

Ağrı yöresi geven ballarının kimyasal kalitesi: prolin miktarı ve şeker profili üzerine bir çalışma

Chemical quality of geven honey from Ağrı region: a study on proline content and sugar profile

Dilruba TABAY SÜMBÜL* 

Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, Merkezi Araştırma ve Uygulama Laboratuvarı, 04100, Ağrı

• Geliş tarihi / Received: 22.11.2023

• Kabul tarihi / Accepted: 28.10.2024

Öz

Bu çalışma, Türkiye'nin Ağrı ilindeki bazı ilçelerde üretilen balların kalite parametrelerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla prolin, fruktoz+glukoz, fruktoz/glukoz ve sakkaroz miktarları üzerine bir araştırma gerçekleştirilmiştir. Araştırmada, 30 farklı üreticiye ait bal örnekleri analiz edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda prolin, fruktoz+glukoz, fruktoz/glukoz ve sakkaroz miktarlarının yörelerdeki sıcaklık ve yağış miktarı değişimi, bitki çeşitliliği, toprak özellikleri, kullanılan arı türleri, arıcılık yöntemleri ve çevresel etkenler gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak farklı olduğu gözlemlenmiştir. Ortalama değerlere göre, sakkaroz miktarının % 0.34 (0.0015-2.38), fruktoz+glukoz toplamı % 65.87 (59.66-81.90), fruktoz/glukoz oranının 1.32 (1.17-1.59) ve prolin miktarının 665.68 mg/kg (312-986) arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu sonuçlar, incelenen bal örneklerinin şeker profilleri ve prolin miktarları açısından Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği (Tebliğ No: 2020/7)'nde belirtilen yasal limitlere uygun olduğunu göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Ağrı, Bal, Fruktoz, Glukoz, Prolin, Sakkaroz

Abstract

This study was conducted to determine the quality parameters of honey produced in some districts of Ağrı province of Turkey. For this purpose, a study was carried out on proline, fructose+glucose, fructose/glucose and sucrose contents. In the study, honey samples from 30 different producers were analyzed. As a result of the analysis, it was observed that the amounts of proline, fructose+glucose, fructose/glucose and sucrose were different depending on various factors such as temperature and rainfall variations, plant diversity, soil characteristics, bee species used, beekeeping methods and environmental factors. According to the average values, sucrose content varied between 0.34% (0.001-2.38), fructose+glucose total 65.87% (59.66-81.90), fructose/glucose ratio 1.32 (1.17-1.59) and proline content 665.68 mg/kg (312-986). These results show that the examined honey samples comply with the legal limits specified in the Turkish Food Codex Honey regulation.

Keywords: Ağrı, Honey, Fructose, Glucose, Proline, Sucrose

* Dilruba TABAY SÜMBÜL; dilrubatabay99@gmail.com, dtabay@agri.edu.tr

1. Giriş

1.1. Introduction

Bal, arıların nektar veya tatlı salgılarını kullanarak ürettikleri, sindirim enzimleri aracılığıyla fruktoz, glukoz ve diğere şekerlerin parçalanması sonucu oluşan tatlı ve yoğun bir gıdadır (Diafat vd., 2017). Arılar, bu ham maddeleri kovanlarına taşıyarak petek gözlerinde depolarlar. Sıcaklık ve nemin etkisiyle bu depolanan malzeme, suyunun buharlaşması sonucu yoğun bir kıvama gelmektedir. Bal, yalnızca şeker içeriğı açısından değil, içerdiği birçok besin ögesi açısından da besleyici gıdalar arasında yerini almaktadır. Balın içeriğinde mineraller, vitaminler, amino asitler, antioksidanlar, enzimler ve diğere biyoaktif bileşikler yer almaktadır (Boussaid vd., 2018). Balın bileşimi; arıların yaşadığı bölgeye, beslendiğı bitki türlerine, balın hasat zamanına ve mevsimsel faktörlere göre değışiklik göstermektedir. Bu farklılıklar, balın aroma, lezzet ve rengini etkilemektedir (Alvarez-Suarez vd., 2010; Saxena vd., 2010; Otero vd., 2020).

Bal, insanlar için temel bir besin kaynağı olması ve aynı zamanda tarihsel olarak büyük bir öneme sahip olması nedeniyle dikkate değer bir gıda maddesidir. İnsanlar binlerce yıldır arıcılık faaliyetleri yürüterek bal üretimine yönelmişler ve balın besleyici, tıbbi ve ritüel amaçlar için kullanımını keşfetmişlerdir (Gündoğdu vd., 2019). Balın keşfi, insanlık tarihinden önceki dönemlere kadar uzanır. Yapılan arkeolojik kazılarda, mağaralarda ve antik izlerde bal arılarına ait fosil kalıntılara rastlanmıştır (Barden vd., 2020).

Arıcılık sadece geçmişte değil günümüzde de önemi giderek artan bir sektördür. Bu kapsamda Türkiye zengin bitki örtüsü ve coğrafi yapısı sayesinde, bal üretiminde oldukça önemli bir konumda bulunmaktadır. Türkiye’de özellikle Doğu Anadolu Bölgesi son yıllarda arıcılık ürünleri ve bal üreticiliğinde önemli atılımlarda bulunmuştur. Bölgenin çetin coğrafi koşulları ve iklim yapısı farklı bir flora oluşmasına sebep olmaktadır. Arıcılık ürünleri ve bal üreticiliğinde Ağrı ilinin de içinde yer aldığı birçok şehir gerek yurt içi gerekse de yurt dışında göz ardı edilemeyecek bir pazar payına sahip olmuştur (SERKA, 2021).

Ağrı ili arazi yapısının engebeli olmasından kaynaklı farklı topografik özellikler sergilemektedir. Yükseklik farkından dolayı sahip olduğu zengin florası, bu floranın farklı zamanlarda çiçeklenmesi ve yörenin endemik bitkilerinin bolluğuyla arıcılık sezonu bu ilde uzun sürmektedir. Ayrıca zirai mücadelenin yoğun olmaması hem bal kalitesine hem de arı popülasyonunun korunmasına da ayrıcalık katmaktadır. Arıcılık faaliyetlerinin yoğun olarak yapıldığı alanlarda floranın büyük kısmını geven (*Astragalus*) bitkisi oluşturmaktadır (Kaya, 2008). Ağrı geven balında baskın olarak minimum %50 oranında geven polenleri, ikinci olarak minimum %3 oranında *Asteraceae* polenleri ile minimum %1 oranında *Rosaceae*, *Lamiaceae*, *Lauraceae* ve *Apiaceae* familyalarına ait polenler bulunmaktadır (SERKA, 2021.). Bu sebeple Ağrı’da üretilen bal ‘Geven Balı’ olarak bilinmektedir. Türk patent ve marka kurumu Ağrı geven balını 17.03.2022 tarihinde tescil etmiştir (Türk patent, 2022). Yörede kısa mesafede önemli yükseklik farklarının ortaya çıktığı vadi ve ovalık kesimler ile dağlık ve tepelik alanlar arasında sıcaklık değışiklikleri görülmektedir. Bu durum arıların beslenmesi için temel unsur olan bitkilerin vejetasyon devrelerinin farklılaşmasına yol açarak, yörede ilkbahar ve yaz devresinde her zaman çiçekli kalabilen bitkilerin bulunmasına imkân tanımaktadır. Bunun sonucunda arıcılık faaliyetleri için elverişli olan Ağrı ili, özellikleri bakımından yörenin balının tat, aroma ve kalitesinin temelini oluşturmaktadır (Kaya, 2008).

Bal üreticiliğindeki tanınırlığın en önemli etkenleri arasında, balın kalite parametrelerinin ulusal ve uluslararası standartlara uygunluğu ve tüketicilerin beklentilerine verdiğı yanıtlar yer almaktadır. Balın kalite parametrelerinin uygunluk ölçütleri, 1963’ten beri Türkiye’nin de üyeliğini sürdürdüğü Kodeks Alimentarius kuruluşunun standardında ve Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğı’nde ifade edilmiştir (Codexalimentarius, 2001). Bal, içeriğindeki fruktoz ve glukoz gibi karbonhidratların yanı sıra, az miktarda bulunmalarına rağmen enzimler, mineraller, aminoasitler, vitaminler, organik asitler, flavonoidler ve fenolik asitler gibi birçok biyoaktif bileşeni de barındırır. Balın kimyasal bileşiminde yer alan karbonhidratlar, sadece günlük enerji ihtiyacını karşılamakla kalmaz, aynı zamanda balın özelliklerini şekillendiren önemli faktörlerdendir. Viskozitesinden higroskopikliğine ve granülasyon sürecine kadar, balın fiziksel ve yapısal özelliklerini belirleyen bu faktörler, karbonhidratların doğru dengesine dayanmaktadır (Nakilcioğlu & Nurko, 2022). Balın kalite parametrelerinin ölçtlendirildiğı ilgili standart ve tebliğde glukoz ve fruktoz toplamının en az 60g/100g; oranının (fruktoz/glukoz) ise 0.9–1.4 aralığında olması gerektiğı açıklanmıştır (TS 3036, 2023 ve Codex alimentarius, 2001). Balın içinde en yoğun bulunan şekerler olan fruktoz ve glukozun miktarları ve birbirlerine oranları, balın kristalize olma sürecini belirlemede kritik bir faktördür (da Silva vd., 2016). İndirgen şekerlerden farklı olarak sakkaroz miktarı da balın olgunluğunun belirlenmesinde önemli bir

parametre olarak değerlendirilir. Sakkaroz analizi, bal üretimi sırasında ticari ve tüketici yanılma amaçlı yapılan muhtemel müdahalelerin tespitinde oldukça önemlidir. Belirli bal türleri hariç, çiçek balında sakkaroz miktarı en çok 5g/100g olarak (geven balı için bu limit en çok 4g/100g'dır) belirtilmiştir (TS 3036, 2023). Bu miktarı aşan sakkaroz seviyesi üretim sırasında bala şeker eklenmesinin bir göstergesi olabileceği gibi arıların şeker şurubu ile beslendikleri anlamına da gelmektedir. Bunların yanı sıra erken hasat sebebiyle sakkarozun tamamıyla glukoz ve fruktoza dönüşmemiş olması da yüksek sakkaroz miktarının sebepleri arasında yer almaktadır (Güzel & Bahçeci, 2020).

Öte yandan balda doğal olarak bulunan prolin amino asidinin analizi de balın kalitesini belirleyen önemli faktörlerden biridir. Baldaki prolinin kaynağı; arıların nektar, polen ve diğer bitki özleri gibi doğal kaynaklardan aldığı amino asitlerdir (Mutlu vd., 2017). Arılar, bu bitki özlerini toplayarak, kovanlarında depolar ve bu süreçte kendileri de prolin ekleyerek bal yapımında kullanırlar. Prolin, balın içerdiği diğer bileşenlerle birlikte, balın rengi, tadı ve kokusunu etkilemektedir. Bu nedenle prolin miktarı balın kalitesinin, saflığının ve olgunlaşmasının önemli bir göstergesi ve sahte balların tespitinde kullanılan en önemli özelliklerden birisidir (Hermosin vd., 2003). Dolayısıyla yüksek prolin içeriği balın kaliteli olduğunun göstergesi olarak kabul edilmektedir. Prolin içeriği balın kaynağına, coğrafik bölgeye, bitki örtüsüne ve balın üretildiği mevsime bağlı olarak değişmektedir (da Silva vd., 2016). Bazı çeşitleri hariç çiçek balında prolin miktarı en az 300 mg/kg olarak belirtilmiştir (TS 3036, 2023 ve TS 13357, 2008).

Dünya genelinde farklı coğrafi bölgelerde yapılan araştırmalar, balın doğal yapısını ve kalitesini belirleme konusunda daha etkili sonuçlar sağlamak amacıyla glukoz ve fruktozun toplamı, sakkaroz miktarı ve prolin içeriği gibi birçok özelliğin ele alınıp incelendiğini göstermektedir (Bayram vd., 2023). Türkiye'de Adana, Çanakkale, Diyarbakır, Elazığ, Erzincan ve Erzurum yörelerinde üretilen geven ballarına ait şeker profili ve prolin miktarlarını gösteren bazı araştırmalar mevcuttur (Tablo 2). Ancak Ağrı ili arıcılık yapısı ve faaliyetleriyle ilgili literatür çalışmaları araştırıldığında, yöreye ait balların analiz sonuçlarının ulusal ve uluslararası standartlara uygunluğuyla ilgili herhangi bir veri bulunmamaktadır. Bu sebeple, coğrafi işaret almış Ağrı yöresine ait unifloral (yüksek oranlı tek bitki kaynaklı) geven ballarının bazı kimyasal parametreleri incelenerek standartlara uygunluğu aydınlatılmaya çalışılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen verilerin, Ağrı ilinde arıcılık sektörünün gelişerek bölge ekonomisini kalkındıracağı ve yanı sıra üretilen balın kalitesini artırmaya yönelik yeni stratejiler geliştirilmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

2. Materyal ve metot

2.1. Material and method

Çalışmada Ağrı ili Arı Yetiştiricileri Birliği (AYBİR)'ne üye üreticilerden temin edilen 30 farklı yöreye ait bal örneği kullanılmıştır. 2022 yılı üretimi olan bal örnekleri analiz süresine kadar oda sıcaklığında, karanlık ve ağzı kapalı cam şişelerde muhafaza edilmiştir. Metanol ve asetonitril analitik saflıkta olup Carlo Erba markasından, şeker standartları ve prolin ise Sigma'dan temin edilmiştir. Analizlerin doğruluğunu test etmek için kullanılan yöntemlerin doğrulama sürecinde, standart maddeler kullanılmıştır. Prolin ve şeker analizi için standartlar belirli konsantrasyonlarda bal örneklerine eklenmiştir. Her bir analizden önce, bu standartlar çalışılan örnekler ile aynı analiz koşullarında teste tabi tutulmuş ve elde edilen sonuçlar, bilinen standart değerlerle karşılaştırılarak yöntemlerin güvenilirliği doğrulanmıştır.

2.1. Analizler

2.1.1. Analysis

2.1.1.1. Şeker Analizi

2.1.1.1. Sugar analysis

Bal numunelerinin şeker profili analizi için Türk standardı TS 3036'da belirtilen metot ve HPLC yöntemi kullanıldı. HPLC sistemi Shimadzu (Japan) marka pompa (LC- 20AT), oto örnekleyici (SIL-20A HT), RID dedektör (RID-10A), kolon fırını (CTO-10AS VP) ve veri analizörü [LC Solution Software (Shimadzu Tech.)] bölümlerinden oluşturuldu. Analiz koşulları; mobil faz asetonitril:su (70:30 v/v), akış hızı 1mL/dk, kolon sıcaklığı 30 °C ve enjeksiyon hacmi 20mL olarak belirlendi. Analiz için öncelikle beş çeşitten oluşan (fruktoz, glukoz, sakkaroz, turanoz, maltoz) ve belirli konsantrasyonlarda (2.00-1.50-0.50-0.30-0.30 g/100mL) eklenen şeker standardı hazırlandı. Daha sonra yaklaşık 5 gram bal numunesi (0.1 g hassasiyetle) tartıldı ve yaklaşık 40 mL saf su ile karıştırıldı. Daha sonra bu karışım, önceden 25mL metanol eklenmiş 100 mL'lik ölçülü balona

aktarıldı. Son hacim saf su ile 100 mL'ye tamamlandı. Hazırlanan standart ve numuneler 0.45 µm filtreden geçirilerek 2mL'lik viallere alındı. Şeker profili analizi için önceden Őartlandırılan HPLC sistemine enjeksiyon için başlatma gerçekleştirildi. Öncelikle hazırlanan Şeker standardı için kalibrasyon grafiği çizildi. Daha sonra bal numunelerine ait kromatografik ayırımdaki konsantrasyon ve alıkonma süreleri, hazırlanan kalibrasyon grafiği üzerinden belirlendi (TS 13359, 2008).

2.1.2. Prolin Analizi

2.1.2. Proline Analysis

Prolin miktarı analizi, Türk standardı TS 13357'de belirtilen ve prolinin, ninhidrin ile birleştikten sonra oluşturduğu renkli kompleksin spektrofotometrik ölçümüne dayanan yönteme göre yapıldı. Analizde kullanılan reaktiflerden ninhidrin çözeltisi (1.5g/50mL etilen glikol monometil eter içinde), prolin stok çözeltisi (40mg/ 50mL'lik saf su içerisinde), prolin standart çözeltisi (prolin stok çözeltiden 1mL alınıp hacmi saf su ile 25mL'ye tamamlandı) ve 2-propanol (%50 v/v saf su ile karıştırıldı) hazırlandı. Daha sonra 5 g bal (0.1g hassasiyetle) tartılıp, 50 mL deiyonize su ile karıştırılarak 100mL'lik ölçülü balona aktarılıp hacmi saf su ile tamamlandı. lmn ilk serisi için öncelikle 5 adet kapaklı propilen tpilerin ilkinde 0.5 mL numune çözeltisi, diğerine 0.5 mL saf su ve geriye kalan üç analiz tüpünün her birine 0.5'er mL standart prolin çözeltisi ilave edildi. Ardından 1 mL ninhidrin çözeltisi ile 1 mL formik asit her analiz tüpüne ilave edildi. Analiz tplerinin ağı sızdırmaz bir Őekilde kapatılarak iyice çalkalandıktan sonra 15 dk kaynar suda bekletildi. Daha sonra analiz tpleri 10 dk süre ile 70°C' deki su banyosuna alınarak her birine 5 mL 2-propanolden eklenerak ağızları hemen kapatıldı. 10 dakika srenin sonunda tpler su banyosundan alınarak rengin tam oluşması için oda sıcaklığında 45 dakika soğutuldu. Bu süre sonunda numune ve standart çözeltilerin en yüksek absorbens değerleri 510 nm'de spektrofotometre ile ölçüldü. Absorbansın zamanla değişmesi nedeniyle prolin standart çözeltisinin ortalama değer, üç paralel analiz ile tayin edildi. Sonuçlar denklem (1) yardımı ile mg/kg olarak hesaplandı (TS 13357, 2008).

$$W_p = \left(\frac{E_p}{E_s} \right) \cdot m_1 \cdot \left(\frac{80}{m_2} \right) \quad (1)$$

E_p = Numune zeltisinin absorbensı

E_s = Prolin standart çözeltisinin ortalama absorbens değer

m_1 = Prolin stok çözeltisinin başlangıç numune çözeltisi, mg (m_1 = 40mg)

80 = 1 g balın seyreltme faktörü

m_2 = Balın başlangıç numune kütlesi, g (m_2 = 5 g)

2.1.3. İstatistiksel Analizi

2.1.3. Statistical Analysis

Çalışmada sunulan veriler, her bir numuneden üç tekrar yapıldıktan sonra elde edilen değerlerin ortalamasıdır. Sonuçların karşılaştırılmasında, SPSS 26.0 paket programı kullanılarak tek yönlü varyans analizi (ANOVA) yapıldı. İstatistiksel anlamlar, 0.05 hata seviyesinde (P<0.05) Duncan'ın oklu Karşılaştırma Testi kullanılarak belirlendi.

3. Bulgular ve tartışma

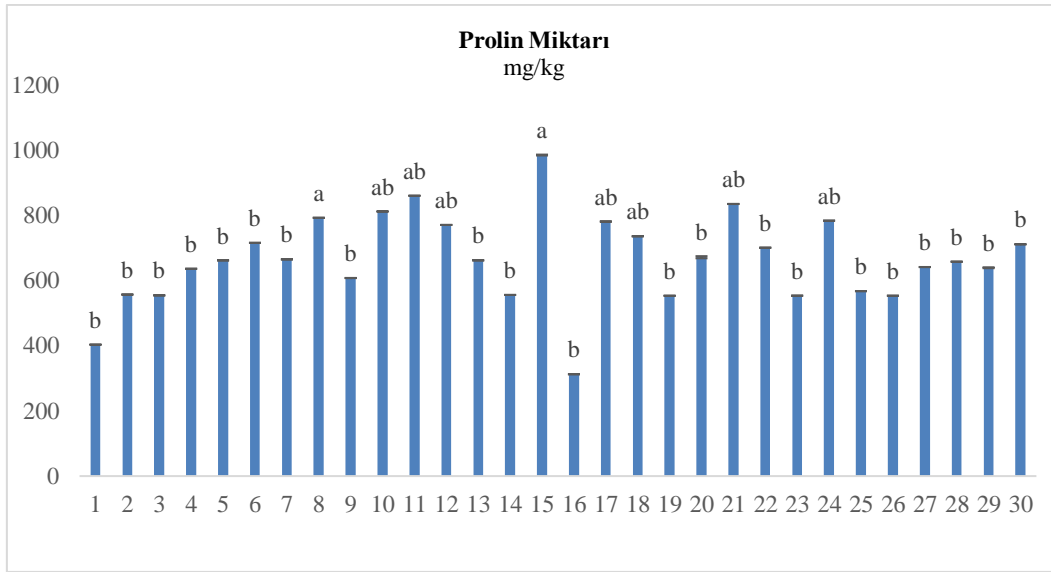
3. Results and discussion

Ağrı ilinin farklı yörelerine ait balların fruktoz, glukoz, sakkaroz içerikleri, fruktoz+glukoz miktarı (F+G), fruktoz/glukoz (F/G) oranı ve prolin miktarlarına ait elde edilen sonuçlar řu Őekildedir. Bal numunelerindeki fruktoz miktarı 33.09-46.86 (ort. %37.56) ve glukoz miktarı 27.33-35.05 (ort. %28.34) aralığında değişmektedir (Tablo 1). Yasal düzenlemelerde belirtilen husus, bu Şekerlerin ayrı ayrı değer, toplamda ve oranlar üzerinden değerlendirilmesi gerektiği yönündedir (TS 3036, 2023). Bu kapsamda Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne göre fruktoz ve glukoz miktarı toplamı iek ballarında en az %60, F/G oranı ise 0.9-1.4 (bazı ballar hariç tutulmuştur) arasında olması gerekmektedir. Tebliğde belirtilen limit değerlere göre, bal numunelerinde fruktoz+glukoz miktarı sınırlar içinde bulunmaktadır (Tablo 1). Ancak, F/G oranının  numunede sınırı aştığı gözlenmiştir. (Tablo 1). F/G oranı ve fruktoz+glukoz miktarı bazı numuneler hariç istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık ortaya koymamaktadır (Şekil 2-3). Numunelerin sakkaroz içeriğinin %5'lik maksimum değer göz önüne alındığında tüm örnekler için bu sınırın olduğua altında olduğu

belirlenmiştir (ortalama %0.33). İstatistiksel anlamda ise elde edilen veriler, numuneler arasında sakkaroz içeriği bakımından belirgin farklılık göstermektedir (şekil 4). İlçelere ait bal numunelerindeki şeker içeriklerinin farklı olmasının ana sebepleri arasında arı ırkı seçimi, arı kolonilerinin beslenmesi ve yönetimi, kovanların konumu, yerleşim planı ve bal hasadı zamanlaması yer almaktadır (Uludağ arcılık dergisi, 2008).

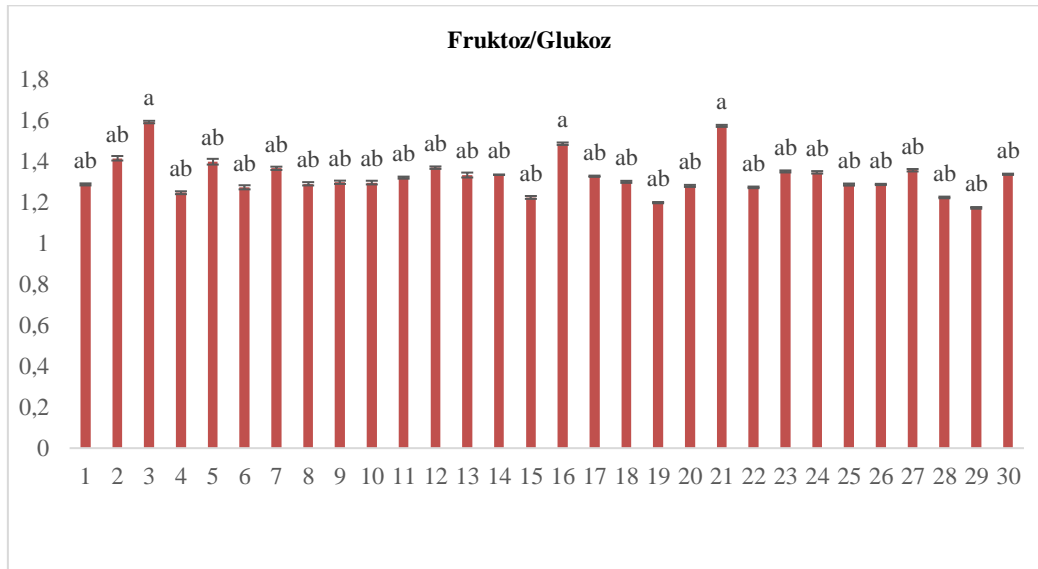
Sadece bir numune hariç diğer örneklerin prolin miktarı, tebliğde belirtilen minimum 300 mg/kg'lık değerin üzerinde olup yörelere göre farklılık göstermektedir (Tablo 1). Numunelerin 2/3'si tebliğdeki limitin 2 katından daha fazla prolin içermesiyle ülkemizde üretilen geven ballarının ortalama miktarından (755±130 mg/kg) oldukça fazladır. (Can vd., 2015). Bu durum, Ağrı geven balının saflığını ve doğallığını göstermektedir. Çünkü sahte ballarda prolin miktarı seviyesi önemli lde azalır (Cotte vd., 2004).

Çoğu yörede numuneler arasındaki farkın az olması sebebiyle istatistiksel olarak belirgin farklılık görülmemektedir (şekil 1). Prolin miktarındaki farklılık, özellikle toprak bileşimi ve çevresel faktörlerden kaynaklanmaktadır (Doğru, 2019). Toprak zellikleri, bitkilerin büyüme koşullarını etkileyerek nektarın prolin içeriğini belirlerken; endüstriyel kirlilik, tarım ilaçları ve diğer çevresel etkenler ise bitkilerin biyokimyasal yapısını etkileyerek prolin miktarında değişikliklere sebep olmaktadır (Hermosin vd., 2003).



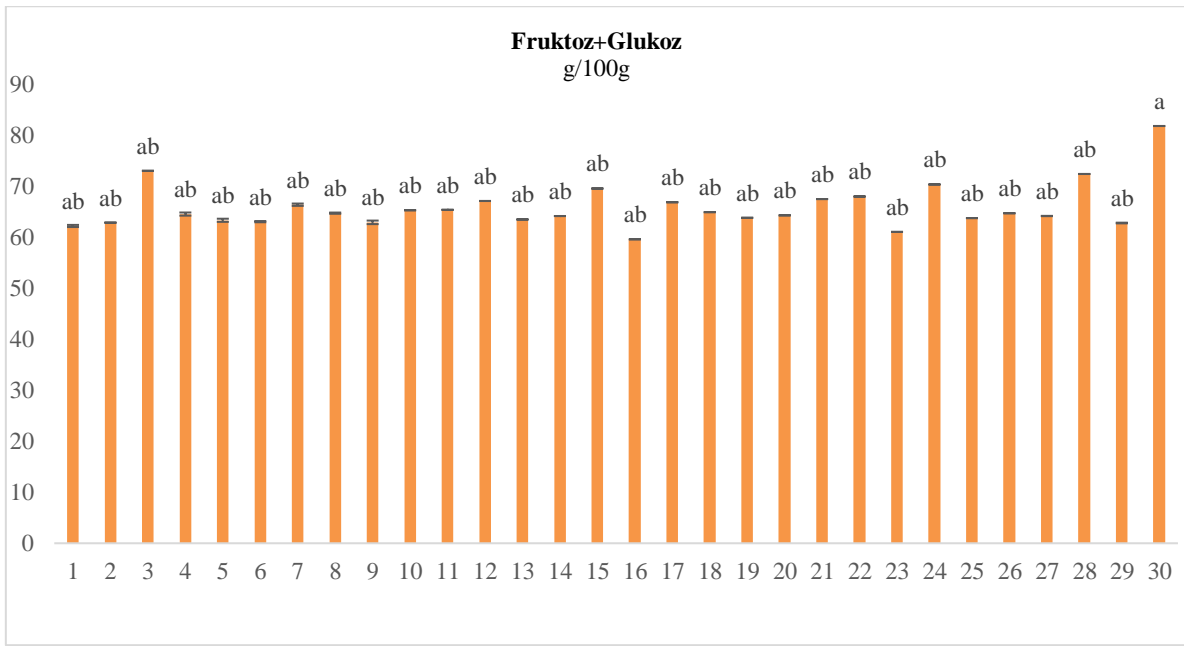
şekil 1. Bal rneklerinin prolin miktarı ieriği (P<0.05)

Figure 1. Proline content of honey samples (P<0.05)



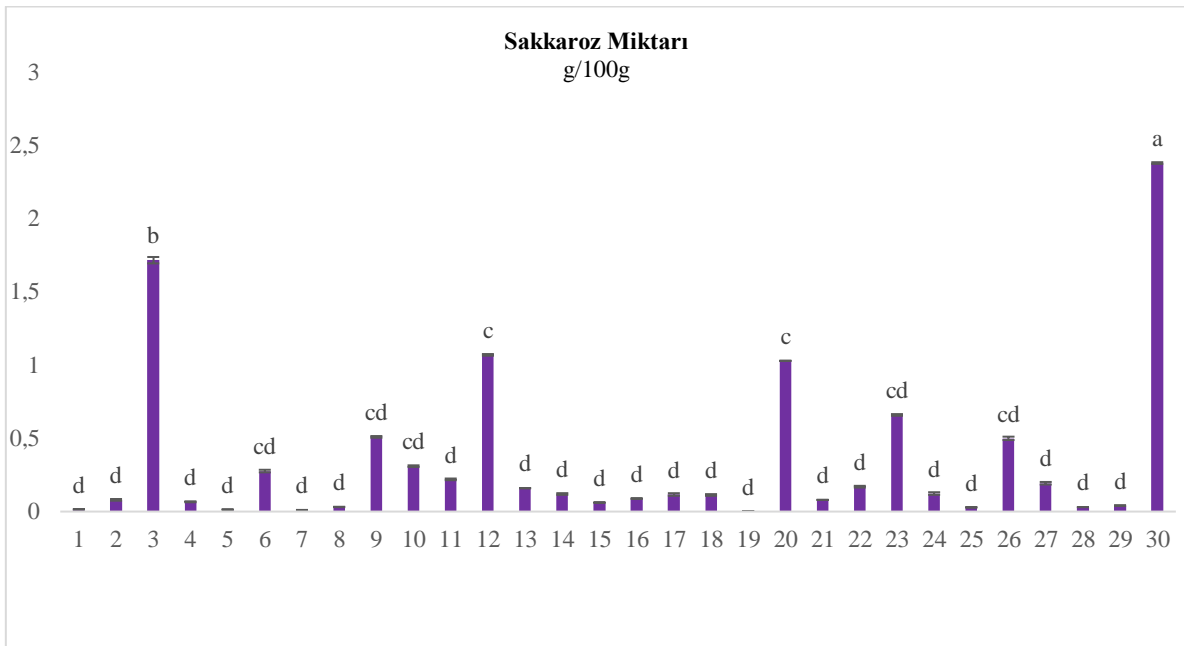
şekil 2. Bal rneklerinin fruktoz/glukoz ieriği oranı (P<0.05)

Figure 2. Fructose/glucose content ratio of honey samples (P<0.05)



Şekil 3. Bal rneklerinin fruktoz+glukoz miktarı içeriği ($P<0.05$)

Figure 3. Fructose+glucose content of honey samples ($P<0.05$)



Şekil 4. Bal rneklerinin sakkaroz miktarı içeriği ($P<0.05$)

Figure 4. Sucrose content of honey samples ($P<0.05$)

Bu alandaki önceki araştırmalarda balın içerik kalitesinin birçok faktörden etkilendiğini açıklamaktadır. Bunlar arasında balın kaynağı ve florası, iklim ve coğrafi konum, balın olgunlaşma süreci, arıcılık uygulamaları, zirai kimyasallar ve kirliliğin yanı sıra balın olgunlatırılması ve saklanması en önemlileri arasında görülmektedir (Pavlova vd., 2018). Bu faktörler göz önüne alındığında baldaki Şeker içeriği de oldukça farklılık göstermektedir. Balın Şeker profilindeki fruktoz içeriği, bal arıları tarafından iek nektarından toplanan ve sindirilerek arıların bal peteğinde depoladığı karbonhidratlardan kaynaklanmaktadır (Guerzou, 2021). Nektar doğal olarak yüksek oranda sakkaroz içermektedir. Arılar tarafından salgılanan invertazlar aracılığıyla sakkaroz parçalanarak fruktoz ve glikoza dönüştürülmektedir (Mutlu, 2016). Fruktoz miktarı balda miktar olarak en fazla bulunan Şeker eididir (Bengü, 2022). Fruktozun yüksek olması, balın daha tatlı ve lezzetli olmasına katkı sağlamaktadır. Ancak, balın içindeki fruktoz oranı diğer bileşenlerle dengeli olmalıdır. Aşırı miktarda fruktoz, balın kristalizasyon sürecinin hızlanmasına sebep olmaktadır (MAYBİR, 2024). Balın

olgunlaşma sürecindeki doğal bir süreç olan sakkarozun glukoz ve fruktoza dönüştürülmesi sonucunda bu iki şekerin miktarı artış göstermektedir. Ancak glukoz miktarının balda aşırı yüksek olması, balda şeker oranının dengesiz olduğunu ve kalitesinin düşük olabileceğini göstermektedir. Öte yandan balın içindeki sakkaroz miktarının yüksek olması ise, balın kalitesinin düşük olduğuna işaret etmektedir. Sakkaroz, balın doğal yapısında bulunmamakta ve genellikle katkı maddesi olarak eklenmektedir. Yüksek sakkaroz miktarları, balın sulandırılmış, şekerle takviye edilmiş veya balın arıların şekerli besinler tükettiği bir bölgede üretildiği anlamına gelmektedir (Kukurova vd., 2008). Sağlıklı ve kaliteli bir bal çok düşük miktarda sakkaroz içermelidir (en çok 5g/100g) (TS 3036, 2023).

Tablo 1. Bal örneklerinin şeker ve prolin içerikleri
Table 1. Sugar and prolin contents of honey samples

Balın Yöresi	Fruktoz g/100g	Glukoz g/100g	Sakkaroz g/100g	Fruktoz+Guoz (F+G) g/100g	Fruktoz/Guoz (F/G)	Prolin mg/kg
Doğubeyazıt/Çiftlik köyü	39.88±0.01	32.59±0.01	0.03±0.0003	72.49±0.01	1.22±0.01	658.97±0.03
Doğubeyazıt/Güllüce köyü	46.85±0.01	34.62±0.39	2.38±0.006	81.91±0.01	1.34±0.01	712.35±0.32
Eleşkirt/Güneykaya köyü	38.21±0.01	28.78±0.03	0.12±0.008	66.94±0.01	1.33±0.01	782.34±0.33
Eleşkirt/merkez	36.91±0.01	28.47±0.01	0.31±0.006	65.37±0.01	1.3±0.01	813.28±0.36
Hamur/Hamur deresi	35.42±0.01	27.83±0.02	0.28±0.008	63.13±0.12	1.27±0.01	716.96±0.05
Hamur/KaraseyitAli köyü	38.80±0.01	28.34±0.02	1.07±0.006	67.19±0.01	1.37±0.01	772.00±0.02
Hamur/Soğanlitepeköyü	35.11±0.01	25.94±0.02	0.66±0.006	61.12±0.01	1.35±0.01	554.56±0.29
Merkez/Ağılbaşı köyü	36.05±0.03	28.91±0.01	0.06±0.003	64.62±0.31	1.25±0.01	637.27±0.37
Merkez/Çamurlu köyü	36.86±0.01	26.02±0.02	0.08±0.006	62.94±0.02	1.40±0.01	557.90±0.05
Merkez/Çukuralan köyü	36.32±0.01	27.27±0.02	0.16±0.0003	63.56±0.01	1.33±0.01	663±0.006
Merkez/Çukurçayı köyü	38.28±0.01	31.29±0.02	0.06±0.0008	69.64±0.03	1.22±0.01	986.66±1.45
Merkez/Gümüsyazı Köyü	35.19±0.01	27.32±0.01	0.02±0.0006	62.28±0.21	1.29±0.01	404.00±0.05
Merkez /Hacisefer köyü	38.15±0.01	30.03±0.04	0.17±0.006	68.07±0.03	1.27±0.01	702.01±0.01
Merkez /Kalender köyü	34.84±0.02	29.04±0.05	0.001±0.0006	63.89±0.01	1.20±0.01	554.33±0.33
Merkez/Kavacık köyü	36.14±0.01	28.19±0.02	1.03±0.0003	64.37±0.01	1.28±0.01	672.67±3.34
Merkez/Kovancık köyü	40.40±0.01	30.07±0.03	0.12±0.008	70.44±0.01	1.35±0.01	784.97±0.04
Merkez /Pamuktaş köyü	37.23±0.01	28.22±0.02	0.22±0.006	65.46±0.02	1.32±0.01	861.66±0.33
Merkez /Sarıtaş köyü	36.72±0.01	28.27±0.02	0.12±0.006	64.99±0.01	1.3±0.01	736.96±0.06
Merkez/Sofyan köyü	36.44±0.01	28.36±0.02	0.5±0.01	64.78±0.01	1.29±0.01	554.37±0.31
Merkez/Tezeren köyü	35.92±0.01	27.86±0.03	0.03±0.0008	63.83±0.02	1.29±0.01	568.34±0.32
Merkez/Yayla Köyü	36.43±0.02	28.22±0.01	0.03±0.001	64.8±0.12	1.29±0.01	793.96±0.04
Merkez /Yazıcı köyü	35.66±0.01	24.01±0.01	0.08±0.001	59.67±0.01	1.49±0.01	312.97±0.05
Merkez/Yukarıpamuktaş köyü	36.71±0.01	27.57±0.03	0.12±0.006	64.23±0.01	1.33±0.01	556.88±0.06
Patnos/Doğansu köyü	41.3±0.02	26.27±0.01	0.08±0.0006	67.56±0.01	1.57±0.01	836.34±0.32
Taşlıçay/Aşağışesen köyü	35.78±0.01	27.59±0.02	0.51±0.006	62.99±0.35	1.3±0.01	608.73±0.37
Taşlıçay Balççek köyü	33.92±0.01	28.82±0.05	0.04±0.0006	62.86±0.07	1.17±0.01	640.33±1.45
Tutak/Esmer köyü	36.95±0.01	27.28±0.02	0.19±0.008	64.24±0.03	1.36±0.01	642.43±0.29
Tutak/merkez	38.51±0.01	28.22±0.02	0.01±0.0007	66.46±0.23	1.37±0.01	665.9±0.08
Tutak/Soğukpınar Köyü	44.88±0.02	28.20±0.02	1.72±0.02	73.11±0.02	1.59±0.01	555.37±0.31
En düşük (min.)	33.92	24.01	0.001	59.66	1.17	312.97
En yüksek (max.)	46.85	34.62	2.38	81.90	1.59	986.66
Ortalama (mean)	35.57	28.34	0.34	65.87	1.32	665.68

Balın kalitesini belirlemede önemli bir diğer parametre ise prolin miktarı analizidir. Baldaki prolinin kaynağı; arıların nektar, polen ve diğer bitki özleri gibi doğal kaynaklardan aldığı amino asitlerdir (Toy & Şahinler, 2022). Ayrıca prolin, arı tarafından nektarın bala dönüşmesi sırasında bala katılan tek aminoasittir (Hermosin vd., 2003). Prolin balda doğal olarak bulunmakta ve balın renk, aroma ve tadını etkileyen birçok bileşen ile çalışmaktadır. Bu sebeple kaliteli bir balın doğal olarak yüksek miktarda prolin içermesi beklenmektedir (Nikhat vd., 2022). Çalışmada analizi yapılan 30 bal numunesinin prolin miktarlarının 313-987 mg/kg (ort. 668 mg/kg) arasında olduğu gözlenmiştir. Bu verilerin Türk gıda kodeksi bal tebliğinde belirtilen limit değerine (en az 300 mg/kg) uygun olduğu görülmektedir. Balın içeriğindeki prolin miktarını önemli kılan etken diğer amino asitlerden daha yüksek miktarda olduğu için değil, balda doğal olarak bulunmasından ve diğer bileşenlerle etkileşerek balın tat, koku ve kıvamını belirlemesinden dolayıdır. Prolin içeriği balın kaynağına, floraya ve balın üretildiği mevsime göre değişkenlik göstermektedir (Manzaranes vd., 2014).

Araştırma sonucunda elde edilen bulgulara göre Ağrı ilinin farklı yörelerinde üretilen geven ballarının genel olarak bal tebliğine ve Türk patent ve marka kurumunun belirlediği limitlere uygun olduğu ancak dört adet örneğin F/G oranı açısından ilgili mevzuatlara uymadığı gözlenmiştir. Bu durum, üretim sürecinde bazı problemleri veya değişiklikleri işaret etmektedir. Bazı bitki türleri nektarı yüksek fruktoz içermektedir. Arıların belli bir bitki türünden ağırlıklı olarak nektar toplaması bu oranın fazla çıkmasına sebep olmaktadır. Ayrıca bölgesel ve mevsimsel değişiklikler, arıların balı ne zaman ve nasıl hasat ettiğinin yanı sıra balın olgunlaşma ve işlenme süreci, arı kolonilerine yanlış şekerler verilmesi de bu oranı etkilemektedir (Finola vd., 2007).

4. Sonuçlar

4. Conclusions

Özellikle Doğu Anadolu bölgesinin florasında geniş bir alana sahip olan geven bitkisi ve balı üzerine yapılan araştırmalar incelendiğinde, farklı yörelerde arıların beslenmesi için geven bitkisinin içerdiği glikoz oranı ve kokusunun etkisinin önemi, ihracat oranı (Akdeniz vd., 2022), polen analizi (Bakoğlu vd., 2014), flavonoid miktarı, fenolik içerikleri (Küçükaydın vd., 2023), polifenol değeri ve HMF miktarı (Kara vd., 2020), nektar potansiyeli (Demir, 2014), ve mineral içeriğini (Kaygusuz vd., 2016), Şeker profiline ait bazı parametreler (Türk & Şen, 2021), (Can vd., 2015), (Yıldız vd., 2022), (Çetinkaya & Oğuzkan, 2024), prolin miktarı (Kara vd., 2020), (Can vd., 2015), (Çetinkaya & Oğuzkan, 2024) ve enzim inhibisyonuna (Gül & Pehlivan, 2018), (Küçükaydın vd., 2023) ait bulgular yer almaktadır. Şimdiye kadar yapılan çalışmalardan Türkiye'deki bazı illerde üretimi yapılan geven ballarına ait prolin miktarı ve şeker profillerine ait veriler tablo 2'de belirtilmiştir.

Tablo 2. Türkiye'deki bazı illere ait geven ballarının prolin miktarı ve şeker profili

Table 2. Proline content and sugar profile of *Astragalus* honey from some provinces in Turkey

Balın Yöresi	Fruktoz g/100g	Glukoz g/100g	Sakkaroz g/100g	Fruktoz+Guoz (F+G) g/100g	Fruktoz/Guoz (F/G)	Prolin mg/kg
Adana (Türk & Şen, 2021)	-	-	0.82	67.42	1.19	-
Çanakkale, Elazığ ve Diyarbakır (Can vd., 2015)	32.62	25.34	1.61	57.96	1.28	755
Erzincan (Kara vd., 2020)	-	-	-	-	-	640.54
Erzurum (Çetinkaya & Oğuzkan, 2024)	-	-	-	68.64	1.53	584.6

Geven balının analizi ile ilgili çalışmaların Türkiye genelinde altı ilden toplanan örneklerle sınırlı olduğu görülmektedir (Tablo 2). Çalışmalarda bal örnekleri aynı olmasına rağmen sonuçlar farklılık göstermektedir. İllere göre şeker profili ve prolin miktarındaki farklılık yöredeki geven bitkisinin bölgesel kökenine bağlıdır (Andrade vd., 1997, Mendes vd., 1998, Can vd., 2015). Mevcut çalışma Ağrı ilinin farklı yörelerine ait geven ballarının genel olarak prolin, fruktoz ve glukoz içeriklerinin diğer illere kıyasla daha fazla; sakkaroz değerinin

ise daha az olduğunu göstermektedir (Tablo 1). Bu veriler diğer illerle kıyaslandığında Ağrı yöresinde üretimi yapılan geven balının daha kaliteli olduğunu ortaya koymaktadır. Bu ise yörede üretilen balın tercih edilebilirliğini artırmaktadır.

Ağrı ilinin arıcılık faaliyetlerine elverişli koşullara sahip olduğunu ve bilimsel literatürde ilk kez yörede üretilen geven balının kalite standartlarına uygunluğunu konu alan mevcut çalışma, yöre halkının genç nüfusunun bu alana yönelmesinin teşvikini amaçlamaktadır. Böylelikle yöredeki yetiştiricilerin arıcılık faaliyetleri ve bal üreticiliğinde hem iç hem de dış pazarda tanınırlığının sağlanması ve bu alandaki bilimsel çalışmalara temel oluşturması hedeflenmektedir.

Teşekkür

Acknowledgement

Deneysel çalışmalarım sırasında desteklerini esirgemeyen Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi Merkezi Araştırma ve Uygulama Laboratuvarı yönetimi ve çalışma arkadaşlarımla yanı sıra bal numunelerinin temininin yapıldığı Ağrı arıcılar birliğine teşekkürlerimi sunarım.

Yazar katkısı

Author contribution

Makale ilgili yazar tarafından yazılmıştır.

Etik beyanı

Declaration of ethical code

Yazar, bu çalışmada kullanılan materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve / veya yasal-özel izin gerektirmediğini beyan etmektedir.

Çıkar çatışması beyanı

Conflicts of interest

Yazar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Kaynaklar

References

- Akdeniz, G., & Kantar, A. (2022). Analysis of honey export potential and competitiveness of Türkiye. *Bee Studies*, 14(2), 55-61.
- Alvarez-Suarez, J. M., Tulipani, S., Romandini, S., Bertoli, E., & Battino, M. (2010). Contribution of honey in nutrition and human health: a review. *Mediterranean journal of Nutrition and Metabolism*, 3, 15-23.
- Andrade, P., Ferreres, F., & Amaral, M. T. (1997). Analysis of honey phenolic acids by HPLC, its application to honey botanical characterization. *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies*, 20(14), 2281-2288.
- Bakoğlu, A., Kutlu, M., & Bengü, A. (2014). Bingöl ilinde arıların yoğun olarak konakladıkları alanlarda üretilen ballarda bulunan polenlerin tespiti. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(3), 348-353.
- Barden, B., & Engel, M. S. (2020). Fossil social insects. *Encyclopedia of Social Insects*, 1-21. https://doi.org/10.1007/978-3-319-90306-4_45-1
- Bayıl-Oguzkan, S., & Çetinkaya, T. (2024). Physicochemical Characteristics of Astragalus Honey Obtained from Erzurum Province. *The Eurasia Proceedings of Science, Technology, Engineering, Mathematics*, 28, 185-190.
- Bayram, N. E., Kutlu, N., & Gerçek, Y. C. (2023). Utilization of response surface methodology in optimization of proline extraction from *Castanea sativa* honey. *Chemistry, Biodiversity*, 20, 2-8. <https://doi.org/10.1002/cbdv.202201092>
- Bengü, A. Ş. (2022). Balın kimyası, özellikleri ve sağlığımız. *Bingöl Üniversitesi Sağlık Dergisi*, 2(2), 93-98.

- Boussaid, A.; Chouaibi, M.; Rezig, L.; Hellal, R.; Donsi, F.; Ferrari, G.; & Hamdi, S. (2018). Physicochemical and bioactive properties of six honey samples from various floral origins from Tunisia. *Arabian Journal of Chemistry*, *11*, 265–274.
- Can, Z., Yildiz, O., Sahin, H., Akyuz Turumtay, E., Silici, S., & Kolayli, S. (2015). An investigation of Turkish honeys: Their physico-chemical properties, antioxidant capacities and phenolic profiles. *Food Chemistry*, *180*, 133–141.
- Codex Alimentarius. (2001). Codex Standards in the WHO South-East Asia Region. World Health Organization, 58p., Rome-Italy.
- Cotte, J. F., Casabianca, H., Giroud, B., Albert, M., Lheritier, J., & Grenier-Loustalot, M.F. (2004). Characterization of honey amino acid profiles using high-pressure liquid chromatography to control authenticity. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, *378*, 1342–1350. <https://doi.org/10.1007/s00216-003-2430>.
- Çetin, C. (2008). Türk düğün gelenekleri ve kutsal evlilik ritüeli. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, *48*(2), 111-126.
- da Silva, P. M., Gauche, C., Gonzaga, L. V., Costa, A. C. O., & Fett, R. (2016). Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food Chemistry*, *196*, 309-323
- Demir, M. (2014). Kars İlinin Arıcılık Potansiyeli ve Değerlendirme Durumu. *Doğu Coğrafya Dergisi*, *32*, 209-229.
- Doğru, A. (2019). Bitkilerde düşük sıcaklık stresi ve soğuğa uyum. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *2*(1), 45-52.
- Diafat, A. E. O., Benouadah, A., Bahloul, A., Meribai, A., Mekhalfi, H., Bouaziz, F., Techache, D., Laabachi, H., & Arrar, L. (2017). Physicochemical properties and pollen analyzes of some Algerian honeys. *International Food Research Journal*, *24*(4), 1453-1459
- Finola, M. S., Lasagno, M. C., & Marioli, J. M. (2007). Microbiological and chemical characterization of honeys from central Argentina. *Food Chemistry*, *100*(4), 1649-1653. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.09.024>
- Guerzou, M., Aouissi, H. A., Guerzou, A., Burlakovs, J., Doumandji, S., & Krauklis, A. E. (2021). From the beehives: identification and comparison of physicochemical properties of algerian honey. *Resources*, *10*(94), 1-11. <https://doi.org/10.3390/resources10100094>
- Gül, A., & Pehlivan, T. (2018). Antioxidant activities of some monofloral honey types produced across Turkey. *Saudi Journal of Biological Sciences*, *25*(6), 1056-1065.
- Gündoğdu, E., Çakmakçı, S., & Şat, İ.G. (2019). Overview of honey: its composition, nutritional and functional properties. *Journal of Food Science and Engineering*, 10-14. <http://doi.org/10.17265/2159-5828/2019.01.003>
- Güzel, N., & Bahçeci, K. S. (2020). Çorum yöresi ballarının bazı kimyasal kalite parametrelerinin değerlendirilmesi. *The Journal Of Food*, *2*(45), 230-241.
- Hermosin, I., Chicon, R.M., & Cabezudo, M.D., (2003). Free amino acid composition and botanical origin of honey. *Food Chemistry*, *83*, 263-268.
- International Food Standart. (2022). *World Health Organization: Food and agriculture organization of the united nations* (CXS 346-2021). <https://www.codexalimentarius.org>
- İbrahim, M. A., Shah, A. S. M., & Mohd, R. A. (2017). Concept of shifa' in al-quran: islamic medicine approach in healing physical disorder. *International Journal of Islamic Studies* *2*(6), 23-30.
- Kara, Y., Şahin, H., & Kolaylı, S. (2020). GEOGRAPHICAL fingerprint of *Astragalus* (*Astragalus microcephalus* willd.) honey supplied from Erzincan region of Turkey. *Ulu Arıcılık Dergisi*, *20*(2), 123-131.
- Kaygusuz, H., Tezcan, F., Erim, F.B., Yildiz, O., Sahin, H., Can, Z., & Kolayli, S. (2016). Characterization of Anatolian honeys based on minerals, bioactive components and principal component analysis, *Food Science and Technology*, *68*, 273-279.
- Kaya, F. (2008). Ağrı ilinde arıcılık yapısı ve değerlendirme durumu. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. *12*(2). 35-55. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ataunisobil/issue/2822/38061>

- Kukurova, K., Karovicova, J., Kohajdova, Z., & Bilikova, K. (2008). Authentication of honey by multivariate analysis of its physico-chemical parameters. *Journal of Food and Nutrition Research*, 47(4), 170-180.
- Küçükaydın, S., Tel-Çayan, G., Çayan, F., Taş-Küçükaydın, M., Eroğlu, B., D, M., & Öztürk, M. (2023). Characterization of Turkish *Astragalus* honeys according to their phenolic profiles and biological activities with a chemometric approach., *Food Bioscience*, <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102507>.
- Manzanares, A. B., García, Z. H., Galdon, B. R., Rodríguez, E. R., & Romero, C. D. (2014). Physicochemical characteristics of minor monofloral honeys from Tenerife, Spain. *LWT – Food Science and Technology*, 55(2), 572–578. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.09.02>
- MAYBİR (2024.). <https://www.maybir.org.tr/bal>
- Mendes, E., Proença, E. B., Ferreira, I. M. P. L. V. O., & Ferreira, M. A. (1998). Quality evaluation of Portuguese honey. *Carbohydrate Polymers*, 37(3), 219-223
- Mutlu, C. (2016). Balın biyoaktif bileşenlerinin korunarak kurutulması ve üretilen bal tozlarından soğuk içecek karışımı hazırlama imkanlarının araştırılması. *Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, <http://acikerisim.akdeniz.edu.tr/xmlui/handle/123456789/2842>
- Mutlu, C., Erbaş, M., & Tontul, S. A. (2017). Bal ve diğer arı ürünlerinin bazı özellikleri ve insan sağlığı üzerine etkileri. *Akademik Gıda*, 15(1), 75-83. <https://doi.org/10.24323>
- Nakilcioğlu, E., & Nurko, E. (2022). Kovandaki gizli mucize: arı poleni ve arı ekmeği ile gıdaların zenginleştirilmesi. *The Journal Of Food*, 47(4), 604-615
- Nikhat, S., & Fazil, M. (2022). History, phytochemistry, experimental pharmacology and clinical uses of honey: a comprehensive review with special reference to unani medicine. *Journal of Ethnopharmacology*, 282, 114614
- Otero, M. C. B., & Bernolo, L. (2020). Honey as functional food and prospects in natural honey production. *Functional Foods and Nutraceuticals* (pp. 197-210). https://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-42319-3_11
- Pavlova, T., Stamatovska, V., Dimov, I., Nakov, G. (2018). Quality characteristics of honey: a review. Vol. 57, book 10.2, 31-37
- Saxena, S., Gautam, S., & Sharma, A. (2010). Physical, biochemical and antioxidant properties of some Indian honeys. *Food Chemistry*, 118(2), 391-397. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.05.001>
- SERKA-Serhat kalkınma ajansı (2021, Ağustos). <https://www.serka.gov.tr/assets/upload/dosyalar/agri-bal-raporu.pdf>
- Toy, N. Ö., & Şahinler, N. (2022). Önemli bir arı ürünü olan balın kalite parametreleri. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, <https://doi.org/10.24925/turjaf.v10isp1.2841-2847.5859>
- Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği. (2020). Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığından: Türk gıda kodeksi bal tebliği (Tebliğ no: 2020/7). <https://mevzuattakip.com.tr/mevzuat/turk-gida-kodeksi-bal-tebliği-no-2020-7>
- Türk patent. (2022). <https://ci.turkpatent.gov.tr/cografi-isaretler>
- Türk Standardı 3036 Bal. (T4/2023). Türk Standartları Enstitüsü (ICS 65.140) <https://intweb.tse.org.tr>
- Türk Standardı 13357 Balda Prolin Muhtevasının Tayini. (2008). Türk Standartları Enstitüsü (ICS 65.180.10) <https://intweb.tse.org.tr>
- Türk Standardı 13359 Bal-Fruktoz, glukoz, sakaroz, turanoz ve maltoz muhtevası tayini- Yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) metodu (2008). Türk Standartları Enstitüsü (ICS 65.180.10) <https://intweb.tse.org.tr>
- Türk, G., & Şen, K. (2021). Changes of various quality characteristics and aroma compounds of astragalus honey obtained from different altitudes of Adana-Turkey. *Journal of Food Processing and Preservation*, <https://doi.org/10.1111/jfpp.15852>
- Uludağ Arıcılık Dergisi. (2008, Mayıs). <https://dergipark.org.tr/tr/download/issue-full-file/53265>

Yildiz, O., Gurkan, H., Sahingil, D., Degirmenci, A., Er Kemal, M., Kolayli, S., & Hayaloglu, A. A. (2022). Floral authentication of some monofloral honeys based on volatile composition and physicochemical parameters. *European Food Research and Technology*, 248(8), 2145-2155.