (Lafer, 1999).

Meyvelerde suda çözünebilir kuru madde esas olarak fruktoz ve glukoz (monosakkaritler) ile bunların birleşmesinden meydana gelen sakarozdan (disakkarit) oluşmaktadır. Çalışmamızda, SÇKM'nin meyve olgunluğu ilerledikçe arttığı ve son hasat tarihinde maksimum seviyeye ulaştığı tespit edilmiştir. SÇKM 2017 yılında Alya, 208 ve Golden Delicious Reinders çeşitlerinde sırasıyla %9,38-11,12; %10,75-11,93; %8,60-10,0 arasında değişmiştir. Bu değerler 2018 yılında sırasıyla %10,75-11,30, %10,88-11,50 ve %12,27-13,73 arasında bulunmuştur (Tablo 2). Dousti (2016), SÇKM için Alya ve 208 nolu çeşitlerinde benzer sonuçlar bildirmiştir. Amasya, Hüryemez, Golden Delicious, Starking Delicious ve Granny Smith için optimum hasat zamanındaki SÇKM değerleri %10,0-15,45 aralığında tespit edilmiştir. Aynı çeşit için farklı değerler verildiği de görülmektedir (Pekmezci, 1975; Kaynaş ve Karaçalı, 1990; Özcan ve Kaşka, 1992). Denemede yüksek hava sıcaklığı nedeniyle meyve örneklerinin bir hafta daha erken alınmaya başlandığı 2018 yılında SÇKM değerleri daha yüksek ölçülmüştür. Bu, denemenin ikinci yılında meyvelerin daha erken olgunlaşmaya başladığını göstermiştir. Warrington vd. (1999)'ne göre yüksek hava sıcaklığı SÇKM miktarını yükseltmektedir. Her çeşidin şeker içeriği yıl, bahçe koşulları ve hasat tarihi gibi faktörlere göre değişebilmekte (Ackermann vd., 1992; Iwanami, 2011), ağaç üzerindeki ürün yükü azaldıkça yükselmektedir (Lafer, 1999). SÇKM'nin minimum-maksimum değerleri referans olarak kullanılabilirse de her çeşit için mutlak bir değer bulunmamaktadır. Bu nedenlerle meyvelerin olgunluk derecesinin belirlenmesi için SÇKM tek başına yeterli görülmemektedir. En azından MES ve TEA ile birlikte değerlendirilmelidir (Kingston, 1992).

Tablo 2. Alya, 208 ve Golden Delicious Reinders çeşitlerinin optimum hasat tarihleri ve hasat kriterleri değerleri**Table 2.** Optimum harvest dates and harvest criteria for Alya, #208 and Golden Delicious Reinders cultivars

Hasat kriteri*	Alya	208	Golden Delicious Reinders
Optimum hasat tarihi	30/8-6/9**	25/8-11/9	30/8-11/9
MES (kg.cm ⁻²)	10,48-11,62	8,23-9,47	7,45-8,96
SÇKM (%)	10,38-11,05	11,27-11,50	9,52-13,15
TEA (%)	0,42-0,47	0,27- 0,28	0,47-0,56
NI	4,67-5,00	4,67-5,33	5,50-7,00
SI	0,149-0,194	0,124-0,127	0,068-0,148

* MES: Meyve eti sertliği, SÇKM: Suda çözünbilir kuru madde, TEA: Titre edilebilir asitlik, NI: Nişasta indeksi, SI: Streif indeksi

* MES: Flesh firmness, SÇKM: Soluble solid content, TEA: Titratable acidity, NI: Starch index, SI: Strief index

** İlk rakam: gün, ikinci rakam: ay

** First number: date, second number: month

Organik asitler meyvelerin karakteristik ekşi tadını vermektedir. Tatlılık algısını etkileyen bu asitler tat yoğunluğuna da katkıda bulunmaktadır (Kader, 2008). Avrupa ülkelerinde tüketiciler açısından meyvenin asit miktarı çok önemlidir. Asit miktarı düşük (< 3,0 mg/ml) veya yüksek (> 10,0 mg/ml) meyveler tercih edilmemektedir (Iwanami, 2011; Bai vd., 2015). Büyük ölçüde (%90) sitrik, tartarik ve malik asitten oluşan organik asit (Bai vd., 2015) elmada %0,21-1,11 aralığında belirlenmiştir (Maushevskaya, 1974). Meyvenin malik asit miktarı, ağacın ürün yükü azaldıkça artmaktadır (Lafer, 1999). Çalışmamızda, titre edilebilir asit miktarı meyve olgunluğu ilerledikçe azalmış ve son hasat tarihinde en düşük seviyeye inmiştir. TEA değerleri 2017 yılında Alya, 208 ve Golden Delicious Reinders çeşitlerinde sırasıyla %0,42-0,38, %0,28-0,25 ve %0,51-0,41 arasında değişmiştir (Tablo 2). Bu değerler 2018 yılında sırasıyla %0,47-0,38, %0,31-0,29 ve %0,73-0,56 arasında bulunmuştur. Dousti (2016), TEA için Alya ve 208 nolu çeşitlerinde benzer sonuçlar bildirmiştir. TEA değerleri Amasya, Hüryemez ve Starking çeşitlerinin hasat olgunluğunda sırasıyla %0,15, %1,02 ve %0,25 verilirken (Pekmezci, 1975), Amasya, Starking Delicious ve Golden Delicious için sırasıyla %0,135, %0,210 ve %0,3 olarak bildirilmiştir (Özcan ve Kaşka, 1992).

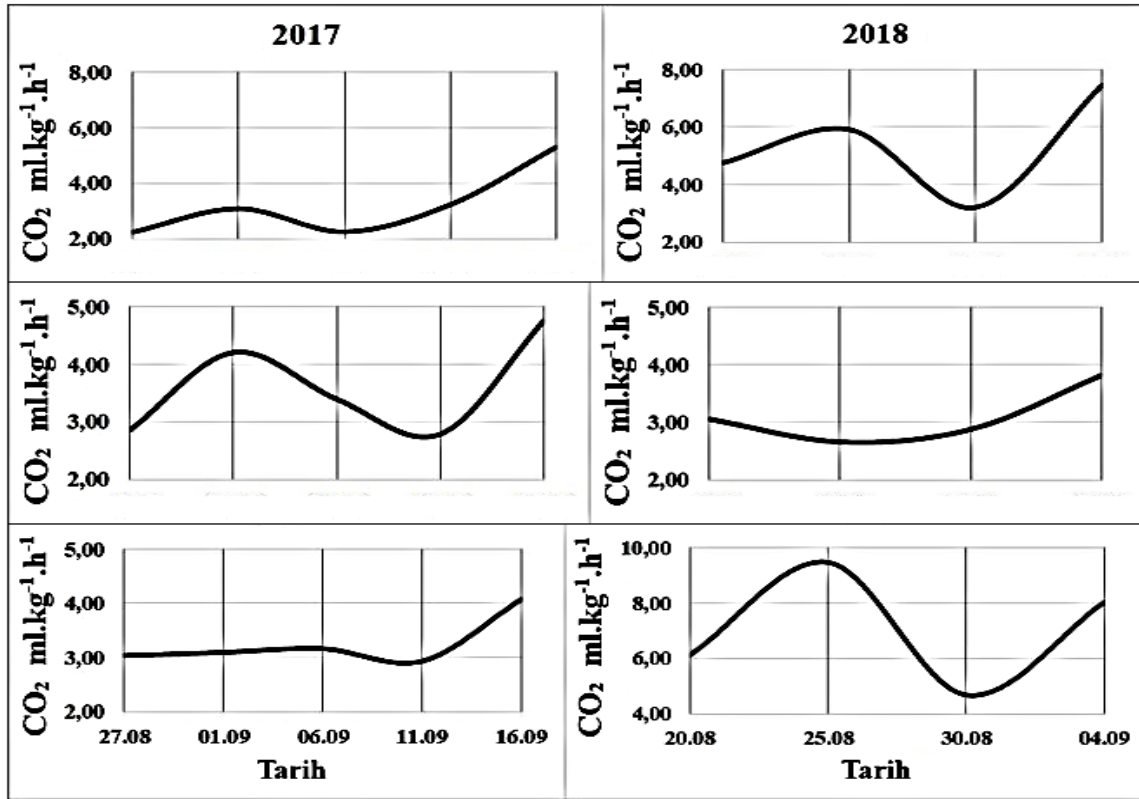
Elmada, solunum hızının oranı meyvenin büyüme ve gelişme sürecinde giderek azalmakta ve meyve olgunlaşması öncesinde minimuma düşmektedir.

Optimum hasat tarihi (ağaç olumu) olarak ifade edilen bu aşamada meyvelerin organoleptik karakteri ve muhafaza potansiyeli yüksek olmaktadır. İzleyen süreçte meyveler olgunlaşma aşamasına girmekte, solunum hızı artmakta ve klimakterik maksimuma (yeme olumu) ulaşılmaktadır (Skic vd., 2016; Çandır ve Özdemir, 2017). Klimakterik minimum çalışmamızda 2017 yılında Alya, 208 ve Golden Delicious Reinders çeşitlerinde sırasıyla 6 Eylül, 11 Eylül ve 11 Eylül tarihlerinde, 2018 yılında sırasıyla 30 Ağustos, 25 Ağustos ve 30 Ağustos tarihlerinde gerçekleşmiştir. CO₂ değerleri birinci ve ikinci yılda sırasıyla 2,25-3,21; 2,78-2,66 ve 2,93-4,68 ml.kg⁻¹.h⁻¹ olarak ölçülmüştür (Şekil 1). Literatürde Alya ve 208 nolu çeşitlerin solunum hızı konusunda bir veri bulunmamaktadır. Pekmezci (1975), solunum hızı minimumunu Amasya, Hüryemez ve Starking çeşitlerinde sırasıyla 6,7; 5,3 ve 6,6 CO₂ ml.kg⁻¹.h⁻¹ olarak belirlemiştir.

Önemli bir depo maddesi olan nişasta meyve olgunluğu ilerledikçe parçalanarak şekere dönüşmekte ve giderek azalmaktadır. Çekirdek evinden başlayan parçalanma kabuğa doğru ilerlemektedir. Nişastanın azalışını ifade eden nişasta indeksi hasat zamanının belirlenmesinde kullanılmaktadır. Szalay vd. (2013), optimum hasat zamanını meyvedeki nişastanın %50'sinin parçalandığı evre olarak tanımlamıştır. Hasat başlangıcı ile bitişi ise sırasıyla %40 ve %60 oranları ile ifade edilmektedir. Çalışmamızda,

meyve olgunluğu ilerledikçe NI artış göstermiş ve nişasta miktarı azalmıştır. NI değerleri 2017 yılında Alya, 208 ve Golden Delicious Reinders çeşitlerinde sırasıyla 2,67-6,0; 3,33-5,67 ve 2,33-6,67 arasında, 2018 yılında ise sırasıyla 3,67-6,0; 4,0-6,0 ve 3,0-7,33 arasında değişmiştir (Tablo 2). Starking Delicous ve Granny Smith çeşitlerinin hasat tarihindeki NI Isparta koşulları için sırasıyla 5 ve 7 (Güneyli ve Onursal, 2014), Litvanya koşullarında yetiştirilen Alva çeşidi için ise 7,7 (onluk skala üzerinden) olarak bildirilmektedir (Kvikliene vd., 2008). Yüksek hava sıcaklığı

nedeniyle meyvelerin daha ileri olgunluk aşamasında olduğu denemenin ikinci yılında NI skala değerleri daha yüksek bulunmuştur. Warrington vd. (1999), çiçeklenme sonrasında görülen yüksek hava sıcaklıklarının daha fazla nişasta parçalanmasına yol açtığını bildirmektedir. Sıcaklık başta olmak üzere büyümeyi etkileyen bütün çevresel faktörler ve yetiştiricilik koşulları nişasta birikimi ve parçalanmasını etkilemektedir (Watkins vd., 1982; Ohmiya ve Kakiuchi, 1990; Blainped ve Silsby, 1992; Brookfield vd., 1997).



Şekil 1. Alya (üst), 208 (orta) ve Golden Delicious Reinders (alt) çeşitlerinde 2017 ve 2018 yıllarında solunum hızının hasat tarihlerine göre değişimi

Figure 1. Changes in respiration rates of fruits during harvest period in Alya (top), #208 (middle) and Golden Delicious Reinders (bottom) cultivars in 2017 and 2018

Streif indeksi MES, SÇKM ve NI kullanılarak hesaplanmaktadır ve olgunluk ilerledikçe azalmaktadır. Benzer şekilde, çalışmamızda SI meyve olgunluğu ilerledikçe azalmış ve son hasat tarihinde minimum seviyeye inmiştir. SI değerleri 2017 yılında Alya, 208 ve Golden Delicious Reinders çeşitlerinde sırasıyla 0,399-0,135; 0,241-0,110 ve 0,420-0,105 arasında, 2018 yılında ise sırasıyla 0,230-0,118; 0,159-0,092 ve 0,195-0,057 arasında değişmiştir (Tablo 2). Genel

olarak SI değeri meyve gelişmesinin ilk aşamalarında 5-6 iken hasat olgunluğunda 0,30-0,80'e kadar düşmektedir (Skic vd., 2016) ve çeşitler arasında farklılıklar göstermektedir. Peirs vd. (2000), Jonagold için 0,07-0,08, Kaack ve Pedersen (2011), Aroma ve Elstar için 0,01-0,10, Icka ve Damo (2014), Red Delicious için 0,075-0,10 değerlerini verirken Kanada'da Marshall McIntosh için 4,82-3,64, Summerland McIntosh için 3,51, Redmax McIntosh için 2,99-1,83,

Redcort Cortland için 5,29-4,29 ve Wilmuta Jonagold için 2,10-1,24 değerleri bildirilmektedir (URL-3, 2019). SI diğer indekslere göre önemli avantajlar sunmaktadır. Ölçümü kolaydır, renge bağlı değildir yıl ve lokasyondan etkilenmemektedir. Ayrıca bölgesel kullanım için iyi bir potansiyele sahiptir (URL-3, 2019). Bununla birlikte, SI'nin İspanya'da Golden Smoother için mevcut kriterlerden daha güvenilir sonuçlar vermediği bildirilmiştir (Alegre vd., 2006). Ayrıca, nişastanın çok yavaş parçalandığı sezonun başlarında SI'nin hasat tarihini belirlemede tek başına yetersiz kalabildiği rapor edilmiştir (Lötze ve Berg, 2012).

Perlim indeksi, çalışmamızda meyve olgunluğu ilerlemesine rağmen düzenli bir artış veya azalış göstermemiştir. Genellikle 3,27-7,19 değerleri arasında dalgalı bir seyir izlemiştir. Thiault indeksi de benzer şekilde çoğunlukla artış göstermekle birlikte dalgalı bir seyir izlemiş ve hasat olgunluğu için ifade edilen değerlerden daha farklı sonuçlar (120,7-182,1) vermiştir. Bu nedenle Perlim ve Thiault indekslerinin kullanılmasının uygun olmayacağı sonucuna varılmıştır.

4. Sonuç

Çalışmamızda, çeşitlerin optimum hasat tarihlerinin belirlenmesinde klimakterik minimum esas alınmış ve buna bağlı olarak hasat kriterleri değerleri belirlenmiştir (Tablo 2). Denemenin yürütüldüğü 2017 ve 2018 yıllarındaki iklim koşulları küresel iklim değişikliğine atfedilebilecek şekilde birbirinden çok farklılık göstermiştir. Bu nedenle, incelenen çeşitlerin optimum hasat tarihlerinin daha net belirlenebilmesi için yeni çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Kaynaklar

- Ackermann, J., Fischer, M., Amado, R. (1992). Changes in sugars, acids, and amino acids during ripening and storage of apples (cv. Glockenapfel). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40(7), 1131-1134.
- Alegre, S., Molina, D.P., Recasens, I., Casals, M., Bonany, J., Carbó, J., Casero, T., Iglesias I. (2006). Seasonal trends in harvest indices for 'Golden

Smoother' apples in Spain. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 14(Suppl. 2), 65-75.

- Anderson, J.L., Seeley, S.D. (1993). Bloom delay in deciduous fruits. *Horticultural Reviews*, 15, 97-144. <https://doi.org/10.1002/9780470650547.ch3>.
- URL-1, (2019). <https://www.meteoblue.com>, 12 Temmuz 2019.
- URL-2, (2019). <https://tarim.mgm.gov.tr>, 20 Haziran 2019.
- URL-3, (2019). <http://postharvest.tfrec.wsu.edu/pages/PC98L>, 12 Temmuz 2019.
- Bai, Y., Dougherty, L., Cheng, L., Zhong, G.Y., Xu, K. (2015). Uncovering co-expression gene network modules regulating fruit acidity in diverse apples. *BMC Genomics*, 16, 612, Doi:10.1186/s12864-015-1816-6.
- Blainped G.D., Silsby, K.J. (1992). Prediction of harvest date windows for apples. *Cornell Cooperative Extension Bulletin*, 2212, 1-12. <https://hdl.handle.net/1813/3299>.
- Brookfield, P., Murphy, P., Harker, R., MacRae, E. (1997). Starch degradation and starch pattern indices; interpretation and relationship to maturity. *Postharvest Biology and Technology*, 11(1), 23-30. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(97\)01416-6](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(97)01416-6).
- Çandır, E., Özdemir, A.E. (2017). Derim. s.131-184. Bahçe Ürünlerinin Muhafazası ve Pazara Hazırlanması (Ed: Türk, R., Güneş N.T., Erkan M. ve Koyuncu M.A.). Somtaç Yayınları Ders Kitabı No.1. Antalya.
- Dennis, F.Jr. (2003). Flowering, pollination and fruit set and development. In: Apples, Botany, Production and Uses. p.153-166 (Ed: Ferree, D.C., Warrington, I.J.), CABI Publishing, ISBN: 0851995926, Cambridge.
- Dousti, S. (2016). Doğu Karadeniz Bölgesi sahil kuşağı yerel elma çeşit koleksiyonu'ndan (Ankara), görünüm ve yeme kalitesi bakımından ümitvar genotiplerin seçilmesi ve tanımlanması. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye.
- Dumanoğlu, H., Aygün, A., Erdoğan, V., Serdar, Ü., Kalkışım, Ö., Baştaş, K., Pakyürek, M.A., Maden, S. (2011). Doğu Karadeniz Bölgesi sahil kuşağındaki bazı yerel elma çeşitlerinin meyve özellikleri bakımından değerlendirilmesi. VI. *Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi*. 04-08 Ekim 2011, Şanlıurfa, Türkiye.
- Dumanoğlu, H., Aygün, A., Erdoğan, V., Serdar, Ü., Kalkışım, Ö., Baştaş, K., Dost, S.E. (2018). Some fruit characteristics of new Turkish apple cultivars from Black Sea Region. *30th International Horticultural Congress. Symposium 9: Evaluation of Cultivars, Rootstocks and Management Systems*

- for Sustainable Production of Deciduous Fruit Crops. 12-16 August 2018, İstanbul, Türkiye.
- Gonçalves, M.W., Argenta, L.C., De Martin, M.S. (2017). Maturity and quality of apple fruit during the harvest period at apple industry. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 39(5), (e-825) Doi 10.1590/0100-29452017825.
- Güneyli, A., Onursal, C.E. (2014). Ilıman İklim Meyvelerinde Hasat Kriterleri. Meyvecilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 12, Isparta.
- Hampson, C.R., Kemp, H. 2003. Characteristics of important commercial apple cultivars, In: Apples, Botany, Production and Uses. p. 61-89 (Ed: Ferree, D.C., Warrington, I.J.), CABI Publishing, ISBN: 0851995926, Cambridge.
- Icka, P., Damo R. (2014). Assessment of harvest time for Red Delicious cv. through harvest indexes in Albani. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 20(3), 628-632.
- Iwanami, H. (2011). Breeding for Fruit Quality in Apple. In: Breeding for Fruit Quality. p. 175-200. (Ed: Jenks M. A., Bebeli P.J.). Wiley-Blackwell, ISBN: 9780813810720, UK.
- Kaack, K., Pedersen, H.L. (2011). Modelling of the optimum harvest time for long-term storage of 'Elstar' and 'Aroma' (*Malus domestica*) apples at low oxygen concentration. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science*, 61(6), 565-572. <https://doi.org/10.1080/09064710.2010.526135>
- Kader, A.A. (2008). Flavor quality of fruits and vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(11), 1863-1868. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3293>.
- Karaçalı, İ. (2012). Bahçe Ürünlerinin Muhafazası ve Pazarlanması (8. Baskı). Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayinevi, no: 486, İzmir.
- Karadeniz, T., Akdemir, E.T., Yılmaz, İ., Aydın H. (2013). Piraziz elmasında klon seleksiyonu. *Akademik Ziraat Dergisi*, 2(1), 17-22.
- Karşlıoğlu, D. (1991). Summerred, Jersey Mac, Rubra Precoce yazlık elma çeşitlerinin derim zamanlarının saptanması üzerine araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Adana, Türkiye.
- Kaynaş, K., Karaçalı, İ. (1990). Study on maturity standarts and storage potential of Granny Smith variety of apples grown in Yalova. *Doğa Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi*, 14, 465-474.
- Kingston, C.M. (1992). Maturity indices for apple and pear. *Horticultural Reviews*, 13, 407-432. <https://doi.org/10.1002/9780470650509.ch10>
- Kyriacou, M.C., Roupheal, Y. (2018). Towards a new definition of quality for fresh fruits and vegetables. *Scientia Horticulturae*, 234, 463-469. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.09.046>.
- Kvikliene, N., Kviklys, D., Lanauskas, J., Uselis, N. (2008). Harvest time effect on quality changes of apple cultivar 'Alva' during ripening and storage. *Sodininkyste ir Daržininkyste*, 27(1), 3-8.
- Lachapelle, M., Bourgeois, G., De Ell, J.R. (2013). Effects of preharvest weather conditions on firmness of 'McIntosh' apples at harvest time. *HortScience* 48(4), 474-480. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.48.4.474>
- Lafer, G. (1999). Fruit ripening and quality in relation to crop load of apple trees. In: Agri-food quality II: Quality management of fruits and vegetables. p. 369-372. (Ed: Hagg, M., Ahvenainen, R., Ervers, A.M., Tiilikkala, K.). Special publication, Royal Society of Chemistry.
- Lötze, E., Berg, O. (2012). Evaluating the Streif index against commercial subjective predictions to determine the harvest date of apples in South Africa. *South African Journal of Plant and Soil*, 29(2), 53-56. <https://doi.org/10.1080/02571862.2012.691558>
- Maushevskaya, M.F. (1974). Chemical composition of apple fruit. *Horticultural Abstracts*, 44(6), 5330.
- Meresz, P., Sass, P., Lovasz, T. (1996). Evaluation of harvest indexes of apples grown in Hungary, In: COST 94: The postharvest treatment of fruit and vegetables: Determination and prediction of optimum harvest date of apples and pears. p. 53-60. (Ed: Jager, A. de, Johnson, D., Hohn, E.). European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, Luxembourg.
- Musacchi, S., Serra, S. (2018). Apple fruit quality: Overview on pre-harvest factors. *Scientia Horticulturae*, 234, 409-430. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.057>
- Ohmiya A., Kakiuchi N. (1990). Quantitive and morphological studies on starch of apple fruit during development. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 59(2), 417-423. <https://doi.org/10.2503/jjshs.59.417>.
- Özcan, M., Kaşka, N. (1992). Pozantı-Kamışlı vadisinde yetiştirilen Amasya, Starking ve Golden Delicious elmalarının muhafazası üzerinde araştırmalar. I. Derim zamanının saptanması. *Doğa Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi*, 16, 519-520.
- Özüpek, Ö. (2010). Derim sonrası 1-Methylcyclopropene uygulamalarının bazı elma çeşitlerinin muhafazası üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye.

- Peirs, A., Lammertyn, J., Ooms, K., Nicolai, A. (2000). Prediction of the optimal picking date of different apple cultivars by means of VIS/NIR-spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology*, 21(2), 189-199. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(00\)00145-9](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(00)00145-9)
- Pekmezci, M. (1975). Bazı önemli armut ve elma çeşitlerinin solunum klimakterikleri ve soğukta muhafazaları üzerinde araştırmalar. 35s, Ankara.
- Rutkowski, K., Miszczak, A., Plochanski, W. (1996). Optimum harvest date of Jonagold in central Poland. p. 77-82. In: COST 94: The postharvest treatment of fruit and vegetables: Determination and prediction of optimum harvest date of apples and pears. (Ed: Jager, A. de, Johnson, D., Hohn, E.). European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, Luxembourg., Luxembourg.
- Skic, A., Szymanska-Chargot, M., Kruk, B., Chylinska, M., Pieczywek, P.M., Kurenda, A., Zdunek, A., Rutkowski, K.P. (2016). Determination of the optimum harvest window for apples using the non-destructive biospeckle method. *Sensors (Basel)*, 16(661), <https://doi.org/10.3390/s16050661>.
- Streif, J. (1996). Optimum harvest date for different apple cultivars in the 'Bodensee' area. In: Determination and prediction of optimum harvest date of apples and pears. p. 15-20. In: COST 94: The postharvest treatment of fruit and vegetables: Determination and prediction of optimum harvest date of apples and pears. (Ed: Jager, A. de, Johnson, D., Hohn, E.). European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, Luxembourg.
- Szalay, L., Ordidge, M., Ficzek, G., Hadley, P., Tóth, M., Battey, N.H. (2013). Grouping of 24 apple cultivars on the basis of starch degradation rate and their fruit pattern. *Horticultural Science (Prague)*, 40, 93-101.
- Şen, S.M., Kazankaya, A., Şanlı, Y. (2000). MM106 üzerine aşılı Golden Delicious elma çeşidinin Van ekolojik koşullarında meyve ve ağaç özellikleri. II. *Ulusal Fidancılık Sempozyumu*, 25-29 Eylül, İzmir, Türkiye.
- Truter, A., Eksteen, G., Van der Westhuizen, A., Pereboom, V. (1985). Evaluation of maturation indices to determine optimum picking stage of apples. *Horticultural Science*, 2, 19-25.
- Vanoli, M., Bucchini, M. (2012). Overview of the methods for assessing harvest maturity. *Stewart Postharvest Review*, 8(1), 1-11. <https://doi.org/10.2212/spr.2012.1.4>.
- Volk, G.M., Christopher, M.R., Reilley, A.A., Henk, A.D., Reeves, P.A. (2008). Genetic diversity and disease resistance of wild *Malus orientalis* from Turkey and Southern Russia. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 133(3), 383-389. <https://doi.org/10.21273/JASHS.133.3.383>.
- Warrington, I.J., Fulton, T.A., Halligan, E.A., de Silva, H.N. (1999). Apple fruit growth and maturity are affected by early season temperatures. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 124(5), 468-477. <https://doi.org/10.21273/JASHS.124.5.468>.
- Watkins, C.B., Reid, M.S., Harman, J.E. Padfield, C.A.S. (1982). Starch iodine pattern as a maturity index for Granny Smith apples: 2. Differences between districts and relationship to storage disorders and yield. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 25(4), 587-592. <https://doi.org/10.1080/00288233.1982.104252>
- Westwood, M.N. (1993). Temperate-Zone Pomology: Physiology and Culture (3rd ed). Timber Press, ISBN: 1604690704, Oregon.