

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

TÜRKİYE’NİN FARKLI LOKASYONLARINDAN TEMİN EDİLEN TİCARİ BAL ÖRNEKLERİNİN MELİSSOPALİNOLOJİK ve FİZİKO-KİMYASAL ANALİZLERİ

Melissopalynological and Physicochemical Analyses of Commercial Honey Samples Obtained from Different Locations of Türkiye

Semiramis KARLIDAĞ^{1*}, Omer SOLAK-AMET²

¹Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Battalgazi Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Malatya, TÜRKİYE. Yazışma yazarı / Corresponding author E-posta: semiramis.karlidag@ozal.edu.tr, ORCID No: 0000-0002-9637-2479

²Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Bursa, TÜRKİYE. E-posta: omer.solakahmet@gmail.com, ORCID No: 0000-0002-3673-9603

Received / Geliş: 03.04.2025

Accepted / Kabul: 22.04.2025

DOI: 10.31467/uluaricilik. 1669569

ÖZ

Dünya nüfusunun hızla artmasıyla birlikte, gıdaya olan ihtiyaçta artmaktadır. Sentetik katkı maddeleriyle üretilen gıdaların insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinden dolayı doğal ürünlere olan talep her geçen gün artmaktadır. Bal, doğal bir madde olup, bal arıları (*Apis mellifera* L.) tarafından bitki nektarlarının, bitkilerin canlı kısımlarının salgılarının veya bitkilerin canlı kısımları üzerinde yaşayan bitki emici böceklerin salgılarının toplanmasıyla olgunlaştırılan tatlı bir maddedir. Bu çalışmada, Türkiye'nin farklı lokasyonlarından temin edilen 9 adet ticari bal örneğinin bazı fiziko-kimyasal özellikleri ve melissopalınolojik analizleri incelenmiştir. Bal örneklerinin ham bal, protein, balda protein ve ham balda δ 13C farkı ve δ 13C değerinden hesaplanan C4 şeker oranı, diastaz, prolin, HMF (5-hidroksimetilfurfural), su muhtevası, iletkenlik, serbest asitlik, fruktoz, glukoz, sakkaroz, maltoz, fruktoz/glukoz, fruktoz+glukoz ortalama değerleri sırasıyla $-25.89 \pm 1.1\%$, $-26.12 \pm 0.8\%$, $-0.51 \pm 0.3\%$, $2.22 \pm 2.5\%$, 7.22 ± 0.7 , 1003.43 ± 316 mg/kg, 47.18 ± 84.7 mg/kg, $16.62 \pm 1.6\%$, 0.55 ± 0.2 mS/cm, 38.56 ± 4.4 mmol/kg, $31.85 \pm 6.76\%$, $25.84 \pm 6.98\%$, $0.40 \pm 0.30\%$, $0.63 \pm 0.63\%$, 1.34 ± 0.47 ve 57.69 ± 5.93 olarak bulunmuştur. Elde edilen bulgulara göre, bazı bal örneklerinin Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğine uygun olmadığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Fizikokimyasal özellikler, Floral orijin, Kalite parametreleri, Ticari bal

ABSTRACT

With the rapid increase in the world population, the need for food is also increasing. Due to the negative effects of foods produced with synthetic additives on human health, the demand for natural products is increasing day by day. Honey is a natural substance and a sweet substance ripened by honey bees (*Apis mellifera* L.) by collecting plant nectars, secretions of living parts of plants or secretions of plant-sucking insects living on living parts of plants. In this study, some physico-chemical properties and melissopalynological analyses of 9-piece commercial honey samples obtained from different locations in Türkiye were investigated. The mean values of raw honey (δ C13), protein (δ C13), protein in honey (δ C13), C4 sugar ratio, diastase, proline, HMF (5-hydroxymethylfurfural), water content, conductivity, free acidity, fructose, glucose, sucrose, maltose, fructose/glucose, fructose+glucose of honey samples were $-25.89 \pm 1.1\%$, $-26.12 \pm 0.8\%$, $-0.51 \pm 0.3\%$, $2.22 \pm 2.5\%$, 7.22 ± 0.7 , 1003.43 ± 316 mg/kg, 47.18 ± 84.7 mg/kg, $16.62 \pm 1.6\%$, 0.55 ± 0.2 mS/cm, 38.56 ± 4.4 mmol/kg, $31.85 \pm 6.76\%$, $25.84 \pm 6.98\%$, $0.40 \pm 0.30\%$, $0.63 \pm 0.63\%$, 1.34 ± 0.47 and $57.69 \pm 5.93\%$, respectively.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

According to the findings, it was determined that some honey samples did not comply with the Turkish Food Codex Honey Communiqué.

Keyword: Physicochemical properties, Floral origin, Quality parameters, Commercial honey

EXTENDED ABSTRACT

Objective: The composition, color, aroma and taste of honey vary depending on the source of the nectar, seasonal conditions, climate, bee breed, weather conditions, geographical regions, storage period and conditions. The most important factor affecting the composition of honey is the plant species from which the nectars are collected. The quality of honey is basically evaluated by its plant source and chemical composition. The composition of honey produced in different regions and plant origins varies. According to national and international laws and regulations, no external substance should be added to the honey or one of the components that make up the honey should not be removed. In beekeeping, it is a technically recommended practice to give honey bee colonies supplementary nutrients made with sugar or sugar syrup in early spring to accelerate colony development and prepare the colonies for winter after the honey harvest. Recently, fake honey has been produced by giving sugar syrup to the colonies, especially when the nectar flow period is dry. Of course, adding sugar to honey is an injustice for both consumers and pure honey producers. In this study, the physicochemical properties of commercial honey samples obtained from different locations in Türkiye were examined and their compliance with the Turkish Food Codex-Honey Communiqué was compared.

Materials and Methods: In this study, 9-piece commercial honey samples were investigated for their raw honey ($\delta^{13}C$), protein ($\delta^{13}C$), protein in honey ($\delta^{13}C$), C4 sugar ratio, diastase, proline, HMF (5-hydroxymethylfurfural), water content, conductivity, free acidity, fructose, glucose, sucrose, maltose, fructose/glucose, fructose+glucose properties and analysed melissopalynologically. Carbon isotope ($\delta^{13}C$) analysis and C4 sugar ratio were determined by IR-MS (Isotope Ratio Mass Spectrometry) using standard analytical methods described in AOAC 998.12 (American Organization of Analytical Chemists International procedures). Free acidity (TS 13360), conductivity (TS 13366), sugar composition (TS 13359), HMF (TS 13356), proline (TS 13357), water content (TS 13365) and diastase number (TS 13364) were analyzed according to the standards described in the Turkish

Food Codex Honey Communiqué. Physico-chemical analyses were performed in the laboratory of Siirt University Science and Technology Application and Research Center.

Results and Discussion: In this study, some physico-chemical properties and melissopalynological analyses of 9-piece commercial honey samples obtained from different locations in Türkiye were investigated. The mean values of raw honey ($\delta^{13}C$), protein ($\delta^{13}C$), protein in honey ($\delta^{13}C$), C4 sugar ratio, diastase, proline, HMF (5-hydroxymethylfurfural), water content, conductivity, free acidity, fructose, glucose, sucrose, maltose, fructose/glucose, fructose+glucose of honey samples were $-25.89 \pm 1.1\%$, $-26.12 \pm 0.8\%$, $-0.51 \pm 0.3\%$, $2.22 \pm 2.5\%$, 7.22 ± 0.7 , 1003.43 ± 316 mg/kg, 47.18 ± 84.7 mg/kg, $16.62 \pm 1.6\%$, 0.55 ± 0.2 mS/cm, 38.56 ± 4.4 mmol/kg, $31.85 \pm 6.76\%$, $25.84 \pm 6.98\%$, $0.40 \pm 0.30\%$, $0.63 \pm 0.63\%$, 1.34 ± 0.47 and $57.69 \pm 5.93\%$, respectively.

Conclusion: According to the findings, it was determined that the values of some honey samples did not comply with the Turkish Food Codex Honey Communiqué standards.

GİRİŞ

Bal, bitki nektarlarının, bitkilerin canlı kısımlarının salgılarının veya bitkilerin canlı kısımları üzerinde yaşayan bitki emici böceklerin salgılarının bal arıları (*Apis mellifera* L.) tarafından toplandıktan sonra kendine özgü maddelerle birleştirilerek değişikliğe uğratıldığı, su içeriğini düşürdüğü ve petekte depolayarak olgunlaştırdığı, doğası gereği kristallenebilen doğal tatlı maddedir (Bobis vd. 2020, Chen vd. 2019, Keskin vd. 2020, Özcan ve Ölmez 2014, Özenirler vd. 2019, Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği 2020, Xie vd. 2022). Balın bileşimi, rengi, aroması ve tadı nektarın kaynağına, mevsim şartlarına, iklime, arı ırkına, hava koşullarına, coğrafi bölgelere, depolama süresine ve koşullarına bağlı olarak değişiklik gösterir. Balın bileşimini etkileyen en önemli faktör, nektarların toplandığı bitki çeşididir (Bobis vd. 2020, Çiftçi ve Parlat 2018, da Silva vd. 2016, Özcan ve Ölmez 2014, Keskin vd. 2020).

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Balın kalitesi temelde bitkisel kaynağı ve kimyasal bileşimi ile değerlendirilmektedir. Farklı bölgelerde ve bitkisel orijinlerde üretilen balların bileşimi farklılık göstermektedir (Çiftçi ve Parlat 2018). Ballar nektar kaynağına göre çiçek veya salgı balı olarak iki genel sınıfa ayrılır. Çiçek balının kökeni nektar, salgı balının kökeni ise bitkilerin canlı kısımlarının salgıları ve/veya bitkilerin canlı kısımları üzerinde yaşayan bitki özsuğu emici böceklerin salgılarıdır (Bobis vd. 2020, Özenirler vd. 2019).

Türkiye zengin bitki örtüsünden dolayı bol miktarda çiçek balı üretme potansiyeline sahiptir. Multifloral balların yanı sıra iki tür salgı balı üretilmektedir. Bunlar çam ağaçlarında beslenen bitki emici böceklerin (*Marchalina hellenica*) salgılarından üretilen çam balı ve meşe ağaçlarının terleme yoluyla yapraklarının salgıladığı tatlı salgılardan üretilen meşe balıdır (Keskin vd. 2020). Ulusal ve uluslararası standartlara göre; bala dışarıdan herhangi bir madde eklenmemeli ya da balı oluşturan bileşenlerden biri çıkarılmamalıdır. Ballar renk, tat ve kompozisyonları bakımından birbirinden farklılık gösterir (Karadal ve Yıldırım 2012).

Bal 200'e yakın bileşen içeren kompleks bir gıda maddesidir (da Silva vd. 2016, Pasiyas vd. 2022). Balın şeker profili hakkında çok sayıda çalışmalar yapılmıştır. Balda beslenme ve sağlık açısından en önemli bileşenler karbonhidratlardır. Genel olarak bal, kuru ağırlığının yaklaşık %95'ini oluşturan, başlıca şekerler olarak fruktoz (%33-43) ve glukoz (%25-35) ile aşırı doymuş bir şeker çözeltisidir (Bobis vd. 2020, Chen vd. 2019). Esasen, şekerlerin, özellikle fruktoz ve glukozun yoğunlaştırılmış bir karışımıdır (Alghamdi vd. 2020, Keskin vd. 2020).

Bal, temel monosakkaritler olan glukoz ve fruktozla birlikte 25 farklı oligosakkarit içermektedir. Balın bileşiminde genellikle fruktoz, glukoz, sakkaroz, ramnoz, trehaloz, nigerobiyoz, izomaltoz, maltoz, maltotetraoz, maltotrioz, maltuloz, melezitoz, melibiyoz, nigeroz, palatinoz, rafinoz, erlos gibi birçok şeker tespit edilmiştir. Monosakkaritler balda bulunan şekerlerin yaklaşık %75'ini içermektedir. Disakkaritler ve az miktarda diğer şekerler %10-15'ini oluşturmaktadır (da Silva vd. 2016).

Balda bu ana bileşenlere ek olarak yapısında, protein, amino asitler, enzimler, organik asitler, karotenoidler, iz elementler, vitaminler, mineraller, polifenoller ve uçucu bileşikler de bulunur. Bu maddeler bala sadece gıda özelliği kazandırmaz, aynı zamanda antioksidanlar gibi değerli maddeleri de içermesinden dolayı tedavi edici özelliği de

bulunmaktadır (Bobis vd. 2020, da Silva vd. 2016, Karadal ve Yıldırım 2012, Özcan ve Ölmez 2014, Pasiyas vd. 2022, Xie vd. 2022). Nitekim, bal eski çağlardan beri besin maddesi olarak tüketilmesi yanında tıpta da kullanılmaktadır (Alghamdi vd. 2020). Bal, tek bir nektar kaynağından yapılan bal olarak tanımlanan monofloral bal ve farklı nektarların karışımından yapılan bal olarak tanımlanan multifloral bal olmak üzere iki sınıfa ayrılabilir (Bobis vd. 2020, Chen vd. 2019, Terrab vd. 2002).

Piyasada en çok bulunan çiçek balları multifloral ballardır. Bununla birlikte, monofloral ballar, üretildikleri bitkilerin özelliklerini yansıtmaları nedeniyle tüketicilerin ilgisini çekmiştir (Bobis vd. 2020). Arıcılık faaliyetinde bal arısı kolonilerine, şekerle yapılmış ek besinlerin veya şeker şurubunun erken ilkbaharda koloni gelişimini hızlandırmak ve kolonileri bal hasadından sonra kışa hazırlamak amacıyla verilmesi teknik olarak önerilen bir uygulamadır (Belli 2019).

Son zamanlarda, kolonilere özellikle nektar akımı dönemi kurak geçtiğinde şeker şurubu verilerek tağşiş bal üretilmektedir (Chen vd. 2019, Çiftçi ve Parlat 2018, Simsek vd. 2012). Pirinç şurubu, mısır şurubu, şeker kamışı, şeker pancarı gibi çeşitli şuruplarla kolonilere etik olmayan şekilde besleme yapılması uygun değildir (Brar vd. 2023). Taklit; gıda maddesinin kendisinde olmayan özelliklere sahip gibi gösterilmesidir (Gıdataşım 2025).

Tağşiş; gıda maddelerinin mevzuata veya izin verilen özelliklerine aykırı olarak üretilmesi hali olarak tanımlanmaktadır (Ulusal Gıda Referans Laboratuvar Müdürlüğü 2025). Bal sahteciliği son yıllarda gittikçe önem kazanmaktadır. Çünkü her geçen gün sürekli olarak çok farklı sahtecilik yöntemleri geliştirilmektedir (Zábrodská ve Vorlová 2014). Dünya çapındaki araştırmacılar, bal sahteciliğini tespit etmek ve özgünlüğünü garanti altına almak için ileri teknolojiler geliştirmek ve yenilemek için sürekli çalışmaktadırlar (Brar vd. 2023). Elbette ki, tağşiş bal üretimi hem tüketiciler hem de saf bal üreticileri için bir haksızlık durumudur (Chen vd. 2019, Lozano-Torres vd. 2022).

Yapılan bu çalışmada, Türkiye'nin farklı lokasyonlarından temin edilen bazı ticari bal tiplerinin fiziko-kimyasal özellikleri ve melissopalınolojik analizleri incelenerek, bal örneklerinin Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği standartlarına uygunluğu belirlenmiştir.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmada 9 adet ticari bal örneğinin ham bal ($\delta^{13}C$), protein ($\delta^{13}C$), balda protein ve ham balda $\delta^{13}C$ farkı ve $\delta^{13}C$ değerinden hesaplanan C4 şeker oranı, diastaz, prolin, HMF (5-hidroksimetilfurfural), su muhtevası, iletkenlik, serbest asitlik, fruktoz, glukoz, sükroz, maltoz, fruktoz/glukoz, fruktoz+glukoz özellikleri incelenmiş ve melissopalinojistik analizleri yapılmıştır. 10 g baldaki Toplam Polen Sayısı (TPS10) değeri %45'in üzerinde olan polenlerin ait oldukları bitki taksonları "dominant", %15-45 arasında olanlar "sekonder", %3-15 arasında olanlar "minör", %3'ten daha az oranda rastlanılan polenlerin ait oldukları taksonlar ise "eser" olarak kabul edilmiştir (Louveau vd. 1978). Karbon izotop($\delta^{13}C$) analizi ve C4 şeker oranı IR-MS (İzotop Oranı Kütle Spektrometresi) ile AOAC 998.12' e göre (American Organization of Analytical Chemists International prosedürleri) açıklanan standart analitik yöntemler kullanılarak belirlenmiştir. Serbest asitlik (TS 13360), iletkenlik (TS 13366), şeker bileşimi (TS 13359), HMF (TS 13356), prolin (TS 13357), su muhtevası (TS 13365) ve diastaz sayısı (TS 13364) Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde açıklanan standartlara göre analiz edilmiştir. Analizler Siirt Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi laboratuvarında yapılmıştır. Verilere ait istatistiksel analizler IBM SPSS (22.0) programının tek yönlü varyans analizi (One Way ANOVA) uygulanarak yapılmıştır. Veriler arasındaki ilişkiler Pearson korelasyon analizi (SPSS 22.0) ile belirlenmiştir.

BULGULAR

TPS değeri %45'in üzerinde olan polenlerin ait oldukları bitki taksonları "dominant", %15-45 arasında olanlar "sekonder", %3-15 arasında olanlar "minör", %3'ten daha az oranda rastlanılan polenlerin ait oldukları taksonlar ise "eser" olarak kabul edilmiştir (Louveau vd. 1978). Dokuz adet ticari bal örneğinin tanımı ve polen analizi Tablo-1'de verilmiştir. Türkiye'nin farklı lokasyonlarından temin edilen 6 monofloral (devediken, meşe, sandal,

zahter, çörek otu ve maydanoz balı) ve 3 multifloral (Çelikhhan/Adıyaman, Şemdinli/Hakkâri ve Battalgazi/Malatya) etiketli ticari bal örneklerinin yapılan melissopalinojistik analizleri sonucunda; sadece 1 adet bal örneğinin monofloral maydanoz balı, diğer 7 adet bal örneğinin multifloral bal ve 1 adet bal örneğinin ise salgı balı (Bal Çiği Elementi/Toplam Polen Sayısı oranı 3'ün üzerinde bulunmuştur) olduğu tespit edilmiştir. Balın kalitesini belirlemek için bal içerisinde bulunan TPS'nin tespiti önemlidir (Keskin vd. 2020). Ticari bal örneklerinin yapılan melissopalinojistik analizlerinde 11 familyaya ait 17 farklı bitki taksonu belirlenmiştir. Bal örneklerinin botanik orijinleri genel olarak değerlendirildiğinde dominant olarak Apiaceae, sekonder olarak Fabaceae, Asteraceae, Brassicaceae, Amaranthaceae/Chenopodiaceae familyalarına ait polenleri içerdiği, geri kalan familyaların ise minör miktarlarda bulunduğu görülmüştür. Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği (2020/7)'ne göre çiçek balında bulunması gereken standart değerler; nem en fazla %20, sakkaroz en fazla 5g/100g, fruktoz+glukoz en az 60g/100g, fruktoz/glukoz 0.9-1.4 arasında, maltoz en fazla %4, serbest asitlik en fazla 50 meq/kg, elektrik iletkenliği en fazla 0.8 mS/cm, diastaz en az 8, HMF en fazla 40 mg/kg, ham bal ($\delta^{13}C$) -23 ve daha negatif, protein ($\delta^{13}C$) -23 ve daha negatif, balda protein ve ham balda $\delta^{13}C$ farkı -1.0 veya daha pozitif, C^{13}/C^4 şekeri en fazla %7 olmalıdır. Prolin miktarı ise çiçek balı, salgı balı ve çiçek ile salgı balı karışımı ballarda en az 300 mg/kg, kanola, ıhlamur, narenciye, lavanta, ballarında en az 180 mg/kg, biberiye, akasya ballarında en az 120 mg/kg, kestane ballarında en az 500 mg/kg miktarında olmalıdır (Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği 2020) (Tablo-2, 3, 4). Çalışmada, bal örneklerinin $\delta^{13}C$ değerleri -27.97 ile -24.53 arasında değişmekte olup ortalama değer -25.89 olarak tespit edilmiştir (Tablo-2). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğinde, $\delta^{13}C$ değeri ballar için -23 ve daha negatif olarak belirlenmiştir. Çalışma kapsamında analiz edilen bal örneklerinin ortalama değerinin $\delta^{13}C$ değerinin Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde belirtilen yasal limitlere uygunluk sağladığı görülmektedir.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Tablo-1. Ticari balların tanımı ve ballarda tespit edilen taksonların polen spektrumu (%)

Table-1. Description of commercial honeys and pollen spectrum of taxa identified in commercial honeys (%)

Balın ticari No	Balın satışı etiket adı	Balın Tanımı	Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne Uygunluğu	Dominant	Sekonder Secondary	Minör Minor
1	Monofloral/ Devedikeni	Multifloral (çiçek balı)	Tebliğe uygun	-	<i>Helianthus annuus</i> (%43.61)	Brassicaceae (%10.61), Caryophyllaceae (%8.45), <i>Cirsium</i> (%8.25), <i>Centaurea</i> (%6.68), Fabaceae (%4.91), <i>Plantago</i> (%3.93)
2	Monofloral/ Meşe	Salgı balı	Tebliğe uygun	-	<i>Laurus nobilis</i> (%26.74) Asteraceae (%19.38)	Rosaceae (%9.69), <i>Cistus</i> (%7.36), Liliaceae (%6.20), <i>Olea europaea</i> (%4.26), Boraginaceae (%3.49)
3	Monofloral/ Sandal	Multifloral (çiçek balı)	Tebliğe uygun	-	<i>Quercus</i> (%41.65)	Fabaceae (%13.50), Rosaceae (%12.36), Poaceae (%12.36), Ericaceae (%5.26), Brassicaceae (%4.81)
4	Monofloral/ Zahter	Multifloral (çiçek balı)	Tebliğe uygun	-	<i>Plantago</i> (%29.69)	Fabaceae (%12.66), Cichorioideae (%9.17), Rosaceae (%7.86), Papaveraceae (%7.42), <i>Bellis</i> (%7.42), <i>Centaurea</i> (%5.68), Lamiaceae (%4.37), Brassicaceae (%3.93), Betulaceae (%3.43)
5	Monofloral/ Çörekotu	Multifloral (çiçek balı)	Tağışlı bal Tebliğe uygun değil Nişasta var	-	Apiaceae (%17.46) Brassicaceae (%17.01)	Fabaceae (%9.75), <i>Nigella sativa</i> (%9.07) Papaveraceae (%7.71), <i>Castanea sativa</i> (%4.99), <i>Olea europaea</i> (%4.54), <i>Onobrychis/Hedysarum</i> (%3.40), <i>Fraxinus</i> (%3.17), <i>Helianthus annuus</i> (%3.17), Fabaceae (%12.50)
6	Monofloral/ Maydanoz	Monofloral/ Maydanoz	Tebliğe uygun	Apiaceae (%80,72)	-	
7	Multifloral	Multifloral (çiçek balı)	Tebliğe uygun	-	<i>Trifolium repens</i> (%29.22) Fabaceae (%20.69)	<i>Centaurea</i> (%14.52), Poaceae (%5.81) <i>Plantago</i> (%5.44), Papaveraceae (%4.90), Rosaceae (%3.81), <i>Helianthus annuus</i> (%3.81), Brassicaceae (%3.09)
8	Multifloral	Multifloral (çiçek balı)	Tebliğe uygun	-	<i>Helianthus annuus</i> (%33.99) Amaranthaceae/Chenopodiaceae (%30.03) <i>Onobrychis/Hedysarum</i> (%18.48)	Fabaceae (%4.62)
9	Multifloral	Multifloral (çiçek balı)	Tağışlı bal Tebliğe uygun değil Nişasta var	-	<i>Trifolium repens</i> (%27.48) <i>Hypericum</i> (%24.49)	Papaveraceae (%12.52), <i>Ranunculus</i> (%11.96), <i>Onobrychis/Hedysarum</i> (%4.11), Poaceae (%3.18)

Bal örneklerinin ortalama protein-26.12, balda protein ve ham balda δ 13C farkı ortalaması -0.51 olarak tespit edilmiş olup Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde bildirilmiş olan yasal limite uygunluk göstermektedir (Tablo-2). Çalışmada δ 13C değerinden hesaplanan C4 şeker oranı ortalama %2.22 olarak tespit edilmiş yasal limitlere (≤ 7) uygunluk göstermiştir (Tablo-2). Örneklerin ortalama serbest asitlik değerleri 38.56 mmol/kg olarak bulunmuş, 30.00 mmol/kg ile 44.00 mmol/kg arasında olduğu tespit edilmiştir (Tablo-3). Tüm bal örneklerinde tespit edilen serbest asitlik değerleri yasal standartlara (≤ 50) uygunluk göstermiştir. Elektriksel iletkenlik değeri ortalama 0.55 mS/cm olarak tespit edilmiştir (Tablo-3). Türk Gıda Kodeksi'nin 2020/7 sayılı Bal Tebliği'ne göre; salgı

ballarının elektriksel iletkenliği en az 0,8 mS/cm, çiçek ballarının ise en fazla 0,8 mS/cm olarak belirlenmiştir (Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği 2020). Bal örneklerinde diastaz sayısı ortalama 7.22 olup, 5.00 ile 10.90 arasında değişim göstermiş ve 3 adet bal örneğinin diastaz sayısının bal tebliğine uygun olmadığı belirlenmiştir (Tablo-3). Bal örneklerinin prolin değerleri ortalama 640.00 mg/kg ile 1706.60 mg/kg arasında tespit edilmiştir. İncelenen bütün bal örneklerinin prolin değerleri Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne (2020) uygun olduğu görülmektedir (Tablo-3). Bu çalışmada 3 bal örneğinin HMF değerleri Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nin (2020) belirlediği yasal limitlere uymadığı tespit edilmiştir. Bal örneklerinin HMF değerleri 1.51 mg/kg ile 267.65 mg/kg arasında değişiklik göstermiştir (Tablo-3).

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Tablo-2 Türkiye'nin farklı lokaslarından elde edilen ballarda ve protein fraksiyonlarında $\Delta^{13}\text{C}$ değerleri

Table-2 $\Delta^{13}\text{C}$ values of bee-produced honey samples and their proteins from different locations in Türkiye

No	n	Bal Türü Type of Honey	Ham bal ($\Delta^{13}\text{C}$) (‰)	Protein ($\Delta^{13}\text{C}$) (‰)	Balda protein ve ham balda $\Delta^{13}\text{C}$ farkı (‰)	$\Delta^{13}\text{C}$ değerinden hesaplanan C4 şeker oranı (%)
1	1	Multifloral bal	-25.78	-25.99	-0.21	1.30
2	1	Salgı balı	-24.89	-25.45	-0.56	3.55
3	1	Multifloral bal	-27.97	-27.48	-0.49	0.00
4	1	Multifloral bal	-25.11	-25.45	-0.34	2.16
5	1	Multifloral bal	-25.29	-26.64	-1.35	7.99
6	1	Monofloral bal	-24.53	-24.86	-0.33	2.17
7	1	Multifloral bal	-26.46	-26.95	-0.49	2.83
8	1	Multifloral bal	-26.19	-25.89	-0.30	0.00
9	1	Multifloral bal	-26.84	-26.35	-0.49	0.00
			$\bar{x} \pm S \bar{x}$	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	$\bar{x} \pm S \bar{x}$
Genel Ortalama	9		-25.89 $\pm$ 1.1	-26.12 $\pm$ 0.8	-0.51 $\pm$ 0.3	2.22 $\pm$ 2.5
Min.			-27.97	-27.48	-1.35	0.00
Max.			-24.53	-24.86	-0.21	7.99
Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği			-23 ve daha negatif	-23 ve daha negatif	-1.0 veya daha pozitif	≤ 7
Analiz Metodu			AOAC 998.12	AOAC 998.12	AOAC 998.12	AOAC 998.12

Tablo-3 Bal örneklerinin fiziko-kimyasal özellikleri

Table-3 Physicochemical properties of honey samples

No	n	Bal Türü Type of Honey	Serbest asitlik The level of acidity	Diastaz Sayısı Diastasis	Prolin Proline	HMF	Su muhtevası Moisture	İletkenlik Electrical conductivity
			(mmol/kg)		(mg/kg)	(mg/kg)	(%)	(mS/cm)
1	1	Multifloral bal	36	6.50	711.11	15.65	17.4	0.40
2	1	Salgı balı	43	8.30	1137.70	267.65	18.6	0.65
3	1	Multifloral bal	30	5.00	640.00	42.87	16.8	0.87
4	1	Multifloral bal	40	6.50	924.44	52.19	16.4	0.43
5	1	Multifloral bal	44	10.90	995.56	7.19	15.4	0.67
6	1	Monofloral bal	38	8.30	1706.60	29.00	17.8	0.64
7	1	Multifloral bal	39	6.50	1137.70	2.34	16.6	0.40
8	1	Multifloral bal	42	6.50	782.22	6.24	17.6	0.38
9	1	Multifloral bal	35	6.50	995.56	1.51	13.0	0.51
			$\bar{x} \pm S \bar{x}$	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	$\bar{x} \pm S \bar{x}$
Genel Ortalama	9		38.56 $\pm$ 4.4	7.22 $\pm$ 1.7	1003.43 $\pm$ 316.	47.18 $\pm$ 8 4.7	16.62 $\pm$ 1.6	0.55 $\pm$ 0.2
Min.			30.00	5.00	640.00	1.51	13.00	0.38
Max.			44.00	10.90	1706.60	267.65	18.60	0.87
Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği			≤ 50	$8 \leq$	$300 \leq$	≤ 40	≤ 20	≤ 0.8
Analiz Metodu			TS 13360	TS 13364	TS 13357	TS 13356	TS 13365	TS 13366

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Tablo-4 Bal tiplerinin şeker kompozisyonları

Table-4 Sugar compositions of honey samples

No	n	Bal Türü Type of Honey	Fruktoz Fructose	Glukoz Glucose	Sakkaro z Sucrose	Maltoz Maltose	Fruktoz/Glu koz Fructose/Gl ucose	Fruktoz+gluk oz Fructose+glu cose
			(%)	(%)	(%)	(%)		(%)
1	1	Multifloral bal	36.63	28.55	0.73	1.32	1.28	65.17
2	1	Salgı balı	26.90	29.81	nd	0.94	0.90	56.71
3	1	Multifloral bal	37.63	24.87	0.20	0.70	1.51	62.50
4	1	Multifloral bal	34.64	16.43	0.77	1.25	2.11	51.07
5	1	Multifloral bal	37.05	21.60	0.32	0.00	1.72	58.65
6	1	Monofloral bal	18.94	41.22	nd	1.43	0.46	60.16
7	1	Multifloral bal	24.69	21.77	0.40	0.00	1.13	46.46
8	1	Multifloral bal	37.45	24.91	0.69	0.00	1.50	62.36
9	1	Multifloral bal	32.71	23.40	0.53	0.00	1.40	56.12
			$\bar{x} \pm S \bar{x}$	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	$\bar{x} \pm S \bar{x}$
Genel Ortalama	9		31.85±6.76	25.84±6.98	0.40±0.30	0.63±0.63	1.34±0.47	57.69±5.93
Min			18.94	15.57	0.20	0.00	0.46	46.46
Max			37.63	41.22	4.14	1.79	2.16	65.17
Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği					≤ 5	≤ 4	0.9-1.4	60 ≤
Analiz metodu			TS 13359	TS 13359	TS 13359	TS 13359		

nd: tespit edilemedi

nd: not detected

Bal örneklerin su muhtevası Türk Gıda Kodeksi'nin 2020/7 sayılı Bal Tebliği'ne göre uygun olduğu tespit edilmiştir (Tablo-3). Bal örneklerinde ortalama fruktoz, glukoz, sukroz, maltoz, fruktoz/glukoz ve fruktoz+glukoz oranı sırasıyla %31.85, %25.84,

%0.40, %0.63, %1.34 ve %57.69 olarak bulunmuştur (Tablo-4). İletkenlik ve sukroz arasında negatif bir korelasyon tespit edilmiştir ($R^2=-0.737$, $P \leq 0.05$, Tablo-5).

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Tablo-5 Bal örneklerinde Pearson korelasyon matrisi (N: 9)

Table-5 Pearson correlation matrix on the honey samples (N: 9)

Diastaz Sayısı/Diastasis	1	.002	.465	.168	-.0046	-.00101	-.0010	.184	-.0194	.160	.724*	.897**	.764*	-.284	-.674*
Su muhtevasi/Moisture		1	.153	.507	-.416	.237	.534	-.308	.471	-.0278	.239	.009	-.335	-.392	-.389
Prolin/Proline			1	.144	-.708*	-.289	.244	-.599	.642	-.063	.288	.276	.029	-.587	-.632
HMF				1	-.282	-.051	.335	.510	.205	-.296	.300	.156	-.002	-.339	-.356
Fruktoz/Glukoz-Fructose/Glucose					1	-.137	-.266	.691*	-.900**	.810**	.038	.066	.239	.361	.281
Fruktoz+glukoz/Fructose+glucose						1	.255	-.029	.462	.400	.307	-.256	-.224	.100	.094
Maltoz/ Maltose							1	-.141	.478	-.270	.114	-.188	.132	.479	.468
Sukroz/Sucrose								1	-.621	.616	-.737*	-.005	.293	.290	.176
Glukoz/Glucose									1	-.628	.269	-.092	.104	.267	.365
Fruktoz/Fructose										1	-.008	-.130	.088	.188	.460
İletkenlik/ Electrical conductivity											1	-.343	.175	.411	.219
Serbest asitlik/The level of acidity												1	.662	.414	-.720*
Δ13C değerinden hesaplanan C4													1	.846**	-.529
Balda protein ve ham balda Δ13C farkı														1	-.095
Protein (Δ13C)															1
Ham bal (Δ13C)															

**Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

TARTIŞMA

İncelenen bal örneklerinin melissopalınolojik analizlerinde monofloral etiketli ticari balların yalnızca 1 adet bal örneğinin monofloral bal (maydanoz balı) olduğu, iki adet bal örneğinin ise tağşişli, nişasta içerdiği ve bal tebliğine uygun olmadığı tespit edilmiştir (Tablo-1). Ballarda nişasta bulunması; kolonilerde pudra şekeri ile varroa tespitinin yapılması, bal üretim döneminde kek ile besleme yapılması veya nişastanın besleme yapılan şekere katılmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Ana nektar akımı dönemi bölgelere göre değişmekle birlikte genellikle Mayıs-Temmuz ayları arasındadır ve koloniler bu aylarda yoğun nektar toplamaktadır. Bal örneklerinde Fabaceae familyasına ait polenlerin genel olarak bulunması bu familyaya ait türlerin çiçeklenme dönemleri ve bölgeleri ile ilişkili olabileceği tahmin edilmektedir. Bal sahteciliği için kullanılan maddelerin kaynağı olan bitkiler, karbon metabolizmalarına göre C³ veya C⁴ bitkileri olarak sınıflandırılabilir. Pirinç, buğday, arpa, pamuk, yonca, korunga, elma, üzüm ve şeker pancarı gibi nektarlı bitkilerin çoğu C³ bitkilerini, mısır, sorgum, darı ve şeker kamışı ise C⁴ bitkilerini temsil etmektedirler (Ferek 2016, Záborská ve Vorlová 2014).

Fotosentetik döngülerde C³ ve C⁴ bitkilerinin δ 13C (karbon izotop oranları) farklıdır (Ferek 2016, Simsek vd. 2012). Dolayısıyla, arılar nektarlarını dikotiledon çiçekli bitkilerden topladıklarından doğal bir balın C³ bitkilerinin karakteristik özelliklerini taşıması beklenir. ¹³C/¹²C izotop oranı, ‰ biriminde δ 13C olarak ifade edilir (Simsek vd. 2012). Bal, en çok tağşişi yapılan gıdalardan birisidir. Bala herhangi bir şeker veya şurup ilavesi olduğunda veya arılar şekerli su veya şurupla beslendiklerinde δ 13C sonuçları ile ortaya çıkarılmaktadır. Fruktöz ve glukoz bala bu amaçla eklenen şekerlerin en başında gelir (Belli 2019, Ferek 2016).

Baldaki kamış şekeri veya mısır bazlı şeker katkısının kanıtlanması için en yaygın kullanılan yöntem δ 13C analizidir (Chen vd. 2019, Çiftçi ve Parlat 2018). Kocaeli ve İstanbul illerinde piyasadan satın alınan 43 farklı bal örneğinin EA-IRMS ile yapılan ¹³C/¹²C oranı ölçümlerinde, 10 adet bal örneğinin (%23) sahte olduğu tespit edilmiştir. Çiçek balı örneklerinin δ 13C değerinin -23,91 ile -27,58 ‰ arasında, bal proteinlerinin δ 13C değerinin -24,57 ile -26,76 ‰ arasında olduğu bildirilmiştir (Simsek vd. 2012). Muğla çam balı örneklerinin δ 13C değeri

-23,30 ile -24,54 ‰, protein ekstraktlarının ise -24,13 ile -25,41 ‰ arasında olduğu bulunmuştur. Bolu, Kocaeli, Trabzon ve Yalova olmak üzere dört farklı ilden alınan kestane balı örneklerinin δ 13C değeri sırasıyla 25.02, 25.18, 23.98 ve 25.62‰ olduğu ve protein özütlerinin -24.35 ile -25,41 ‰ arasında değiştiği bildirilmiştir. İzmir ili bal örneğinde en yüksek kararlı izotop oranı -27,58 ‰ olarak tespit edilmiştir (Simsek vd. 2012).

Bontempo vd. (2017), İtalya'nın farklı tip ballarının karbon izotop oranıyla ilgili yaptıkları çalışmada δ 13C bal değerleri akasya balında ‰ (-24,1), kestane balında ‰ (-25,2), narenciye balında ‰ (-24,3), okaliptüs balında ‰ (-24,4), salgi balında ‰ (-25,3), ormangülü balında ‰ (-24,5), polifloral balda ‰ (-25,3); δ 13C protein değerleri akasya balında ‰ (-23,9), kestane balında ‰ (-24,8), narenciye balında ‰ (-24,7), okaliptüs balında ‰ (-24,2), salgi balında ‰ (-24,6), ormangülü balında ‰ (-23,8), polifloral balda ‰ (-24,7) olarak belirlenmiştir. Başka bir çalışmada çeşitli C³ ve C⁴ bitki kaynaklarından elde edilen invert şeker şuruplarıyla beslenen kolonilerden elde edilen 451 adet bal örneklerinin δ 13C oranı -23.0‰ ile -27.3‰ arasında tespit edilmiştir (Elflein ve Raetzke 2008).

Bu çalışmada incelenen bal örneklerinde elde edilen δ 13C değerleri -27.97‰ ile -24.53‰ arasında değişmekte ve örnekler Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde bildirilmiş olan yasal limite (-23 ve daha negatif) uygunluk göstermektedir (Tablo-2). Bal protein içeriği bakımından çok zengin değildir. Fakat içerdiği aminoasitler balın elde edildiği kaynağın tespit edilmesinde önemli bir parametredir (Belli 2019). Saf bala mısır ve şeker kamışı karışması durumunda balın δ 13C oranı değişir. Fakat proteinin δ 13C oranı değişmeden kalır. Balın δ 13C oranı ve ekstrakte edilen proteinin δ 13C oranı minimum düzeydeki tağşişin bile kanıtlanmasını sağlar (Belli 2019, Ferek 2016). Yapılan bu çalışmada incelenen balların protein (δ 13C) değerleri -27.48 ile -24.86 arasında değişirken, ortalama protein (δ 13C) değeri -26.12±0.8 olarak tespit edilmiştir (Tablo-2). Çalışmada elde edilen bal örneklerinin ortalama protein (δ 13C) değerleri, Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde belirtilen yasal limitlere uygunluk göstermektedir. Bir çalışmada Tunus'un farklı bölgelerinden sağlanan 6 bal örneğinin (nane, biberiye, okaliptüs, karahindiba, kekik, portakal) incelenen fizikokimyasal özellikleri bakımından Avrupa Mevzuatına (EC Direktifi 2001/110) uygun olduğu ifade edilmiştir. Bal örneklerinin protein

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

değerinin %0.13 (biberiye) - %0.16 (nane) arasında değiştiği bildirilmiştir (Boussaid vd. 2014).

Başka bir çalışmada çeşitli C³ ve C⁴ bitki kaynaklı invert şeker şuruplarıyla beslenen kolonilerden elde edilen 451 bal örneğinin incelendiği çalışmada, örneklerin δ 13C protein değerleri -22.7‰ ile -26.7‰ arasında bulunmuştur (Elflein ve Ræzke 2008). Stabil karbon izotop analizi, karbon izotoplarının miktarını ve doğada daha fazla bulunan (%99) ¹²C izotopu ile düşük miktarda bulunan (%1) ¹³C izotopu arasındaki oranın belirlenmesi sağlamaktadır. Bu oran farklı bitkiler tarafından CO₂'in tutulması ve fotosentez sırasında kullanılması ile ilgili döngüyü yansıtmaktadır (Ferek 2016).

Bal ve balın protein fraksiyonu arasında δ 13C farkı, balın saflığının, tağşiş yapıp yapılmadığının, nitel ve nicel bir göstergesi olarak ifade edilmiştir (Çiftçi ve Parlat 2018, Ferek 2016). Bu tekniği uygulayarak, yapay tatlandırıcı içeren bir bal örneğinin tağşiş yüzdesi belirlenebilir (Simsek vd. 2016). Belli (2019), nektarlı pek çok bitkinin C³ döngüsü kullandığını ve gerçek balda C¹³/C¹² değerinin -25 civarında olması gerektiğini vurgulamıştır. Eğer bala mısır şurubu katılmış ise bu oranın -10'a kadar çıkabileceği belirtilmiştir. İki değer arasındaki farkın -1'den daha negatif ise bala mısır şurubunun katıldığı ifade edilmiştir. Fakat C³ bitkisi olan pancar şekerinden (çay şekeri) elde edilen şuruplarla beslenen arılardan elde edilen baldaki hileyi tespit etmenin zor olduğunu ifade etmiştir. Hileyi tespit etmede δ 13C analizinin yetersiz kaldığı vurgulanmıştır. Muğla ilinde üretilen ballarda taklit ve tağşiş gibi hileli durumların olup olmadığı araştırmak amacıyla yapılan çalışmada bal örneklerinin δ 13C değerleri farkı (-2,52)-2,51 arasında bulunmuştur (Belli 2019).

Farklı araştırmacılar tarafından incelenen bal örneklerinin, balda protein ve bal δ 13C değerleri arasındaki farkı Elflein ve Ræzke (2008) -0.9‰ - 1.5‰, Kambur vd. (2015) -0.39- 0.53 ve Çiftçi ve Parlat (2018) -0.55-1.95 değerleri arasında olduğunu bildirmişlerdir. Δ 13C değerleri farkı ve C4 şeker oranı balda hilenin olup olmadığı hususunun, taklit ve tağşişin tespit edilmesinde kullanılan kriterlerdendir (Belli 2019, Ferek 2016,). C4 şeker oranı, balda protein ve ham bal δ 13C değerlerinden hesaplanır (Çiftçi ve Parlat 2018). Protein ve balda δ 13C değeri arasındaki farkın ‰ 1'den büyük olmaması gerekmektedir (Ferek 2016). Bir çalışmada çeşitli C3 ve C4 bitki kaynaklarından elde edilen invert şeker şuruplarıyla beslenen kolonilerden elde edilen 451 bal örneğinde bal

sahteciliğini tespit etmek amacıyla yapılan çalışmada C4 şeker oranı (%) 0-5.7 arasında tespit edilmiştir (Elflein ve Ræzke 2008). Muğla ilinde üretilen ballarda taklit ve tağşiş gibi hileli durumların olup olmadığı araştırmak amacıyla yapılan çalışmada bal örneklerinin C4 şeker oranı (%) 0-16,81 arasında bulunmuştur (Belli 2019). Konya bölgesindeki marketlerde satışa sunulan 5 farklı firmalara ait çiçek ballarının bazı kimyasal özellikleri incelenmiştir. Firmalara ait bal örneklerinin sırasıyla C4 şeker oranı (%); 3.53, 1.93, 0.00, 0.00, 0.00 olarak bulunmuştur. Araştırmada kullanılan firmalara ait bal örnekleri arasında (P<0.01) önemli farklar olmasına rağmen Türk Gıda Kodeksi-Bal Tebliğine uygun bulunmuştur (Çiftçi ve Parlat 2018).

Chen vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada, bal arısı kolonileri kışın şeker kamışı ile beslendiğinde Mart ayındaki yapılan hasatlarda toplanan bal örneklerinde C4 şekeri "şeker kalıntısı" olarak tespit edilmiştir. Kambur vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada ise Yığılca bal örneklerinde C4 oranı %0.43-8.72 arasında bildirilmiştir. Δ 13C oranı yalnızca C₄ ve C₃ bitkilerinden elde edilen balın kaynağı hakkında bilgi vermektedir. Bu çalışmada incelenen bal örneklerinin balda protein ve ham balda δ 13C farkı değerleri ortalaması -0.51 olarak tespit edilmiş olup, tüm örneklerin değerleri Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde belirtilen yasal limitlere uygun olduğu bulunmuştur. Diğer taraftan, δ 13C değerinden hesaplanan C4 şeker oranı ortalama değeri 2.22 olarak tespit edilmiş, bir adet örneğin Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde belirtilen yasal limitlere uymadığı belirlenmiştir (Tablo-2). Bir bal örneğinin diastaz aktivitesi, HMF içeriği, elektriksel iletkenlik ve nem ölçümleri gibi standart kalite parametreleri, balın genel özelliklerini tanımlamada ve balın kalitesini değerlendirmede önemli bir role sahiptir (Simsek vd. 2012, Baloš vd. 2018).

İncelenen çeşitli bal örneklerinin serbest asitlik değerlerini, Belli (2019) 8.95-27.9 meq/kg, Dadalı (2021) hayıt balında 20.45-27.30 meq/kg, Uçak Koç vd. (2017) hayıt, çiçek ve çam ballarında sırasıyla 26.6±0.3, 36.03±0.534 ve 27.3±0.36 meq/kg, Kambur vd. (2015) 21.0-70.0 meq/kg, Çiftçi ve Parlat (2018) 20.27-34.06 meq/kg, İçli (2022) 5.1-37.7 meq/kg, Yaşar ve Söğütü (2020) ortalama 10.675 meq/kg, Manolova vd. (2021) 17.70 – 36.00 meq/kg, Yurt ve Çakır (2020) ortalama 22.64 meq/kg, Karatas vd. (2019) 8.96-33.92 meq/kg, Güzel ve Savaş Bahçeci (2020) 21.1-47.8 meq/kg, Gürbüz vd. (2020) ortalama 14.94 meq/kg, Yücel ve Sultanoğlu (2013) 18.06 - 34.88 meq/kg, Bobis vd. (2020)

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

okaliptus ballarında 15-46 meq/kg, Kilic vd. (2016) 16.0 – 26.1 meq/kg, Boussaid vd. (2014) 7.11 – 27.20 meq/kg, Terrab vd. (2002) 19.5- 88.2 meq/kg, Berhanu vd. (2022) ortalama 23.2 meq/kg ve Baloš vd. (2018) 1.5-30 meq/kg arasında tespit etmişlerdir. Bu çalışmada, bal örneklerinin serbest asitlik değerleri 30 mmol/kg - 44 mmol/kg arasında tespit edilmiş ve incelenen bal örneklerinin yasal limitlere uygun olduğu bulunmuştur (Tablo-3). Balın elektriksel iletkenliği balda kalite kriteri olarak değerlendirilen kimyasal özelliklerden birisidir (Güzel ve Savaş Bahçeci 2020).

Balın elektriksel iletkenliğini mineral içeriği ve asitliği etkiler. Elektriksel iletkenlik değerinin yüksek olması mineral içeriğinin yüksek olmasından veya yüksek asitlikten kaynaklanabilir. Balda kül, proteinler ve bazı kompleks şekerlerin miktarı arttıkça elektriksel iletkenlik de artar. Bu nedenle balın elektriksel iletkenliği iyonların, organik asitlerin ve proteinlerin varlığını ortaya koyar (da Silva vd. 2016, Yücel ve Sultanoğlu, 2013). Elektriksel iletkenlik aynı zamanda balın bitkisel kaynağı ile içerdiği kül miktarını belirlemede de kullanılır. Balın ihtiva ettiği kül miktarı ve asitliği arttıkça elektriksel iletkenliği de artış gösterir (Ferek 2016, Nombre vd. 2010).

Farklı araştırmacılar farklı bal tiplerinin elektriksel iletkenliğini incelemişlerdir. İncelenen bal örneklerinin elektriksel iletkenliği değerlerini Akgün vd. (2021) ortalama 1.13 mS/cm, Baloš vd. (2018) 0.08-1.99 mS / cm, Belli (2019) 0.63-1.67 mS/cm, Berhanu vd. (2022) ortalama 0.41 mS/cm, Manolova vd. (2021) 0.23 – 0.48 mS/cm, Ferek (2016) 0,892-1,838 mS/cm, Gürbüz vd. (2020) ortalama 0.21 mS/cm, Kambur vd. (2015) 0.28-0.80 mS/cm, Malkoç (2019) 0.26-1.25 mS/cm, Uçak Koç vd. (2017) hayıt, çiçek ve çam ballarında sırasıyla 0.42, 0.73 ve 1.17 mS/cm, Chirsanova vd. (2021) ayçiçeği, kolza tohumu, manna ve poliflora ballarında sırasıyla ortalama 371, 161, 775 ve 355µS/cm, Yurt ve Çakır (2020) ortalama 0.17 mS/cm, Boussaid vd. (2014) 0.39 (kekik) – 0.89 mS/cm (portakal), Karatas vd. (2019) 0.15-1.41 µS/cm arasında, Yücel ve Sultanoğlu (2013) 0.17–1.04 mScm¹, Kilic vd. (2016) 0,18 ms/cm-1 - 0,25 ms/cm-1, Kanbur vd. (2021) 189.66 – 328.05 µS/cm (yayla balı) ile 559.30-714.06 (kestane balı) µS/cm arasında ve Güzel ve Savaş Bahçeci (2020) ortalama 350 µS/cm (205-674) olarak tespit etmişlerdir. Can vd. (2015), en yüksek elektrik iletkenliğini kestane balının gösterdiğini, bunu çam balının takip ettiğini belirtmişlerdir. Akasya (*Robinia pseudoacacia*), lavanta (*Lavandula* sp.) ve geven

(*Astragalus* sp.) gibi açık renkli balların daha düşük iletkenlik gösterdiğini vurgulamışlardır. Elektriksel iletkenlik, balın bitki kökeni hakkında bilgi veren bir parametredir (Chirsanova vd. 2021, Çiftci 2014). Nektarın kaynağına ve balın protein miktarına bağlı olarak değişir (Çiftci 2014). Çiçek veya salgı balını birbirinden ayırt etmede kullanılan en önemli kriter balın elektriksel iletkenliğidir (Çiftci 2014, Ferek 2016, Nombre vd. 2010).

Genellikle salgı ballarının elektriksel iletkenliği çiçek ballarından daha yüksektir (Çiftci 2014). Yoğun çam ağaçlarının bulunduğu alanda yapılan bir çalışmada (Karatas vd. 2019), kekik ve funda ballarına salgı karışmasından dolayı iletkenlik seviyesinde artışa neden olduğu vurgulanmıştır. Yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlar ile yukarıda verilen çalışma sonuçlarının farklılık göstermesi farklı bal çeşitleriyle çalışılmasından kaynaklanmaktadır. Bal endüstrisinde, balın kalitesi genel olarak diastaz sayısı ve HMF içeriğine göre de değerlendirilir. Enzimler, balın önemli bileşenlerindendir. Isıya karşı duyarlı oldukları için beslenme yönünden de balın kalitesini belirlemektedirler. Diastaz balda doğal olarak bulunur ve diastaz sayısı balda önemli kalite kriterlerinden birisidir. Isıya daha duyarlı olduğu için bala ısı işlem uygulanıp uygulanmadığı, diastazın miktarındaki azalmadan tespit edilebilir. Nişastayı parçalayan diastaz enzimi nektara olgunlaşma esnasında bal arısı tarafından ilave edilir. Fakat diastaz enzimin bir kısmının bitki kaynaklı olduğu bilinmektedir (Belli 2019, Ferek 2016).

Bu iki parametre, bal taşımasının, uygulanan ısı işlemin yoğunluğunun ve depolama sıcaklığının tahmin edilmesinde kullanılan en kritik parametrelerdir (Ferek 2016). Yapılan bir çalışmada (Flanjak vd. 2022), farklı iki ısı işlem (45 °C/48 saat ve 65 °C/6 saat) uygulanan adaçayı (*Salvia officinalis* L.) balının iki yıl depolama süreci sonucunda balın içerik değişimi incelenmiştir. Bala kısa süreli yüksek sıcaklık (65 °C/6 saat) ısı işlem uygulaması enzim aktivitesini azaltmıştır. Balda hem diastaz kaybı hem de yüksek diastaz miktarı istenmeyen bir durumdur. Diastaz sayısının yüksek olması balda asitliği arttıracığı için daha hızlı fermantasyon meydana gelebilmektedir (Ferek 2016).

Türkiye'nin Ordu ili bal örneklerinin diastaz sayısı en yüksek multiflora balda (26.17), en düşük ise Rhododendron balında (11.47) tespit edilmiştir (Akgün vd. 2021). Muğla iline ait bal örneklerinin diastaz sayısı 3.38-13.18 arasında bulunmuştur

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

(Belli 2019). Dadalı (2021) hayıt balının diastaz sayısını 20.14-27.13 arasında bildirmiştir. Çam balı örneklerinin incelendiği çalışmada diastaz değerleri 9- 21 arasında bulunmuştur (Ferek 2016). Türkiye'nin Bingöl ilinden elde edilen bal örneklerinin diastaz sayısı ortalama 18.39 olarak bildirilmiştir (Bengü ve Kutlu 2018). Yapılan başka çalışmalarda bal örneklerinin diastaz sayısını; Gürbüz vd. (2020) ortalama 10.68, Kilic vd. (2016) 10.0–26.1 mg/100 g, Çiftçi ve Parlat (2018) 12.86-22.45, Uçak Koç vd. (2017) 23.15-27.30, Kambur vd. (2015) 8.45-14.29, Yaşar ve Söğütlü (2020) ortalama 22.5, Simsek vd. (2012) 8.71-31.75, Manolova vd. (2021) 9.00–20.80, Özcan ve Ölmez (2014) %10.9-17.9, Güzel ve Savaş Bahçeci (2020) ortalama 16.4 (0.1-32.2) ve Karatas vd. (2019) 3.44-17.26 g/100g arasında bildirmişlerdir.

Bal örneklerinin incelendiği bu çalışmada 6 adet bal örneğinin diastaz sayısının yasal limitlere uymadığı tespit edilmiştir (Tablo-3). Doğada bulunan 20 farklı aminoasitten 18 tanesi balda bulunmaktadır. Prolin, nektarın bala dönüşmesi esnasında bal arıları tarafından balın yapısına katılan tek aminoasittir. Baldaki aminoasitlerin %50- 85'ini prolin oluşturduğu için balın protein içeriği genelde prolin miktarı olarak belirtilmektedir. Prolin miktarı balda saflığın bir kriteridir ve taşıyıcı yapılmış ballarda bu değer daha düşük çıkmaktadır (Ferek 2016). Çalışmada prolin ile fruktoz ($R^2 = -0.917$, $P \leq 0.01$, Tablo-5) ve prolin ile fruktoz/glukoz oranı ($R^2 = -0.708$, $P \leq 0.05$, Tablo-5) arasında güçlü negatif bir korelasyon tespit edilmiştir. Fruktoz/glukoz oranı ballarda kristalleşme eğilimi ve balın orijini hakkında bilgi vermektedir. Fruktoz miktarının fazla olması balın daha tatlı ve lezzetli olmasını sağlamaktadır. Fruktoz oranı diğer bileşenlerle dengeli olmalıdır. Balda prolin düzeyi balın nektar kaynağına, bölgeye, floraya ve balın üretildiği mevsime göre değişiklik göstermektedir (da Silva vd. 2016, Tabay Sümbül 2024).

Bu nedenle, balarısının tarlacılık faaliyetine bağlı olarak kaliteli bir balın doğal olarak yüksek miktarda prolin içermesi ve fruktoz oranının diğer bileşenlerle dengeli olması beklenmektedir. Ferek (2016) Muğla ilinden toplanan çam balı örneklerinin prolin değerlerini 388- 682 mg/kg arasında (ortalama=522,87 mg/kg) bildirmiştir. Bal örneklerinde prolin değerlerini Kilic vd. (2016) 414.2 – 880.8 mg/kg, Akgün vd. (2021) en yüksek 758,56 mg/kg, en düşük ise 377.00 mg/kg (Acacia balında) olarak bildirmişlerdir.

Başka çalışmalarda prolin değerlerini Belli (2019) 158.45-1217.45 mg/kg arasında, Uçak Koç vd. (2017) 980 mg/kg (hayıt balı) ve 922 mg/kg (çiçek balı), Malkoç vd. (2019) ortalama 807,57 mg/kg (karaçalı balı), Manolova vd. (2021) 218.50 – 679.50 mg/kg (ayçiçeği balı) arasında, Çiftçi ve Parlat (2018) 487.81-699.05 mg/kg, Karatas vd. (2019) 204.06-1588.93 mg/kg arasında, Gürbüz vd. (2020) ortalama 420 mg/kg, Terrab vd. (2002) ortalama 227 mg/100 g (salgı balı), Boussaid vd. (2014) 39.62 (biberiye) – 102.60 mg/kg (okaliptüs) arasında ve Łozowicka vd. (2021) 70.8-461.4 mg/kg arasında bildirmişlerdir. Bu çalışmada, incelenen bal örneklerinin HMF değerleri 1.51 mg/kg – 267.65 mg/kg arasında değişmiş, 3 adet bal örneğinin ve bal örneklerinin ortalamasının (47.18 mg/kg) yasal limitlere uymadığı belirlenmiştir (Tablo-3). Türk Gıda Kodeksi'nin 2020/7 sayılı Bal Tebliği'ne göre balda HMF, en fazla 40 mg/kg olmalıdır (Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği 2020).

HMF taze ballarda çok az miktarda bulunur ve balda yüksek miktarlarda bulunmaması gerekmektedir. Balda HMF miktarının artmasına, bala ısıtma işlemi uygulanması, balın depolanma süresi, depo ortamının sıcaklığı ve balın pH'ı etki etmektedir. Balda HMF miktarının artması, diastaz ve invertaz enzimlerinin azalması ve fermentasyon olayının artması gibi istenmeyen durumlar ortaya çıkabilmektedir (Belli 2019, Ferek 2016, Smetanska vd. 2021). HMF düzeyi ve diastaz aktivitesi balın kalitesini belirlenmesinde uzun zamandır kullanılan önemli parametrelerdir (Güzel ve Savaş Bahçeci 2020, Karadal ve Yıldırım 2012). Bu yüzden HMF balın kalitesini belirlemede kullanılan en önemli kriterlerden biridir (Belli 2019, Ferek 2016). Boussaid vd. (2014) inceledikleri tüm bal örneklerinin, incelenen parametreler bakımından Avrupa Mevzuatına (EC Direktifi 2001/110) uygun olduğunu ve örneklerin HMF değerinin 12.07-27.43 mg/kg arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar tarafından incelenen bal örneklerinde HMF içeriğini Belli (2019) 0-93,8 mg/kg, Dadalı (2021) 0.09-1.31 mg/kg, Gürbüz vd. (2020) ortalama 18,5 mg/kg, Özenirler vd. (2018) 1.73 ppm, Bengü ve Kutlu (2018) %36.37, Smetanska vd. (2021) 3.69 - 22.47 arasında, Yaşar ve Söğütlü (2020) 45.148 mg/kg, Yurt ve Çakır (2020) 39.85 mg/kg, Berhanu vd. (2022) ortalama 9.46 mg/kg, Özcan ve Ölmez (2014) 1.34-31.28 mg/kg, Terrab vd. (2002) 3.20-52.60 mg/kg, Bobis vd. (2020) 1.5-40 mg/kg, Ghramh vd. (2020) 0.13 mg/kg, Kambur vd. (2015) 10.50-36.02 mg/kg, Gençay Çelemler (2021) 0,7- 11,31 ppm

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

değerinde, Güzel ve Savaş Bahçeci (2020) 3.5 (0.3-36.5) mg/kg, Manolova vd. (2021) 0.69 – 12.40mg/kg, Kilic vd. (2016) 6,5 mg/kg - 20,8 mg/kg, Akgün vd. (2021) 11.83 mg/kg ve Ünübol Aypak vd. (2019) ortalama 26.94 mg/kg değerinde bildirmişlerdir. Su muhtevası balın en büyük ikinci bileşenidir (Bobis vd. 2020).

Balın su içeriği, bal arısı tarafından nektarın olgunlaştırılmasından sonraki miktardır. Nektarın bitkisel ve coğrafi kökeni, toprak özellikleri, iklim koşulları, hasat sırasındaki koşullar, olgunlaşma derecesi, hasat ve depolamada arıcılar tarafından uygulanan yöntemler balın su muhtevasını etkilemektedir. Su muhtevası, balın depolanması süresince fermentasyonun önlenmesi ve balın dayanıklılığı açısından önem taşımaktadır (Belli 2019, Bobis vd. 2020, Ferek 2016, Smetanska vd. 2021). Ozmofilik mayalar yüksek oranda neme sahip ballarda canlılığını sürdürebilmekte ve sonuç olarak balın bozulmasına sebep olmaktadır. Diğer yandan olgunlaşmış bal nem içeriği düşük olduğu için mikroorganizmaların gelişimine uygun bir ortam oluşturmamaktadır (Ferek 2016).

İncelenen bal örneklerinin su muhtevası yasal limitlere uygun olduğu tespit edilmiştir (Tablo-3). Yapılan çalışmalarda farklı bal tipi örneklerinin su muhtevaları tespit edilmiştir. Bal örneklerinde su muhtevası; Belli (2019) %14.64-20.88, Dadalı (2021) %16.30-17.50, Gürbüz vd. (2020) ortalama %15.91, Akgün vd. (2021) en yüksek *Rhododendron* balında (%18.89), en düşük ise *Akasya* balında (%17.99), Uçak Koç vd. (2017) %15.95 (hayıt balı), %16.86 (çiçek balı), %17.11 (çam balı), Manolova vd. (2021) %15.60–19.30, Yurt ve Çakır (2020) ortalama % 15.06, Çiftçi ve Parlat (2018) %15.48-17.63, Boussaid vd. (2014) %17.27 (biberiye) - 19.80 (nane) arasında, Kambur vd. (2015) %16.20-19.40, İçli (2022) %9.8-17.8, Özenirler vd. (2018) ortalama %14.9, Malkoç vd. (2019) %12-16, Karatas vd. (2019) %15.04-19.52, Smetanska vd. (2021) %19.10-19.30, Berhanu vd. (2022) ortalama %18.93, Bengü ve Kutlu (2018) ortalama %15.39, Güzel ve Savaş Bahçeci (2020) %16.9 (14.5-21.7) civarında, Keskin vd. (2020) %15.8-19.5, Özenirler vd. (2019) %13.5-18.3, Özcan ve Ölmez (2014) %17.1-20.0, Gençay Çelemlı (2021) %15,8-18,8, Kanbur vd. (2021) %15-22 (çiçek balı) ve %18-20 (kestane), Chirsanova vd. (2021) 18.0 -19.4 g/100g arasında, Kilic vd. (2016) %15.44-17.28 arasında, Bobis vd. (2020) %11- 20 (okaliptüs) ve Ferek (2016) %15.6-18.0 arasında bildirmişlerdir.

Balın kuru maddesinin % 95- 99'unu şekerler oluşturur. Bunun % 85- 95'ini fruktoz ve glukoz şekerleri meydana getirir. Sakkaroz, maltoz, izomaltöz, erloz, kestoz, melezitoz, refinoz, ve dektroz bal içerisinde tespit edilen diğer şekerlerden bazılarıdır (Ferek 2016). Monosakkaritler, balda bulunan en yaygın karbonhidratlardır. Balda en fazla fruktoz (yaklaşık %38,5) ve glukoz (yaklaşık %31,0.) bulunur (da Silva vd. 2016). Bala tadını veren bu iki monosakarit, bitkilerin nektarlarında veya bitkiler üzerinde yaşayan böceklerin salgılarında bulunan sakkarozun invertaz enzimi ile inversiyona uğraması sonucu meydana gelmektedir (Ferek 2016).

Cezayir, Arjantin, Brezilya, Etiyopya ve İspanya'da yapılan çalışmalarda sakkarozun yanı sıra okaliptüs balında çeşitli disakkaritler tanımlanmıştır. Bu balda en yaygın olarak bildirilenler arasında erlos, melezitoz, panoz, maltotrioz ve rafinoz olmak üzere önemli bir trisakkarit grubu da bildirilmiştir (Bobis vd. 2020). Yedi adet bal örneğinin incelendiği çalışmada bakılan parametreler bakımından balların Türk Gıda Kodeksi ve TS 3036 kriterlerine uyduğu bildirilmiştir (Ateş ve Yaşar 2020).

Çeşitli bal örneklerinin incelendiği çalışmalarda örneklerin şeker oranlarını Kilic vd. (2016) %69.09-%75.28 ve İçli (2022) ortalama %67.87 (%46.2-81.6) oranında bildirmişlerdir. Farklı araştırmacılar farklı bal tiplerinin fruktoz oranlarını incelemişlerdir. İncelenen bal örneklerinin fruktoz oranını Güzel ve Savaş Bahçeci (2020) %35.3 (31.5-39.1), İçli (2022) %21.5-43.0, Yurt ve Çakır (2020) % 38.62, Gençay Çelemlı (2021) 26.43-35.57g/100g, Ferek (2016) %28.6-35.6, Mahmood ve Abbas (2020) doğal, şekerli ve endüstriyel balın fruktoz oranını sırasıyla %51.86, %36.86 ve %31.27, Ghramh vd. (2020) %33.10-%44.77, Kambur vd. (2015) %30.27-32.73, Kanbur vd. (2021) yayla ve kestane ballarında sırasıyla fruktoz içeriğini 40.91–53.94 g/100 g ve 44.65–53.88 g/100 g, Özenirler vd. (2018) karahindiba monofloral balının fruktoz % 46.02, Malkoç vd. (2019) fruktoz değeri min %30 ve max %38 ve Kilic vd. (2016) 27.9 mg/100 g – 41.3 mg/100 g bildirmiştir.

Özkök vd. (2021) Tunceli/Türkiye bal örneklerinin fruktoz değerlerini 25.97-43.44 g/100g olarak bildirmişlerdir. İçli (2022) incelediği markasız 22 bal örneğinde glukoz oranını %17.5-38.9, Yurt ve Çakır (2020) 30 adet süzme çiçek ballarının incelenmesinde glukoz % 32.46 ± 2.24 olarak, Ferek (2016) 15 adet çam balı örneğinin incelendiği çalışmada, glukoz oranı % 22.1- 28.76, Kanbur vd.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

(2021) yayla ballarında ve kestane ballarında glukozu sırasıyla 27.56–40.95 g/ 100 g ve 24.91–30.14 g/100 g olarak, Kambur vd. (2015) Yığılca bal örneklerinde glukoz içeriğini %23.13-26.97, Özenirler vd. (2018) karahindiba monofloral balının glukoz değerini % 35.21, Ozkok vd. (2021) Tunceli bal örneklerinin glukoz değerlerinin; 21.84-45.6 g/100g arasında, Ghramh vd. (2020) glukoz değeri %26.68-%37.91, Güzel ve Savaş Bahçeci (2020) %30.4 (26.0-34.3) ve Gençay Çelemlı (2021) Türkiye'nin Rize ili Ayder ilçesinde üretilen 20 adet balın glukoz değerlerini 20.11-30.58 g/100g (ortalama: 26.83 g/100g) olarak tespit etmişlerdir.

Sukroz miktarı balın olgunluğunun belirlenmesinde önemli bir parametre olarak değerlendirilir. Baldaki sukroz analizi, balın sahteciliği konusunda da bilgi verir. Nektar içindeki sukroz bal arısının bal midesinde invertaz enzimiyle glukoz ve fruktoz monosakkaritlerine dönüşür. Balda sukroz düzeyinin yüksek olması bala şeker katkısından olabilir veya erken hasat dolayısıyla, sukrozun, glukoz ve fruktoza tam olarak dönüştürülemediğinden dolayı kaynaklanabilir. Diğer taraftan, bal arılarının yoğun şekilde şeker şurubu ile beslenmesi de benzer bir sonuç doğurabilir (Ferek 2016, Güzel ve Savaş Bahçeci 2020). Nitekim, balın içeriğindeki sukroz miktarı olgunlaşma derecesine göre değişmektedir ve zamanından önce hasat edilen ballar fazla miktarda sukroz içerirler.

Ghramh vd. (2020) incelediği 6 bal örneklerinde sakkaroz tespit edememiş, bir unifloral bal örneğinde %0.25 ve multifloral bal örneğinde %3.25 olarak bulmuşlardır. Kambur vd. (2021) yayla ballarının ve kestane ballarının sırasıyla sakkaroz içeriklerini 0.021–0.107 g/100 g ve 0.01–0.05 g/100 g olarak bildirmişlerdir. Muğla ilinde farklı lokasyonlarında bulunan *Pinus brutia* Tenore üzerinde yaşayan *Marchalina hellenica* salgısından üretilen 15 adet çam balı örneğinin incelendiği çalışmada, sakkaroz oranı % 0- 2.1 olarak tespit edilmiştir (Ferek 2016). Bitlis ili Hizan ilçesinde 20 farklı lokasyondan alınan bal örneklerinin çeşitli kimyasal özellikleri incelenmiştir. İki bal örneği dışında hiçbir bal örneğinde sakkaroz bulunmaması, arıların beslenmesinde şeker kullanılmadığını ortaya koyduğu vurgulanmıştır. Sonuçların AB standartlarına ve Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne uygun olduğu ifade edilmiştir (Kilic vd. 2016).

Etiyopya bal örneklerinin incelendiği bir çalışmada balın indirgeyici şeker (%70.46) ve sakkaroz (%2.75) değerlerinin düşük olduğu bulunmuş olup, bu

değerin Etiyopya balının kaliteli olduğunu gösterdiği vurgulanmıştır (Berhanu vd. 2022). Başka bir çalışmada, Samarra-Salah al-din-Irak'ta 3 bal tipi (doğal, şekerli ve endüstriyel bal) örneği incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre sırasıyla doğal, şekerli ve endüstriyel balın sakkaroz oranı %4.07, %34.99 ve %33.88 olarak tespit edilmiştir (Mahmood ve Abbas 2020). Çorum yöresinin 47 bal örneğinde sukroz %0.34 (<0.05-4.64) olarak tespit edilmiştir (Güzel ve Savaş Bahçeci 2020). Dadalı (2021) hayıt balının sukroz içeriğini 1.03-3.27 g/100 g arasında bildirmiştir. Kambur vd (2015) Yığılca dört bal örneğinde sakkaroz oranını %0.16-0.34 arasında olduğunu belirtmiştir. Manolova vd. (2021) Bulgaristan'dan alınan 27 ayçiçeği balı örneğinin sakkaroz içeriğini %0.50 – 3.70 ve indirgeyici şekerleri %72.51 – 80.80 arasında bildirmişlerdir. İçli (2022) incelediği markasız bal örneklerinde sakkaroz oranını ortalama %0.18 olarak bildirmiştir. Sakkaroz içeriğinin hiçbir örnekte %5'lik sınır değerini aşmadığını vurgulamıştır. Başka bir çalışmada (Gülbüz vd. 2020)

Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde üretilen 68 adet bal örneğinin balın fizikokimyasal kalite özellikleri araştırılmıştır. Bal örneklerinin ortalama sakkaroz değeri %0,90 olarak bulunmuştur. Tüm örnekler sakkaroz için Türkiye'de belirlenen uluslararası standartları ve yasal limitleri karşılamıştır. Smetanska vd. (2021) inceledikleri bal örneklerinde sakkaroz içeriğini %2.07-6.38 arasında bulmuştur.

Kambur vd. (2015) Yığılca bal örneklerinin maltoz oranını %0.80-1.39 arasında bildirmiştir. Muğla ilinde farklı lokasyonlarında bulunan *Pinus brutia* Tenore üzerinde yaşayan *Marchalina hellenica* salgısından üretilen 15 adet çam balı örneğinin incelendiği çalışmada (Ferek 2016), maltoz oranı %0.02-0.65 arasında bildirilmiştir. Ghramh vd. (2020) incelediği bal örneklerinin maltoz ortalama değerini %0.37-%2.97 arasında açıklamıştır. Kilic vd. (2016) incelediği bal örneklerinin sadece çok az örnekte 2.7 mg/100 g ve 2.1 mg/100 g miktarında maltoz tespit edildiğini bildirmiştir. Gülbüz vd. (2020) bal örneklerinin maltoz ortalama değerini %2.88 olarak bulmuşlardır. Balda bulunan karbonhidratların neredeyse tamamına yakını (%85'ini) fruktoz ve glukoz oluşturmaktadır. Bazı balların şeker içerikleri ve oranları kaliteyi belirlemede ayırt edici bir özelliği (Belli 2019, Güzel ve Savaş Bahçeci 2020).

Belli (2019) incelediği bal örneklerinde taklit ve taşış gibi hileli durumların olup olmadığını

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

araştırmak amacıyla yaptığı çalışmasında Fruktoz+Glukoz değerini 41.61-64.85 g/100g arasında tespit etmiştir. Kilic vd. (2016) fruktoz+glukoz miktarını 67.5 g/100 g – 75.9 g/100 g arasında belirlemişlerdir. Gürbüz vd. (2020) inceledikleri bal örneklerinin ortalama fruktoz + glukoz değerlerini %70.97 olarak bildirmişlerdir. Uçak Koç vd. (2017) hayıt, çiçek ve çam ballarında sırasıyla glukoz+fruktoz oranını %73.76, %60.92 ve %60.9 olarak bulmuşlardır. Yurt ve Çakır (2020) inceledikleri 30 adet süzme çiçek ballarının glukoz+fruktoz miktarını % 71.09 civarında tespit etmişlerdir. Kambur vd. (2015) Yığılca bal örneklerinde fruktoz+glukoz içeriğini %53.67-59.61 arasında bildirmişlerdir. İçli (2022) bal örneklerini incelediği çalışmasında bir kalite kriteri olan fruktoz+glukoz içeriğini ortalama %67.69 olarak belirlemiştir. Çiftçi ve Parlat (2018) farklı firmalara ait çiçek ballarının fruktoz+glukoz oranı (%); 70.39, 73.39, 73.52, 65.20 ve 70.30 olarak belirlemiştir. Toplam glukoz+fruktoz oranını Özcan ve Ölmez (2014) %51.31-68.30, Güzel ve Savaş Bahçeci (2020) %65.8, Karatas vd. (2019) %62.02-74.90 olarak bildirmişlerdir. Kristalleşme balın su içeriği ve fruktoz ile glukoz arasındaki oran ile ilgilidir (Çiftçi ve Parlat 2018, Kambur vd. 2021).

Çetin vd. (2011) ve Çiftçi ve Parlat (2018) fruktoz/glukoz oranı arttıkça balın kristalleşme eğiliminin azaldığını belirtmişlerdir. Sakkaroz miktarının balın olgunlaşma derecesine ve nektar içeriğine göre değişiklik gösterdiği, çok erken hasat edilen olgunlaşmamış ballarda sakkaroz değerinin daha yüksek olduğu vurgulanmaktadır (Kambur vd. 2021). Yapılan çeşitli çalışmalarda farklı bal tipi örneklerinin fruktoz/glukoz oranı incelenmiştir. Fruktoz/glukoz oranını çiçek ballarında Yurt ve Çakır (2020) 1.20, Kilic vd. (2016) 1.19 g/100 g – 1.28 g/100 g, İçli (2022) 1.23, Kambur vd. (2015) 1.18-1.32, Ozkok vd. (2021) 0.83-1.13, Uçak Koç vd. (2017) sırasıyla hayıt, çiçek ve çam ballarında %1.16, %1.15 ve %1.36, Özenirler vd. (2018) karahindiba balında 1.3, Güzel ve Savaş Bahçeci (2020) 1.16 (1.03-1.24), Kambur vd. (2021) ortalama 1.43 (yayla balı) ve 1.76 (kestane balı), Gençay Çelemler (2021) 1.03-1.34, Çiftçi ve Parlat (2018) firma ballarında 1.06, 1.09, 1.09, 1.19, 1.09, Çetin vd. (2011) market ballarında 1.01-1.85 ve Keskin vd. (2020) 0.96-1.19 arasında bildirmişlerdir.

Balların şeker içerikleri ve oranları genellikle kaliteyi belirlemede ayırt edici bir özellik olarak kullanılmaktadır. Bal örneklerinin Tablo-4'te verilen şeker kompozisyonları incelendiğinde, fruktoz

ortalama değeri %31.85 ve glukoz ortalama değeri %25.84 olarak belirlenmiştir. Örneklerde tespit edilen sakkaroz ve maltoz değerlerinin yasal limitlere uygun olduğu bulunmuştur. Balın orijini, doğal ve gerçekliğini belirlemek amacıyla fruktoz ve glukoz miktarları ile fruktoz /glukoz oranı kullanılmaktadır. Fruktoz/glukoz oranının ortalama değerinin (1.34) yasal limitlere uygun olduğu, ancak 5 adet bal örneğinin yasal limitler dışında olduğu tespit edilmiştir. Bal örneklerinin fruktoz+glukoz ortalama değerinin (%57.69) yasal limitler (%60 ≤) altında kaldığı, sadece 4 bal örneğinin yasal limitlere uygun olduğu belirlenmiştir (Tablo-4). Elde edilen sonuçlara göre fruktoz/glukoz oranı ile fruktoz arasında pozitif bir korelasyon tespit edilmiştir ($R^2=0.810$, $p \leq 0.01$, Tablo-5). Bala tat veren fruktoz ve glukoz, bitkilerin nektarlarında veya bitkiler üzerinde yaşayan böceklerin salgılarında bulunan sakkarozun invertaz enzimi ile inversiyona uğraması sonucu meydana gelmektedir. Arıların tarlacılık faaliyetleri neticesinde bu şekerler balda belli oranlarda bulunmalıdır. İncelenen bal örneklerinden elde edilen veriler ticari balların bazılarının Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğinin (2020) belirlediği yasal limitlere uymadığı belirlenmiştir.

Sonuç: Çalışmada 6 adet monofloral etiketli ve 3 adet multifloral etiketli ticari balların melissopalinojenik ve fiziko-kimyasal özellikleri incelenmiştir. Melissopalinojenik analiz sonucunda 6 adet monofloral olarak etiketli bal örneklerinin yalnızca 1 adetinin monofloral olduğu, 5 adetinin ise multifloral olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bal örneklerinin 2 adetinin taşışlı bal olduğu ve nişasta içerdiği tespit edilmiştir. Üç adet bal örneğinin HMF ve diastaz sayısının değerlerinin Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğinin (2020) belirlediği yasal limitlere uymadığı, δ I3C, balda protein ve ham balda δ I3C farkı, δ I3C değerinden hesaplanan C4 şeker oranı, serbest asitlik, su muhtevası, fruktoz, glukoz, sukroz, maltoz ve fruktoz/glukoz ortalama değerlerinin yasal limitlere uygun olduğu belirlenmiştir. Balda yapılan taklit, taşış veya balın muhafazası sırasında yapılan yanlış uygulamalar balın besin değerini düşürerek tüketicilerin sağlığını olumsuz etkilemektedir. Tüketici sağlığını korumak için Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğine (2020) uygun üretilmiş balların tüketime sunulması son derece önem arz etmektedir.

Çıkar çatışması: Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Etik durumu: Çalışmanın yürütülmesi esnasında hayvan veya insan deneyleri yapılmamıştır.

Finansman: Yazarlar herhangi bir fonunun olmadığını beyan eder.

Mali Kaynak: Yazarlar herhangi bir fonunun olmadığını beyan eder.

Veri kullanılabilirliği: Mevcut çalışmada kullanılan veriler talep edilmesi halinde yazarlardan temin edilebilir.

Yazar katkıları: SK: Verilerin elde edilmesi ve yorumlanması, makale yazımı ve editi; OSA: Melissopalynolojik laboratuvar çalışmaları. Yazarlar bu makalenin versiyonunu okumuş ve kabul etmişlerdir.

KAYNAKLAR

- Akgün N, Çelik ÖF, Kelebekli L. Physicochemical Properties, Total Phenolic Content, and Antioxidant Activity of Chestnut, Rhododendron, Acacia and Multifloral Honey. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2021;15: 3501–3508, DOI:10.1007/s11694-021-00937-3
- Alghamdi BA, Alshumrani ES, Saeed MSB, Rawas GM, Alharthi NT, Baeshen MN vd. Analysis of Sugar Composition and Pesticides Using HPLC and GC–MS Techniques in Honey Samples Collected from Saudi Arabian Markets. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2020;27: 3720–3726, DOI:10.1016/j.sjbs.2020.08.018
- Ateş Y, Yaşar S. Chemical Investigations on Honey Produced in Bingöl and Surroundings. *U. Bee J*. 2020; 20(1): 72-80, DOI:10.31467/uluaricilik.713308
- Baloš MZ, Popov N, Vidaković S, Pelić DL, Pelić M, Mihaljev Z vd. Electrical Conductivity and Acidity of Honey. *Arhiv Veterinarske Medicine* 2018;11(1): 91–101, DOI:10.46784/e-avm.v11i1.20
- Belli T. Muğla ilinde üretilen balların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Denizli, 2019, (Erişim tarihi.17.02.2025), <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>

- Bengü AŞ, Kutlu MA. Identification of the Some Quality Criteria of Honey Produced in Bingöl. *Tr. J. Nature Sci*. 2018;7(1): 7-10, <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/495108>
- Berhanu S, Tadesse DM, Jorge A. Physico-Chemical Properties of Ethiopian *Apis mellifera* Honey: Review. *J Agric Sc Food Technol*. 2022;8(1): 038-044, DOI: 10.17352/2455-815X.000143
- Bobis O, Moise AR, Ballesteros I, Reyes ES, Durán SS, Sánchez-Sánchez J, vd. Lyptus Honey: Quality Parameters, Chemical Composition and Health Promoting Properties. *Food Chemistry* 2020;325,126870, DOI:10.1016/j.foodchem.2020.126870
- Bontempo L, Camin F, Ziller L, Perini M, Nicolini G, Larcher R. Isotopic and Elemental Composition of Selected Types of Italian Honey Measurement 2017;98: 283-289. DOI:10.1016/j.measurement.2015.11.022
- Boussaid A, Chouaibi M, Rezig L, Hellal R, Donsí F, Ferrari G vd. Physicochemical and Bioactive Properties of Six Honey Samples from Various Floral Origins from Tunisia. *Arabian Journal of Chemistry* 2014;11(2): 265-274, DOI:10.1016/j.arabjc.2014.08.011
- Brar DS, Pant K, Krishnan R, Kaur S, Rasane P, Nanda V vd. A Comprehensive Review on Unethical Honey: Validation by Emerging Techniques. *Food Control* 2023;145,109482, DOI:10.1016/j.foodcont.2022.109482
- Can Z, Yıldız O, Sahin H, Akyuz E, Silici S, Kolaylı S. An Investigation of Turkish Honeys: Their Physico-Chemical Properties, Antioxidant Capacities and Phenolic Profiles. *Food Chemistry* 2015;180: 133–141, DOI:10.1016/j.foodchem.2015.02.024
- Chen CT, Chen BY, Nai YS, Chang YM, Chen KH, Chen YW. Novel Inspection of Sugar Residue and Origin in Honey Based on the ¹³C/¹²C Isotopic Ratio and Protein Content. *Journal of Food and Drug Analysis* 2019;27: 175-183, DOI:10.1016/j.jfda.2018.08.004
- Chirsanova A, Capcanari T, Boistean A, Siminiuc R. Physico-Chemical Profile of Four Types of Honey from the South of the Republic of Moldova. *Food and Nutrition Sciences* 2021;12: 874-888,

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

DOI:10.4236/fns.2021.129065,
https://www.scirp.org/journal/fns, ISSN
Online: 2157-9458

Çetin K, Alkin E, Ucurum HO. Determination of Quality Parameters of Flower Honey Sold on the Market. Journal of Food and Feed Science – Technology 2011;11: 49–56

Çiftçi E. Konya yöresel yayla balı ile püren balının kalite kriterleri yönünden karşılaştırılması. Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans tezi, Konya, 2014, (Erişim tarihi: 20.03.2025),
https://acikerisim.selcuk.edu.tr/server/api/core/bitstreams/00bf2791-d95e-4996-b190-1eb3af209d34/content

Çiftçi M, Parlat SS. Konya Bölgesindeki Marketlerde Satılan Farklı Ticari Çiçek Ballarının Bazı Kimyasal Özelliklerinin Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğine Uygunluğunun Araştırılması. Selcuk J Agr Food Sci. 2018;32(1): 38-42, DOI: 10.15316/SJAFS.2018.61

da Silva PM, Gauche C, Gonzaga LV, Costa ACO, Fett R. Honey: Chemical Composition, Stability and Authenticity. Food Chemistry 2016;196: 309–323, DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.09.051

Dadalı C. Characterization of Volatile Compounds and Sensory Properties of Chaste (*Vitex agnus-castus* L.) Honeys. Turkish Journal of Agriculture Food Science and Technology 2021;9(3): 621-631, DOI:10.24925/turjaf.v9i3.621-631.4165

Elflein L, Raezke KP. Improved Detection of Honey Adulteration by Measuring Differences Between ¹³C/¹²C Stable Carbon Isotope Ratios of Protein and Sugar Compounds with a Combination of Elemental Analyzer - Isotope Ratio Mass Spectrometry and Liquid Chromatography - Isotope Ratio Mass Spectrometry (^{δ13}C-EA/LC-IRMS). Apidologie 2008;39: 574–587, DOI:10.1051/apido:2008042

Ferek Ö. Muğla ili çam ballarının bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ, 2016 (Erişim tarihi:17.02.2025),

https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSonuYeni.jsp

Flanjak I, Kenjerić D, Strelec I, Rajs BB, Primorac L. Effect of Processing and Storage on Sage (*Salvia officinalis* L.) Honey Quality, J Microbiol Biotech Food Sci. 2022;11(6) e3375, DOI: 10.55251/jmbfs.3375

Gençay Çelemli Ö, Özkök A, Özenirler Ç, Mayda N, Zare G, Sorkun K. Highlighting the Melissopalynological and Physicochemical Characteristics of Ayder-Rize (Turkey). Commun. Fac. Sci. Univ. Ank. Ser. 2021;30(2): 119-133, ISSN 1303-6025 E-ISSN 2651-3749, DOI:10.53447/communc.906788, https://communications.science.ankara.edu.tr

Ghranh HA, Khan KA, Zubair A, Ansari MJ. Quality Evaluation of Saudi Honey Harvested from the Asir Province by Using High-Performance Liquid Chromatography (HPLC). Saudi Journal of Biological Sciences 2020;27: 2097–2105, DOI: 10.1016/j.sjbs.2020.04.009

Gıdatarım. 2025. https://gidatarim.com/bakanlik-tektek-ifsa-etitaklit-ve-tagsis-listesine-1-gunde-11-bal-markasi-eklendi/, (Erişim tarihi: 13.03.2025)

Gürbüz S, Çakıcı N, Mehmetoğlu S, Atmaca H, Demir T, Apan MA vd. Physicochemical Quality Characteristics of Southeastern Anatolia Honey, Turkey. Hindawi International Journal of Analytical Chemistry 2020; ID 8810029, DOI: 10.1155/2020/8810029

Güzel N, Savaş Bahçeci K. Çorum Yöresi Ballarının Bazı Kimyasal Kalite Parametrelerinin Değerlendirilmesi. Gıda The Journal of Food 2020;45 (2): 230-241, E-ISSN 1309-6273, DOI: 10.15237/gida.GD19129

İçli N. Evaluation of HMF Levels in Unbranded Flower Honeys in Terms of Food Safety. Ankara Univ Vet Fak Derg. 2022;69: 431-436, DOI: 10.33988/auvfd. 886000

Kambur M, Kekeçoğlu M, Yıldız İ. Assesment of the Honey Samples Produced in Yığılca District of Düzce City by Using Chemical and Palynological Analysis, U. Arı D.- U. Bee J. 2015;15(2): 67-79

Kanbur ED, Yuksek T, Atamov V, Ozcelik AE. A Comparison of the Physicochemical

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

- Properties of Chestnut and Highland Honey: The Case of Senoz Valley in the Rize Province of Turkey. Food Chemistry 2021;345, 128864, DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.128864
- Karadal F, Yıldırım Y. The Quality Parameters and Nutritional and Health Effect of Honey. J FacVetMedUniv Erciyes 2012;9(3): 197-209
- Karatas S, Aktumsek A, Duru ME. Investigation of Physicochemical Properties of Some Monofloral Honeys in South Western Anatolia. International Journal of Secondary Metabolite, 2019;6(3): 251–262, ISSN-e: 2148-6905 /© IJSM 2019, DOI: 10.21448/ijsm.623262
- Keskin Ş, Mayda N, Keskin M, Özkök A. Bilecik Ballarının Melissopalınolojik ve Kimyasal Özellikleri Açısından Değerlendirilmesi. Gıda The Journal of Food 2020;45(2): 275-289, DOI: 10.15237/gida.GD19107
- Kilic O, Kutlu MA, Ozdemir FA. Examination of the Various Chemical Properties of the Hizan Region (Bitlis-Turkey) Honey Types. Progress in Nutrition 2016;18(4): 411-420
- Louveaux J, Maurizio A, Vorwohl G. Methods of Melissopalynology. Bee World 1978; 59: 139–157
- Lozano-Torres B, Martínez-Bisbal MC, Soto J, Borrás MJ, Martínez-Mañez R, Escribano I. Monofloral Honey Authentication by Voltammetric Electronic Tongue: A Comparison with ¹H NMR Spectroscopy. Food Chemistry 2022;383,132460, DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.132460
- Łozowicka B, Kaczyński P, Iwaniuk P. Analysis of 22 Free Amino Acids in Honey from Eastern Europe and Central Asia Using LC-MS/MS Technique Without Derivatization Step. Journal of Food Composition and Analysis 2021;98,103837, DOI: 10.1016/j.jfca.2021.103837
- Mahmood QH, Abbas KhM. Comparative Of Glucose, Fructose and Sucrose Ratios in Honey Fed Honey Bees on Citrus Flowers (Citrus Singensis), Honey Fed Honey Bees on Sucrose with Artificial Honey in HPLC. Eurasia J Biosci 2020;14(2): 7197-7204
- Malkoç M, Kara Y, Özkök A, Ertürk Ö, Kolaylı S. Characteristic Properties of Jerusalem Thorn (*Paliurus spina-christi* Mill.) Honey U. Arı D. - U. Bee J. 2019;19(1): 69-81, DOI: 10.31467/uluaricilik.535658
- Manolova V, Parvina I, Yankovska–Stefanova T, Balkanska R. Physicochemical Analysis of Sunflower Honey From Bulgaria U. Arı D. - U. Bee J. 2021;21(2): 168-176, DOI: 10.31467/uluaricilik.960751
- Nombre I, Schweitzer P, Boussim JI, Rasolodimby JM. Impacts of Storage Conditions on Physicochemical Characteristics of Honey Samples from Burkina Faso. Afr J FoodSci. 2010;4(7): 458–463, <https://academicjournals.org/journal/AJFS/article-full-text-pdf/885C8A625138.pdf>
- Ozkok A, Gencay Celemlı O, Zare G, Ozenirler Ç, Mayda N, Sorkun K. Geographical Indication Study of Tunceli Honeys. U. Arı D. - U. Bee J. 2021;21(1): 39-53, DOI: 10.31467/uluaricilik.896300
- Özcan M, Ölmez Ç. Some Qualitative Properties of Different Monofloral Honeys. Food Chem. 2014;163: 212–218, DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.04.072
- Özenirler Ç, Mayda M, Gençay Çelemlı Ö, Özkök A., Sorkun K. Paketli Balların Botanik Orijin Tespiti ve Mikroskopik Analizleri: Etiket Bilgileri ile İçerik Uyumluluğunun Karşılaştırılması. Gıda 2019;44(5): 861-865, DOI:10.15237/gida.GD19058
- Özenirler Ç, Mayda N, Gençay Çelemlı Ö, Özkök A, Sorkun K. Dandelion Honey: A New Monofloral Honey Record for Turkey U. Arı D. - U. Bee J. 2018;18(2): 87-93, DOI: 10.31467/uluaricilik.485024
- Pasias IN, Raptopoulou KG, Makrigennis G, Ntakoulas DD, Lembessis D, Dimakis V vd. Finding the Optimum Treatment Procedure to Delay Honey Crystallization Without Reducing its Quality. Food Chemistry 2022;381,132301, DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.132301
- Simsek A, Bilsel, Goren AC. ¹³C/¹²C Pattern of Honey from Turkey and Determination of Adulteration in Commercially Available Honey Samples Using EA-IRMS. Food Chemistry 2012;130: 1115–1121, DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.08.017

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

- Smetanska I, Alharthi SS, Selim KA. Physicochemical, Antioxidant Capacity and Color Analysis of Six Honeys from Different Origin. Journal of King Saud University – Science 2021;33,101447, DOI: 10.1016/j.jksus.2021.101447
- Tabay Sümbül D. Chemical Quality of Geven Honey from Ağrı Region: A Study on Proline Content and Sugar Profile. GUFBD / GUJS 2024;14(4): 1195-1206, DOI: 10.17714/gumusfenbil.1394347
- Terrab A, Diez MJ, Heredia FJ. Characterisation of Moroccan Unifloral Honeys by their Physicochemical Characteristics. Food Chemistry 2002;79: 373–379, DOI: 10.1016/S0308-8146(02)00189-9
- Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği (Tebliğ No: 2020/7, Sayı 31107). 2020. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2020/04/20200422-13.htm>, (Erişim tarihi:16.02.2025)
- Uçak Koç A, Karacaoğlu M, Doğan M. Hayıt (*Vitex agnus-castus*), Çam ve Karışım Çiçek Balının Bazı Kalite Kriterleri Açısından Karşılaştırılması. Adü Ziraat Derg. 2017; 14(1): 17-21, DOI: 10.25308/aduziraat.294889
- Ulusal Gıda Referans Laboratuvar Müdürlüğü. 2025. [https://gidalab.tarimorman.gov.tr/gidareferans/Menu/73/Katki-Orijin-Tespiti-Taklit-Ve-Tagis](https://gidalab.tarimorman.gov.tr/gidareferans/Menu/73/Katki-Orijin-Tespiti-Taklit-Ve-Tagis,), (Erişim tarihi: 13.03.2025)
- Ünübol Aypak S, İnci A, Bakırcı S, Dereli Fidan E, Soysal M. Comparision of the Antioxidant Activity and Hydroxymethylfurfural (HMF) Levels in Honey Taken from Hives and Markets. Gida The Journal of Food 2019;44(1): 86-92, E-ISSN 1309-6273, ISSN 1300-3070, DOI: 10.15237/gida.GD18056
- Xie Q, Huang X, Ji X, Jia G, Sang Y, Cui Z vd. Comprehensive Investigation of Psicose in Chinese Honeys and the Assessment of Its Potential As A New Marker for Honey Adulteration Detection. Journal of Food Composition and Analysis 2022;108,104444, <http://www.elsevier.com/locate/jfca>, DOI: 10.1016/j.jfca.2022.104444
- Yaşar S, Söğütlü İ. Investigation of Acidity, Diastase Number, HMF, Insoluble Dry Matter and Ash Percentage Values of Some Honey Samples Produced in Bingöl and Districts Van Vet J. 2020;31(1): 42-45, ISSN: 2149-3359, e-ISSN: 2149-8644, DOI: 10.36483/vanvetj.631565
- Yurt B, Çakır S. Some Physicochemical Properties of Honey Produced in Iğdır and Region. Tr. J. Nature Sci., 2020;9:51-57 Special Issue, DOI: 10.46810/tdfd.761654
- Yücel Y, Sultanoğlu P. Characterization of Honeys from Hatay Region by Their Physicochemical Properties Combined with Chemometrics. Food Bioscience 2013;1: 16–25, www.elsevier.com/locate/fbio, DOI: 10.1016/j.fbio.2013.02.001
- Zábrowská B, Vorlová L. Adulteration of Honey and Available Methods for Detection – A Review. Acta Vet. BRNO, 2014;83: S85–S102; DOI:10.2754/avb201483S10S85