

Artvin-Hatila, Yusufeli, Ardanuç ve Şavşat ilçelerinden temin edilen çiçek balı örneklerinde kalite analizleri

Quality analysis of flower honey samples collected from different stations in Artvin-Hatila, Yusufeli, Ardanuç, and Şavşat districts

Mesut NAMLI¹, Serap ULU DELİCE², Burak KILIÇ³, Deniz CANBOLAT GÜLTEKİN⁴, Abidin GÜMRÜKÇÜOĞLU⁵,
Önder TURAN⁶, Mehmet DEMİRALAY⁷

^{1,2,4,5}Artvin Çoruh Üniversitesi, Tıbbi-Aromatik Bitkiler Uygulama ve Araştırma Merkezi, Artvin, Türkiye

^{3,7}Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Merkez, Artvin, Türkiye

⁶Tarım ve Orman Bakanlığı, Rize Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü, Rize, Türkiye

Eser Bilgisi /Article Info

Araştırma makalesi /Research article

DOI: 10.17474/artvinofd.1656505

Sorumlu yazar/ Corresponding author

Burak KILIÇ

e-mail: kilicburak@artvin.edu.tr

Geliş tarihi /Received

12.03.2025

Düzeltilme tarihi /Received in revised form

24.04.2025

Kabul tarihi /Accepted

25.04.2025

Elektronik erişim /Online available

15.05.2025

Anahtar kelimeler:

Artvin çiçek balı

Bal kalite analizleri

Diastaz

HMF

Prolin

Keywords:

Artvin flower honey

Honey quality analysis

Diastase

HMF

Proline

Özet

Bal, bitkilerin nektarından, bitkilerin canlı kısımlarının salgılarından veya bu kısımlar üzerinde beslenen bazı böceklerin salgılarından, bal arıları tarafından toplanarak kendine özgü maddelerle zenginleştirilen, suyu uçurularak olgunlaşması için peteğe bırakılan tatlı bir maddedir. Tüketicilerin güvenle ve kaliteli bal tüketebilmesi için balın ulusal ve uluslararası standartlara uygun olması gerekmektedir. Nem, iletkenlik, pH ve asitlik, prolin değeri, diastaz aktivitesi (sayısı) ve hidroksimetil furfural (HMF) seviyesi bu standartlardan bazılarıdır. Bu çalışmada Artvin'in Hatila, Yusufeli, Şavşat ve Ardanuç ilçelerinden belirlenen istasyonlardan 3 farklı sağıım döneminde (2022, 2023 ve 2024 yılları) temin edilen çiçek ballarında uluslararası komisyonlar ve kurumlar tarafından belirlenmiş standart kalite analizleri yapılmıştır. Bulgular Yusufeli İlçesi Dereiçi (Hermut) Köyü balının tüm sağıım dönemlerinde diğer istasyonlara göre belirlenen parametreler (özellikle prolin içeriği) açısından genel olarak daha iyi değerler sergilediğini göstermiştir. Ek olarak tüm bal örneklerinin hem Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği hem de IHC (Uluslararası Bal Komisyonu) standartlarına uygun olduğu mevcut çalışma ile tespit edilmiştir.

Abstract

Honey is a natural sweet substance in which the nectar of plants or the secretions of living part of plants or the secretions of some insects feeding on living parts are collected by honeybees, mixed with unique substances, dehydrated and left in the comb to mature. To ensure that consumers can safely and reliably consume honey of high quality, standards must be in place to guarantee quality. Some of these standards are moisture, conductivity, pH and acidity, proline content, diastase activity (number) and hydroxymethyl furfural (HMF) level. In this study, standard quality analyses determined by international commissions and institutions were conducted on flower honeys obtained from the designated stations of Hatila, Yusufeli, Şavşat and Ardanuç districts of Artvin in 3 different yield periods (2022, 2023 and 2024). The results showed that the honey from Dereiçi (Hermut) village of Yusufeli district had generally higher values of the indicated parameters (especially proline content) than the other stations in all the yield periods. In addition, all honey samples in this study were found to be in accordance with both the Turkish Food Codex Honey Regulations and IHC (International Honey Commission) standards.

GİRİŞ

Bal, içerisinde hiçbir katkı maddesi ve gıda bileşeni içermeyen, tamamen bal arıları tarafından bitkisel ve hayvansal (salgı balları) salgıların toplanmasıyla üretilen bir gıda maddesidir. Balın doğal bileşiminde olmayan organik veya inorganik katkı maddelerini içermesi durumunda insan sağlığı olumsuz yönde etkilenebilmektedir. Son yıllarda gelişen teknoloji ile özellikle süzme ballarda da hilelere

başvurulabilmektedir (Akkemik 2024). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, sağlıklı ve orijinal bir balın kalite parametrelerinin alt veya üst sınırlarını belirlemiştir (Tarım ve Orman Bakanlığı 2020).

Arıcılık tarihinin M.Ö. 6000'li yıllara dayandığı belirtilmiştir (Özcan 2014). Ülkemizde bal arıları için 500 adet nektar kaynağı olan bitki bulunmaktadır. Dünya üzerinde 11 adet bal arısı türü bulunmakla birlikte ülkemizdeki arı türlerinin tamamı *Apis mellifera* L.'dan

oluşmaktadır. Ülkemizde beş farklı arı ırkının bulunduğu rapor edilmiştir. Bunlar; Anadolu arısı, (*A. mellifera* L. *anatoliaca*), İran arısı (*A. mellifera* L. *meda*), Kafkas arısı (*A. mellifera* L. *caucasica*), Suriye Arısı (*A. mellifera* L. *syriaca*) ve Trakya arısı (*A. mellifera* L. *carnia*) olarak sıralanabilir (Güler ve Kaftanoğlu 1999, Kekeçoğlu ve ark. 2007, Korkmaz 2015, Güngör ve Ayhan 2016, Şen 2019, Aksakal ve Erdoğan 2020).

Türkiye, çeşitli iklim tiplerine ve çok zengin bir floraya sahip olduğundan arı yetiştiriciliği için elverişli bir ülke konumunda olup ülkenin çeşitli coğrafik bölgelerinde yaygın bir şekilde arı yetiştiriciliği ve bal üretimi yapılmaktadır (Koday ve Karadağ 2020). Dünyada 2021 yılı itibarıyla yaklaşık 1.8 milyon ton bal üretildiği bildirilmiştir. Bu üretimde 472.700 ton ile Çin ilk sırada, 96.344 ton ile Türkiye ikinci sırada yer almaktadır (FAO 2023, TÜİK 2023, Burucu 2024). Türkiye'de 2023 yılında bal üretiminde Ordu %16.5 ile ilk sırada yer alırken, Adana %10.1 ile ikinci, Muğla %7 ile üçüncü sırada yer almıştır. Bal veriminde ise Doğu Karadeniz 19.5 kg/kovan, Doğu Marmara 17.5 kg/kovan ve Orta Anadolu Bölgesi 16.6 kg/kovan ile en yüksek verime ulaşan üç bölge olmuştur (Burucu 2024).

Balın bileşimi, üretim mevsimlerine, nektarın kökenine ve iklim koşullarına bağlıdır. Bal kompozisyonunu etkileyen en önemli faktör bitki kökenidir (Sahinler ve ark. 2004). Balın kimyasında karbonhidratlar (%95-98), çeşitli ikincil metabolit ajanlar olarak adlandırılan polifenolik bileşikler (%2.5) ve mineraller bulunmaktadır. Yapısındaki ana şekerler, fruktoz ve glikoz olmasına rağmen az miktarda da mono, di, trisakkaritler ve oligosakkaritleri de içerisinde barındırmaktadır. Balın kalitesi, biyoaktif bileşiklerinin varlığı, çeşitliliği ve miktarları ile ilişkili olduğundan üretildiği bölgenin coğrafi özelliklerine ve çiçek yapısına bağlı olmaktadır. Yapılan çalışmalar, baldaki biyoaktif bileşiklerin fenolik asitler, flavonoidler ve antosiyaninler gibi fenolik bileşiklerden oluştuğunu göstermektedir (Can ve ark. 2015). Bal, çok önemli bir enerji kaynağı olmasının yanında, tatlılığı, rengi, aroması, karamelleşmesi ve viskozitesi nedeniyle başlıca tahıl bazlı ürünlerin yanında daha birçok ürünün bileşeni olarak gıdalarda doğal tatlandırıcı ve aynı zamanda sağlık

sektöründe ilaç olarak da kullanılmaktadır (Kahraman ve ark. 2010).

Ballar, içerdikleri bitki özlerine göre farklı tat, koku ve besin değerlerine sahip olabilirler. Bu nedenle ballar, genellikle çeşitli kriterlere göre sınıflandırılırlar. Bu sınıflandırma genellikle coğrafi bölgeler, bitki türleri, rengi, kıvamı ve aroma gibi özelliklerine göre yapılır. Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne göre bal çeşitleri çiçek ve salgı balı olmak üzere ikiye ayrılır. Buna göre çiçek balı "Arıların bitki nektarını kullanarak ürettiği bal" olarak tanımlanmıştır (Tarım ve Orman Bakanlığı 2020). Yine aynı tebliğe göre salgı balı "Arılar tarafından bitki üzerinde yaşam süren ve emici özelliğe sahip böcekler (*Hemiptera*) veya bitki salgılarını kullanarak ürettiği bal" olarak tanımlanmaktadır (Tarım ve Orman Bakanlığı 2020).

Balın kalitesini belirlemek için kullanılan kalite analizlerini fiziksel ve kimyasal olarak sınıflandırmak mümkündür. Buna göre balın fiziksel özelliklerini renk, viskozite, optik aktivite, kristalizasyon, elektriksel iletkenlik ve nem oluşturmaktadır. Balın kimyasal özelliklerini ise karbonhidratları, proteinleri, mineral maddeleri, antioksidan maddeleri, asitliği ve HMF içeriği oluşturmaktadır.

Bu çalışmada Artvin ili Yusufeli, Şavşat, Ardanuç İlçeleri ve Hatila Vadisi (Merkez ilçesi sınırlarında olmasına karşın coğrafi işareti olduğu için kendi ismi ile verildi) bölgesinde belirlenmiş olan istasyonlardan temin edilen çiçek ballarında kalite analizlerinin yapılması amaçlanmıştır. Çalışma süresince 3 farklı bal sağım döneminden (2022, 2023 ve 2024) temin edilen çiçek balı numunelerinde kalite testleri yapılmış ve bulgular dönemsel olarak ortaya konulmuştur.

MATERYAL VE METOT

Çalışma Materyali

Çalışmada analiz edilen bal numuneleri, Artvin ilinde çiçek balı üretimi yapılan dört farklı yerleşim alanından temin edilmiştir. Her yıl, her örnekleme alanından, aynı kovandan 1 adet bal örneği alınmıştır. Buna göre Yusufeli Dereiçi köyünden (Hermut) toplam 3 bal örneği (1, 2022;

1, 2023; 1, 2024), Ardanuç Anaçlı köyünden (Ançkora) 3 bal örneği (1, 2022; 1, 2023; 1, 2024), Şavşat Çoraklı köyünden (Garkulep) 3 bal örneği (1, 2022; 1, 2023; 1, 2024) ve Artvin Merkez Taşlıca köyünden (Hatila Vadisi) 3 bal örneği (1, 2022; 1, 2023; 1, 2024) olmak üzere toplamda 12 bal örneği analiz edilmiştir. Ballar, her yılın Ağustos ayında, sağım sırasında herhangi bir ısıtma işlemine tabi tutulmadan 200 g'lık cam kavanozlara alınmış ve analiz zamanına kadar kapaklı kavanozlarda 25°C'de güneş ışığından uzakta muhafaza edilmiştir.

Nem Tayini

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen nem tayini TS 13365 ve IHC (Uluslararası Bal Komisyonu) tarafından belirtildiği şekilde yapılmıştır (TSE 2008a, Bogdanov 2009). Numuneler 3 dakikadan az olmamak koşuluyla kuvvetli bir şekilde karıştırılarak homojen hale getirilmiştir. Analiz numunesinin karıştırılmasından hemen sonra küçük miktar numune alınıp refraktometrenin prizmasına konulmuştur. İşlem üç tekrarlı olacak şekilde yapılmış ve üç değerlerin ortalaması alınarak su içerikleri tayin edilmiştir.

Elektriksel İletkenlik Tayini

Çalışma kapsamında elektriksel iletkenlik tayini TS 13366 ve IHC'de belirtildiği şekilde yapılmıştır (TSE 2008b, Bogdanov 2009). Bu kapsamda, 20 g bal numunesi tartılmış bir miktar saf su ile ısıtılmadan çözündürülmüş ve 100 mL'ye saf su ile tamamlanmıştır. Hazırlanan karışımdan 40 mL olacak şekilde iki mezüre alınarak 25°C'de cihaz yardımıyla ölçülmüştür. Elde edilen 2 değerlerin ortalaması alınarak elektriksel iletkenlik değeri bulunmuştur.

Serbest Asitlik Tayini

Çalışma kapsamında serbest asitlik tayini TS 13360 ve IHC'de belirtildiği şekilde yapılmıştır (TSE 2008c, Bogdanov 2009). Örneklerin her biri için 10 g bal bir erlenmayer içerisinde tartılmıştır. Üzerine 75 mL saf su eklenip, ağzı kapalı şekilde iyice çalkalanarak balların çözünmesi sağlanmıştır. Kalibrasyonu yapılmış olan pH metre elektrotu yardımıyla pH değeri 8.3'e ulaşıncaya kadar sodyum hidroksit çözeltisi (0.1 N NaOH) ile dikkatli

bir şekilde titre edilmiştir. Kullanılan sodyum hidroksit çözeltisi miktarı not edilerek asitlik değeri meqkg⁻¹ cinsinden hesaplanmıştır.

Diastaz Sayısı Tayini

Çalışma kapsamında diastaz sayısı tayini TS 13364 ve IHC'de belirtilen Phadebas tablet metodu kullanılarak yapılmıştır (TSE 2008d, Bogdanov 2009). Bir gram bal tartılarak ve son hacim 100 mL olacak şekilde asetat tampon çözeltisi ile çözünmesi sağlanmıştır. Çözeltiden 5 mL alınarak bir santrifüj tüpüne aktarılmıştır (kör numune 5 mL tampon). Çözeltiler su banyosunda 40°C'de 5 dakika süreyle bekletilmiştir. Sonrasında örnekler Phadebas tableti eklenmiş ve 10 saniye süreyle vortex ile çözündürülmüştür. Karışımlar tekrar 40°C su banyosuna konularak 30 dakika daha beklenmiştir. Reaksiyon 1 mL 0.5 M NaOH çözeltisi eklenerek sonlandırılmış ve 5 saniye süre ile vortexlenmiştir. Numuneler 3662 devirde 5 dakika santrifüjlenmiştir. Spektrofotometre cihazı kullanılarak 620 nm'de saf suya karşı absorbans değerleri okunmuştur. Elde edilen değerler ilgili metotlara göre hesaplanarak diastaz sayısı bulunmuştur.

Prolin Miktarı Tayini

Çalışma kapsamında prolin miktarı tayini TS 13357 ve IHC'de belirtildiği şekilde yapılmıştır (TSE 2008e, Bogdanov 2009). İlk olarak, 5 g bal numunesi tartılarak saf su ile 100 mL'ye tamamlanmıştır. Ek olarak prolin standart çözeltisi ve ninhidrin çözeltileri hazırlanmıştır. Bu amaçla, 40 mg prolin saf su ile 50 mL hazırlanan prolin stok çözeltisinden 1 mL alınıp 25 mL saf su ile eklenerek 0.032 mgmL⁻¹ prolin standart çözeltisi hazırlanmıştır. Daha sonra, 1.5 g ninhidrin tartılarak 50 mL etilen glikol monometil eter ile çözündürülmüştür. Standart prolin çözeltisi için 3 adet deney tüpüne 0.5 mL standart prolin çözeltisi, 1 mL ninhidrin ve 1 mL formik asit çözeltileri eklenmiştir. Bal numunesi için 2 adet deney tüpüne hazırlanan örnek karışımından 0.5 mL, 1 mL ninhidrin ve 1 mL formik asit eklenmiştir. Kör için ise 0.5 mL saf su, 1 mL ninhidrin ve 1 mL formik asit eklenmiştir. Deney tüpleri 15 dakika kuvvetli şekilde çalkalandıktan sonra 15 dakika kaynar su banyosunda ağızları kapalı olacak şekilde bekletilmiştir. Ardından tüpler 10 dakika süre ile 70 °C su banyosuna alınmıştır. Bu süre içerisinde her bir tüpe 5 mL

2-propanol (%50 v/v, 2-propanol-su) çözeltisi eklenmiştir. İşlem sonunda tüpler oda sıcaklığında, karanlık bir ortamda 45 dakika bekletilmiştir. Süre sonunda spektrofotometre cihazı kullanılarak 510 nm dalga boyunda absorbans değerleri okunmuş ve hesaplama yapılarak sonuçlar mgkg^{-1} cinsinden kaydedilmiştir.

HMF Analizi

Çalışma kapsamında HMF analizi TS 13356 ve IHC'de belirtildiği şekilde yapılmıştır (TSE 2008f, Bogdanov 2009). Homojenize edilmiş bal örneklerinden 10 g cam beher içerisine tartılmış ve üzerine 25 mL ultra saf su ilave edilerek balın ısıtılmadan çözünmesi sağlanmıştır. Ardından behere 25 mL metanol eklenmiş ve 50 ml'lik balon jojeye aktarılmıştır. Kromatografiye hazır bir numune solüsyonu oluşturmak için solüsyon 0.45 μm membran filtreden süzülerek viallere alınmıştır. Hazırlanan numuneler optimize edilmiş HPLC sistemine enjekte edilerek ölçümler alınmıştır. İç çapı 3 ile 5 mm ve 250 mm uzunluğa sahip, 5 μm partikül boyutuna sahip dolgulu ve (gerekirse) ön kolonla donatılmış olan ayırma kolonu için sırasıyla; kaba ve ince ayarlamalar için, %85'lik (V/V) ve %10'luk (V/V) ortofosforik asit çözeltileri kullanılarak disodyum hidrojenfosfat çözeltisinin pH değerini 3'e ayarlayarak ve sonra %95'ini bu çözeltiden %5'lik kısmını da metanolden karıştırılarak hazırlanan çözelti kullanıldı (akış hızı: 1 mldak^{-1}). Hareketli faz olarak sırasıyla; kaba ve ince ayarlamalar için, %85'lik (V/V) ve %10'luk (V/V) ortofosforik asit çözeltileri kullanılarak

disodyum hidrojenfosfat çözeltisinin pH değerini 3'e ayarlayarak ve sonra %95'ini bu çözeltiden %5'lik kısmını da metanolden karıştırılarak hazırlanan çözelti kullanıldı. Örnek enjeksiyon hacmi: 10 ile 50 μL ve dedektör dalga boyu 284 nm olacak şekilde belirlenmiştir.

İstatistik Analizleri

Çalışmadaki analizler validasyon yöntemlerine göre standartlaştırılmış ve doğrulanabilirlik ve tekrarlanabilirlik prensiplerine göre gerçekleştirilmiştir. Her analize ait 3 yıllık verilerin ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır. Veriler SPSS versiyon 27.0 yazılımı (IBM Corp., Armonk, NY) ile tek yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanılarak raporlanmış ve anlamlı farklılıkları belirlemek için Duncan'ın çoklu sıralama testleri uygulanmıştır ($p < 0.05$).

BULGULAR

Nem İçeriği

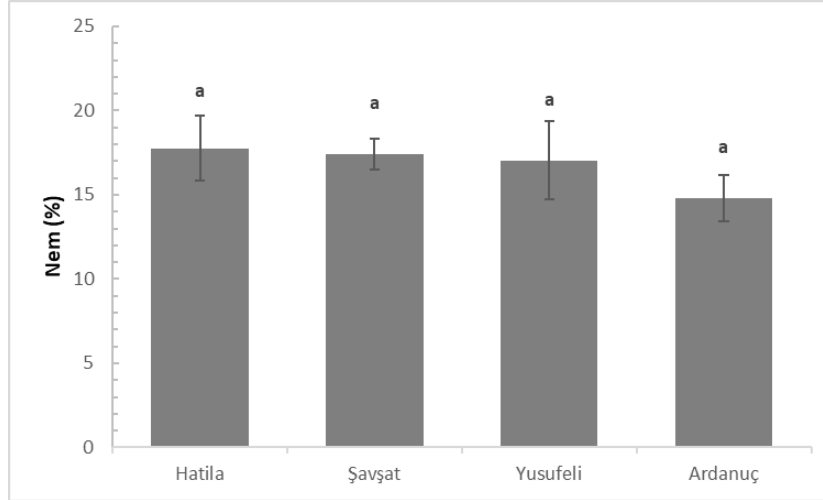
Mevcut çalışmada istasyonlardan toplanan bal örneklerindeki nem değerleri dalgalı bir seyir izlemiştir (Çizelge 1). En düşük nem değerinin Ardanuç ilçesinden 2023 yılında toplanan bal örneklerinde olduğu gözlenmiştir. Buna karşın en yüksek nem miktarına ise 2024 toplama yılına sahip Yusufeli örneklerinde rastlanmıştır.

Çizelge 1. Balda nem miktarı analiz sonuçları

Nem (%)	Balın temin edildiği bölge			
Sağım dönemi	Hatila	Şavşat	Yusufeli	Ardanuç
2022	19.2	18.44	15.72	16.23
2023	18.5	16.7	15.7	13.5
2024	15.6	17.1	19.7	14.60
Üç yılın ortalaması	17.77	17.41	17.04	14.78
Standart sapma	1.91	0.91	2.30	1.37

Tüm yılların ortalamaları karşılaştırıldığında Ardanuç bal örneklerinin görece daha düşük nem içeriğine sahip olduğu kabul edilebilir. Buna karşın nem değerleri standart sapmalarla birlikte hesaplandığında, 3 yıllık

ortalama açısından istasyonlar arasında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Yıllara göre ballardaki nem miktarları (ortalama $\pm$ standart sapma). Harfler Duncan testine göre anlamlı farklılıkları gösterir ($p < 0.05$)

Elektriksel İletkenlik Tayini

Yıllara göre elektriksel iletkenlik verileri incelendiğinde Ardanuç bölgesinden 2024 yılında toplanan örneklerde en düşük sonuçlar ölçülmüştür. En yüksek elektriksel

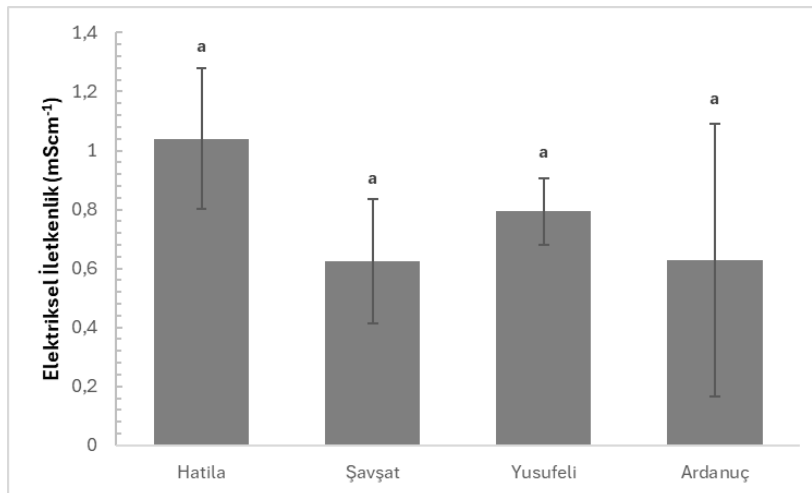
iletkenlik ise 2022 toplama tarihli Hatila örneklerinde tespit edilmiştir. Yıllara göre dağılım incelendiğinde ise hem bölge bazında hem de yıl bazında herhangi bir örüntü gözlenmemiş olup bulgular dalgalı bir dağılım göstermektedir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Balda elektriksel iletkenlik analiz sonuçları

Elektriksel iletkenlik (mScm^{-1})	Balın temin edildiği bölge			
Sağım dönemi	Hatila	Şavşat	Yusufeli	Ardanuç
2022	1.236	0.384	0.773	0.412
2023	1.108	0.775	0.914	1.160
2024	0.774	0.715	0.692	0.313
Üç yılın ortalaması	1.039	0.625	0.793	0.628
Standart sapma	0.238	0.211	0.113	0.463

Toplama yıllarının ortalamaları incelendiğinde en yüksek iletkenlik değeri Hatila bölgesi, en düşük iletkenlik değeri ise Ardanuç bölgesi ballarındadır. Bununla birlikte üç yılın

ortalamaları dikkate alındığında, bal temin istasyonları arasında istatistiksel olarak bir farka rastlanmamıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Yıllara göre ballardaki iletkenlik değerleri (ortalama $\pm$ standart sapma). Harfler Duncan testine göre anlamlı farklılıkları gösterir ($p < 0.05$)

Serbest Asitlik Tayini

Serbest asitlik dereceleri açısından toplanan örnekler analiz edildiğinde, görece yükselen bir seyir gözlenmiştir (Çizelge 3). En düşük asitlik değeri Hatila balında (2022 toplam yılı) tespit edilmiştir. Buna karşın en yüksek serbest asitlik değeri ise 2024 toplama yılı tarihli Yusufeli

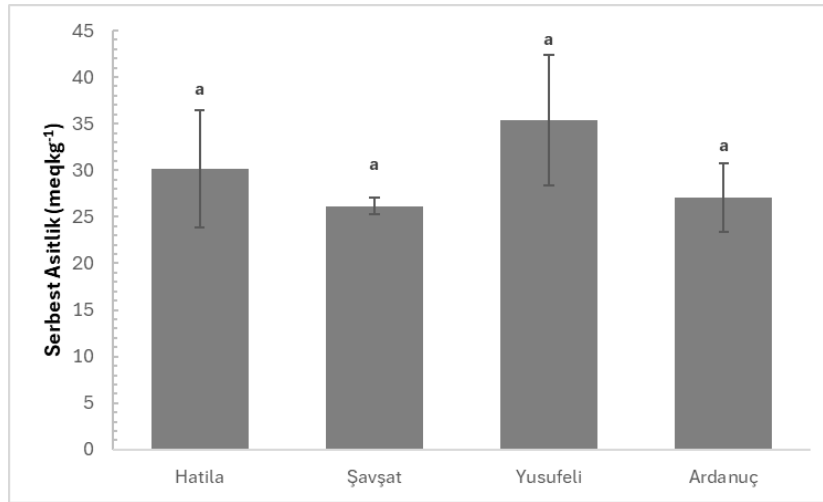
balında bulunmuştur. Tüm değerler incelendiğinde Ardanuç 2024 ve Şavşat 2023 balları hariç tüm balların yıllara göre bir artış gösterdiği söylenilebilir.

Çizelge 3. Balda serbest asitlik analiz sonuçları

Serbest asitlik (meqkg ⁻¹)	Balın temin edildiği bölge			
	Hatila	Şavşat	Yusufeli	Ardanuç
Sağım dönem				
2022	23	25.61	28.56	26
2023	35	25.61	35.1	31.1
2024	32.4	27.2	42.5	24
Üç yılın ortalaması	30.13	26.14	35.39	27.03
Standart sapma	6.31	0.92	6.97	3.66

Toplama dönemlerinin ortalama değerleri dikkate alındığında; serbest asitlik derecesi açısından istasyonlar arasında anlamlı bir fark görülmemiştir (Şekil 3). Bununla birlikte yıllara göre dağılımlar incelendiğinde en yüksek

asitliğin Yusufeli balında olduğunu söylemek mümkündür. Aynı bakış açısıyla en düşük serbest asitlik değerlerinin Ardanuç balında olduğu da düşünülebilir.



Şekil 3. Yıllara göre ballardaki serbest asitlik analiz sonuçları (ortalama $\pm$ standart sapma). Harfler Duncan testine göre anlamlı farklılıkları gösterir ($p < 0.05$)

Prolin İçeriği

Önemli bal kalite analizlerinden birisi olan prolin miktarları incelendiğinde en yüksek içeriğin Yusufeli 2023 balında tespit edildiği görülmüştür (Çizelge 4). En düşük prolin içeriği ise 2024 Hatila balında gözlenmiştir. Tüm

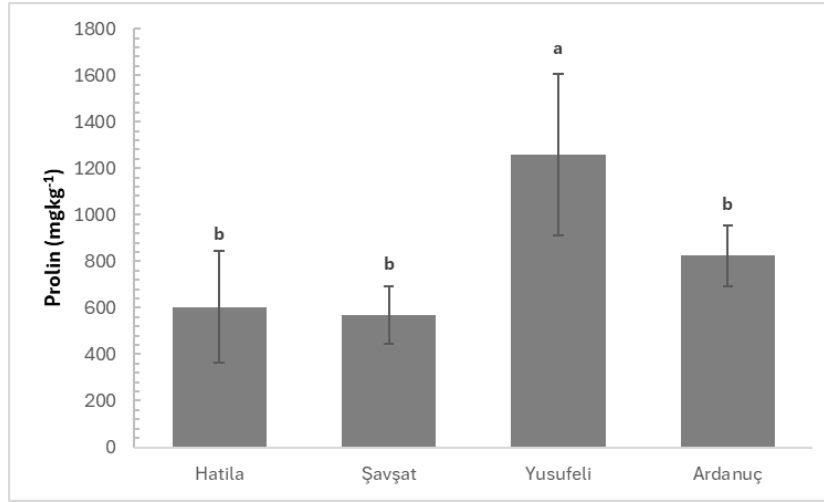
yıllara göre prolin içeriği dağılımları incelendiğinde ise en verimli yılın 2023 sağım dönemi (Hatila istasyonu hariç) olduğu söylenebilir.

Çizelge 4. Ballarda prolin miktarlarının analiz sonuçları

Prolin (mgkg ⁻¹)	Balın temin edildiği bölge			
Sağım dönem	Hatila	Şavşat	Yusufeli	Ardanuç
2022	828	496	860	671
2023	630	709	1502	904
2024	351	499	1412	896
Üç yılın ortalaması	603	568	1258	823.67
Standart sapma	239.64	122.12	347.60	132.27

Hasat dönemlerinin ortalamaları incelendiğinde Yusufeli istatistiksel açıdan anlamlı olarak en yüksek bal içeriği sunmuştur (Şekil 4). Dahası, bu miktar 2023 yılı için diğer

istasyonlara göre en az %66 daha fazladır. Diğer bal toplama istasyonlarının prolin içerikleri arasında istatistiksel açıdan bir fark bulunmamaktadır.



Şekil 4. Yıllara göre ballardaki prolin miktarı analiz sonuçları (ortalama $\pm$ standart sapma). Harfler Duncan testine göre anlamlı farklılıkları gösterir ($p < 0.05$)

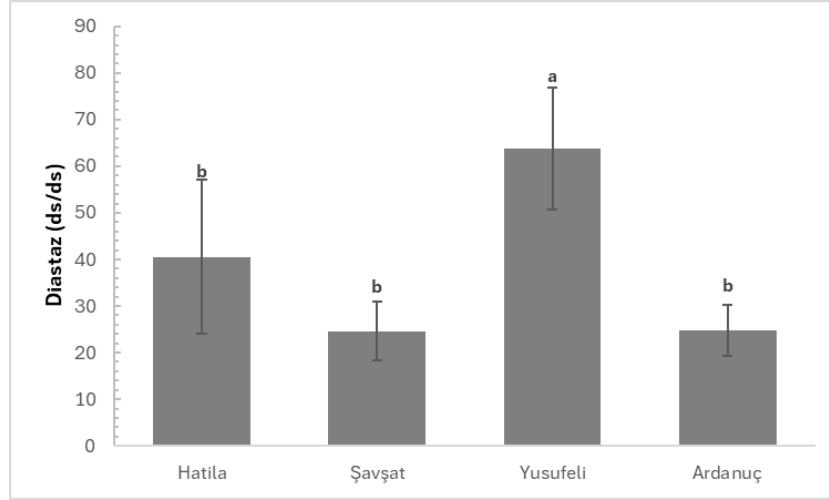
Diastaz Aktivitesi (Sayısı)

Mevcut çalışmada toplama yıllarına ve istasyonlarına göre diastaz aktiviteleri incelenmiştir (Çizelge 5). Analiz sonuçları yıllara göre incelendiğinde dalgalı bir seyir

gözlenmiş olup herhangi bir örüntüye rastlanmamıştır. Bulgulara göre en düşük diastaz aktivitesine Şavşat 2024 toplama döneminde rastlanmıştır. En yüksek aktivite ise Yusufeli 2024 toplama tarihli bal örneklerinde (en az %51) gözlenmiştir.

Çizelge 5. Ballarda diastaz sayısı analiz sonuçları

Diastaz (ds/ds)	Balın temin edildiği bölge			
Sağım dönem	Hatila	Şavşat	Yusufeli	Ardanuç
2022	50	20.74	50.13	19.02
2023	50.2	31.97	65	25.51
2024	21.39	21.12	76.18	29.87
Üç yılın ortalaması	40.53	24.61	63.77	24.80
Standart sapma	16.58	6.38	13.07	5.46



Şekil 5. Yıllara göre ballardaki diastaz sayısı analiz sonuçları (ortalama $\pm$ standart sapma). Harfler Duncan testine göre anlamlı farklılıkları gösterir ($p < 0.05$)

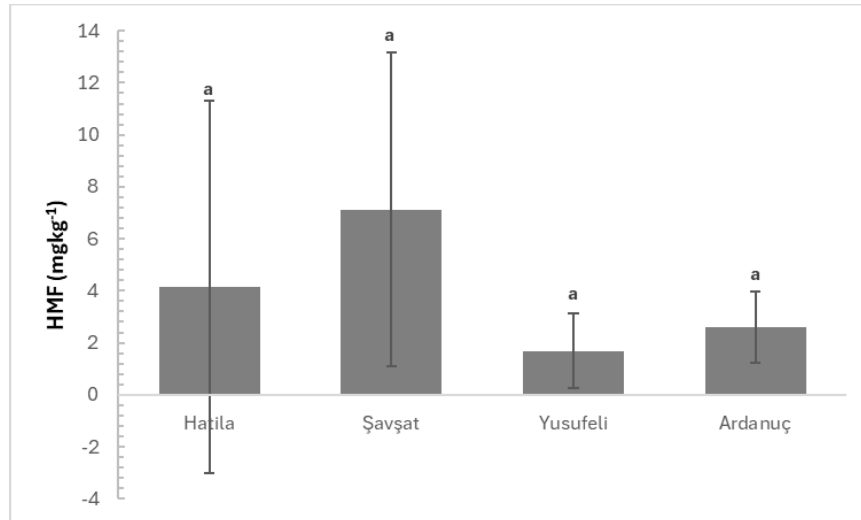
Toplama dönemlerinin ortalaması dikkate alındığında Yusufeli ballarında istatistiki olarak anlamlı bir fark gözlenmiş olup diğer istasyonlara göre oldukça yüksek sonuçlar sergilemiştir. Bununla birlikte, diğer istasyonlar arasında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir (Şekil 5).

HMF İçeriği

Bulgular incelendiğinde en düşük HMF içeriği 2023 ve 2024 sağıım dönemlerinde Hatila balında (0 bulunmuştur) tespit edilmiştir (Çizelge 6). Buna karşın en yüksek HMF seviyesi Şavşat 2023 bal örneklerinde gözlenmiştir.

Çizelge 6. Ballarda HMF analizi sonuçları

HMF (mgkg ⁻¹)	Balın temin edildiği bölge			
Sağıım dönem	Hatila	Şavşat	Yusufeli	Ardanuç
2022	12.4	3.57	0.51	3.82
2023	0	14.1	1.26	1.1
2024	0	3.7	3.3	2.9
Üç yılın ortalaması	4.13	7.12	1.69	2.61
Standart sapma	7.16	6.04	1.44	1.38



Şekil 6. Yıllara göre ballardaki HMF analizi sonuçları (ortalama $\pm$ standart sapma). Harfler Duncan testine göre anlamlı farklılıkları gösterir ($p < 0.05$)

Bal toplama yıllarının ortalama dağılımları incelendiğinde bulgular arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Bununla birlikte Yusufeli balı ortalama olarak daha düşük HMF içeriğine sahip (ölçüm belirsizliği ve yıllara göre dağılım dikkate alındığında) görünmektedir (Şekil 6).

Ölçüm Belirsizliği Sonuçları

Yapılan verifikasyon çalışmaları sonucunda her bir analiz için hesaplanan ölçüm belirsizliği değerleri aşağıdaki Çizelge 7’de verilmiştir. Akredite analiz sonuçları sunabilmek amacıyla gerekli olan metod validasyonlarının yapılması için ölçüm belirsizliğinin hesaplanması gerekir. Her analiz için ayrı ayrı hesaplanan ölçüm belirsizliği ölçümler arası standart sapmanın hesaplanmasına dayanır. Bu nedenle elde edilen sonuçlar kesin sonuçlar olarak kabul edilir ve birden fazla ölçümün ortalamasını temsil eder.

Çizelge 7. Ölçüm belirsizliği sonuçları

Analiz adı	Ölçüm belirsizliği
Nem	0.020
Elektriksel iletkenlik	0.079
Serbest asitlik	0.126
Prolin	0.057
Diastaz	0.105
HMF	0.064

TARTIŞMA

Bal bitki çeşitliliği açısından geniş rezervlere sahip kırsal bölgeler için önemli bir üründür. Artvin ili bu yönü ile hem yöre halkı tarafından hem de ulusal pazar tarafından tanınan çeşitli ballara sahiptir. Coğrafi, biyolojik ve kültürel yapısı itibarı ile Artvin ili yüksek kalite bal üretiminde hacimli seviyelere ulaşabilecek potansiyele sahiptir. Son 10 yılın üretimi göz önüne alındığında (8477.6 ton) bal üretimi, gerekli çalışmalarla kalitesi artırılarak yükseltilebilir (TÜİK 2024).

Balın içerdiği su miktarı yani nem seviyesi en temel ve en kolay tespit edilebilir kalite kriterlerinden birisidir. Özellikle balın kovanda bekleme yani olgunlaşma süresi nem içeriğini etkiler. Dahası hasat/sağım sonrası saklama koşullarına dayanma mukavemetini de balın nem içeriği belirler (Subramanian ve ark. 2007). Çünkü nemi düşük olan bal bakteriyel ya da mantar fermantasyona karşı daha dirençlidir. Arılar petekleri sırlamadan önce kanat

çırpma hareketleri ile bal içeriğindeki suyun önemli bir kısmını buharlaştırarak uçururlar. Böylece, bal daha viskoz, daha yoğun aromalı ve tatlı hale gelir (Aparna ve Rajalakshmi 1999, Dadant 2018). Tarım ve Orman Bakanlığı Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğine göre çiçek ballarında genel olarak en fazla %20 nem olması kabul edilebilir (Tarım ve Orman Bakanlığı 2020). Mevcut çalışmada bulgular incelendiğinde dört istasyon örneklerinde de bal tebliği kriterlerine uygun olarak %20’nin altında nem içerdiği tespit edilmiştir. Bununla birlikte nem içeriğinin düşük olması kovanda olgunlaşma süreci ile ilgili olduğu için (Ribeiro ve ark. 2018) Ardanuç balının 2023 örneklerinin diğer örneklerle göre daha iyi bir şekilde dehidre edildiği ve olgunlaştırıldığı söylenebilir. Bu sayede daha uzun raf ömrüne, daha kararlı bir akışkanlığa ve daha yoğun aroma ve tada sahip olacağı da kabul edilebilir.

Elektriksel iletkenlik, çözünmüş iyon/mineral derişimi ve çeşitliliği ile olup, balın kalitesine ilişkin çeşitli bilgiler sunmakla birlikte esas olarak türü hakkında da önemli bilgiler sunar (Terrab ve ark. 2003, Gebeyehu ve Jalata 2023, Elamine ve ark. 2024). Özellikle nektar (çiçek) balının kestane mi yoksa karışık çiçek balı mı olup olmadığını belirlemeye yardımcı olur (Uçurum ve ark. 2024). Çiçek ballarının elektriksel iletkenlik değeri bal tebliğine göre en fazla 0.8 mScm⁻¹ olmalıdır. Salgı ve kestane balında ise en az 0.8 mScm⁻¹ olarak kabul edilir (Tarım ve Orman Bakanlığı 2020). Buna göre elektriksel iletkenlik bulguları incelendiğinde Şavşat ve Yusufeli ballarının bal tebliği standart aralığında olduğu görülmektedir. Buna karşın Ardanuç 2023 yılı balı ve Hatila 2022/2023 ballarının çiçek balı standart değerinden daha fazla elektriksel iletkenlik seviyelerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bulgulara göre Şavşat ve Yusufeli ballarının çiçek balı olduğunu söylemek daha kolaydır. Hatila ve Ardanuç ballarının ise tamamen çiçek balı olmadığı, salgı ya da kestane balı ile toplama yıllarının bazılarında karıştığı düşünülebilir. Salgı balı ülkemizin Ege ve Akdeniz bölgelerinde sıklıkla ve tercihli olarak üretilmektedir (Arslan ve ark. 2021, Uçurum ve ark. 2023). Artvin ilinde ise böyle bir tercihe dayanan salgı balı üreticiliği yapılmamaktadır. Hatila bölgesinde kestane birlikleri bulunmaktadır ve kovan lokasyonlarına bağlı olarak çiçek ballarına belirli oranda kestane nektarının

karışma ihtimali vardır. Bu durumun hem 2022 hem de 2023 yıllarında tekrür etmesi söz konusu düşünceyi desteklemektedir. Ardanuç ilçesinde bilindiği kadarıyla kestane birlikleri bulunmamaktadır. Daha çok kozalaklı türlerin oluşturduğu birlikler vardır. Salgı ballarının köken olarak çam gibi kozalaklı türler olduğu düşünülürse Ardanuç çiçek ballarına belirli oranlarda salgı balı karışabilir. Salgı ballarının reçine kokulu, daha koyu renkli ve kıvamlı olduğu bilindiği için tekrar eden durumlarda duyuşal ve renk analizleri ile bu durum açıklanabilir.

Bal kalite analizlerinde serbest asitlik seviyeleri önemli bir yere sahiptir ve standart değeri ulusal ve uluslararası komisyonlarca belirlenmiştir. Bal Tebliği'ne göre gıda olarak sofrada tüketilecek bir balda en fazla 50 meqkg⁻¹ serbest asitlik değeri olmalıdır (Tarım ve Orman Bakanlığı 2020). Mevcut çalışmada istasyonlardan elde edilen balların tamamı tüm yıllar için 50 meqkg⁻¹ değeri altındadır. Buna göre toplanan balların bal tebliğine uygun olduğu, üretim süreçlerinde fermentasyondan korunduğu ve duyuşal yönden kabul edilebilir olduğu söylenebilir. Zira serbest asitlik derecesi arttıkça tadın sertleşmesine ve ekşimesine neden olduğu literatürde bildirilmiştir (Seraglio ve ark. 2021, Vit 2022, Habryka ve ark. 2023). Bulgular incelendiğinde kalite standartlarına uygun olan balların toplanan bölgeye göre belirli farklar gösterdiği ortaya koyulmaktadır. Buna göre Yusufeli bal örnekleri en yüksek serbest iletkenliği göstermektedir. Belirtilen gıda güvenliği sınırları içerisinde kalsa da bu yüksekliğin sebebi büyük ihtimalle nektar çeşitliliğine bağlı doğal organik asit fazlalığından kaynaklanmaktadır (dos Santos ve ark. 2022).

Pazara sunulmadan önce ballarda genellikle bir amino asit olan prolin değeri dikkate alınır (Bogdanov ve ark. 1999, Meda ve ark. 2005). Bunun sebebi balın besin çeşitliliğini arttırması, antimikrobiyal-antioksidan etkinliğinin yüksek olması ve bağışıklık güçlendirici etkisinin olmasıdır (da Costa 2021, Agussalim ve ark. 2022, Hossain ve ark. 2023). Buna göre çalışma verileri incelendiğinde her üç bölgeden temin edilen balların da bal tebliğine uygun olduğu (en az 300 mgkg⁻¹) tespit edilmiştir (Tarım ve Orman Bakanlığı 2020). En yüksek prolin değeri 1502 mgkg⁻¹ olarak 2023 yılı Yusufeli örneklerinde gözlenmiştir. Bu değer gerçekten de dikkat

çekicidir. Çünkü belirlenen alt sınırın yaklaşık 5 katıdır. Ayrıca Yusufeli bal örnekleri tüm sağım dönemlerinde de diğer istasyonlara göre oldukça yüksek prolin seviyesi sunmuştur. Bal üretiminde arıya şurup verilmesi verimi arttırmanın uygun olmayan yollarından birisidir ve bu tür ballarda prolin seviyesi nektar tabiatlı beslenen arıların ürettiği bala göre düşük çıkar. Yusufeli bal örneklerinde prolinin yüksek seviyede olması, söz konusu arıların şurup ile beslenmediğini ya da daha besleme sürecinde daha az şurup kullanıldığına işaret ediyor olabilir. Ek olarak baldaki amino asit olan prolinin kaynağı hem nektar üreten bitki hem de toplayıcı arıdır. Arı tarafından çiçekten alınan nektar, arının sindirim sisteminde olgunlaşır ve bu süreçte arı metabolizmasına ait prolin de balın muhteviyatına eklenir (Ghoniemy ve ark. 2022, Ecem Bayram ve ark. 2023). Böylece nektarın arı sindiriminde kalma süresi de balın prolin içeriğini etkilemiş olur. Çalışmanın en düşük prolin içeriği ise 351 mgkg⁻¹değerle 2024 toplama tarihli Hatila balında gözlenmiştir. Buna rağmen söz konusu miktar bal tebliğine uygun olduğu için ve diğer kalite analizlerinde herhangi bir uyumsuzluk gözlenmediği için balın doğallığında ve kalitesinde herhangi bir sorun görülmemektedir. Ayrıca diğer toplama yıllarına bakıldığında prolin değerlerinin daha yüksek olması mevcut prolin değerinin yıla özgü istisnai bir durum olduğunu göstermektedir.

Balın kalite düzeyine işaret eden önemli kriterlerden birisi diastaz aktivitesi veya sayısı olan enzim etkinliğidir (Abdel Daim ve ark. 2023, Gil ve ark. 2024). Diastaz aktivitesinin yüksek olması balın tazeliğine ve doğallığına işaret eder. Arı tarafından toplanan balın sindirim sisteminde işlenirken metabolizmadan söz konusu bu enzim bala geçer (Yapıcı ve ark. 2023). Mevcut çalışmada diastaz aktivitesi açısından analiz edilen bal örneklerinin tüm istasyonlarda ve sağım dönemlerinde bal tebliğine (en az 8) uygun olduğu belirlenmiştir (Tarım ve Orman Bakanlığı 2020). Bununla birlikte en fazla diastaz aktivitesi Yusufeli balında 2024 toplama yılı balında tespit edilmiştir. Bu durum söz konusu bal örneğinin diğer istasyonlara ve sağım dönemlerine göre arılar tarafından daha uzun süre işlendiğini, daha uygun koşullarda muhafaza edildiğini ve ısı işleme maruz kalmadığını göstermektedir (Voldřich ve ark. 2009, Julika ve ark. 2022, Pećanac ve ark. 2023, Mohammad ve ark. 2023, Sawarkar 2024, Sireli ve Saylak

2025). Bununla birlikte diğer yılların ya da istasyonların daha düşük kalitede olduğunu söylemek yanlış olur. Çünkü tüm ballar bal tebliğine göre asgari diastaz aktivitesinden yaklaşık 3 kat daha fazla etkinliğe sahiptir.

Balın tazeliği için bir diğer önemli parametre HMF miktarıdır (Karadal ve Yıldırım 2012). Ulusal ve uluslararası bal kalite standartlarına göre çiçek balında en fazla 40 mgkg⁻¹ HMF içeriği kabul edilir (Bogdanov 2009, Tarım ve Orman Bakanlığı 2020). Mevcut çalışmada toplanan balların tamamı bu standartlara göre uygun çıkmıştır. HMF balın muhteviyatında bulunan glukoz ve fruktoz gibi basit şekerlerin ısı etkileşimiyle parçalanması sonucu oluşur (Islam ve ark. 2014). Bu durum çalışma kapsamında toplanan bal örneklerinde ısı işlem gerçekleştirilmediğini göstermektedir. Buna ek olarak ısı işlem kristalize olmuş balların eritilmesi ya da tağış işlemlerinde balın başka maddelerle daha iyi bir şekilde karışması için uygulanır (Pasiyas ve ark. 2022, Zhang ve Abdulla 2022). Literatür bilgisi dikkate alınırsa bal örneklerinde tağış amaçlı ısı işlemin uygulanmadığı söylenebilir. Ayrıca uygun olmayan depolama/saklama koşullarının da HMF miktarını arttırdığı bilindiğine göre (Girma ve Seboka 2020, Althaiban 2024), çalışmada temin edilen balların uygun şekilde muhafaza edildiğini söylemek mümkündür. Dahası Hatila balı 2023 ve 2024 yıllarında HMF içeriği saptanmamıştır. Bu durum söz konusu balların tazelik açısından çok iyi durumda olduğunu göstermektedir. Ballar arasında en yüksek HMF değeri 14.1 mgkg⁻¹ ile Şavşat 2023 balında tespit edilmiştir. Bu değer bile bal tebliğinin izin verdiği maksimum değerinin yaklaşık üçte biri kadardır. Bal örneklerinde HMF içeriğinin düşük olması gıda güvenliği açısından da önemlidir. Zira bazı raporlar yüksek HMF içeriğinin toksik etkilere sebep olduğunu bildirmiştir (Abraham ve ark. 2011, Choudhary ve ark. 2020, Marić ve ark. 2023). Hem literatür hem de bulgular dikkate alındığında mevcut çalışmanın bal örnekleri uygun kalite seviyesine ve gıda güvenliği seviyesine sahiptir.

Mevcut çalışmada toplanan balların hepsini Tarım ve Orman Bakanlığı Gıda Kodeksi Bal Tebliğine göre yüksek kaliteli ballar olarak değerlendirmek mümkündür. Toplama yıllarının ortalama değerleri istatistik açıdan

değerlendirildiğinde ballar arasında kalite yönünden anlamlı farklara rastlamak mümkündür.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yüzyıllar içinde değeri artan balın üzerinde yapılan araştırmalar sürekli artmış ve kalitesine dair belirli standartlar geliştirilmiştir. Mevcut çalışmada da kalite analizlerinden bazıları ile Artvin de bal üretimi ile öne çıkmış ilçelerden 2022-2024 sağım dönemlerinde bal örnekleri alınmıştır. Yapılan analizler tüm sağım dönemlerinde temin edilen balların kalite standartlarının yüksek olduğu ve Tarım ve Orman Bakanlığı Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği tarafından belirlenen kriterlere uygunluk gösterdiği tespit edilmiştir. Toplanan bal örnekleri arasında analiz sonuçları özelinde Yusufeli balı ayrı bir yere sahiptir. Artvin ilinde toplama istasyonlarına göre bal değerleri, şehrin büyük bir bal potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Buna karşın üretim hacmi açısından gerilerde kalan Artvin'in yüksek hacimli ve yüksek kaliteli ballar üretimi için pilot bölgeler sınıfına dahil edilmesini önermek mümkündür.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Artvin Çoruh Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (BAP) tarafından 2022.F10.02.04 ve 2022.F10.02.05 numaralı projeler kapsamında desteklenmiştir. Sağladıkları finansal destekten dolayı Artvin Çoruh Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne teşekkür ederiz. Proje kapsamında yapılan analiz çalışmalarında sağladıkları analiz desteği ve katkılarından dolayı Rize Gıda Kontrol Laboratuvarı Kimyasal Analiz Laboratuvarı Birim Sorumlusu Veteriner Hekim Özgür GÜRBÜZOĞLU'na ve tüm çalışan personellerine teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Abdel Daim Z, Mohsen A, Awad S, Elmashay A, Rawwash AA, Ghaly WA (2023) Comparing honey quality by estimating the activity of diastase enzyme for honey samples in the Saudi markets. *Journal of Medical and Life Science*, 5(3):238–250.
- Abraham K, Gürtler R, Berg K, Heinemeyer G, Lampen A, Appel KE (2011) Toxicology and risk assessment of 5-Hydroxymethylfurfural in food. *Molecular Nutrition & Food Research*, 55(5):667–678.

- Agussalim, Umami N, Nurliyani, Agus A (2022) Stingless bee honey (*Tetragonula laeviceps*): Chemical composition and their potential roles as an immunomodulator in malnourished rats. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(10):103404.
- Akkemik E, İnal B, Karakaş DE, Gök M, Çalışır Ü, Özdemir O, Baycar A (2024) Siirt ve Şırnak illerinde hasat edilmiş bazı süzme balların kalite parametrelerinin belirlenmesi. *Türkiye Teknoloji ve Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 5(2):54-69.
- Aksakal V, Erdoğan Y (2020) Arıcılık Üzerine Bilimsel Araştırmalar. İksad Yayınevi, Ankara.
- Althaibani MA (2024) Investigation of hydroxymethylfurfural levels in commercial acacia honey for quality control: a systematic review. *Discovery Applied Sciences*, 6:515.
- Aparna AR, Rajalakshmi D (1999) Honey—its characteristics, sensory aspects, and applications. *Food Reviews International*, 15(4):455–471.
- Arsalan MB, Şahin HT, Duru ME (2021) Çam balı üretiminde Basra Böceği (*Marchalina hellenica* Genn.) ile konukçu ağaçların kimyasal içeriği arasındaki ilişkiler üzerine bir inceleme. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 23(3):1042-1053.
- Bogdanov S (2009) Harmonised methods of the international honey commission. IHC responsible for the methods; *Bee Product Science*, 9-54.
- Bogdanov S, Lüllmann C, Martin P, Von Der Ohe W, Russmann H, Vorwohl G, Vit P (1999) Honey quality and international regulatory standards: review by the International Honey Commission. *Bee World*, 80(2):61-69.
- Burucu V (2024) Arıcılık Tarım Ürünleri Piyasaları Raporu Temmuz 2024. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü (TEPGE), Ankara. Erişim adresi: <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge>.
- Can Z, Yıldız O, Sahin H, Turumtay AE, Silici S, Kolaylı S (2015) An investigation of Turkish honeys: Their physico-chemical properties, antioxidant capacities and phenolic profiles. *Food Chemistry*, 180:133-141.
- Choudhary A, Kumar V, Kumar S, Majid I, Aggarwal P, Suri S (2020) 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) formation, occurrence and potential health concerns: recent developments. *Toxin Reviews*, 40(4):545–561.
- da Costa IF, Toro MJU (2021) Evaluation of the antioxidant capacity of bioactive compounds and determination of proline in honeys from Pará. *Journal of Food Science and Technology*, 58(5):1900–1908.
- Dadant CP (2018) First Lessons in Beekeeping. Courier Dover Publications.
- dos Santos AC, Biluca FC, Brugnerotto P, Gonzaga LV, Costa ACO, Fett R (2022) Brazilian stingless bee honey: Physicochemical properties and aliphatic organic acids content. *Food Research International*, 158:111516.
- Ecem Bayram N, Kutlu N, Can Gercek Y (2023) Utilization of response surface methodology in optimization of proline extraction from *Castanea sativa* honey. *Chemistry & Biodiversity*, 20(3):e202201092.
- Elamine Y, Inácio PMC, Miguel MG, Carlier JD, Costa MC, Estevinho LM, Gomes HL (2024) Electrical impedance spectroscopy for potassium content analysis and botanical origin identification of honey. *Food Chemistry*, 453:139605.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations (2023) <http://www.fao.org/faostat/en/#data>. (Erişim: 01.09.2023).
- Gebeyehu HR, Jalata DD (2023) Physicochemical and mineral contents of honey from Fitcha and Addis Ababa districts in Ethiopia. *Food Chemistry Advances*, 2:100177.
- Ghoniemy HA, Esmail AHM, Mahmoud AAET, Mohamed AMS (2022) Evaluation of vitamin C, proline, enzymes and hydroxymethylfurfural levels in clover honey at different storage conditions. *Egyptian Journal of Chemistry*, 65(13):427–434.
- Gil J, Lee WY, Kim HK (2024) Physicochemical and diastase activity properties for domestic and imported honey. *Journal of Practical Agriculture & Fisheries Research*, 26(3):64-71.
- Girma A, Seboka D (2020) Review on honey adulteration and detection of adulterants in honey. *International Journal of Gastroenterology*, 4:1-6.
- Güler A, Kaftanoğlu O (1999) Türkiye'deki önemli balarısı (*Apis mellifera* L.) ırk ve ekotiplerinin göçer arıcılık koşullarında performanslarının karşılaştırılması. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 3:577-581.
- Güngör E, Ayhan BA (2016) Bartın yöresi orman kaynaklarının bal üretim potansiyeli ve ekonomik değeri. *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 17(1):108-116.
- Habryka C, Socha R, Juszcak L (2023) The influence of bee bread on antioxidant properties, sensory and quality characteristics of multifloral honey. *Applied Sciences*, 13(13):7913.
- Hossain MM, Barman DN, Rahman MA (2023) Amino Acids, Proteins, and Enzymes. In: Khalil MI, Gan SH, Goh BH (eds) *Honey: composition and health benefits*. Wiley, Hoboken, NJ, pp 50–65.
- Islam MN, Khalil MI, Islam MA, Gan SH (2014) Toxic compounds in honey. *Journal of Applied Toxicology*, 34:733-742.
- Julika WN, Ajit A, Naila A, Sulaiman AZ (2022) The effect of storage condition on physicochemical properties of some stingless bee honey collected in Malaysia local market. *Materials Today: Proceedings*, 57(3):1396–1402.
- Kahraman T, Buyukunal SK, Vural A, Altunatmaz SS (2010) Physico-chemical properties in honey from different regions of Turkey. *Food Chemistry*, 123:41-44.
- Karadal F, Yıldırım Y (2012) Balın kalite nitelikleri, beslenme ve sağlık açısından önemi. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 9(3):197-209.
- Kekeçoğlu M, Gürkan EK, Soysal Mİ (2007) Türkiye arı yetiştiriciliğinin bal üretimi bakımından durumu. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4(2):227-236.
- Koday Z, Karadağ H (2020) Türkiye'deki arıcılık faaliyetleri ve bal üretiminin bölgesel dağılımı (2007-2018). *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 24(1):495-510.
- Korkmaz A (2015) Haydi Arıcılığa. Yolcu Yayınevi, Samsun.
- Marić A, Jovanov P, Gadžurić S, Trtić-Petrović T, Sakač M, Tot A, Bertić M, Vraneš M (2023) Application of biodegradable cholinium ionic liquids for the extraction of 5-hydroxymethylfurfural (HMF) from honey. *RSC Advances*, 13(46):32714–32721.
- Meda A, Lamien CE, Romito M, Millogo J, Nacoulma OG (2005) Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chemistry*, 91(3):571-577.
- Mohammad NZ, Abdoulrahman K, Karim AY (2023) Diastase enzyme activity and hydroxymethylfurfural production during thermal processing of honey. *Diyala Agricultural Sciences Journal*, 15(2):1–10.
- Özcan ES (2014) Balarısının uzun tarihinden kısa notlar. *Bilim ve Teknik Dergisi*, 1: 64-67.
- Pasias IN, Raptopoulou KG, Makrigennis G, Ntakoulas DD, Lembessis D, Dimakis V, Katsinas R, Proestos C (2022) Finding the optimum treatment procedure to delay honey crystallization without reducing its quality. *Food Chemistry*, 381:132301.
- Pećanac B, Golić B, Kasagić D, Knežević D (2023) Quality of honey and suspicion of honey adulteration. *Proceedings of the VIII International Congress "Engineering, Environment and Materials in Process Industry"*, Jahorina, Bosnia and Hercegovina, 20–23 March.
- Ribeiro GP, Villas-Bôas JK, Spinosa WA, Prudencio SH (2018) Influence of freezing, pasteurization and maturation on Tiúba honey quality. *LWT*, 90:607–612.

- Sahinler N, Sahinler S, Gul A (2004) Biochemical composition of honeys produced in Turkey. *Journal of Apicultural Research*, 43(2):53-56.
- Sawarkar AB (2024) Effect of different storage conditions on HMF, diastase and invertase activity in *A. florea* honey from Jalgaon District, North Maharashtra, India. *Uttar Pradesh Journal of Zoology*, 45(21):273-282.
- Seraglio SKT, Bergamo G, Molognoni L, Daguer H, Silva B, Gonzaga LV, Fett R, Costa ACO (2021) Quality changes during long-term storage of a peculiar Brazilian honeydew honey: "Bracatinga". *Journal of Food Composition and Analysis*, 97:103769.
- Sireli HD, Saylak Ü (2025) The effect of storage temperature on some physicochemical properties of flower honey. *Agrociencia*, 1-11.
- Subramanian R, Umesh Hebbar H, Rastogi NK (2007) Processing of honey: a review. *International Journal of Food Properties*, 10(1):127-143.
- Şen K (2019) Trakya yöresi ayçiçeği balı, meşe balı ve karaçalı balının çeşitli kalite özellikleri üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Tarım ve Orman Bakanlığı (2020) Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği (2020/7). Başbakanlık Basımevi, Ankara.
- Terrab A, González AG, Díez MJ, Heredia FJ (2003) Mineral content and electrical conductivity of the honeys produced in Northwest Morocco and their contribution to the characterisation of unifloral honeys. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83:637-643.
- TSE (Türk Standartları Enstitüsü) (2008a) TS 13365/2008 – Su muhtevası tayini.
- TSE (Türk Standartları Enstitüsü) (2008b) TS 13366/2008 – Balda elektrik iletkenliği tayini.
- TSE (Türk Standartları Enstitüsü) (2008c) TS 13360/2008 – Balda serbest asit muhtevasının tayini.
- TSE (Türk Standartları Enstitüsü) (2008d) TS 13364/2008 – Balda diastaz aktivitesi tayini.
- TSE (Türk Standartları Enstitüsü) (2008e) TS 13357/2008 – Balda prolin muhtevasının tayini.
- TSE (Türk Standartları Enstitüsü) (2008f) TS 13356/2008 – Balda HMF Tayini (HPLC Metod).
- TÜİK (2023) Türkiye İstatistik Kurumu, Hayvansal Üretim İstatistikleri-Arıcılık ve ipek böcekçiliği. (Erişim tarihi: 31.01.2025).
- TÜİK (2024) Hayvansal Üretim (CPA 2008) 01.49.21. Doğal bal, Artvin, 2014-2023.
- Uçurum HÖ, Tepe Ş, Yeşil E, Güney F, Karakuş S, Kolaylı S, Takma Ç, Duru ME, Özkök A, Yücel B, Karaca Ü, Sorkun K, Baran A, Kiliç A, Köseoğlu M, Özsoy N, Kunduracı BS, Türkaslan N, Atmaca H, ... Çakıcı N (2023) Characterization of Turkish pine honey according to their geographical origin based on physicochemical parameters and chemometrics. *European Food Research and Technology*, 249(5):1317-1327.
- Uçurum O, Tosunoğlu H, Takma Ç, Birlik PM, Berber M, Kolaylı S (2024) Distinctive properties of the pine, oak, chestnut and multifloral blossom and honeydew honeys. *European Food Research and Technology*, 250(6):1765-1774.
- Vit P (2022) Sour honeys from 57 species of stingless bees in 18 countries. *Bee World*, 99(3):74-81.
- Voldřich M, Rajchl A, Čížková H, Cuhra P (2009) Detection of foreign enzyme addition into the adulterated honey. *Czech Journal of Food Sciences*, 27:S280-S282.
- Yapıcı İ, İzol E, Gülçin İ (2023) The Role of Enzymes in Honey Quality. In: İzol E, Haspolat YK (ed), *Safety of Bee Products*. Orient Publications, s. 1-9. ISBN: 978-625-6893-14-6.
- Zhang G, Abdulla W (2022) On honey authentication and adulterant detection techniques. *Food Control*, 138:108992.