



Characterization of Volatile Compounds and Sensory Properties of Chaste (*Vitex agnus-castus* L.) Honeys

Ceyda Dadalı^{1,a,*}

¹Department of Food Engineering, Faculty of Engineering, Ege University, 35100 Bornova/Izmir, Turkey

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 20/12/2020 Accepted : 16/01/2021</p> <p>Keywords: Chaste honey Volatile compound Sensory analysis Flavour <i>Vitex agnus-castus</i> L.</p>	<p>In this study, it was aimed to characterize some physical and chemical properties, volatile compounds and sensory properties of chaste honey produced in Aydın, Çanakkale, İzmir and Muğla provinces. A total of 16 different volatile compounds (4 aldehydes, 3 furans, 2 alcohol, 2 sulphur compounds, 2 terpenes, 1 alkane, 1 benzenic compound and 1 ketone) were identified in the evaluated chaste honeys. It was determined that common volatile compounds of chaste honeys were dimethyl sulphide, octane, nonanal, 2-furancarboxaldehyde, 2-ethyl-1-hexanol, 1- (2-furanyl) -ethanone, benzaldehyde, 5-methyl-2-furancarboxaldehyde, and benzenacetaldehyde. Benzenacetaldehyde was the most abundant volatile compound in all chaste honeys, followed by benzaldehyde and 2-furancarboxaldehyde. As a result of the sensory evaluation, floral, fruity, caramel-like, bitter almond, fermented, animal-like, spicy, waxy, and woody aroma characters, sweet and sour taste characters and astringent mouthfeeling were detected in chaste honeys. The floral, fruity, caramel-like, sweet, and sour characters were intensely perceived in all samples.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 9(3): 621-631, 2021

Hayıt (*Vitex agnus-castus* L.) Ballarının Uçucu Bileşenlerinin ve Duyusal Özelliklerinin Tanımlanması

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 20/12/2020 Kabul : 16/01/2021</p> <p>Anahtar Kelimeler: Hayıt balı Uçucu bileşen Duyusal değerlendirme Lezzet <i>Vitex agnus-castus</i> L.</p>	<p>Bu çalışmada Aydın, Çanakkale, İzmir ve Muğla illerinde üretilen hayıt ballarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile uçucu bileşenlerinin ve duyuşal özelliklerinin tanımlanması amaçlanmıştır. Değerlendirilen hayıt ballarında toplam 16 farklı uçucu bileşen belirlenmiştir (4 aldehit, 3 furan, 2 alkol, 2 sülfürlü bileşik, 2 terpen, 1 alkan, 1 benzenik bileşik ve 1 keton). Hayıt ballarının ortak uçucu bileşenlerinin dimetil sülfid, oktan, nonanal, 2-furankarboksaldehit, 2-etil-1-hegzanol, 1-(2-furanil)-etanon, benzaldehit, 5-metil-2-furankarboksaldehit ve benzenasetaldehit olduğu belirlenmiştir. Bütün hayıt ballarında benzenasetaldehit en fazla bulunan uçucu bileşen olup ardından benzaldehit ve 2-furankarboksaldehit gelmektedir. Duyusal değerlendirme sonucunda hayıt ballarında çiçeğimsi, meyvemsi, karamelimsi, acı badem, fermente, hayvanımsı, baharatımsı, vaksımsı ve odunumsu koku karakteri, tatlı ve ekşi tat karakterleri ile burukluk ağız hissi algılanmıştır. Bütün örneklerde çiçeğimsi, meyvemsi, karamelimsi, tatlı ve ekşi karakter yoğun olarak algılanmıştır.</p>

^a ceyda.dadali@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-2102-8582>



This work is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International License

Giriş

Bal, bitki nektarlarının, bitkilerin salgılarının veya bitkilerin üzerinde yaşayan bitki emici böceklerin salgılarının, bal arısı tarafından toplanıp değişikliğe uğrattığı, su içeriğini azalttığı ve petekte olgunlaştırdığı doğal ürünü ifade etmektedir (TGK, 2020). Bal arılarının kullandığı kaynağa göre ballar iki ana gruba ayrılmaktadır. Çiçek balı bitki nektarından elde edilen bal olup, salgı balı ise bitkilerin salgılarından veya bitkilerin üzerinde yaşayan bitki emici böceklerin salgılarından üretilen baldır (TGK, 2020). Dünyada 114113 ton yıllık bal üretimiyle Türkiye 2. sırada bulunmaktadır. Türkiye kişi başına günlük bal tüketimi açısından 3,33 gram ile dünyada 7. sırada yer almaktadır. Dünyada 300'den fazla bal çeşidi üretilmektedir (FAO, 2018; 2019).

Bal bilişiminde fruktoz ve glukoz ile az miktarda kompleks şekerleri, aynı zamanda enzim, amino asit, organik asit, karotenoid, vitamin, mineral, uçucu bileşik, polen, vaks, flavanoid ve fenolik asitleri içermektedir (Machado ve ark., 2020). Balın duyuusal özellikleri ve kimyasal bileşimi bitki örtüsüne, bitki örtüsünden aldıkları nektar tipine ve miktarına, bölgenin coğrafi konumuna göre çeşitlilik göstermektedir (Etzold ve Lichtenberg-Kraag, 2007; Karadal ve Yıldırım, 2012; Pehlivan ve Gül, 2016). Balın uçucu bileşen kompozisyonu ise balın organoleptik karakteristiklerini etkileyen botanik kaynağının belirlenmesi açısından önemlidir (Boi ve ark., 2013; Kuş ve ark., 2018; Patrignani ve ark., 2018; Costa, 2019).

Hayıt balının üretiminde kullanılan hayıt, mine çiçeğigiller (Verbenaceae) familyasından olup genellikle Akdeniz, Ege ve Marmara kıyılarında yetişmektedir (Fakir ve ark., 2014; Kolancı, 2017). Arılar için uygun nektar kaynağı olan ve diğer nektar kaynaklarının sınırlı olduğu Haziran–Temmuz aylarında çiçek açan hayıttan hayıt balı üretilmektedir (Koç ve ark., 2017a).

Hayıt balıyla yapılan önceki çalışmalarda fiziksel, kimyasal, biyokimyasal özellikleri ile raf ömrü araştırılmış olup, uçucu bileşenleri ve duyuusal özelliklerini araştıran çalışma mevcut değildir (Chen ve ark., 2013; Zhou ve ark., 2014; Can ve ark., 2015; Gül, 2016; Zhao et ve ark. 2016; 2018; Koç ve ark., 2017a; 2017b; Wang ve ark., 2019; Ren ve ark. 2019). Bu çalışmada Aydın, Çanakkale, İzmir ve Muğla illerinde üretilen hayıt ballarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin, uçucu bileşenlerinin ve duyuusal özelliklerinin araştırılması amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Hayıt balı örnekleri 2019 yılında üretilmiş olup Aydın (A1, A2, A3, A4), Çanakkale (Ç1, Ç2), İzmir (İ1, İ2) ve Muğla (M1, M2) ilindeki yerel üreticilerden temin edilmiştir.

Yöntem

Hayıt Ballarının Fiziksel ve Kimyasal Analizleri

Ballardaki nem analizleri TS 3036'a göre yapılmıştır. Bu amaçla hayıt balının 20°C'de kırılma indisi saptandıktan sonra TS 3036'a göre nem içeriği belirlenmiştir (TS, 2010). Kül tayini için 2 g bal örneği 550°C'de kül fırınında kül haline getirilmiştir (TS, 2010).

Hayıt balı örneklerinin pH değerinin belirlenmesi amacıyla 10 g bala 75 ml su ilave edilmiş ardından dijital pH metre (WTW, Germany) yardımıyla pH değeri saptanmıştır (AOAC, 1990).

Balların asitliği, titrimetrik metot ile tespit edilmiş olup, 1 kg balda milieşdeğer sayısı olarak ifade edilmiştir (AOAC,1990). Hayıt ballarının invert şeker ve sakkaroz miktarının belirlenmesi için Lane-Eynon yöntemi kullanılmıştır (AOAC, 1990).

Hayıt balı örneklerinin hidrokümetil furfural (HMF) miktarı IHC (2009) tarafından önerilen Winkler spektrofotometrik (Agilent Technologies, Cary 60) yönteme göre belirlenmiştir. Diastaz sayısının tespit edilmesi amacıyla spektrofotometrik Shade Diastaz metodu kullanılmıştır (IHC, 2009). Bal örneklerinin rengi belirlenirken renk tayin cihazı (Konica Minolta, CR-400) kullanılarak L^* (aydınlık), a^* ((-a):yeşil, (+a):kırmızı), b^* ((-b):mavilik (+b):sarılık) değerleri saptanmıştır.

Uçucu Bileşen Ekstraksiyonu

Hayıt ballarındaki uçucu bileşenlerin ekstraksiyonu amacıyla manuel katı faz mikroekstraksiyon (SPME) kullanılmıştır. Ekstraksiyon amacıyla Divinilbenzen/Karboksen/Polidimetilsiloksan (DVB/CAR/PDMS) fiberinden faydalanılmıştır. Uçucu bileşen analizinde bal örnekleri hazırlanırken 16 gram bal 7 ml su ve 2 g NaCl içinde çözündürülmüştür. Üzerine iç standart olarak 1 µL sikloheksanon (%1 V/V) eklenmiştir. Hazırlanan karışım 40 mL'lik vialle aktarılıp 60°C'de 30 dakika tutularak dengeye gelmesi sağlanmıştır. Dengeye gelen örnek vialinin tepe boşluğuna DVB/CAR/PDMS fiberi yerleştirilmiş ve 60°C'de 40 dakika boyunca ekstraksiyon sürdürülmüştür. Ekstraksiyon süresinin sonunda fiber gaz kromatografisi- kütle spektrometresi (GC-MS) cihazına enjekte edilmiş ve enjeksiyon bölümünde 5 dakika tutularak uçucu bileşenlerin desorpsiyonu sağlanmıştır (Bayraktar ve Onoğur, 2011).

GC-MS analizi

Hayıt ballarındaki uçucu bileşenlerin belirlenmesi amacıyla GC-MS (HP 6980 GC/ HP 5973 MS, Agilent Technologies) kullanılarak analiz gerçekleştirilmiştir. Enjeksiyon ünitesinin sıcaklığı 250°C'de tutulmuş, bölünmesiz modda enjeksiyon yapılmıştır. Uçucu bileşenlerin ayırımında DB-Wax (60 m x 0.25 mm x 0.50 µm, HP 6980 GC/ HP 5973 MS, Agilent Technologies) kapiler kolon kullanılmıştır. Taşıyıcı gaz olan Helyumun akış hızı 1 mL/dk olarak ayarlanmıştır. Fırın sıcaklık programında 50°C'de 3 dakika tutulduktan sonra 10°C/dk artışla sıcaklık 220°C'ye yükseltilmiş ve 220°C'de 10 dakika tutulmuştur. Uçucu bileşenlerin tanımlanmasında Nist ve Wiley kütüphaneleri kullanılmıştır. Aynı analiz şartlarında alkan karışımı (C7-C30) enjeksiyonu yapılarak uçucu bileşenlerin kovats indeksi saptanmıştır. İç standardın alanı ve konsantrasyonuna bağlı olarak uçucu bileşenlerin bağıl konsantrasyonları hesaplanmıştır.

Tanımlayıcı Duyusal Değerlendirme

Hayıt ballarının duyuusal değerlendirmesinin gerçekleştirilmesi amacıyla tanımlayıcı duyuusal değerlendirme kullanılmıştır (Altuğ Onoğur ve Elmacı 2015). Tanımlayıcı duyuusal değerlendirmede yaşları 20-56 aralığında olan 4 erkek 5 kadın toplam 9 panelist katılımıyla 8 oturumda 1'er saatlik eğitim düzenlenmiştir.

Yapılan eğitimlerde panelistlerle hayıt ballarının tanımlayıcı duyuşal değerlendirmesinde kullanılacak terimler geliştirilmiştir. Hayıt ballarının duyuşal değerlendirmesinde kullanılan duyuşal terimler izelge 1'de yer almaktadır. Hayıt balları panelistlere oda sıcaklığında plastik kap içerinde sunulmuştur. Her oturumda en fazla u bal rneği analiz edilmiştir. Saptanan tanımlayıcı duyuşal terimlerin yoğunluğu 0-50 mm'lik grafik skala yardımıyla değerlendirilmiştir.

İstatistiksel Değerlendirme

Bal örneklere ait analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi SPSS 20 ile gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar %95 güven aralığında Varyans analizi (ANOVA) ve Duncan oklu karşılaştırma testi yardımıyla istatistiksel değerlendirme yapılmıştır. Hayıt balları arasındaki ilişkinin belirlenmesi için uçucu bileşen ve tanımlayıcı duyuşal test sonuçları Cluster analizi ve Temel Bileşen Analizi (PCA) kullanılmıştır. Cluster ve PCA analizlerinin yapılmasında XLSTAT 2020 deneme versiyonundan faydalanılmıştır.

Çizelge 1. Hayıt ballarının duyuşal değerlendirmesinde kullanılan duyuşal özellikler ve tanımları.

Table 1. Sensory properties and definitions used in the sensory evaluation of chaste honeys

Duyuşal zellik	Duyuşal tanım	Referans
Koku		
ieğimsi	ieği anımsatan koku	Yasemin ieği
Meyvemsi	Meyveyi anımsatan koku	Portakal, mandalina
Karamelimsi	Yanmış şekeri anımsatan koku	Karamelize şeker
Acı badem	Acıbademi anımsatan koku	Acı badem
Fermente	Bozulmuş süt/meyve kokusu	Kesilmiş süt
Hayvanımsı	Hayvanı anımsatan koku	Fazla haşlanmış yumurta
Baharatımsı	Baharatı anımsatan koku	Karanfil
Vaksımsı	Vaksı anımsatan koku	Balmumu
Odonumsu	Odonu anımsatan koku	Taze odun
Tat		
Tatlı	Tatlı tat	Sakkaroz zeltisi 12.0 g/l
Ekşi	Ekşi tat	Sitrik asit çözeltisi 0.6 g/l
Ağız hissi		
Buruk	Dilin buruşması ile ilişkili ağız hissi	Ham muz

Bulgular ve Tartışma

Hayıt Ballarının Fiziksel ve Kimyasal zellikleri

Farklı illerde üretilen hayıt balı örneklere nem içerikleri izelge 2'de yer almaktadır. Analiz edilen hayıt ballarının nem içerikleri %16,30 ile %17,20 aralığında olup örneklere nem içerikleri arasında istatistiksel olarak fark saptanmamıştır ($P>0,05$). Elde edilen nem tayini sonuçları Can ve ark. (2015) (%17,20), Gl (2016) (%18,23), Koç ve ark. (2017a) (%15,95), Koç ve ark. (2017b) (%14,86-%16,72) ve Zhao ve ark. (2018) (%18,3) tarafından tespit edilen hayıt ballarının nem içeriğiyle uyumludur. Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğine göre de iek ballarının nem oranı %20'den az olmalıdır (TGK, 2020). Balların uygun olmayan koşullarda depolanması nem miktarında artışla sonuçlanabilmektedir (Nombro ve ark., 2020).

Hayıt ballarının kl içerikleri istatistiksel olarak anlamlı seviyede birbirinden farklıdır ($P<0,05$). En düşük kül içeriğine İ2 rneği (%0,07) sahiptir en yüksek kül içeriğine A1 rneği (%1,29) sahiptir. Muğla'da üretilen örneklere kl içeriğinde ise istatistiksel olarak önemli seviyede fark saptanmamıştır ($P>0,05$). Hayıt balını araştıran Gl (2016) ve Koç ve ark. (2017a, 2017b) tarafından hayıt balının kül miktarı %0,16-%0,24 aralığında tespit etmiştir. A1, A3 ve A4 örneklere kül miktarı Gl (2016) ve Koç ve ark. (2017a, 2017b) tarafından tespit edilen kl miktarından daha yüksek olup diğer örneklere kül miktarı ise uyumludur.

Hayıt ballarının pH değerleri istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ($P<0,05$). Örneklere pH değerleri 4,31-5,50 aralığında değişmektedir. nceki çalışmalarda hayıt ballarının pH değeri Gül (2016) tarafından 3,94; Koç

ve ark. (2017a) tarafından 3,75; Koç ve ark. (2017b) tarafından 3,63-3,83 aralığında; Zhao ve ark. (2018) tarafından 3,6 olarak tespit etmiş olup bu çalışmada tespit edilen pH değerlerinden daha dşktir. Balın pH değeri içerisinde bulunan iyonize haldeki asit ve minerallere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Cavia ve ark., 2007).

Genel olarak değerlendirilen hayıt ballarının asitliği 20 meq/kg'ın üzerinde olup, en düşük asitliğe M1(20,45 meq/kg) ve M2 (20,71 meq/kg) rneklere sahiptir. İ2 rneği (27,30 meq/kg) ise asitliği en yüksek olan hayıt balıdır ($P<0,05$). Elde edilen asitlik sonuçları Gl (2016) ve Koç ve ark. (2017a, 2017b) tarafından tespit edilen hayıt balının asitliği ile uyumludur. Balın asitliği balın lezzetine etki etmekte, mikrobiyal gelişime karşı dayanıklılığı ve antioksan zellini artırmaktadır (Cavia ve ark., 2007). Türk Gıda Kodeksine göre de iek ballarının asitliğinin en fazla 50 meq/kg olması gerektiği belirtilmiştir (TGK, 2020). Baldaki şekerler ve alkollerin mayalar tarafından fermantasyonu sonucunda da asit oluşumuyla balın asitliği artmaktadır (Alvarez-Suarez ve ark. 2010).

Analiz edilen bütün hayıt ballarının invert şeker içeriği 60 g/kg'dan yüksektir. İvert şeker içeriği fazla olan nek 64,78 g/kg ile İ1 rneğidir ($P<0,05$). Örneklere tespit edilen sakkaroz içeriği Gül (2016) tarafından hayıt balında tespit edilen invert şeker miktarıyla (%69,01) uyumludur. Muğla'da üretilen M1 örneğinin sakkaroz içeriği (3,27 g/100 g) istatistiksel olarak anlamlı seviyede diğer örneklere fazladır ($P<0,05$). Ancak diğer hayıt ballarının sakkaroz içeriği arasında istatistiksel olarak fark bulunmamaktadır ($P>0,05$). Bu alışma sonuçlarını destekleyen önceki çalışmalara göre hayıt ballarının

sakkaroz içeriği %0-2,2 aralığında tespit edilmiştir (Gül, 2016; Koç ve ark., 2017a, 2017b; Zhao ve ark., 2018). Türk Gıda Kodeksine göre de çiçek ballarının en fazla %5 oranında sakkaroz içermesi gerekmektedir. Analiz edilen bütün hayıt ballarının Türk Gıda Kodeksine uygun olduğu belirlenmiştir (TGK, 2020).

Hayıt ballarında bulunan HMF miktarı düşük seviyededir. İ1 (1,31 mg/kg) ve M2 (1,28 mg/kg) balları diğer hayıt ballarından daha fazla HMF içermektedir (P<0,05). Bu çalışmada tespit edilen HMF miktarı önceki

çalışmalarda hayıt ballarında tespit edilen HMF'den (4,73-12,62 mg/kg) daha düşüktür (Can ve ark., 2015; Gül, 2016; Koç ve ark., 2017a, 2017b; Zhao ve ark., 2018). Bal yüksek oranda şeker içermesi ve yapısında asitlerin varlığı sebebiyle HMF oluşumuna elverişlidir (Khalil ve ark., 2010). HMF içeriği balın tazeliliğinin ve raf ömrünün belirlenmesinde kullanılmaktadır. Balın HMF konsantrasyonu ısıtma, uzun süreli ve uygun olmayan depolama koşulları sebebiyle artmaktadır (Fallico ve ark., 2004b).

Çizelge 2. Hayıt ballarının fiziksel ve kimyasal özellikleri¹
Table 2. Physical and chemical properties of chaste honeys

Bal	Nem (%)	Kül (%)	pH	Asitlik (meq/kg)	İnvert şeker (g/100 g)	Sakkaroz (g/100 g)
A1	17,50±0,42 ^a	1,29±0,19 ^f	4,75±0,01 ^f	23,33±2,04 ^{bcd}	63,94±0,55 ^{de}	1,4±1,01 ^a
A2	16,30±0,14 ^a	0,17±0,01 ^{abc}	4,37±0,04 ^{ab}	26,10±0,45 ^{ef}	62,78±0,80 ^{bcd}	1,58±0,09 ^a
A3	16,50±0,42 ^a	1,29±0,12 ^d	4,66±0,05 ^e	26,78±0,49 ^{ef}	62,25±0,42 ^{abc}	1,49±0,09 ^a
A4	17,10±0,14 ^a	1,19±0,01 ^e	4,31±0,03 ^a	25,13±1,43 ^{def}	64,02±0,33 ^{de}	1,5±0,16 ^a
Ç1	16,40±0,57 ^a	0,18±0,02 ^{bc}	5,50±0,01 ^h	20,92±1,38 ^{ab}	61,69±0,50 ^{ab}	1,4±0,03 ^a
Ç2	16,70±0,42 ^a	0,25±0,02 ^{cd}	4,54±0,09 ^d	24,46±0,73 ^{cde}	63,56±1,08 ^{cde}	1,49±0,06 ^a
İ1	16,70±0,28 ^a	0,28±0,01 ^d	4,53±0,03 ^d	22,57±0,58 ^{abc}	64,78±0,63 ^f	1,04±0,14 ^a
İ2	16,80±0,14 ^a	0,07±0,01 ^a	4,42±0,01 ^{bc}	27,30±0,79 ^f	60,98±0,49 ^a	1,03±0,51 ^a
M1	16,50±0,28 ^a	0,13±0,03 ^{ab}	4,49±0,01 ^{cd}	20,45±0,66 ^a	61,44±0,86 ^{ab}	3,27±0,71 ^b
M2	17,20±0,45 ^a	0,11±0,01 ^{ab}	4,87±0,05 ^g	20,71±0,63 ^a	62,71±0,73 ^{bcd}	1,33±0,06 ^a
Bal	HMF (mg/kg)	Diastaz	L*	a*	b*	
A1	0,58±0,01 ^d	23,29±0,38 ^b	42,56±0,98 ^b	17,72±1,21 ^e	36,36±1,66 ^c	
A2	0,11±0,01 ^a	27,13±0,98 ^d	56,74±0,74 ^d	9,49±0,62 ^{cd}	35,14±1,38 ^{bc}	
A3	0,53±0,05 ^{cd}	26,76±0,33 ^{cde}	34,21±2,25 ^a	8,16±0,88 ^{bcd}	15,03±1,01 ^a	
A4	0,67±0,05 ^d	24,67±0,64 ^{bcd}	35,73±0,87 ^a	2,49±0,38 ^a	14,13±0,81 ^a	
Ç1	0,09±0,03 ^a	26,95±1,28 ^d	53,54±2,58 ^{cd}	10,56±2,39 ^d	48,39±1,76 ^e	
Ç2	0,40±0,12 ^{bc}	25,32±0,63 ^{bcd}	35,03±1,86 ^a	7,14±1,17 ^{bc}	36,39±4,90 ^c	
İ1	1,31±0,09 ^f	23,66±2,14 ^b	50,86±1,86 ^c	15,83±0,59 ^e	48,98±1,56 ^e	
İ2	0,97±0,06 ^e	20,14±0,57 ^a	35,59±2,13 ^a	8,48±1,75 ^{cd}	44,02±3,17 ^d	
M1	0,28±0,05 ^b	20,87±0,17 ^a	50,84±3,89 ^c	5,56±0,91 ^b	31,96±0,06 ^b	
M2	1,28±0,13 ^f	24,49±1,03 ^{bc}	53,01±0,64 ^c	17,93±1,63 ^e	38,12±1,91 ^c	

¹: Analiz sonuçları aritmetik ortalama±standart sapma olarak belirtilmiştir. Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen sonuçlar istatistiksel farklılığı göstermektedir (P<0,05).

Hayıt ballarının diastaz sayısı istatistiksel olarak önemli seviyede farklıdır (P<0,05). Diastaz sayısı en düşük olan ballar M2 ve İ1 örnekleriyken en yüksek olan ballar A2 ve Ç1 örnekleridir (P<0,05). Önceki hayıt balı çalışmalarında diastaz sayısı 13,20-27,45 aralığında tespit edilmiş olup bu çalışmada değerlendirilen hayıt ballarının diastaz sayısıyla uyumludur (Can ve ark., 2015; Koç ve ark., 2017b). Diastaz balda bulunan önemli enzimlerden bir tanesi olup balın kalitesinin değerlendirilmesinde önemli bir kriter olarak kullanılmaktadır. Isıl işlem uygulanmış ya da uzun süre depolanmış balların ayırt edilmesinde diastaz sayısından faydalanılmaktadır (Pasiyas ve ark., 2017). Türk Gıda Kodeksine göre baldaki diastaz sayısının en az 8 olması gerektiği belirtilmiş olup, bu çalışmada değerlendirilen örneklerin bu kriteri sağladığı tespit edilmiştir (TGK, 2020).

Hayıt ballarının L* değerleri 34,21 ve 56,74 arasındadır. A3, A4, Ç2 ve İ2 örneklerinin L* değerleri diğer örneklerden düşük olup parlaklıkları daha azdır (P<0,05). A2 örneği, 56,74 L* değeriyle en parlak örnektir (P<0,05). Analiz edilen bütün hayıt ballarının a* değerlerinin pozitif olması örneklerin renginde kırmızılık olduğunu göstermektedir. En düşük a* değeriyle A4 (2,49) kırmızılığı en az olan örnekken, A1 ve M2 örnekleri kırmızılığı en fazla olan hayıt ballarıdır (P<0,05). Hayıt ballarının b* değerleri pozitif olup renkleri sarılık

içermektedir. A3 ve A4 örneklerinin b* değerleri (15,03 ve 14,13) diğer örneklerden daha düşüktür (P<0,05). Diğer örneklerin b* değerleri ise 31,96-48,98 aralığında yer almaktadır. Balın rengini balın yapısında bulunan polifenoller, flavonoidler, terpenler ve karotenoidler sağlamaktadır. Ballar arasındaki renk farklılığı ise nektar ve polen rengi, Maillard reaksiyonları, enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarından kaynaklanmaktadır (Turkmen ve ark., 2006; Brudzynski ve Kim 2011).

Hayıt Ballarının Uçucu Bileşenleri

Farklı illerde üretilen hayıt balı örneklerinde dört aldehit, üç furan, iki alkol, iki sülfürlü bileşik, iki terpen, bir alkan, bir benzenik bileşik ve bir keton, grubundan olmak üzere toplam on altı uçucu bileşen tespit edilmiştir. Hayıt ballarında tespit edilen uçucu bileşenler, uçucu bileşenlerin kimyasal grupları ve duyuşsal tanımları Çizelge 3'te yer almaktadır.

Hayıt ballarında aldehit grubundan 2-metil-2-bütenal, nonanal, benzaldehit ve benzenasetaldehit uçucu bileşenleri tespit edilmiştir. 2-metil-2-bütenal Aydın (A1 ve A2) ve İzmir (İ1 ve İ2) ilinden olan hayıt ballarında tespit edilmiştir. En az A1 ve İ1 örneklerinde tespit edilirken, en fazla A2 örneğinde saptanmıştır (P<0,05) (Çizelge 4).

Çizelge 3. Hayıt ballarındaki uçucu bileşenler

Table 3. Volatile compounds in chaste honey

Kovats	Uçucu bileşen	Kimyasal grup	Duyusal tanım ¹
720	Dimetil sülfid	Sülfürlü bileşik	Kabağımsı, turpumsu, çimenimsi, sütümsü
800	Oktan	Alkan	Gazımsı
1035	Toluen	Benzenik bileşik	Tatlı, keskin, boya
1053	3-Hegzanon	Keton	Tatlı, meyvensi, üzümüsü
1077	Dimetil disülfid	Sülfürlü bileşik	Soğanımsı, sarımsağımsı, karnabaharımsı, maltımsı
1097	2-Metil-2-bütenal	Aldehit	Meyvensi, yeşil, eterik
1128	4-Metil-3-penten-2-on	Alkol	Küflü, toprağımsı, sebzemsi, çimenimsi, yeşil, yakıcı, odunumsu
1279	o-Simen	Terpen	Benzin
1398	Nonanal	Aldehit	Narenciye, yeşil, çiçeğımsi, limon kabuğu, vaksımsı
1473	Cis-linaloloksit	Terpen	Tatlı, çiçeğımsi, odunumsu, kremamsı, toprağımsı
1489	2-furankarboksaldehit (Furfural)	Furan	Karamelimsi, yanık, tatlı, odunumsu, badem
1492	2-Etil-1-hegzanol	Alkol	Narenciye, tatlı, yağlı, çiçeğımsi
1533	1-(2-furanil)-etanon	Furan	Tatlı, badem, meyvensi, sütümsü, karamelimsi, kahve, kavrulmuş, kakao
1548	Benzaldehit	Aldehit	Acıbadem, odunumsu, yanık şeker, vişne, meyvensi
1595	5-Metil-2-furankarboksaldehit	Furan	Tatlı, karamel, baharatımsı, kahvensi, ekmeğımsi
1671	Benzenasetaldehit	Aldehit	Tatlı, çiçeğımsi, bal, yeşil

¹: Wardencki ve ark., 2009; Kaškonienė ve Venskutonis, 2010, Bayraktar ve Onoğur, 2011 Manyi-Loh ve ark., 2011; Acree ve Arn, 2020; The Good Scents Compony, 2020.

Çizelge 4. Hayıt ballarının uçucu bileşen konsantrasyonları (mg/kg)¹

Table 4. Volatile compound concentrations of chaste honeys (mg/kg)

Uçucu bileşen	A1	A2	A3	A4	Ç1
Dimetil sülfid	0,27±0,04 ^{bc}	0,18±0,21 ^{ab}	0,18±0,01 ^{ab}	0,77±0,09 ^e	0,32±0,03 ^c
Oktan	1,29±0,08 ^c	0,79±0,21 ^b	2,39±0,12 ^e	1,79±0,16 ^d	1,34±0,28 ^c
Toluen	-	0,29±0,05 ^b	0,50±0,04 ^{de}	0,35±0,02 ^c	0,17±0,01 ^a
3-Hegzanon	-	-	-	-	-
Dimetil disülfid	-	-	-	-	-
2-Metil-2-bütenal	0,14±0,01 ^a	0,73±0,04 ^c	-	-	-
4-Metil-3-penten-2-on	-	-	-	-	0,18±0,02 ^a
o-Simen	-	-	-	-	-
Nonanal	0,60±0,01 ^{ab}	1,69±0,16 ^{cd}	0,87±0,06 ^b	0,33±0,21 ^a	0,41±0,03 ^a
Cis-linaloloksit	11,52±0,56 ^d	4,98±0,21 ^b	0,53±0,42 ^a	24,52±1,76 ^e	-
2-Furankarboksaldehit (Furfural)	14,09±1,19 ^c	15,51±1,87 ^c	13,31±1,32 ^c	13,70±6,48 ^c	5,73±0,24 ^a
2-Etil-1-hegzanol	2,76±0,13 ^{de}	1,32±0,06 ^b	1,74±0,23 ^c	0,52±0,04 ^a	1,17±0,23 ^b
1-(2-furanil)-etanon (2-Asetilfuran)	1,16±0,42 ^d	2,6±0,03 ^f	1,38±0,13 ^e	1,04±0,13 ^{cd}	0,75±0,01 ^{ab}
Benzaldehit	2,39±0,22 ^{ab}	3,22±0,91 ^{bcd}	4,63±0,70 ^e	3,44±0,16 ^{cd}	1,62±0,18 ^a
5-Metil-2-furankarboksaldehit (5-Metilfurfural)	2,73±0,25 ^e	3,61±0,36 ^f	1,33±0,14 ^c	2,11±0,03 ^d	1,21±0,19 ^c
Benzenasetaldehit	86,09±4,39 ^{ef}	96,87±4,55 ^f	160,10±14,29 ^g	32,66±1,17 ^c	19,76±0,63 ^a
Uçucu bileşen	Ç2	İ1	İ2	M1	M2
Dimetil sülfid	0,12±0,02 ^a	0,19±0,03 ^{ab}	0,46±0,02 ^d	0,22±0,02 ^{ab}	0,85±0,04 ^e
Oktan	0,33±0,01 ^a	1,84±0,13 ^d	0,75±0,04 ^b	0,76±0,03 ^b	0,96±0,12 ^b
Toluen	0,17±0,03 ^a	0,45±0,03 ^d	-	0,18±0,02 ^a	0,54±0,03 ^e
3-Hegzanon	-	0,49±0,01	-	-	-
Dimetil disülfid	-	2,31±0,30 ^c	0,71±0,04 ^b	0,24±0,02 ^a	0,01±0,00 ^a
2-Metil-2-bütenal	-	0,16±0,02 ^a	0,20±0,02 ^b	-	-
4-Metil-3-penten-2-on	-	0,66±0,07 ^b	-	-	-
o-Simen	-	0,54±0,06	-	-	-
Nonanal	0,79±0,05 ^b	1,49±0,18 ^c	1,78±0,09 ^d	2,26±0,25 ^e	0,45±0,04 ^a
Cis-linaloloksit	-	6,93±0,11 ^c	1,08±0,14 ^a	-	1,05±0,09 ^a
2-Furankarboksaldehit (Furfural)	7,91±0,43 ^{ab}	25,82±1,87 ^e	14,69±0,52 ^c	7,28±0,29 ^{ab}	23,08±1,70 ^d
2-Etil-1-hegzanol	3,04±0,34 ^c	2,65±0,14 ^d	0,53±0,03 ^a	1,36±0,13 ^b	0,64±0,03 ^a
1-(2-furanil)-etanon (2-Asetilfuran)	0,96±0,04 ^{bcd}	3,04±0,14 ^g	0,86±0,02 ^{bc}	0,55±0,04 ^a	1,36±0,18 ^e
Benzaldehit	2,59±0,18 ^{abc}	3,71±0,48 ^{de}	3,50±0,20 ^{cd}	2,99±0,26 ^{bcd}	1,80±0,13 ^a
5-Metil-2-furankarboksaldehit (5-Metilfurfural)	0,77±0,04 ^{ab}	4,78±0,22 ^g	0,96±0,09 ^{bc}	0,39±0,01 ^a	2,45±0,06 ^{de}
Benzenasetaldehit	80,79±7,58 ^e	29,21±1,05 ^b	63,57±0,85 ^d	61,04±2,01 ^d	29,31±0,41 ^b

¹: Analiz sonuçları aritmetik ortalama±standart sapma olarak belirtilmiştir. Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen sonuçlar istatistiksel farklılığı göstermektedir (P<0,05).

Soria ve ark. (2008), tarafından yapılan araştırmada çam, okaliptüs, biberiye ve narenciye ballarında 2-metil-2-bütenal saptanmıştır. Juan-Borrás ve ark. (2014) akasya balının farklılaşmasında, Escriche ve ark. (2009) biberiye ve çiçek balında; Soria ve ark. (2009a) portakal çiçeği, kekik ve çam balında 2-metil-2-bütenalı tespit etmiştir.

Nonanal analiz edilen bütün örneklerde belirlenmiştir. A4, Ç1 ve M2 örneklerinin nonanal içeriklerinde istatistiksel olarak önemli fark tespit edilmemiştir ($P>0,05$). M1 örneği ise analiz edilen örnekler arasında en yüksek nonanal içeren örnektir ($P<0,05$). Baroni ve ark. (2006) tarafından yapılan çalışmada farklı floral orijinli balların (alfaalfa, ayçiçeği, yonca, keçiboynuzu, calde'n) farklılaşmasında nonanal kullanmıştır. Nonanal ayrıca Türkiye'deki çam ballarında belirlenmiş olup, çam ballarının ana uçucu bileşenidir (Bayraktar ve Onoğur, 2011). Okaliptüs balları da yüksek nonanal içeriğiyle karakterize edilmektedir (Wolski ve ark., 2006).

Benzaldehit bütün hayıt ballarında tespit edilmiş olup, konsantrasyonu 1.62-4.63 mg/kg aralığında belirlenmiştir. Serra ve Ventura (2003) tarafından benzaldehitin kestane balının karakteristik uçucu bileşeni olduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda benzaldehit lavanta, akasya ve biberiye ballarında da saptanmıştır (Radovic ve ark., 2001; Soria ve ark., 2003; Cuevas-Glory ve ark., 2007; Barra ve ark., 2010).

Değerlendirilen bütün bal örneklerinde ana uçucu bileşenin benzenasetaldehit olduğu tespit edilmiştir. Benzenasetaldehit içerikleri en yüksek olan ballar Aydın ilinden olan A1, A2 ve A3 örnekleri olup sırasıyla 86,09; 96,87 ve 160,10 mg/kg benzenasetaldehit içermektedir. Yunanistan'daki acıkekik balının, Polanya'daki funda balının da ana uçucu bileşenin benzenasetaldehit olduğu belirlenmiştir (Wolski ve ark., 2006; Karabagias, ve ark., 2014; 2017). Benzaldehit ve benzenasetaldehitin hoşça giden bal lezzetinin oluşmasını sağlayan uçucu bileşenler olduğu önceki bal çalışmalarında tanımlanmıştır (Karabagias ve ark., 2014).

Furan grubundan 2-furankarboksaldehit, 1-(2-furanil)-etanon ve 5-metil-2-furankarboksaldehit Aydın, Çanakkale, İzmir ve Muğla illerinde üretilen bütün ballarda tespit edilmiştir. 2-furankarboksaldehit en fazla İ1 örneğinde saptanmıştır ($P<0,05$). Aydın'da üretilen balların 2-furankarboksaldehit içeriğinde ise istatistiksel olarak önemli seviyede fark bulunmamaktadır ($P>0,05$) (Çizelge 4). Önceki çalışmalarda ana uçucu bileşen olarak akasya, karabuğday, kestane ve misket limonu ballarında (Wardencki ve ark., 2009; Plutowska ve ark., 2011; Tian ve ark., 2018; Siegmund ve ark., 2018) ayrıca lavanta, okaliptüs ve çam ballarında 2-furankarboksaldehit saptanmıştır (Castro-Vázquez ve ark., 2009; Juan-Borrás ve ark., 2014; Siegmund ve ark., 2018). 2-furankarboksaldehit şeker degradasyonu sonucu oluşmakta ve çeşitli çiçek kaynaklarından elde edilen ballarda ısı uygulaması, depolama koşullarının göstergesi olarak da kullanılmaktadır (Castro-Vázquez ve ark., 2007; Nayik ve Nanda; 2015).

Analiz edilen hayıt ballarının 1-(2-furanil)-etanon içeriğinde önemli fark belirlenmiştir ($P<0,05$). M1 örneğinin 1-(2-furanil)-etanon içeriği (0,55 mg/kg) en düşükken İ1 örneğinin 1-(2-furanil)-etanon içeriği (3,04 mg/kg) en yüksektir. Funda, karabuğday ve salgı ballarında da 1-(2-furanil)-etanon tespit edilmiştir (Wolski ve ark.,

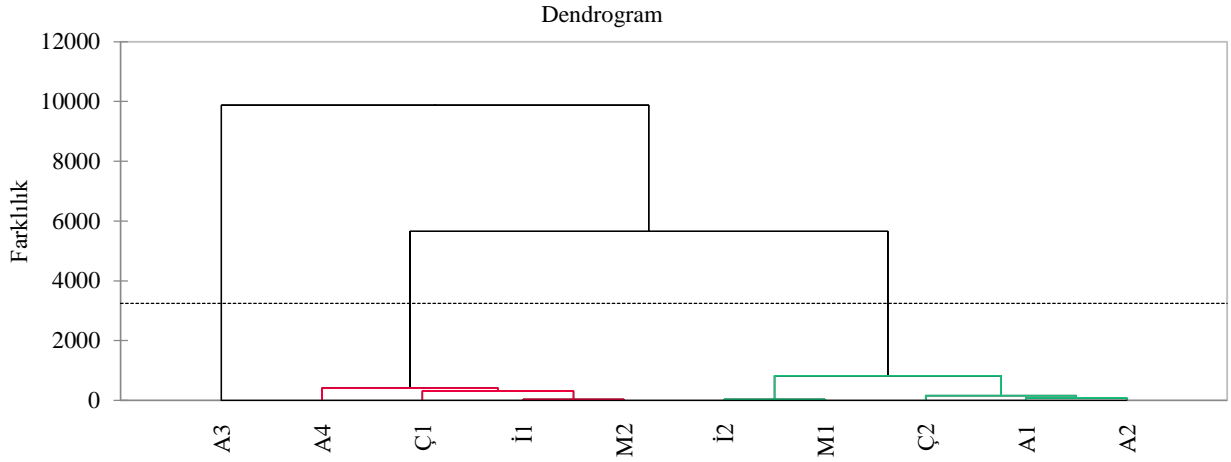
2006; Jerković ve Marijanović, 2010) Soria ve ark. (2004) tarafından İspanya'da yapılan bir çalışmada dağlık bölgelerden elde edilen balların farklılaşmasında 1-(2-furanil)-etanon uçucu bileşiminin etkili olduğu belirlenmiştir. Martinotti ve Ranzato ve ark. (2018) 1-(2-furanil)-etanonun şeker degradasyonu sonucunda oluştuğunu belirtmiştir.

Hayıt ballarının 5-metil-2-furankarboksaldehit içeriği arasında istatistiksel olarak fark olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Balların 5-metil-2-furankarboksaldehit içeriği 0,39-4,78 mg/kg arasında değişmektedir. Baldaki şekerlerin balın asitliği sebebiyle dekompoze olması sonucunda 5-metil-2-furankarboksaldehiti oluşturduğu belirlenmiştir (Jerković ve Marijanović, 2010). Vázquez ve ark. (2007) tarafından yapılan çalışmada da bala uygulanan ısıtma işlemiyle balın karakteristik uçucu bileşenlerinde azalma görülürken Maillard ve Strecker degradasyonu reaksiyonları sonucunda 2-furankarboksaldehit ve 5-metil-2-furankarboksaldehit konsantrasyonunda artış saptanmıştır.

Alkol grubundan olan uçucu bileşenler 4-metil-3-penten-2-on ve 2-etil-1-hegzanol'dür. Çanakkale ve İzmir'de üretilen Ç1 ve İ1 ballarında 4-metil-3-penten-2-on tespit edilmiştir. İ1 balında bulunan 4-metil-3-penten-2-on Ç1 örneğindeki 4-metil-3-penten-2-ondan istatistiksel olarak anlamlı seviyede fazladır ($P<0,05$) (Çizelge 4). Sichelongo ve ark. (2020) tarafından yapılan araştırmada da Zambiya bölgesindeki ballarda 4-metil-3-penten-2-on saptanmıştır. Aydın, Çanakkale, İzmir ve Muğla illerinden olan bütün ballarda 2-etil-1-hegzanol belirlenmiştir. A4, İ2 ve M2 örneklerinin 2-etil-1-hegzanol içeriğinde fark saptanmazken ($P>0,05$) söz konusu örneklerin 2-etil-1-hegzanol içeriği diğer örneklerden düşüktür ($P<0,05$). Önceki çalışmalarda kekik ve lavanta ballarında da 2-etil-1-hegzanol tespit edilmiştir (Mannaş ve Altuğ, 2007; Castro-Vázquez ve ark., 2014). Balda alkol grubundan bileşiklerin bulunması balda mayaların bulunma olasılığının olduğunu göstermektedir (Soria ve ark., 2009b).

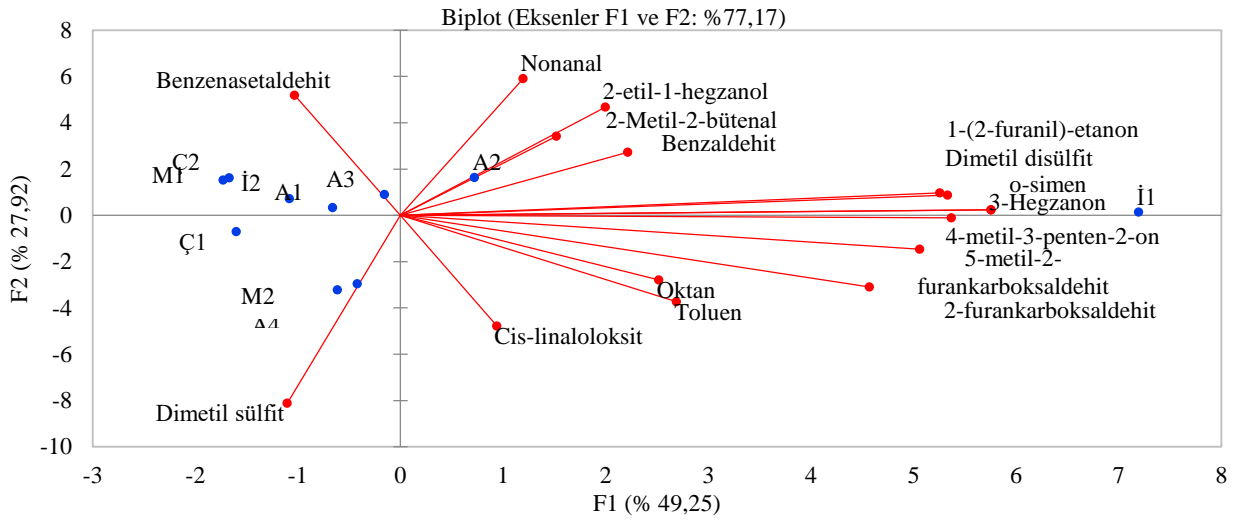
Hayıt ballarında tespit edilen sülfürlü bileşikler dimetil sülfid ve dimetil disülfittir. Dimetil sülfid bütün hayıt ballarında tespit edilen sülfürlü bileşiktir. Örneklerin dimetil sülfid içeriği arasında istatistiksel olarak önemli seviyede fark tespit edilmiştir ($P<0,05$). Aydın ve Muğla illerinde üretilen sırasıyla A4 ve M2 hayıt ballarında diğer hayıt ballarından daha fazla dimetil sülfid tespit edilmiştir ($P<0,05$) (Çizelge 4). Romanya ve İspanya'daki ayçiçeği ballarında, İspanya'daki kekik, okaliptüs, funda ve lavanta ballarında, İtalya ve İspanya'daki narenciye ballarında da dimetil sülfid saptanmıştır (Pérez ve ark., 2002; Soria ve ark., 2008; Juan-Borrás ve ark., 2014; Verzera ve ark., 2001). Dimetil disülfid ise İzmir ve Muğla'da üretilen hayıt ballarında belirlenmiş olup Aydın ve Çanakkale'de üretilen örneklerde saptanmamıştır. Kolza balı dimetil disülfid uçucu bileşiminin varlığıyla karakterize edilmektedir (Radovic ve ark., 2001; Plutowska ve ark., 2011). Farklı çiçek orijinli ballarla yapılan bir çalışmada da taze ballarda dimetil sülfid ve dimetil disülfid saptanmazken 3 aylık depolanma sonucunda bu bileşikler saptanmıştır (Kaskoniene ve ark., 2008; Ruisinger ve Schieberle, 2012).

Terpen grubuna dahil olup hayıt ballarında saptanan uçucu bileşikler o-simen ve cis-linaloloksittir. İzmir'den olan İ1 örneğinde 0,54 mg/kg o-simen belirlenmiştir.



Şekil 1. Hayıt ballarının uçucu bileşenlerine göre Cluster analizi ile gruplandırılması

Figure 1. Classification of chaste honeys according to their volatile compounds by Cluster analysis



Şekil 2. Hayıt ballarının uçucu bileşenlerinin biplot diyagramı

Figure 2. Biplot diagram of the volatile compounds of chaste honeys

Önceki çalışmalarda o-simen kekik balında saptanmıştır (Tofghi ve ark., 2014). Cis-linaloloksit Aydın, İzmir ve Muğla illerinden olan hayıt ballarında tespit edilmiştir. Ancak Çanakkale’de üretilen hayıt ballarında saptanmamıştır. Akasya balının ana uçucu bileşenleri arasında cis-linaloloksit yer almaktadır (Soria ve ark. 2009a; Petretto ve ark., 2016). Narenciye ve kekik balında da cis-linaloloksit olduğu belirlenmiştir (Mannas ve Altuğ, 2007; Tofghi ve ark., 2014)

Oktan alkan grubundan olan uçucu bileşik olup bütün hayıt ballarında tespit edilmiştir. Örneklerin oktan içerikleri istatistiksel olarak anlamlı seviyede farklıdır ($P<0,05$). Çanakkale ilinden olan Ç2 örneği en az oktan içeren (0,33 mg/kg) hayıt balıdır (Çizelge 4). Machado ve ark. (2020), birçok monofloral balın uçucu bileşenleri arasında yer alması sebebiyle balların ayırımında oktanın kullanılamayacağını belirtmiştir. Wolski ve ark. (2006) tarafından da balın depolama periyodundaki oksidasyonu sonucunda oktanın meydana gelebileceği belirtilmiştir.

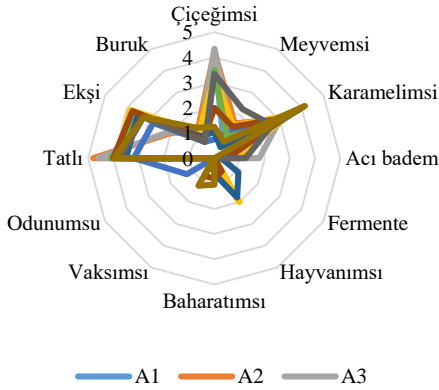
Benzenik bileşik olan toluen A1 ve İ2 örnekleri hariç Aydın, Çanakkale, İzmir ve Muğla’dan olan hayıt ballarında saptanmıştır. Hayıt ballarının içerdikleri toluen miktarı istatistiksel olarak önemli seviyede farklıdır ($P<0,05$). Ç1, Ç2 ve M1 örneklerinin toluen içerikleri

istatistiksel olarak önemli seviyede diğerlerinden düşükken M2 örneğinin en yüksektir ($P<0,05$) (Çizelge 4). Wolski ve ark. (2006) toluenin balda meydana gelen değişim sonucunda değil, doğal olarak balda bulunan uçucu bileşen olduğunu ifade etmiştir. Moniruzzaman ve ark. (2014), Malezya kökenli balların ayırımında toluenin etkili olduğunu saptamıştır. Keton grubundan olan 3-hegzanon İzmir’den olan İ1 örneğinde 0,49 mg/kg seviyesinde tespit edilmiş olup Aydın, Çanakkale ve Muğla’dan olan hayıt ballarında saptanmamıştır (Çizelge 4).

Hayıt ballarının uçucu bileşen konsantrasyonları kullanılarak aralarındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla Cluster ve PCA uygulanmıştır. Cluster analizi sonuçlarına göre hayıt balları uçucu bileşenlerine göre 3 ana grup oluşmuştur (Şekil 1). A3 örneği birinci grubu oluştururken A4, Ç1, İ1 ve M2 örnekleri ikinci grubu; A1, A2, Ç2, İ2 ve M1 örnekleri üçüncü grubu oluşturmuştur.

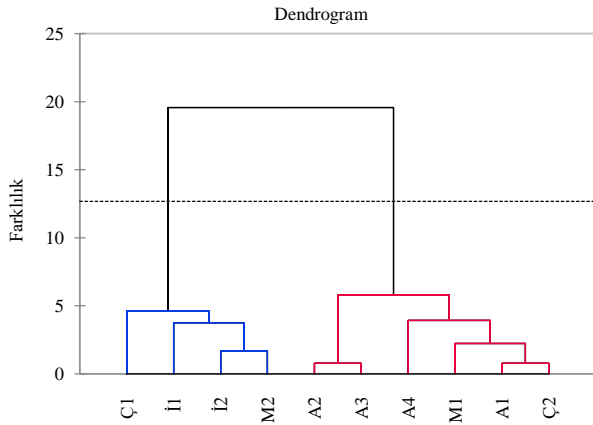
Cluster analizi sonucunda belirlenen grupların meydana gelmesinde etkili olan uçucu bileşenlerin saptanması için PCA uygulanmıştır. Toplam varyasyonun %77,17’sini karşılayan F1 (%49,25) ve F2 (%27,92) olmak üzere iki ana bileşen tespit edilmiştir (Şekil 2). F1 ve F2 bileşenleri kullanılarak çizilen Biplot diyagramına göre A4, Ç1 ve M2 örneklerinin farklılaşmasında dimetil sülfid,

İ1 örneğinin farklılaşmasında o-simen, 3-hegzanon, 4-metil-3-penten-2-on, 5-metil-2-furankarboksaldehit etkili olmuştur. A1, A2, A3, Ç2, İ2 ve M1'in farklılaşmasında ise benzenasetaldehit ve nonanal etkili olmuştur.



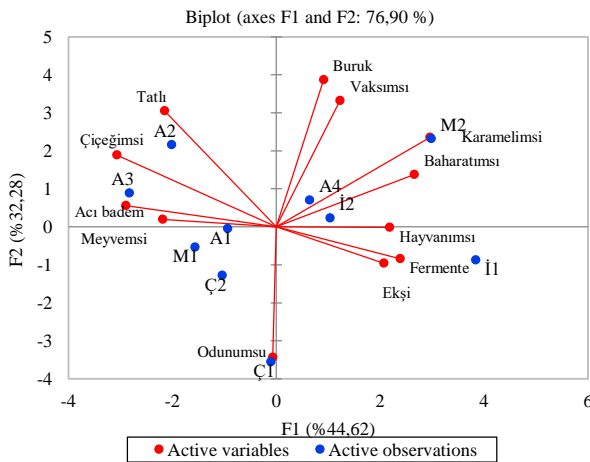
Şekil 3. Hayıt ballarının duyu özelliklerinin örümcek ağı diyagramı

Figure 3. Spider web diagram of the sensory properties of chaste honeys



Şekil 4. Hayıt ballarının duyu özelliklerine göre Cluster analizi ile gruplandırılması

Figure 4. Classification of chaste honeys according to their sensory characteristics by Cluster analysis



Şekil 5. Hayıt ballarının duyu özelliklerinin biplot diyagramı

Figure 4. Classification of chaste honeys according to their sensory characteristics by Cluster analysis

Tanımlayıcı Duyusal Değerlendirme

Tanımlayıcı duyu değerlendirmesi sonucunda hayıt ballarında çiçeğimsi, meyvemsi, karamelimsi, acı badem, fermente, hayvanımsı, baharatımsı, vaksımsı ve odunumsu koku karakteri, tatlı ve ekşi tat karakterleri ile burukluk ağız hissi saptanmıştır (Şekil 3). Koku karakterlerinden çiçeğimsi, meyvemsi ve karamelimsi bütün örneklerde en yoğun algılanan karakterlerdir. Çiçeğimsi koku karakteri en fazla A1, A2 ve A3 örneklerinde algılanmıştır ($P<0,05$). Meyvemsi koku karakteri ise en fazla M1 örneğinde algılanırken, karamelimsi koku karakteri en fazla A4, İ1 ve M2 örneklerinde saptanmıştır ($P<0,05$). Acı badem karakteri en fazla A3 örneğinde algılanmış olup M2 örneğinde algılanmamıştır ($P<0,05$). Fermente koku karakteri sadece İ1 örneğinde algılanmıştır. Hayvanımsı koku karakteri sadece İzmir'de üretilen hayıt ballarında tespit edilmiştir. Baharatımsı koku karakteri ise İzmir ve Muğla örneklerinde algılanmıştır. Vaksımsı koku karakteri A2, A4, İ2 örnekleri ile Muğla örneklerinde algılanmış olup M2 örneğinde en fazla algılanmıştır ($P<0,05$). Odunumsu koku karakteri ise sadece Ç1 örneğinde algılanmıştır. Tatlı karakter en fazla A2 ve A3 örneğinde algılanırken, en az Ç1 örneğinde algılanmıştır ($P<0,05$). Ekşi karakter ise en fazla A1, A4 ve İ2 örneklerinde algılanmıştır ($P<0,05$). Burukluğu en fazla olan örnek ise M2 örneğidir ($P<0,05$).

Aydın, Çanakkale, İzmir ve Muğla illerinde üretilen hayıt balları arasındaki ilişkinin tespit edilmesi için tat, koku ve ağız hissi karakterlerinin yoğunluklarından faydalanılarak Cluster ve PCA uygulanmıştır. Cluster analizi sonucunda iki ana grup oluştuğu görülmüştür (Şekil 4).

Birinci grubu Ç1, İ1, İ2 ve M2 örneklerinin, ikinci grubu ise A1, A2, A3, A4, Ç2 ve M1 örneklerinin oluşturduğu belirlenmiştir.

Bu grupların oluşmasına etki eden duyu karakterlerinin belirlenmesi için PCA uygulanmıştır. Toplam varyasyonun %44,62'sini oluşturan F1, %32,28'ini oluşturan F2 olmak üzere 2 temel bileşen elde edilmiştir (Şekil 5). F1 ve F2 kullanarak oluşturulan biplot diyagramına göre A1, A2, A3, Ç2 ve M1 örneklerinin farklılaşmasında çiçeğimsi, meyvemsi koku karakterleri ile tatlı tat, etkili olmuştur. Ç1 örneği odunumsu koku karakteriyle farklılaşmıştır. İ1 örneğinin farklılaşmasında hayvanımsı, fermente ve ekşi karakterler etkiliyken A4, İ2 ve M2 örneklerinin farklılaşmasında ise karamelimsi, baharatımsı, vaksımsı koku karakterleri ve burukluğun etkili olduğu belirlenmiştir.

Sonuç

Bu çalışma sonucunda Aydın, Çanakkale, İzmir ve Muğla illerinde üretilen hayıt ballarının bazı fiziksel, kimyasal özellikleri ile uçucu bileşenleri ve duyu özelliklerini tanımlanmıştır. Hayıt ballarında aldehit, furan, alkol, sülfürlü bileşik, terpen, alkan, benzenik bileşik ve keton gruplarına dahil olan toplam on altı uçucu bileşen tespit edilmiştir. Analiz edilen bütün ballarda dimetil sülfid, oktan, nonanal, 2-furankarboksaldehit, 2-etil-1-hegzanol, 1-(2-furanil)-etanon, benzaldehit, 5-metil-2-furankarboksaldehit ve benzenasetaldehit ortak uçucu bileşen olarak tespit edilmiştir. Hayıt ballarında en fazla bulunan ana uçucu bileşen benzenasetaldehit olup

benzaldehit ve 2-furankarboksaldehit uçucu bileşenleri benzenasetaldehiti takip etmektedir. Hayıt balları duyuşal değerlendirmeyele belirlenen karakterlerden çiçeğimsi, meyvemsi ve karamelimsi koku, tatlı ve ekşi tat ile buruklukla ön plana çıkmaktadır. Bu çalışmayla farklı illerde üretilen hayıt ballarının uçucu bileşenleri ve duyuşal özellikleri tanımlanarak literatüre katkı sağlanmıştır.

Kaynaklar

Acree T, Arn H, 2020. Flavornet. Erişim adresi: <http://www.flavornet.org/flavornet.html> [Erişim tarihi: 11.09.2020].

Altuğ Onoğur T, Elmacı Y. 2015. Gıdalarda Duyusal Değerlendirme. İzmir: Sidas Medya. ISBN:978-9944-5660-8-7.

Alvarez-Suarez JM, Tulipani S, Diaz D, Estevez Y, Romandini S, Giampieri F, Damiani E, Astolfi P, Bompadre S, Battino M. 2010. Antioxidant and antimicrobial capacity of several monofloral Cuban honeys and their correlation with color, polyphenol content and other chemical compounds. Food and Chemical Toxicology, 48: 2490-2499.

AOAC, 1990. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. Virginia: AOAC.

Baroni MV, Nores ML, Díaz MDP, Chiabrande GA, Fassano JP, Costa C, Wunderlin DA. 2006. Determination of volatile organic compound patterns characteristic of five unifloral honey by solid-phase microextraction- gas chromatography- mass spectrometry coupled to chemometrics. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54: 7235-7241.

Barra MG, Ponce-Díaz MC, Venegas-Gallegos C. 2010. Volatile compounds in honey produced in the central valley of Ñuble province, Chile. Chilean Journal of Agricultural Research, 70: 75-84.

Bayraktar D, Onoğur TA. 2011. Investigation of the aroma impact volatiles in Turkish pine honey samples produced in Marmaris, Datça and Fethiye regions by SPME/GC/MS technique. International Journal of Food Science & Technology, 46: 1060-1065.

Boi M, Llorens JA, Cortés L, Lladó G, Llorens L. 2013. Palynological and chemical volatile components of typically autumnal honeys of the western Mediterranean. Grana, 52: 93-105.

Brudzynski K, Kim L. 2011. Storage-induced chemical changes in active components of honey de-regulate its antibacterial activity. Food Chemistry, 126: 1155-1163.

Can Z, Yildiz O, Sahin H, Turumtay EA, Silici S, Kolayli S. 2015. An investigation of Turkish honeys: their physico-chemical properties, antioxidant capacities and phenolic profiles. Food Chemistry, 180: 133-141.

Castro-Vázquez L, Díaz-Maroto MC, González-Viñas MA, Pérez-Coello MS. 2009. Differentiation of monofloral citrus, rosemary, eucalyptus, lavender, thyme and heather honeys based on volatile composition and sensory descriptive analysis. Food Chemistry, 112: 1022-1030.

Castro-Vázquez L, Díaz-Maroto MC, Pérez-Coello MS. 2007. Aroma composition and new chemical markers of Spanish citrus honeys. Food Chemistry, 103: 601-606.

Castro-Vázquez L, Leon-Ruiz V, Alañon ME, Pérez-Coello, MS, González-Porto AV. 2014. Floral origin markers for authenticating Lavandin honey (*Lavandula angustifolia* x *latifolia*). Discrimination from Lavender honey (*Lavandula latifolia*). Food Control, 37: 362-370.

Cavia MM, Fernandez-Muino MA, Alonso- Torre SR, Huidobro JF, Sancho MT. 2007. Evolution of acidity of honeys from continental climates: Influence of induced granulation. Food Chemistry, 100: 1728-1733.

Chen H, Fan CL, Wang ZB, Chang QY, Wang W, Li XY, Pang GF. 2013. Evaluation of measurement uncertainty in EA-IRMS: for determination of $\delta^{13}C$ value and C-4 plant sugar content in adulterated honey. Accreditation and Quality Assurance, 18: 351-358.

Costa AC, Garruti DS, Madruga MS. 2019. The power of odour volatiles from unifloral melipona honey evaluated by gas chromatography-olfactometry Osme techniques. Journal of the Science of Food and Agriculture, 99: 4493-4497.

Cuevas-Glory LJ, Pino JA, Santiago LS, SauriDuch E. 2007. A review of volatile analytical methods for determining the botanical origin of honey. Food Chemistry, 103:1032-1043.

Escríche I, Visquert M, Juan-Borras M, Fito P. 2009. Influence of simulated industrial thermal treatments on the volatile fractions of different varieties of honey. Food Chemistry, 112: 329-338.

Etzold E, Lichtenberg-Kraag B. 2007. Determination of the botanical origin of honey by Fourier-Transformed Infrared Spectroscopy: An approach for routine analysis. European Food Research and Technology, 227: 579-586.

Fakir H, Erbaş S, Özen M, Dönmez İE. 2014. Hayıt (*Vitex agnus-castus* L.)'da farklı toplama zamanlarının uçucu yağ oranı ve bileşenleri üzerine etkisi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 1(2), 25-28.

Fallico B, Zappala M, Arena E, Verzera A. 2004a. Effects of heating process on chemical composition and HMF levels in Sicilian monofloral honeys. Food Chemistry, 85: 305-313.

Fallico B, Zappala M, Arena E, Verzera A. 2004b. Effects of conditioning on HMF content in unifloral honeys. Food Chemistry, 85: 305- 313.

FAO 2019 <http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/en/c/1202954/>

FAO, 2018 <http://www.fao.org/faostat/en/?#data>

Gül A. 2016. Türkiye'de üretilen bazı monofloral bal örneklerinin biyokimyasal özelliklerinin belirlenmesi. Türk Tarım - Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 4: 1123-1126.

IHC. 2009. Harmonised Methods Of The International Honey Commission. Erişim adresi: <https://www.ihc-platform.net/ihcmethods2009.pdf> [Erişim tarihi 24.06.2020].

Jerković I, Marijanović Z. 2010. Oak (*Quercus frainetto* Ten.) honeydew honey—approach to screening of volatile organic composition and antioxidant capacity (DPPH and FRAP assay). Molecules, 15: 3744-3756.

Juan-Borrás M, Domenech E, Hellebrandova M, Escríche I. 2014. Effect of country origin on physicochemical, sugar and volatile composition of acacia, sunflower and tilia honeys. Food Research International, 60: 86-94.

Karabagias IK, Badeka A, Kontakos S, Karabourmioti S, Kontominas MG. 2014. Characterization and classification of *Thymus capitatus* (L.) honey according to geographical origin based on volatile compounds, physicochemical parameters and chemometrics. Food Research International, 55: 363-372.

Karabagias IK, Dimitriou E, Halatsi E, Nikolaou C. 2017. Volatile profile, pigment content, and in vitro radical scavenging activity of flower, thyme, and fir honeys produced in Hellas. Journal of Food Chemistry Nanotechnology, 3: 98-104.

Karadal F, Yıldırım Y. 2012. Balın kalite nitelikleri, beslenme ve sağlık açısından önemi. Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 9: 197-209.

Kaskoniene V, Venskutonis PR, Ceksteryte V. 2008. Composition of volatile compounds of honey of various floral origin and beebread collected in Lithuania. Food Chemistry, 111: 988-997.

Kaškonienė V, Venskutonis PR. 2010. Floral markers in honey of various botanical and geographic origins: a review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 9: 620-634.

Khalil MI, Sulaiman SA, Gan SH. 2010. High 5-hydroxymethylfurfural concentrations are found in Malaysian honey samples stored for more than one year. Food and Chemical Toxicology, 48: 2388-2392.

Koç AU, Karacaoğlu M, Doğan M. 2017a. Hayıt (*Vitex agnus-castus*), çam ve karışım çiçek balının bazı kalite kriterleri açısından karşılaştırılması. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 14: 17-21.

- Koç AU, Karacaoğlu M, Nadem HŞ, Doğan M. 2017b. Determination of shelf life of chaste tree (*Vitex agnus castus*) honey and pine honey. *Gıda*, 42: 577-587.
- Kolancı BY. 2017. Karahayıt'ta (Denizli) hayıt ağacının (*Vitex agnus-castus* L.) geleneksel kullanımı. *Disiplinlerarası Akdeniz Araştırmaları Dergisi*, 3: 50-60.
- Kuş PM, Jerković I, Marijanović Z, Kranjac M, Tuberoso CI. 2018. Unlocking *Phacelia tanacetifolia* Benth. honey characterization through melissopalynological analysis, color determination and volatiles chemical profiling. *Food Research International*, 106: 243-253.
- Machado AM, Miguel MG, Vilas-Boas M, Figueiredo AC. 2020. Honey volatiles as a fingerprint for botanical origin—a review on their occurrence on monofloral honeys. *Molecules*, 25: 374.
- Mannaş D, Altuğ T. 2007. SPME/GC/MS and sensory flavour profile analysis for estimation of authenticity of thyme honey. *International Journal of Food Science & Technology*, 42: 133-138.
- Manyi-Loh CE, Ndir RN, Clarke AM. 2011. Volatile compounds in honey: a review on their involvement in aroma, botanical origin determination and potential biomedical activities. *International Journal of Molecular Sciences*, 12: 9514-953.
- Martinotti S, Ranzato E. 2018. Honey, wound repair and regenerative medicine. *Journal of Functional Biomaterials*, 9(2), 34.
- Moniruzzaman M, Rodríguez I, Ramil M, Cela R, Sulaiman SA, Gan SH. 2014. Assessment of gas chromatography time-of-flight accurate mass spectrometry for identification of volatile and semi-volatile compounds in honey. *Talanta*, 129: 505-515.
- Nayik GA, Nanda V. 2015. Characterization of the volatile profile of unifloral honey from Kashmir valley of India by using solid-phase microextraction and gas chromatography–mass spectrometry. *European Food Research and Technology*, 240: 1091-1100.
- Nombre I, Schweitzer P, Boussim JI, Rasolodimby JM. 2010. Impacts of storage conditions on physicochemical characteristics of honey samples from Burkina Faso. *African Journal of Food Science*, 4: 458 – 463.
- Pasias IN, Kiriakou IK, Proestos C. 2017. HMF and diastase activity in honeys: A fully validated approach and a chemometric analysis for identification of honey freshness and adulteration. *Food Chemistry*, 229: 425-431.
- Patrignani M, Fagúndez GA, Tananaki C, Thrasyvoulou A, Lupano CE. 2018. Volatile compounds of Argentinean honeys: Correlation with floral and geographical origin. *Food Chemistry*, 246: 32–40.
- Pehlivan T, Gül A. 2016. Türkiye’de üretilen keçiyoynuzu, kekik ve sütleğen ballarının kimyasal özellikleri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21: 48-56.
- Pérez RA, Sánchez-Brunete C, Calvo RM, Tadeo JL. 2002. Analysis of volatiles from Spanish honeys by solid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 2633–2637.
- Petretto GL, Tuberoso CIG, Vlahopoulou G, Atzei A, Mannu A, Zrira S, Pintore G. 2016. Volatiles, color characteristics and other physico-chemical parameters of commercial Moroccan honeys. *Natural Product Research*, 30: 286–292.
- Plutowska B, Chmiel T, Dymerski T, Wardencki WA. 2011. Headspace solid-phase microextraction method development and its application in the determination of volatiles in honeys by gas chromatography. *Food Chemistry*, 126: 1288–1298.
- Radovic BS, Careri M, Mangia A, Musci M, Gerboles M, Anklam E. 2001. Contribution of dynamic headspace GC–MS analysis of aroma compounds to authenticity testing of honey. *Food Chemistry*, 72: 511-520.
- Ren H, Yue J, Wang D, Fan J, An L. 2019. HPLC and 1 H-NMR combined with chemometrics analysis for rapid discrimination of floral origin of honey. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13: 1195-1204.
- Ruisinger B, Schieberle P. 2012. Characterization of the key aroma compounds in rape honey by means of the molecular sensory science concept. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60: 4186-4194.
- Serra J, Ventura F. 2003. Flavour index and aroma profiles of fresh and processed honeys. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83: 275-282.
- Sichilongo K, Padiso T, Turner Q. 2020. AMDIS-Metab R data manipulation for the geographical and floral differentiation of selected honeys from Zambia and Botswana based on volatile chemical compositions using SPME–GC–MS. *European Food Research and Technology*, 246: 1679–1690.
- Siegmund B, Urdl K, Jurek A, Leitner E. 2018. “More than Honey”: Investigation on volatiles from monovarietal honeys using new analytical and sensory approaches. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66: 2432–2442.
- Soria AC, González M, De Lorenzo C, Martínez-Castro I, Sanz J. 2004. Characterization of artisanal honeys from Madrid (Central Spain) on the basis of their melissopalynological, physicochemical and volatile composition data. *Food Chemistry*, 85: 121-130.
- Soria AC, Martínez-Castro I, Sanz J. 2003. Analysis of volatile composition of honey by solid phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Separation Science*, 26: 793-801.
- Soria AC, Martínez-Castro I, Sanz J. 2008. Some aspects of dynamic headspace analysis of volatile components in honey. *Food Research International*, 41: 838-848.
- Soria AC, Martínez-Castro I, Sanz J. 2009b. Study of the precision in the purge-and-trap–gas chromatography–mass spectrometry analysis of volatile compounds in honey. *Journal of Chromatography A*, 1216: 3300-3304.
- Soria AC, Sanz J, Martínez-Castro I. 2009a. SPME followed by GC–MS: a powerful technique for qualitative analysis of honey volatiles. *European Food Research and Technology*, 228: 579-590.
- TGK, 2020. Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği. Tebliğ No: 2020/7. Ankara: Resmi Gazete Sayı: 31107.
- The Good Scents Company, 2020. Erişim adresi: <http://www.thegoodscentscompany.com/> [Erişim tarihi: 12.09.2020].
- Tian H, Shen Y, Yu H, Chen C. 2018. Aroma features of honey measured by sensory evaluation, gas chromatography-mass spectrometry, and electronic nose. *International Journal of Food Properties*, 21: 1755–1768.
- Tofighi Z, Es-haghi A, Asl MM, Tajic AR, Navai MS, Tavakoli, S, Hadjiakhoondi A, Yassa N. 2014. Investigation of chemical keys for relationship between plants and their unifloral honeys by hydrodistillation and SPME and biological activities of honeys. *European Food Research and Technology*, 238: 665-673.
- TS 3036, 2010. Bal. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Turkmen N, Sari F, Poyrazoglu ES, Velioglu YS. 2006. Effects of prolonged heating on antioxidant activity and colour of honey. *Food Chemistry*, 95: 653–657.
- Vázquez L, Verdú A, Miquel A, Burló F, Carbonell-Barrachina AA. 2007. Changes in physico-chemical properties, hydroxymethylfurfural and volatile compounds during concentration of honey and sugars in Alicante and Jijona turrón. *European Food Research and Technology*, 225: 757-767.
- Verzera A, Campisi S, Zappalà M, Bonaccorsi I. 2001. SPME-GC-MS analysis of honey volatile components for the characterization of different floral origin. *American Laboratory*, 33: 18–21.
- Wang H, Cao X, Han T, Pei H, Ren H, Stead S. 2019. A novel methodology for real-time identification of the botanical origins and adulteration of honey by rapid evaporative ionization mass spectrometry. *Food Control*, 106: 106753.

- Wardencki W, Chmiel T, Dymerski T, Biernacka P, Plutowska B. 2009. Application of gas chromatography, mass spectrometry and olfactometry for quality assessment of selected food products. *Ecological Chemistry and Engineering*, 16: 287–300.
- Wolski T, Tambor K, Rybak-Chmielewska H, Kedzia B. 2006. Identification of honey volatile components by solid phase microextraction (SPME) and gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS). *Journal of Apicultural Science*, 50(2), 115-126.
- Zhao H, Cheng N, Zhang Y, Sun Z, Zhou W, Wang Y, Cao W. 2018. The effects of different thermal treatments on amino acid contents and chemometric-based identification of overheated honey. *LWT*, 96: 133-139.
- Zhao J, Du X, Cheng N, Chen L, Xue X, Wu L, Cao, W. 2016. Identification of monofloral honeys using HPLC–ECD and chemometrics. *Food Chemistry*, 194: 167-174
- Zhou J, Yao L, Li Y, Chen L, Wu L, Zhao J. 2014. Floral classification of honey using liquid chromatography–diode array detection–tandem mass spectrometry and chemometric analysis. *Food chemistry*, 145: 941-949.