

Çeşitli elmaların aroma bileşikleri ve kalite özellikleri

Gülcan KOYUNCU, Tuğba KILIÇ

Cite this article as:

Koyuncu, G., Kılıç, T. (2023). Çeşitli elmaların aroma bileşikleri ve kalite özellikleri. *Food and Health*, 9(2), 108-116. <https://doi.org/10.3153/FH23010>

Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Kilis, Türkiye

ORCID IDs of the authors:

G.K. 0000-0001-7406-5331
T.K. 0000-0002-2573-6220

Submitted: 07.09.2022

Revision requested: 26.10.2022

Last revision received: 27.10.2022

Accepted: 03.11.2022

Published online: 08.03.2023

Correspondence:

Gülcan KOYUNCU

E-mail: gulcan.koyuncu@kilis.edu.tr



© 2023 The Author(s)

Available online at
<http://jfh.sscientificwebjournals.com>

ÖZ

Bu çalışmada; Starking Delicious, Amasya, Granny Smith ve Golden Delicious elma çeşitlerinin kalite özellikleri ve aroma profilleri belirlenmiştir. Titre edilebilir asitliği en yüksek ve pH değeri en düşük olan Amasya elmasıdır. Aroma, elmalar için önemli bir kalite kriteridir ve tüketici beğenisinde büyük rol oynamaktadır. Elmaların aroma bileşimi headspace yöntemi ile gaz kromatografisi-kütle spektrometrisi (GC-MS)'nde belirlenmiştir. Elmalarda 24 ester, 5 yüksek alkol, 1 aldehit, 1 terpen ve 9 tanımlanamayan olmak üzere 40 farklı uçucu bileşik tespit edilmiştir. Starking Delicious'un %80.00'ünü, Amasya'nın %76.55'ini, Golden Delicious'un %62.82'sini oluşturan esterler elmalardaki başlıca aroma grubudur ve esterler genellikle tüketicilerin tercih ettiği kokuları vermektedir. Bütil asetat, 2-metil bütil asetat, heksil asetat, (E,E)- α -farnesen, etanol ve etil 2-metil bütanoat elmalarda en yüksek oranlarda belirlenen aroma bileşikleri olmuştur. Bu bileşikler elmanın aromasına muz, meyvemsi, çilek, tatlı, armut, çimen ve alkol gibi koku katkıları yapmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Elma, Aroma, Headspace, GC-MS, Kalite

ABSTRACT

Volatile compounds and quality parameters of various apples

In this study; quality characteristics and volatile compounds of Starking Delicious, Amasya, Granny Smith, and Golden Delicious apple cultivars were determined. Granny Smith has the highest titratable acidity and the lowest pH value, while the Amasya apple has the highest dry matter and water-soluble solids. Aroma is an important quality criterion for apples and its has a big role in consumer taste. The aroma composition of apples was determined in gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) using the headspace method. Forty different volatile compounds, including 24 esters, 5 higher alcohols, 1 aldehyde, 1 terpene and 9 unidentified volatile compounds, were detected in apples. Esters, which make up 80.00% of Starking Delicious, 76.55% of Amasya and 62.82% of Golden Delicious are the main flavor group in apples and esters generally impart aroma compounds preferred by consumers. Butyl acetate, 2-methyl butyl acetate, hexyl acetate, (E,E)- α -farnesene, ethanol and ethyl 2-methyl butyrate were the aroma components determined at the highest rates in apples. These compounds contribute to the aroma of apples such as banana, fruity, strawberry, sweet, pear, grass and alcohol.

Keywords: Apple, Volatile Compounds, Headspace, GC-MS, Quality

Giriş

Rosaceae familyasından olan elma, *Malus* cinsine ait meyvedir (van der Sluis, 2005). Ilıman iklimlerde ve tropik bölgelerin yüksek rakımlı yerlerinde yaygın olarak yetiştirilir (Aprea ve ark., 2011; Ünüvar, 2014). Dünyada muzdan sonra en fazla üretilen ikinci meyve olan elma (FAO, 2019), Türkiye’de de 2021 verilerine göre 4.493.264 ton üretim ile tüm meyveler içerisinde %18,0’lık paya sahiptir (TÜİK, 2022a). En fazla üretilen çeşitler ise sırasıyla Starking Delicious (%37.8), Golden Delicious (%24.3), Amasya (%5.4) ve Granny Smith (%4,1)’tir (TÜİK, 2022b).

Elmanın genel bileşimi; %85 su, %11 karbonhidrat, %2 diyet lif, %0.6 yağ, %0.5 organik asit ve %0.3 proteindir. Elma, sağlık açısından büyük öneme sahip birçok biyoaktif bileşikler (fenolik bileşikler, triterpenik asitler, vitaminler gibi) içerir (van der Sluis, 2005; Esmacilli ve ark., 2012). Bu bileşikler sayesinde elma, antioksidan ve antikanser etkisi göstermektedir (Boyer ve Liu, 2004; Esmacilli ve ark., 2012).

Gıdalarda düşük miktarlarda bulunan aroma maddeleri, ağız ve geniz yolu ile algılanmakta ve gıda kalitesinde büyük önem taşımaktadır. Meyvelerin aromasını uçucu ve yarı uçucu organik bileşikler oluşturmaktadır. Bu bileşik grupları; esterler, yüksek alkoller, hidrokarbonlar, aldehitler, ketonlar, laktonlar, terpenler, uçucu yağ asitleri ve diğer uçucu bileşikler olup meyvenin hoş kokusundan sorumludurlar. Aroma maddeleri GC veya GC-MS gibi cihazlarla hassas bir şekilde belirlenebilmektedir. Meyvelerin aroma kompozisyonunu; genetik, çeşit, hasat zamanı, işleme koşulları ve depolama gibi faktörler etkileyebilmektedir (Rizzolo ve ark., 2006a; Dunemann ve ark., 2009; Malheiro ve ark., 2010). Bu nedenle meyvenin aroma bileşiklerinin kesin olarak belirlenmesi zordur.

Gıdada bulunan uçucu bileşikler, gıdanın lezzetine en fazla katkıyı sağlayan aromayı meydana getirmektedir (Sharma ve ark., 2014). Her bir aroma bileşiğinin katkısı enzim aktivitesi ve substrata bağlı olarak değişmektedir (Rizzolo ve ark., 2006a). Lipoksigenaz, alkol dehidrogenaz ve alkol açıl-transferaz gibi enzimler uçucu bileşiklerin üretiminde büyük önem taşımaktadır. Yağlar ve amino asitler kullanılarak yüksek alkoller, aldehitler ve esterler gibi aroma bileşiklerinin biyosentezi gerçekleştirilmektedir. (Espino-Diaz ve ark., 2016). Esterler, meyvelerin uçucu bileşiklerinin büyük çoğunluğunu oluşturmak birlikte hoş giden tatlı ve olgun aromalardan sorumludurlar (Fellman ve ark., 2000; Gezer, 2012). Esterler, açıl-transferaz (AAT) enzimi ile katalizlenen, açıl CoA, alkol ve karboksilik asidin esterifikasyonu ile meydana gelirler (Dixon ve Hewett, 2000; Gezer, 2012; Sharma ve ark., 2014). Yüksek alkoller, genellikle meyvelerin olgunlaşma süresince

enzimatik faaliyetler sonucu ortaya çıkan uçucu bileşiklerdir. Bazı yüksek alkoller çoklu doymamış yağ asitlerinin lipoksigenaz döngüsüyle oluşurken, bazıları ise protein deaminasyonu sonucu meydana gelmektedir (Cortes-Delgado ve ark., 2016).

Elmanın tüketiciler tarafından tercih edilmesinde en önemli faktör aromadır ve bugüne kadar elmada 300’den fazla uçucu bileşik tespit edilmiştir (Dixon ve Hewett, 2000; Aprea ve ark., 2012; Yang ve ark., 2021). Elma aromasında çok çeşitli uçucu bileşikler bulunmasına rağmen, aromanın çoğunluğunu esterler (%78-92) ve yüksek alkoller (%6-16) oluşturmaktadır. Elma çeşitlerinin aromalarında büyük farklılıklar söz konusu olmakla birlikte herhangi bir elma çeşidi için önemli bir karakteristik uçucu bileşik bulunmamaktadır (Dixon ve Hewett, 2000; Vrhovsek ve ark., 2014). Elma aromasında; esterlerden bütül asetat, heksil asetat, 2- metilbütül asetat, etil 2-metil bütanoat, alkollerden 2-metil-1-bütanol, 1-bütanol, 1-hekzanol, 1-propanol ve aldehitlerden heksanal, trans-2-heksanal, bütanal gibi 20 anahtar uçucu bileşik bulunmaktadır (Dunemann ve ark., 2009; Yang ve ark., 2021).

ABD orijinli Golden Delicious ve Starking Delicious, Türkiye orijinli Amasya elması ve Avustralya orijinli Granny Smith ülkemizde en fazla yetiştiriciliği yapılan elmalar olduğu için çalışma materyali olarak tercih edilmiştir. Türkiye’de yetiştirilen Amasya ve Granny Smith elma çeşitlerinin uçucu bileşimleriyle ilgili herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada, dört elma çeşidinin (Starking Delicious, Golden Delicious, Amasya ve Granny Smith) bazı fiziksel ve kimyasal kalite özellikleri ile aroma bileşiklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Materyal

Starking Delicious, Golden Delicious, Amasya ve Granny Smith çeşidi elmalar Kilis piyasasından temin edilmiş, yıkanıldıktan ve kurutulduktan sonra analizler yapılınca kadar +4°C’de depolanmıştır.

Metot

Fiziksel ve Kimyasal Analizler

Rastgele alınan 20 elmanın meyve ağırlığı (g) hassas teraziyile, meyve eni (mm) ve meyve boyu (mm) dijital kumpas ile ölçülerek ortalama değer belirlenmiştir. Kurumadde ve kül miktarı gravimetrik, pH değeri ve titrasyon asitliği ise potansiyometrik olarak belirlenmiştir. Titrasyon asitliği için elma örnekleri N/10’luk NaOH ile pH derecesi 8.1’e kadar titre

edilmiş ve sonuçlar malik asit cinsinden hesaplanmıştır. Elmaların suda çözünür kurumadde miktarı 20°C’de el refraktometresi ile % olarak belirlenmiştir (Cemeroğlu, 2013).

Aroma Bileşiklerinin Belirlenmesi

Uçucu bileşiklerin ekstraksiyonu Sabatini ve ark. (2008)’na göre headspace metodu ile yapılmıştır. Bunun için elmalar, tezgah üstü elma makinesi ile çekirdekleri çıkartılarak 1-3 mm kalınlıkta dilimlenmiş ve headspace viallerine aktarılmıştır. Vialler 70°C sıcaklıkta 30 dakika bekletilerek uçucu bileşiklerin tepe boşluğuna toplanması sağlanmıştır. Tepe boşluğunda toplanan uçucu bileşikler GC/MS (Agilent-7890B GC-5977MSD)’e enjekte edilmiştir.

Aroma maddelerinin ayrımı DB-WAX kapiler kolon (30 m x 250 µm x 0,5 µm) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Enjektör sıcaklığı 220°C, dedektör sıcaklığı 250°C, kolon sıcaklığı ise 50°C’de 3 dk beklemeden sonra, dakikada 2°C artarak 220°C’ye ve daha sonra dakikada 3°C artarak 245°C’ye çıkartılarak, bu sıcaklıkta 20 dk sabit kalacak şekilde ayarlanmıştır. Taşıyıcı gaz olarak helyum kullanılmıştır. Helyumun akış hızı 1 mL/dk, dedektör ve enjektör sıcaklıkları ise 250°C’ dir. Tanımlanan uçucu bileşikler arasında aroma maddeleri % olarak verilmiştir. Analizler 3 tekrerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analiz tesadüf parselleri deneme tasarımı ile IBM SPSS Statistics Version 20.0 paket programı kullanılarak yapılmıştır. Farklı çeşitler için varyans analizi sonucunda

önemli çıkan farklılıklara One-way ANOVA Çoklu Karşılaştırma testlerinden Duncan testi uygulanmıştır. Sonuçlar ortalaması±standart sapma olarak verilmiş ve p<0,05 olan tüm değerler istatistiki olarak anlamlı kabul edilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Elmaların Kalite Özellikleri

Meyvelerin fiziksel ve kimyasal özellikleri, ürünün kalitesinin belirlenmesinde, derecelendirilmesinde ve fiyatlandırılmasında büyük önem taşımaktadır (Uylaşer ve ark., 2008). Starking Delicious, Amasya, Granny Smith ve Golden Delicious elma çeşitlerinde yapılan fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Tablo 1’de verilmiştir.

Elmaların meyve ağırlıkları en düşük Amasya’da en yüksek ise Golden Delicious’da tespit edilmiştir. Bu çalışmaya benzer olarak Güteryüz ve ark. (2001), Amasya elması haricindeki elmaların ağırlıklarını 130.41-187.39 g aralığında belirlerken Kalkisim ve ark. (2016), Amasya elmasının ağırlığını 127.63 g olarak bildirmişlerdir. Yapılan diğer çalışmalarda Golden Delicious 222-262 g, Granny Smith 227-285 g Starking Delicious 290 g olarak belirtilmiştir (Rizzolo ve ark., 2006b; Aprea ve ark., 2012; Yang ve ark., 2021).

Meyve ağırlığına benzer olarak meyve en ve boyu, en düşük Amasya en yüksek ise Golden Delicious’da belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan elma çeşitlerinin meyve en (62.80-76.80 mm) ve boyları (57.00-68.70 mm) diğer araştırmacılarla benzer bulunmuştur (Güteryüz ve ark., 2001; Kalkisim ve ark., 2016).

Tablo 1. Elma çeşitlerinin fiziksel ve kimyasal bileşimi

Table 1. Physical and chemical composition of apple varieties

	Starking Delicious	Amasya	Granny Smith	Golden Delicious
Meyve ağırlığı (g)	146.69±2.60 ^b	117.26±2.33 ^d	131.04±4.13 ^c	170.54±7.26 ^a
Meyve eni (mm)	70.70±0.14 ^a	69.05±0.64 ^b	67.20±0.57 ^c	71.60±0.42 ^a
Meyve boyu (mm)	63.35±1.63 ^b	60.70±1.98 ^b	63.45±0.35 ^b	69.50±2.40 ^a
pH	4.28±0.06 ^a	4.38±0.03 ^a	3.68±0.04 ^c	4.05±0.01 ^b
Titrasyon asitliği (%)*	0.16±0.01 ^c	0.15±0.00 ^c	0.55±0.02 ^a	0.20±0.01 ^b
Kurumadde (%)	12.91±0.19 ^d	19.60±0.12 ^a	13.32±0.04 ^c	17.94±0.15 ^b
SÇKM (%)	11.15±0.21 ^d	15.20±0.00 ^a	11.90±0.14 ^c	14.80±0.00 ^b
Kül (%)	0.22±0.01 ^{bc}	0.69±0.02 ^a	0.18±0.02 ^c	0.25±0.01 ^b

*% Titrasyon asitliği malik asit cinsinden hesaplanmıştır. Aynı satırdaki farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak farklar önemlidir (p<0,05).

Elmaların kurumadde içerikleri en düşük %12.91 ile Starking Delicious ve en yüksek %19.60 ile Amasya çeşitlerinde belirlenmiştir. Elmaların SÇKM değerleri kurumadde içerikleriyle paralel bulunmuştur. Diğer araştırmacılar ise elma meyvelerinin çeşit ve yetiştirme koşullarına bağlı olarak kurumadde içeriklerini %13.69-18.10, SÇKM değerlerini %9.50-15.80 aralığında bildirmişlerdir (Atlı ve Ötleş, 1999; Güler-yüz ve ark., 2001; Briones-Labarca ve ark., 2011; Kalkisim ve ark., 2016; Aprea ve ark., 2017). Yapılan çalışmalarda SÇKM değeri Golden Delicious için %11.84-15.20, Granny Smith için %11.9-15.6 ve Starking Delicious için %12.9 olarak bildirilmiştir (Rizzolo ve ark., 2006b; Aprea ve ark., 2012; Yang ve ark., 2021).

Elmalar arasında kül içeriği en yüksek Amasya'da (%0,69) iken en düşük Granny Smith'te (%0,18) belirlenmiştir. Bazı araştırmacılar ise elmaların kül içeriklerini Amasya için %0.93, Golden Delicious için %0.13-0.34, Granny Smith için %0.53, Starking Delicious için %0.16-0.31 olarak belirlemişlerdir (Atlı ve Ötleş, 1999; Briones-Labarca ve ark., 2011; Gezer, 2012; Kalkisim ve ark., 2016).

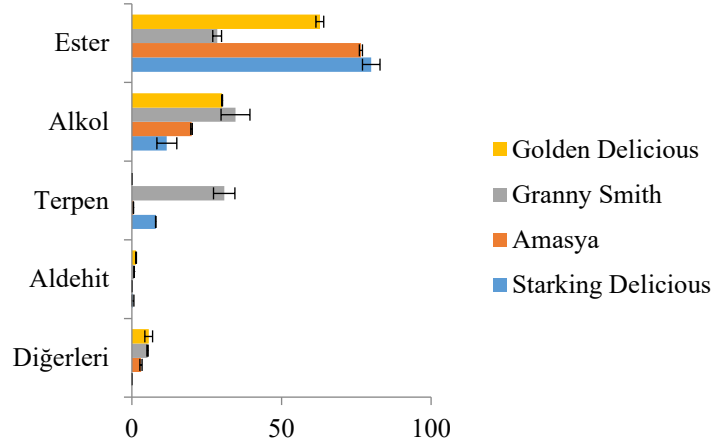
Elmaların pH değerleri 3.68-4.38 aralığında iken titrasyon asitlikleri malik asit cinsinden %0.15-0.55 arasında değişiklik göstermiştir. En yüksek pH ve en düşük asitlik Amasya elmasında, en düşük pH ve en yüksek asitlik Granny Smith elmasında belirlenmiştir. Granny Smith çeşidinin pH ve asitlik değerleri Briones-Labarca ve ark. (2011) ile benzer bulunmuştur. Diğer araştırmacılar ise çeşitlerin pH ve asitliğini Golden Delicious'da 3.36 ve %0.40, Starking Delicious'da 3.99 ve %0.24, Amasya'da 4.13 ve %0.41 olarak belirlemişlerdir (Güler-yüz ve ark., 2001; Kalkisim ve ark., 2016). Aprea ve ark. (2012) ve Yang ve ark. (2021) elmalardaki titrasyon asitliğini Golden Delicious'ta %0.44, Granny Smith'te %0,37 ve Starking Delicious'ta %0.32 olarak belirtmişlerdir.

Elmaların Aroma Profili

Dört farklı elma çeşidinde 24'ü ester, 5'i yüksek alkol, 1'i aldehit, 1'i terpen ve 9'u tanımlanamayan bileşikler olmak üzere 40 farklı aroma maddesi tespit edilmiştir. Starking Delicious çeşidinde 17 ester, 4 yüksek alkol, 1 aldehit ve 1 terpen olmak üzere 23; Amasya çeşidinde 15 ester, 4 yüksek alkol, 1 terpen olmak üzere 20; Granny Smith çeşidinde 11 ester, 5 yüksek alkol, 1 aldehit ve 1 terpen olmak üzere 18; Golden Delicious çeşidinde ise 9 ester, 4 yüksek alkol ve 1 aldehit olmak üzere 14 aroma bileşiği tanımlanmıştır (Tablo 2). Elmalarda yapılan diğer çalışmalarda da benzer olarak sayıca en yüksek aroma grubu esterler olmuştur (Dunemann ve ark.,

2009; Aprea ve ark., 2012; Gezer, 2012; Aprea ve ark., 2017; Yang ve ark., 2021).

Aroma bileşiklerinin oranlarına bakıldığında çoktan aza doğru Starking Delicious'ta ester, yüksek alkol, terpen ve aldehit; Amasya'da ester, yüksek alkol, tanımlanamayan bileşikler ve terpen; Granny Smith'te yüksek alkol, terpen, ester, tanımlanamayan bileşikler ve aldehit ve Golden Delicious'ta ester, yüksek alkol, tanımlanamayan bileşikler ve aldehit belirlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Elma uçucu bileşiklerinin aroma gruplarına göre % dağılımı

Figure 1. % ratio of apple volatile compounds by aroma groups

En yüksek oranda bulunan aroma bileşikleri sırasıyla Starking Delicious'ta 2-metil bütül asetat, hekszil asetat ve bütül asetat; Amasya'da bütül asetat, 2-metil bütül asetat ve hekszil asetat; Granny Smith'te (E,E)- α -farnesen, etanol ve etil 2-metil bütanoat ve Golden Delicious'ta hekszil asetat, etanol ve bütül asetat. Aprea ve ark. (2017)'nin 40 elma çeşidinde yaptıkları çalışmada da en fazla miktarda bulunan aroma bileşikleri hekszil asetat ve bütül asetat olmuştur. Sharma ve ark. (2014)'nin bildirdikleri elma aromasından sorumlu bileşikler de (2-metil bütül asetat, bütül asetat, hekszil asetat) çalışmayı desteklemektedir. Granny Smith'te yüksek oranda bulunan (E,E)- α -farnesenin, Esmacilli ve ark. (2012)'nin tespit ettiği 100 uçucu bileşik arasında da baskın olduğu bulunmuştur. Uçucu bileşiklerin arasındaki farklılıklar çeşit, bölge, toprak, su (Yang ve ark., 2021) ve diğer çevresel faktörlerden kaynaklanmaktadır (Espino-Diaz ve ark., 2016; Yang ve ark., 2021).

Tablo 2. Elmaların aroma bileşikleri (%)**Table 2.** Volatile compounds of apples (%)

AZ*	Bileşik	Grup	Starking Delicious	Amasya	Granny Smith	Golden Delicious
4.184	Etanol	Yüksek alkol	3.03±1.54 ^b	5.69±0.62 ^b	22.03±3.21 ^a	20.26±0.42 ^a
4.595	Propil asetat	Ester	5.93±0.88 ^a	0.90±0.09 ^b	t.e.	t.e.
5.001	İzobütül asetat	Ester	0.94±0.09 ^a	0.58±0.06 ^b	t.e.	t.e.
5.270	Etil bütanoat	Ester	3.70±0.10 ^b	1.25±0.10 ^c	5.81±0.25 ^a	t.e.
5.443	Etil 2-metil bütanoat	Ester	1.18±0.04 ^b	0.61±0.04 ^c	13.98±0.03 ^a	t.e.
5.650	Bütül asetat	Ester	10.77±1.01 ^c	25.06±0.96 ^a	t.e.	14.28±1.09 ^b
5.836	Hekzanal	Aldehit	0.34±0.34 ^{bc}	t.e.	0.78±0.04 ^b	1.40±0.13 ^a
5.941	3-Etoksi-3-(metil amino) metil 2-propanoat	Ester	t.e.	0.64±0.08	0.52±0.08	t.e.
6.302	2-Metil bütül asetat	Ester	29.12±3.33 ^a	23.69±1.20 ^a	t.e.	8.64±0.46 ^b
6.327	Propil bütanoat	Ester	t.e.	t.e.	0.24±0.24	t.e.
6.551	2-Metil propil bütanoat	Ester	1.46±1.46	t.e.	0.92±0.92	t.e.
6.641	1-Bütanol	Yüksek alkol	3.47±1.13 ^b	7.73±0.44 ^a	0.86±0.86 ^b	1.86±0.01 ^b
7.012	3-Metil 1-bütül asetat	Ester	0.68±0.05	t.e.	t.e.	t.e.
7.019	Pentil asetat	Ester	t.e.	1.50±0.03 ^b	t.e.	2.42±0.11 ^a
7.446	2-Metil-1-bütanol	Yüksek alkol	2.58±0.48 ^b	3.39±0.31 ^{ab}	4.69±0.42 ^a	1.07±0.17 ^c
7.645	Bütül bütanoat	Ester	0.98±0.26	1.17±0.01	t.e.	t.e.
7.844	Bütül 2-metil bütirat	Ester	2.55±0.55	1.52±0.02	t.e.	t.e.
7.871	Etil hekzonoat	Ester	t.e.	t.e.	2.92±0.21	t.e.
8.395	Hekzil asetat	Ester	12.71±2.20 ^b	15.54±1.37 ^b	0.77±0.04 ^c	25.91±0.65 ^a
9.034	4-Hekzen-1-ol asetat	Ester	t.e.	t.e.	t.e.	1.76±0.10
9.065	Propil hekzonoat	Ester	1.02±0.3	t.e.	t.e.	t.e.
9.235	2-Hekzen-1-ol asetat	Ester	0.70±0.70 ^b	0.83±0.07 ^b	t.e.	2.98±0.18 ^a
9.338	Hekzil propanoat	Ester	0.26±0.26	t.e.	t.e.	t.e.
9.444	1-Hekzanol	Yüksek alkol	2.62±0.18 ^c	3.13±0.13 ^b	6.51±0.04 ^a	6.99±0.12 ^a
10.357	Bütül hekzonoat	Ester	3.43±0.22 ^a	0.20±0.20 ^c	0.55±0.01 ^c	1.47±0.26 ^b
10.377	Hekzil bütanoat	Ester	3.47±0.11 ^a	1.77±0.09 ^c	0.61±0.02 ^c	2.67±0.33 ^b
10.557	Hekzil 2-metil bütanoat	Ester	t.e.	t.e.	1.56±0.06	t.e.
11.333	1.2.6-Hekzentriol	Yüksek alkol	t.e.	t.e.	0.55±0.31	t.e.
13.877	Hekzil hekzonoat	Ester	1.12±0.07	t.e.	t.e.	t.e.
14.167	Dimetil silanediol	Ester	t.e.	0.26±0.26 ^{bc}	0.63±0.04 ^b	1.46±0.03 ^a
17.461	(E,E)- α -Farnesen	Terpen	7.91±0.04 ^b	0.48±0.08 ^c	30.86±3.58 ^a	t.e.
	Diğerleri		t.e.	3.04±0.36	5.23±0.19	5.63±1.30

*Alıkonma zamanı (dk) t.e.: Tespit edilemedi. Aynı satırdaki farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak farklar önemlidir (p<0,05).

Meyvelerdeki başlıca uçucu bileşik sınıfı olan esterler, elma aromasında da büyük öneme sahip olup, tüketici beğenisini sağlayan kokuları vermektedir (Cortes-Delgado ve ark., 2016). Aroma bileşimi olarak bakıldığında; Starking Delicious'un %80.00'ni, Amasya'nın %76.55'ini, Golden Delicious'un %62.82'sini ve Granny Smith'in %28.50'sini esterler oluşturmuştur. Echeverria ve ark. (2004) ve Espino-Diaz ve ark. (2016) farklı elma çeşitlerindeki aroma bileşikleri arasındaki en fazla miktarda bulunan uçucu bileşik sınıfının esterler (%80-98) olduğunu bildirilmişlerdir. Ancak Aprea ve ark. (2011) elma çeşitleri arasında aroma bileşiminde önemli farklılıklar olabileceğini belirtmiştir.

Starking Delicious çeşidinde 2-metil bütül asetat (%29.12), hekzil asetat (%12.71) ve bütül asetat (%10.77); Amasya çeşidinde bütül asetat (%25.06), 2-metil bütül asetat (%23.69) ve hekzil asetat (%15.54); Golden Delicious çeşidinde hekzil asetat (%25.91), bütül asetat (%14.28) ve 2-metil bütül asetat (%8.64) ve Granny Smith çeşidinde etil 2-metil bütanoat (%13.98), etil bütanoat (5.81) ve bütül bütanoat (%4.69) esterleri yüksek oranlarda tespit edilmiştir.

Hekzil asetat, 2-metil bütül asetat, bütül asetat ve etil 2-metil bütanoat bileşiklerinin esterler arasında oransal olarak baskın bileşikler olduğu yapılan çalışmalarla da desteklenmiştir (Rizzolo ve ark., 2006b; Villatoro ve ark., 2008; Dunemann

ve ark., 2009; Lumpkin ve ark., 2015). Granny Smith hariç diğer üç elma çeşidinde yüksek oranda bulunan bütül asetat esteri, Aprea ve ark. (2012)'nin yaptığı çalışmada da diğer 16 elma çeşidinin aksine Granny Smith'te çok düşük miktarda tespit edilmiştir.

Çalışmada belirlenen esterlerden heksil asetatın meyveli, tatlı, armut (Dixon ve Hewett, 2000; Kato ve ark., 2003); etil bütanoatın meyve, ananas; bütül asetatın muz, bütül bütanoatın çürük elma; bütül heksanoatın çimen, yeşil elma; heksil bütanoatın çimen; heksil heksanoatın salatalık; 2-metil bütül asetatın meyve ve etil-2-metil bütiratın çilek (Espino-Diaz ve ark., 2016) kokuları verdiği bildirilmiştir.

Elma çeşitlerinde etanol, 1-bütanol, 2-metil-1-bütanol, 1-heksanol ve 1,2,6-heksentriol olmak üzere 5 farklı yüksek alkol bileşiği tespit edilmiştir. Genel olarak esterlerden sonra elma aromasındaki en büyük yüzdeyi yüksek alkoller oluşturmuştur. Yüksek alkollerin aroma bileşiklerindeki paylarına bakıldığında; Granny Smith'in %34.63'ünü, Golden Delicious'un %30.17'sini, Amasya'nın %19.94'ünü ve Starking Delicious'un ise %11.70'ini oluşturduğu görülmektedir.

Elma çeşitlerinde en yüksek oranda bulunan yüksek alkoller Starking Delicious ve Amasya'da 1-bütanol (%3.47 ve %7.73), Granny Smith ve Golden Delicious'ta etanol (%22.03 ve %20.26) olmuştur. 1,2,6-heksentriol ise sadece Granny Smith'te tespit edilmiştir. Komthong ve ark. (2006)'da çalışmalarında elmada 1-bütanolün baskın olduğunu desteklemiştir. Gezer (2012), Golden Delicious, Starking Delicious ve Chen ve ark. (2007) *Malus sieversii* elmalarında 1-bütanol, etanol, heksanol ve 2-metil-1-bütanol yüksek alkollerinin bulunduğunu belirtmişlerdir.

1-Bütanolün toprak, tatlı ve meyvemsi; 1-heksanolün toprak, hoşça gitmeyen (Dixon ve Hewett, 2000), tatlı ve alkol; etanolün şarap/viski ve yumuşak; 2-metil-1-bütanolün hoşça giden (Espino-Diaz ve ark., 2016), asidik, keskin ve baharatlı (Yang ve ark. 2021) kokular verdiği bildirilmiştir.

Amasya elması hariç diğer tüm çeşitlerde belirlenen tek aldehit heksanaldir. Bu bileşik, Golden Delicious aromasının %1.40'ını, Granny Smith aromasının %0.78'ini oluştururken Starking Delicious aromasının %0.34'ünü meydana getirmiştir. Elmalarda yapılan diğer çalışmalarda da genellikle heksanal en yüksek miktarda tespit edilen aldehitler arasındadır (Komthong ve ark., 2006; Chen ve ark., 2007; Aprea ve ark., 2012; Espino-Diaz ve ark., 2016; Yang ve ark., 2021). Dunemann ve ark. (2009) Discovery ve Prima çeşitlerinde hiç aldehit bileşiği tanımlayamadıklarını bildirerek Amasya elması için bulunan sonucu desteklemektedirler.

Aldehitler olgunlaşma ile alkollere indirgenebilir, asitlere oksitlenebilir ve böylece ester sentezinde rol alabilirler (Aaby ve ark., 2011; Espino-Diaz ve ark., 2016). Çalışılan elmalarındaki aldehit sayısının ve oranının düşük oluşu da elmaların olgun olduğu düşüncesini pekiştirmektedir. Hekzenal; otsu, balık benzeri (Yang ve ark., 2021), olgunlaşmamış elma (Aaby ve ark., 2011), keskin, toprak ve yeşil elma (Dixon ve Hewett, 2000) kokularından sorumludur.

(E,E)- α -farnesen bileşiği belirlenen tek terpen olup, Golden Delicious dışındaki tüm çeşitlerde farklı oranlarda bulunmuştur. Aromalar içerisindeki en büyük yüzdeyi %30.86 (E,E)- α -farnesen ile Granny Smith'te göstermiştir. Starking Delicious ve Amasya çeşitlerinin aromasında sırasıyla %7.91 ve %0.48 paylara sahip olmuştur. Gezer, (2012) organik Starking Delicious çeşidinde, Aprea ve ark. (2012) 18 farklı elma çeşidinde, Dunemann ve ark. (2009) ise Discovery ve Prima elma çeşitlerinde (E,E)- α -farneseni tespit etmişlerdir. Espino-Diaz ve ark. (2016) seskiterpenlerden olan (E,E)- α -farnesenin genellikle epidermal ve hipodermal hücre katmanlarında sentezlendiğini ve olgun meyve ile ilişkili olup, depolama sırasında oluştuğunu bildirmişlerdir. (E,E)- α -farnesenin elmaya yeşil bitki (Aaby ve ark., 2001; Yang ve ark., 2021) ve yağlı (Yang ve ark., 2021) kokular verdiği bilinmektedir.

Amasya'da %3.04'ünü 8, Granny Smith'te %5.23'ünü 7 ve Golden Delicious'ta %5.63'ünü 4 tanımlanamayan aroma bileşiği oluşturmuştur. Starking Delicious'ta ise tüm bileşikler tanımlanabilmiştir. Dunemann ve ark. (2009)'nın çalışmasında da iki farklı elma çeşidi için 14 tanımlanamayan pik bulunmuştur.

Sonuç

Bu çalışmada, 4 elma çeşidinin fiziksel ve kimyasal özellikleri ile elmalarda bulunan uçucu bileşiklerin tanımlanması ve oranlarının tespiti headspace GC-MS kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elmalarda 5 farklı aroma grubundan toplam 40 uçucu bileşik tespit edilmiş olup bunlardan 31 tanesi tanımlanabilmiştir. Granny Smith çeşidi hariç diğer tüm elmalarda esterler başlıca aroma bileşiği sınıfı olmuş ve esterleri yüksek alkoller takip etmiştir. Granny Smith'te ise oransal olarak en fazla yüksek alkoller belirlenmiştir. Çeşitler arasında hem fiziksel-kimyasal özellikler hem de aroma bileşimleri farklılıklar göstermiştir. Sayıca en fazla aroma bileşiği Starking Delicious'ta tespit edilmişken en az sayıda ise Golden Delicious'ta belirlenmiştir. Genel olarak bu çalışmanın, farklı elma çeşitlerindeki uçucu bileşiklerin profillerini değerlendirmek için faydalı bilgiler sunduğu ve gelecekte yapılacak çalışmalar için bir referans olacağı düşünülmektedir.

Etik Standartlar ile Uyumluluk

Çıkar çatışması: Yazarlar bu yazı için gerçek, potansiyel veya algılanan çıkar çatışması olmadığını beyan etmişlerdir.

Etik izin: Araştırma niteliği bakımından etik izne tabii değildir.

Finansal destek: -

Teşekkür: -

Açıklama: -

Kaynaklar

Aaby, K., Haffner, K., Skrede, G. (2011). Aroma quality of Gravenstein apples influenced by regular and controlled atmosphere storage. *Lebensmittel-Wissenschaft und –Technologie*, 35, 254-259.
<https://doi.org/10.1006/fstl.2001.0852>

Aprea, E., Gika, H., Carlin, S., Theodoridis, G., Vrhovsek, U., Mattivi, F. (2011). Metabolite profiling on apple volatile content based on solid phase microextraction and gas-chromatography time of flight mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1218(28), 4517-4524.
<https://doi.org/10.1016/j.chroma.2011.05.019>

Aprea, E., Corollaro, M.L., Betta, E., Endrizzi, I., Demattè, M.L., Biasioli, F., Gasperi, F. (2012). Sensory and instrumental profiling of 18 apple cultivars to investigate the relation between perceived quality and odour and flavor. *Food Research International*, 49, 677-686.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.09.023>

Aprea, E., Charles, M., Endrizzi, I., Laura Corollaro, M., Betta, E., Biasioli, F., Gasperi, F. (2017). Sweet taste in apple: the role of sorbitol, individual sugars, organic acids and volatile compounds. *Scientific Reports*, 7(44950), 1-10.
<https://doi.org/10.1038/srep44950>

Atlı, Y., Ötleş, S. (1999). Elma kurutma işleminin besin öğeleri üzerine etkisi. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 28(2), 59-62.

Boyer, J., Liu, R.H. (2004). Apple phytochemicals and their health benefits. *Nutrition Journal*, 3(5), 1-15.
<https://doi.org/10.1186/1475-2891-3-5>

Briones-Labarca, V., Venegas-Cubillos, G., Ortiz-Portilla, S., Chacana-Ojeda, M., Maureira, H. (2011). Effects of high hydrostatic pressure (HHP) on bioaccessibility, as

well as antioxidant activity, mineral and starch contents in Granny Smith apple. *Food Chemistry*, 128(2), 520-529.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.074>

Cemeroğlu, B.S. (2013). Gıda analizlerinde genel yöntemler. B.S., Cemeroğlu, (Eds), *Gıda Analizleri* (s.1-85). Ankara, Bizim Grup Basımevi. ISBN: 978-605-63419-3-9

Chen, X., Feng, T., Zhang, Y., He, T., Feng, J., Zhang, C. (2007). Genetic diversity of volatile components in Xinjiang wild apple (*Malus sieversii*). *Journal of Genetics and Genomics*, 34(2), 171-179.
[https://doi.org/10.1016/S1673-8527\(07\)60018-6](https://doi.org/10.1016/S1673-8527(07)60018-6)

Cortes-Delgado, A., Sanchez, A.H., De Castro, A., Lopez-Lopez, A., Beato, V.M., Montano, A. (2016). Volatile profile of Spanish-style green table olives prepared from different cultivars grown at different locations. *Food Research International*, 83, 131-142.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.03.005>

Dixon, J., Hewett, E.W. (2000). Factors affecting apple aroma/flavour volatile concentration: a review. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 28, 155-173.
<https://doi.org/10.1080/01140671.2000.9514136>

Dunemann, F., Ulrich, D., Boudichevskaia, A. (2009). QTL mapping of aroma compounds analysed by headspace solid-phase microextraction gas chromatography in the apple progeny ‘Discovery’ × ‘Prima’. *Molecular Breeding*, 23, 501-521.
<https://doi.org/10.1007/s11032-008-9252-9>

Echeverria, G., Graell, J., Lopez, M.L., Lara, I. (2004). Volatile production, quality and aroma-related enzyme activities during maturation of ‘Fuji’ apples. *Postharvest Biology and Technology*, 31, 217-227.
<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2003.09.003>

Esmaceli, A., Abednazari, S., Abdollahzade Y. M., Abdollahzadeh, N.M., Mahjoubian, R., Tabatabaei-Anaraki, M. (2012). Peel volatile compounds of apple (*Malus domestica*) and grapefruit (*Citrus paradisi*). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 15(5), 794-799.
<https://doi.org/10.1080/0972060X.2012.10644122>

Espino-Diaz, M., Sepulveda, D.R., Gonzalez-Aguilar, G., Olivas, G.I. (2016). Biochemistry of apple aroma: A review. *Food Technology and Biotechnology*, 54(4), 375-397.
<https://doi.org/10.17113/ftb.54.04.16.4248>

FAO, 2019. Production, trade and producer price statistics. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/en/#data> alındı (29.11.2019 tarihinde erişildi).

Fellman, J.K., Miller, T.W., Mattinson, D.S. (2000). Factors that influence biosynthesis of volatile flavor compounds in apple fruits. *HortScience*, 35(6), 1026-1033. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.35.6.1026>

Gezer, E. (2012). Golden Delicious ve Starking Delicious elma çeşitlerinden elde edilen şıraların aroma bileşiklerine bazı teknolojik işlemlerin etkisi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, 83s.

Güleryüz, M., Ercişli, S., Erkan, E. (2001). Erzincan ovasında yetiştirilen bazı elma çeşitlerinin meyve gelişimi dönemlerinde meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişimler ile bunlar arasındaki ilişkiler. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(1), 51-59.

Kalkisim, O., Ozdes, D., Okcu, Z., Karabulut, B., Senturk, H.B. (2016). Determination of pomological and morphological characteristics and chemical compositions of local apple varieties grown in Gumushane, Turkey. *Erwerbs-Obstbau*, 58, 41-48. <https://doi.org/10.1007/s10341-015-0256-4>

Kato, T., Shimoda, M., Suzuki, J., Kawaraya, A., Igura, N., Hayakawa, I. (2003). Changes in the odors of squeezed apple juice during thermal processing. *Food Research International*, 36, 777-785. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(03\)00072-3](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(03)00072-3)

Komthong, P., Hayakawa, S., Katoh, T., Igura, N., Shimoda, M. (2006). Determination of potent odorants in apple by headspace gas dilution analysis. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 39, 472-478. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.03.003>

Lumpkin, C., Fellman, J.K., Rudell, D.R., Mattheis, J.P. (2015). "Fuji" apple (*Malus domestica* Borkh.) volatile production during high pCO₂ controlled atmosphere storage. *Postharvest Biology and Technology*, 100, 234-243. <http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.10.008>

Malheiro, R., De Pinho, P.G., Casal, S., Bento, A., Pereira, J.A. (2010). Determination of the volatile profile of stoned table olives from different varieties by using HS-SPME and GC/IT-MS. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91, 1693-1701.

<https://doi.org/10.1002/jsfa.4372>

Rizzolo, A., Grassi, M., Eccher Zerbini, P. (2006). Influence of post-harvest ripening on changes in quality and volatile compounds of 'Golden Orange' and 'Golden Lasa' scab-resistant apple cultivars. *Journal of Food Quality*, 29(4), 353-373. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2006.00078.x>

Rizzolo, A., Grassi, M., Eccher Zerbini, P. (2006). Influence of harvest date on ripening and volatile compounds in the scab-resistant apple cultivar 'Golden Orange', *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 81(4), 681-690. <https://doi.org/10.1080/14620316.2006.11512124>

Sabatini, N., Mucciarella, M.R., Marsilio, V. (2008). Volatile compounds in uninoculated and inoculated table olives with *Lactobacillus plantarum* (*Olea Europaea* L., cv. Moresca and Kalamata). *Food Science Technology*, 41, 2017-2022. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.12.002>

Sharma, P., Dhami, P., Pandey, P. (2014). Flavours of apple and pineapple fruits. *Journal of Nutritional Ecology and Food Research*, 2, 1-6. <https://doi.org/10.1166/jnef.2014.1102>

TÜİK, (2022a). Meyve ürünleri içecek ve baharat bitkileri üretim miktarları. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Tarim-111> alındı (19.02.2022 tarihinde erişildi).

TÜİK, (2022b). Türkiye'de üretilen elma çeşitlerinin miktarları. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr> alındı (19.02.2022 tarihinde erişildi).

Uylaşer, V., Şahin, İ. (2004). Salamura siyah zeytin üretiminde geleneksel gemlik yönteminin günümüz koşullarına uyarlanması. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(1), 105-113.

Ünüvar, G. (2014). Karaman ekolojik şartlarında M9 anacına aşılı bazı elma çeşitlerinin fenolojik ve pomolojik özelliklerinin ve antioksidan aktivitelerinin tespiti. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 68s.

van der Sluis, A.A. (2005). A chain analysis of the production of ‘healthy’ apple juice. Wageningen University, PhD Thesis, The Netherlands, p184.

Villatoro, C., Altisent, R., Echeverria, G., Graell, J., Lopez, M.L., Lara, I. (2008). Changes in biosynthesis of aroma volatile compounds during on-tree maturation of ‘Pink Lady’ apples. *Postharvest Biology and Technology*, 47, 286-295.
<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.07.003>

Vrhovsek, U., Lotti, C., Masuero, D., Carlin, S., Weingart, G., Mattivi, F. (2014). Quantitative metabolic profiling of grape, apple and raspberry volatile compounds (VOCs) using a GC/MS/MS method. *Journal of Chromatography B: Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences*, 966, 132-139.

<https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2014.01.009>

Yang, S., Hao, N., Meng, Z., Li, Y., Zhao, Z. (2021). Identification, comparison and classification of volatile compounds in peels of 40 apple cultivars by HS-SPME with GC-MS. *Foods*, 10(5), 1051.

<https://doi.org/10.3390/foods10051051>