

**ERCIYES ÜNİVERSİTESİ**  
**BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ BİRİMİ**  
**KOMİSYON BAŞKANLIĞINA**  
**Kayseri**

Fen Bilimleri Enstitüsü bünyesinde danışmanlığımı yürüttüğüm Elif SARI'nın "TÜRKİYEDE ÜRETİLEN BAZI BALLARIN BİYOLOJİK VE FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ" isimli doktora tez çalışması biriminiz tarafından FBD-09-966 kodu ile desteklenmiştir. Bir yıllık ek süre kullanarak çalışmanın bitiş tarihi 15.06.2012 olarak onaylanmıştı. Çalışmamızı sona erdirmemize karşın, öğrencinin Enstitü kadrosunda olması ve öğretim üyeliği için yeni bir kadro bulabilmesi için zamana ihtiyaç hasıl olmuştur. Bu nedenle Elif SARI yasal süresini kullanmak istemektedir. Dolayısıyla tez çalışmasının sunumunu bu sürenin sonunda gerçekleştirecektir.

Yukarıda belirtilen nedenlerle yürütücüsü bulunduğum projenin bitiş tarihi sona erdiğinden yeni bir proje talebini gerçekleştirememekteyim. Sunulan sonuç raporunun geçici kabulünü veya tez çalışması sonuçlanana kadar sürenin uzatılabilmesini ve bu şekilde yeni proje başvurularımın sağlanması hususunu bilgilerinize arz ederim.

26.06.2012

Prof. Dr. Nusret AYYILDIZ

Tel.: 33071

T.C.  
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ  
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ  
KOORDİNASYON BİRİMİ

**TÜRKİYE'DE ÜRETİLEN BAZI BALLARIN BİYOLOJİK VE  
FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Proje No: FBD-09-966**

Proje Türü  
Doktora

**SONUÇ RAPORU**

**Proje Yürütücüsü**  
Prof. Dr. Nusret AYYILDIZ  
Fen Fakültesi/Biyoloji Bölümü

**Araştırmacı**  
Arş Gör. Elif SARI  
Fen Fakültesi/Biyoloji Bölümü

Haziran 2012

KAYSERİ



## **TEŐEKKÖR**

Bu alıőmayı FBD-09-966 kodlu proje ile destekleyen Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine teşekkür etmeyi mutlu bir görev addederiz.

## İÇİNDEKİLER

|   | Sayfa No |
|---|----------|
| <b>TEŞEKKÜR</b>   | i        |
| <b>ÖZET</b>   | vi       |
| <b>ABSTRACT</b>   | vii      |
| <b>GİRİŞ</b>  | 1        |
| <b>1. GENEL BİLGİLER</b>  | 5        |
| 1.1. Balın Tanımı   | 5        |
| 1.2. Balın Fizikokimyasal Özellikleri                                 | 7        |
| 1.3. Balın Melissopalinojik Özellikleri                               | 9        |
| 1.4. Balın Antioksidan ve Antiradikal Aktivitesi                      | 11       |
| <b>2. GEREÇ VE YÖNTEM</b>   | 28       |
| 2.1. Materyal   | 28       |
| 2.1.1. Bal Örnekleri Materyali  | 28       |
| 2.2. Yöntem   | 28       |
| 2.2.1. Melissopalinojik analizler                                     | 29       |
| 2.2.1.1. Bazik-fuksinli gliserin-jelâtin hazırlanması                 | 29       |
| 2.2.1.2. Polen analizi için baldan preparat hazırlanması              | 29       |
| 2.2.2. Fizikokimyasal analizler                                       | 31       |
| 2.2.2.1. Balda nem tayini   | 31       |
| 2.2.2.2. Balda asitlik tayini   | 31       |
| 2.2.2.3. Balda pH tayini  | 32       |
| 2.2.2.4. Balda diastaz tayini   | 32       |
| 2.2.2.5. Balda invert şeker tayini                                    | 34       |
| 2.2.2.6. Balda sakkaroz tayini  | 37       |
| 2.2.3. Biyolojik analizler  | 37       |
| 2.2.3.1. Balda toplam fenolik madde miktarının belirlenmesi           | 37       |
| 2.2.3.2. Bal örneklerinin antioksidan özelliklerinin belirlenmesi     | 38       |
| 2.2.3.3. Bal örneklerinde antiradikal aktivitenin belirlenmesi (DPPH) | 38       |

|   |    |
|---|----|
| deneyi)   |    |
| 2.2.4. İstatistiksel analiz                                     | 38 |
| <b>3. BULGULAR</b>  | 39 |
| 3.1. Kestane Balları  | 39 |
| 3.1.1. Kestane Bal Örneklerinde Polen Analizi Sonuçları         | 39 |
| 3.1.2. Kestane Bal Örneklerinde Biyokimyasal Analiz Sonuçları   | 41 |
| 3.1.2.1. Nem Miktarı  | 43 |
| 3.1.2.2. pH Değeri  | 43 |
| 3.1.2.3. Asitlik Miktarı  | 43 |
| 3.1.2.4. Diyastaz Sayısı  | 43 |
| 3.1.2.5. İvert Şeker Miktarı                                    | 44 |
| 3.1.2.6. Sakaroz Miktarı  | 44 |
| 3.1.3. Kestane Bal Örneklerinde Biyolojik Analiz Sonuçları      | 44 |
| 3.1.3.1. Toplam Fenolik Madde Miktarı                           | 46 |
| 3.1.3.2. Toplam Antioksidan Aktiviteleri                        | 46 |
| 3.1.3.3. Toplam Antiradikal Aktiviteleri                        | 47 |
| 3.2. Ayçiçek Balları  | 47 |
| 3.2.1. Ayçiçeği Bal Örneklerinde Polen Analizi Sonuçları        | 47 |
| 3.2.2. Ayçiçeği Bal Örneklerinde Biyokimyasal Analiz Sonuçları  | 48 |
| 3.2.2.1. Nem Miktarı  | 50 |
| 3.2.2.2. pH Değeri  | 50 |
| 3.2.2.3. Asitlik Miktarı  | 51 |
| 3.2.2.4. Diyastaz Sayısı  | 51 |
| 3.2.2.5. İvert Şeker Miktarı                                    | 51 |
| 3.2.2.6. Sakaroz Miktarı  | 51 |
| 3.2.3. Ayçiçeği Bal Örneklerinde Biyolojik Analiz Sonuçları     | 52 |
| 3.2.3.1. Toplam Fenolik Madde Miktarı                           | 53 |
| 3.2.3.2. Toplam Antioksidan Aktiviteleri                        | 54 |
| 3.2.3.3. Toplam Antiradikal Aktiviteleri                        | 54 |
| 3.3. Narenciye Balları  | 54 |
| 3.3.1. Narenciye Bal Örneklerinde Polen Analizi Sonuçları       | 54 |
| 3.3.2. Narenciye Bal Örneklerinde Biyokimyasal Analiz Sonuçları | 56 |

|  |    |
|--|----|
| 3.3.2.1. Nem Miktarı   | 58 |
| 3.3.2.2. pH Değeri   | 58 |
| 3.3.2.3. Asitlik Miktarı   | 58 |
| 3.3.2.4. Diyastaz Sayısı   | 58 |
| 3.3.2.5. İvert Şeker Miktarı                                     | 58 |
| 3.3.2.6. Sakaroz Miktarı   | 59 |
| 3.3.3. Narenciye Bal Örneklerinde Biyolojik Analiz Sonuçları     | 59 |
| 3.3.3.1. Toplam Fenolik Madde Miktarı                            | 61 |
| 3.3.3.2. Toplam Antioksidan Aktiviteleri                         | 61 |
| 3.3.3.3. Toplam Antiradikal Aktiviteleri                         | 61 |
| 3.4. OrmangŐlũ Balları   | 62 |
| 3.4.1. OrmangŐlũ Bal Örneklerinde Polen Analizi Sonuçları        | 62 |
| 3.4.2. OrmangŐlũ Bal Örneklerinde Biyokimyasal Analiz Sonuçları  | 63 |
| 3.4.2.1. Nem Miktarı   | 64 |
| 3.4.2.2. pH Değeri   | 65 |
| 3.4.2.3. Asitlik Miktarı   | 65 |
| 3.4.2.4. Diyastaz Sayısı   | 65 |
| 3.4.2.5. İvert Şeker Miktarı                                     | 65 |
| 3.4.2.6. Sakaroz Miktarı   | 65 |
| 3.4.3. OrmangŐlũ Bal Örneklerinde Biyolojik Analiz Sonuçları     | 66 |
| 3.4.3.1. Toplam Fenolik Madde Miktarı                            | 67 |
| 3.4.3.2. Toplam Antioksidan Aktiviteleri                         | 67 |
| 3.4.3.3. Toplam Antiradikal Aktiviteleri                         | 68 |
| 3.5. Polifloral Ballar   | 68 |
| 3.5.1. Polifloral Bal Örneklerinde Polen Analizi Sonuçları       | 68 |
| 3.5.2. Polifloral Bal Örneklerinde Biyokimyasal Analiz Sonuçları | 69 |
| 3.5.2.1. Nem Miktarı   | 71 |
| 3.5.2.2. pH Değeri   | 72 |
| 3.5.2.3. Asitlik Miktarı   | 72 |
| 3.5.2.4. Diyastaz Sayısı   | 72 |
| 3.5.2.5. İvert Şeker Miktarı                                     | 72 |
| 3.5.2.6. Sakaroz Miktarı   | 73 |

|   |    |
|---|----|
| 3.5.3. Polifloral Bal Örneklerinde Biyolojik Analiz Sonuçları | 73 |
| 3.5.3.1. Toplam Fenolik Madde Miktarı                         | 75 |
| 3.5.3.2. Toplam Antioksidan Aktiviteleri                      | 75 |
| 3.5.3.3. Toplam Antiradikal Aktiviteleri                      | 75 |
| <b>4. TARTIŞMA VE SONUÇ</b>                                   | 77 |
| <b>KAYNAKLAR</b>  | 88 |



## ÖZET

Türkiye'nin farklı bölgelerinden 50'şer adet kestane, ayçiçek narenciye ve polifloral bal ile 30 ormangülü balı olmak üzere toplam 230 bal örneği toplanmıştır. Bu balların melissopalnolojik analizleri yapılarak bitki kökenleri belirlenmiş ve daha sonra fizikokimyasal analizleri (nem, pH, asidite, diyastaz, invert şeker ve sakaroz), toplam fenolik madde içeriği, antioksidan ve antiradikal aktiviteleri tespit edilmiştir. Ayrıca fizikokimyasal analiz sonuçları ile ilgili veriler Türk Standartları Enstitüsü (TSE), AB ve Kodeks standartlarıyla karşılaştırılmıştır.

Fizikokimyasal analizler sonucunda kestane, ayçiçeği, narenciye, ormangülü ve polifloral ballarda sırasıyla ortalama nem %19.18, 20.09, 19.26, 17.67 ve 17.15, pH 4.81, 3.87, 3.87, 5.08 ve 4.79, toplam asitlik 35.63, 49.84, 19.66, 21.62 ve 32.40 meq kg-1, diyastaz sayısı 20.17, 20.37, 3.09, 18.87 ve 19.34, invert şeker % 88.99, 110.09, 110.60, 104.69 ve 95.21, sakaroz % 1.42, 1.31, 1.73, 2.54 ve 4.92 ortalama değerleri tespit edilmiştir.

Yapılan biyolojik analizlerin sonucunda kestane, ayçiçeği, narenciye, ormangülü ve polifloral balların toplam fenolik madde içerikleri sırasıyla 27.030–91.436, 6.896–23.201, 0.903–14.039, 0.679–60.619 ve 9.635–41.196 mg gallik asit/100g değerleri arasında, antioksidan aktivitesi 73.208–128.21, 78.091–118.676, 79.769–113.946, 75.793–114.330 ve 63.442–98.005 mg Askorbik asit/g değerleri arasında, antiradikal aktiviteleri (42.788–85.622, 24.647–65.437, 5.104–42.406, 7.039–77.187 ve 29.864–85.255 % inhibisyon değerleri arasında belirlenmiştir.

Elde edilen fizikokimyasal analiz sonuçlarına göre incelenen balların Türk Standartları Enstitüsü, AB ve Kodeks standartlarına uygunluk gösterdiği, ilaveten tüm bal örneklerinin antiradikal ve antioksidan aktiviteye sahip oldukları tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Bal, polen analizi, fizikokimyasal analizler, fenolik içerik, antioksidan aktivite, antiradikal aktivite.

## ABSTRACT

50 pieces of chestnut, sunflower, citrus and polifloral honey with 30 rhododendron honeys as totally 230 honey samples were collected from different regions of Turkey. By having made melissopalynological analysis of these honeys, the origins of the plants were determined and than physicochemical analysis (moisture, pH, acidity, diastase, invert sugar and sucrose), total phenolic content, antioxidant and antiradical activities of these honeys were determined. In addition of this, the information of the results of physicochemical analyses was compared to Institute of Turkish Standards (TSE), EU and Codex's honey standards.

By the result of physicochemical analysis moisture of chestnut, sunflower, citrus, rhododendron and honey polifloral were determined as %19.18, 20.09, 19.26, 17.67 and 17.15, Ph as 4.81, 3.87, 3.87, 5.08 and 4.79, total acidity as 35.63, 49.84, 19.66, 21.62 and 32.40 meq kg<sup>-1</sup>, diastase number as 20.17, 20.37, 3.09, 18.87 and 19.34, invert sugar as % 88.99, 110.09, 110.60, 104.69 and 95.21, sucrose as % 1.42, 1.31, 1.73, 2.54 and 4.92, respectively.

As a result of the average biological analysis, chestnut, sunflower, citrus, rhododendron and polifloral honeys were determined total phenolic content in the range of 27.030–91.436, 6.896–23.201, 0.903–14.039, 0.679–60.619 and 9.635–41.196 mg gallic acid/100g, antioxidant activity 73.208–128.21, 78.091–118.676, 79.769–113.946, 75.793–114.330 and 63.442–98.005 mg Ascorbic acid/g, antiradical activity 42.788–85.622, 24.647–65.437, 5.104–42.406, 7.039–77.187 and 29.864–85.255 % inhibition, respectively.

According to the obtained physicochemical analysis results, it was found that the examined honeys comply with the Institute of Turkish Standards, EU and Codex's honey standards; in addition, it was determined that all of them have the antiradical and antioxidant activity.

**Keywords:** Honey, pollen analysis, physicochemical analysis, phenolics content, antioxidant activity, antiradical activity.

## GİRİŞ

Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğine göre bal; “Bal arıların çiçek nektarlarını, bitkilerin veya bitkiler üzerinde yaşayan bazı canlıların salgılarını topladıktan sonra, kendine özgü maddelerle karıştırarak değişikliğe uğratarak, bal peteklerine depoladıkları tatlı maddedir” şeklinde tanımlanmıştır [1].

Balın temel bileşeni karbonhidrattır. Karbonhidratların % 85-95’ni glikoz ve früktoz oluşturmaktadır ve genellikle balda früktoz oranı glikozdan yüksektir. Bu basit şekerlerin ve früktozun diğer bileşenlere göre yüksek oranda bulunması balın fiziksel ve besleyici özelliğini belirlemektedir. Bununla birlikte balda sakaroz, maltoz ve izomaltoz gibi disakkaritler ile birkaç trisakkarit ve oligosakkarit de vardır. Bu şekerlerin bulunuşu miktar bakımından önemli olmasa da balın olgunlaşması ve botanik orijininin belirlenmesi için önemlidir. Balın yapısında karbonhidratlardan başka organik asitler, amino asitler ( histidin, lizin, serin, arginin, aspartik asit, prolin, glisin, glutamik asit, lösin, metionin, valin, izolösin, alanin, fenilalanin, triosin, triptofan), vitaminler (riboflavin, pantotenik asit, niasin, tiamin, piridoksin, askorbik asit), mineral maddeler (K, Na, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Cl, P, S, SO<sub>2</sub>,I), enzimler (amilaz, sakaroz, invertaz, fosfotaz, katalaz, glikoz oksidaz) ve aroma maddeleri de mevcuttur [2].

Balda bulunan organik asitlerden en önemlisi olan glikonik asit, glikozun enzimatik sindirimi sırasında yan ürün olarak ortaya çıkmaktadır. Balda bulunan organik asitler balın asitlik özelliği ile tadından sorumludur. Mineraller balda az miktarda bulunur. Potasyum balda en fazla bulunan mineraldir. Koyu renkli ballar özellikle de salgı balları mineral çeşitliliği bakımından çiçek ballarına göre daha zengindir. İşçi arıların tükürük salgılarından kaynaklanan enzimlerden gelen azotlu bileşikler balda iz miktarda bulunmakta ve balın bileşiminde önemli rol oynamaktadır. Balda azotlu bileşiklerin olmayışı veya düşük oranda bulunması balın olgunlaşma, aşırı ısıtma ve uzun süreli depolama gibi balın tazeliğinin bir göstergesi olarak rol oynamaktadır.

Genel olarak % 18’den az su içeren balın kristalizasyon ve fermentasyon riski çok azdır. Balın su içeriği nektar ve salgıların su içerikleri, kovan içindeki nem ve hava gibi çevresel

etmenlerin yanı sıra özütleme ve depolama koşullarına göre de değişir. Balın su içeriği özel tekniklerle özütmeden önce ve sonra azaltılabilmektedir. Balın nem içeriği pratik olarak balın en önemli kalite parametresidir, çünkü nem depolama ömrü ve işleme özelliklerini etkiler. Bu noktada balın tamamen olgunlaşmış olarak hasat edilmesi, yani peteklerin % 75–100 sırlanmış olması gereklidir. Atmosferik nem % 60'ın üzerine çıkmadığı koşullarda balın nem içeriğinin % 18'in altında olması beklenir. Nispeten soğuk iklimlerde 35 °C'ye ısıtılan havanın sirkülasyonu açık petek gözlerindeki nem içeriğini % 1–3 oranında azaltabilir.

Sürekli gelişmekte olan teknoloji, oluşan çevre kirliliği, sigara, UV, stres ve hazır gıdaların alınması ve pek çok diğer etkenler vasıtasıyla sürekli olarak çeşitli toksik maddelerle karşı karşıya kalınmaktadır. Bu etkiler kendini serbest radikal oluşumuyla gösterir. Tüm bu nedenlerden dolayı dış etkilerle oluşan hastalıklar artmakta, genetik hastalıkların da çevresel etkilerle daha çok belirginleşmesine neden olmaktadır. Serbest radikallere karşı antioksidanlar en etkili bileşiklerdir. Bunun için de ilaçlardan ziyade alınan besinler önem kazanmaktadır. Serbest radikallerin etkilerini önleyen ve dietimizde sıkça bulunması gereken C vitamini ve E vitamini kanser ve kalp hastalıkları gibi toplumda erken ölümlerin başlıca nedenleri olan hastalıkların oluşumunu önlemektedir. Bunun için doğal antioksidan kaynaklarını saptayıp, bunların gerek günlük diyetle gerekse de izole edilip klinik uygulamalarda uygun miktarda tüketilmesinin sağlıklı bir yaşam için yararlı olacağı düşünülmektedir.

Oksidatif strese rol oynayan serbest oksijen radikalleri, fizyolojik olan ve olmayan birçok süreçte oluşmakta ve oksijenin hem süperoksit ( $O_2^{\bullet-}$ ), hidroksi ( $\bullet OH$ ), hidroperoksil ( $HO_2$ ), peroksil ( $ROO\bullet$ ), alkoksi ( $RO\bullet$ ) gibi radikal türevlerini hem de singlet oksijen ( $^1O_2$ ), ozon ( $O_3$ ), hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ), hipoklorik asit ( $HOCl$ ), nitrik oksit ( $NO$ -) ve peroksinitrit ( $ONOO$ -) gibi radikal olmayan türevlerini kapsamaktadır [3].

Serbest radikaller vücuttaki hücrelerin membranına, hücre yapısında bulunan lipidlere, proteinlere, nükleik asitlere ve DNA'ya zarar vermekte ve bunun sonucunda başta kanser, kronik hastalıklar, diyabet, katarakt, karaciğer tahribatı gibi pek çok hastalığa neden olmaktadır. Bu radikaller hücrede membran, mitokondri, peroksisomlar ve endoplazmik retikulumda üretilmektedir. Vücutta oluşan veya dışarıdan alınan serbest radikallerin vücutta oluşturduğu hasara karşı vücudun antioksidan savunma mekanizmaları vardır. Bu antioksidan mekanizmalar serbest radikallerin neden olduğu reaksiyonu durdurarak, singlet oksijeni

bağlayarak veya metallerin katalizlediği oksidasyon reaksiyonlarında metali bağlayarak etki ederler [4].

Aktif oksijen birikimi antioksidanlar tarafından engellenmediği takdirde oksijen-antioksidan dengesi aktif oksijen lehine bozularak oksidatif stres oluşmaktadır. Oksidatif stres, DNA, protein, karbonhidrat ve lipitlerde zarara yol açmakta ve birçok hastalığa neden olmaktadır. Bu nedenle vücutta antioksidanların varlığı ve miktarı önemlidir. Antioksidan maddeler aktif oksijen oluşumunu engelleyerek ya da oluşan aktif oksijenleri temizleyerek, oksidasyonun neden olduğu zararları engellemekte ve dolayısıyla dejeneratif hastalıkların oluşumunu durdurmaktadır [4, 5].

Balın kompozisyonu ve antioksidan kapasitesi nektarın toplandığı floral kaynağa, mevsime ve çevresel faktörlere bağlı olduğu gibi işleme koşulları da balın kompozisyonu ve antioksidan özelliğini etkilemektedir.

Genel olarak, daha yüksek su içeriğine sahip bal örneklerinde olduğu gibi koyu renkli balların daha yüksek antioksidan kapasiteye sahip olduğu belirlenmiştir [6]. Balın rengi, potansiyel alkalitesi ve mineral içeriğine bağlı olduğu kadar karotenoid ve flavonoidler gibi antioksidan olarak aktif bileşiklere de bağlıdır [7].

Bal, antioksidan olarak bilinen C ve E vitaminlerini, katalaz ve peroksidaz gibi enzimleri ve fenolik bileşikleri içerdiğinden terapötik amaçlı da değerlendirilmektedir [8]. Bunun yanı sıra balda bazı minerallerin (özellikle demir ve bakır) ve hidrojen peroksidin bulunması da aktif hidroksil radikallerinin oluşumunu sağlayarak ürünün antibakteriyal nitelik göstermesine neden olmaktadır. Bu yüzden bal kronik hastalıklarda, diyabetik ve peptik ülserli hastalarda, katarakt tedavisinde ve diğer göz hastalıklarında kullanılabilir [9]. Son yıllarda yapılan çalışmalar, çoğunlukla koyu renkli ballarda bol miktarda bulunan fenolik bileşiklerin, askorbik asit veya E vitaminine oranla kuvvetli bir antioksidan olduğunu göstermektedir [8].

Unifloral ticari balların karakterizasyonu tüketici ihtiyaçlarını karşılama anlamında bir zorunluluk olmuştur. Bu istek ve ihtiyaçlar sadece temel kalite seviyesinde değil aynı zamanda balın botanik ve coğrafik orijiniyle belirleme ile ilgilidir. Bu nedenle çalışmanın

birincil amacı ülkemizde tüketici istek ve ihtiyaçlarını karşılama anlamında unifloral Türk ballarının karakterizasyonunu sağlamaktır.

Avrupa ülkelerinde Avrupa Birliği Komisyonu balın coğrafik ve botanik orijinini bal etiketlerine yazma zorunluluğu getirmiştir. Ülkemizde üretilen balların dünya piyasasında rekabet gücünü artırabilmek için unifloral ballarımızın spesifikasyonu kaçınılmazdır.

Ülkemizde yapılan analizlerle uyuşmayan şekilde unifloral ballar etiketlenmekte ve tüketici yanıltılmaktadır. Balın kontrolü ve denetimi, orijini oluşturan parametrelerin belirlenmesini gerektirir. Nitekim sağlıklı kontrol ve denetim belirlenecek olan parametrelere uygunlukla ölçülebilir ve ancak bu sayede denetimsiz ürünler piyasada yer alamaz ve haksız rekabetin önüne geçilmiş olur. Bu kapsamda çeşitli komisyonlar kurulmuş olup konuyla ilgili çalışmalar titizlikle yürütülmektedir. Bunların başında Codex (FAO/WHO Gıda Kodeksi), EU (Avrupa Birliği) gibi komisyonlar gelmektedir. Ülkemizde ise bu konudaki çalışmalarını Türk Standartları Enstitüsü (TSE) Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği ile yürütmektedir. Tüm gıda maddelerinde olması gereken kalite ve kalıntı limitleri, bünyesinde çalışan uzman kişilerce belirlenmekte ve ülkemizin ilgili birim ve laboratuvarları tarafından bu kurallar uygulanmaktadır.

Bal günümüzde sadece sofralarımızda yerini alan değerli bir besin maddesi değil aynı zamanda sağlıklı yaşam için tercih edilen tıbbi bir üründür. İnsanlar özellikle çocukların gelişimi, hastaların iyileşmesi ve genel anlamda sağlık koruyucu olarak bal tüketmektedir.

Bu çalışmada, Türkiye’de üretilen balların melissopalınolojik ve fizikokimyasal analizleri yapılarak bal örnekleri tiplendirildi. Bal tiplerinin fizikokimyasal analizleri (nem, pH, asidite, invert şeker, sakaroz, diyastaz aktivitesi) yapılarak Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğine, CODEX ile Avrupa Birliği standartlarına uygunluğu incelendi.

Ayrıca bal örneklerinde toplam fenolik madde miktarı, antiradikal aktivite ve antioksidan aktivite incelenerek, çalışma sonuçlarının son günlerde fonksiyonel gıda katkı maddesi olarak doğal antioksidan maddelerin kullanımı ile ilgili artan araştırmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

# 1. BÖLÜM

## GENEL BİLGİLER

### 1.1. Balın Tanımı

Bal, doğal olarak üretilen en karmaşık gıda maddelerinden birisini oluşturmaktadır. Kesinlikle hiç bir işlem yapılmadan, tatlandırıcı madde olarak insanlar tarafından kullanılabilen tek gıda maddesidir. Aslında bal, indirgen şekerlerin derişik bir çözeltisi olsa da, diğer bazı şekerleri, enzimleri, amino asitleri, organik asitleri, fenolik maddeleri, Maillard reaksiyon ürünlerini, vitaminleri ve mineral maddeleri de içeren çok karmaşık bir maddedir [10].

Bal, bal arıları tarafından çiçeklerden ve meyve tomurcuklarından alınan nektarın, bal midesi olarak adlandırılan organlarında invertaz enzimi sayesinde kimyasal değişime uğramasıyla oluşan ve kovandaki petek hücrelerine yerleştirilen çok faydalı bir besindir. Nektar bala çevrilirken arıların salgıladıkları invertaz enzimi sayesinde sakkarozu inversiyona uğratarak fruktoz ve glikoz şeklinde basit şekerlere dönüştürür ve mayalanmanın meydana gelmesini önleyecek miktarda suyunu uçurur.

Çiçeklerin özellikle çiçek toz keseleri etrafındaki nektar bezlerinin, ayrıca bitkilerin yapraklarında, yaprak saplarında ve situplarında salgılanan şekerli sıvıya ‘nektar’ denir. Arılar bal yapmak için şeker oranı yüksek nektarları tercih ederler. Nektarların şeker oranı genelde %50'nin üzerindedir. En yüksek şeker değerleri (çiçeklenme süresinin uzunluğuna bakılmaksızın, çiçek başına 24 saatte 1 mg'dan çok şeker verimi) Boraginaceae, Compositae, Leguminosae ve Tiliaceae familyalarında bulunmaktadır. Arılar 1 g balı yapmak için 10000 km uzağa uçup 2 milyon adet çiçeğe konabilirler. ½ kg ham nektarı toplamak için 900 arının bir gün boyunca çalışması gerekir. Toplanan bu nektarın ise ancak bir kısmı bala çevrilebilir [11].

Arıların bal yapma mekanizmaları karmaşıktır. Nektarın arılar tarafından olgunlaştırılması ve özellikle arının bal midesinde bazı salgılarıyla işlenerek değiştirilmesi sonunda bal meydana gelir. Çeşitli bitki türlerine göre değişmek üzere %30–70 oranında su ihtiva eden nektar, bal haline dönüştüğünde koyulaşır ve su miktarı %17-18'e düşer. Bileşiminde bulunan arıdan gelen enzimlerin etkisi ile bal olgunlaşır. Sakaroz, glikoz ve früktoza ayrışır.

Bal başlıca glikoz ve früktoz'un yanı sıra sakaroz, maltoz gibi farklı karbonhidratları, mineralleri, fenolik bileşikleri, organik asitleri ve aminoasitleri içeren kompleks bir enerji

gıdasıdır Tablo 1.1). Balın bileşimini ve duyuşal niteliğini (rengi, tat ve kokusu, yoğunluğu) üretildiği bölgenin florası yani fitokimyasal bileşenler (hidrokarbonlar, fenilalanin türevleri, aromatik aldehitler, aromatik karboksilik asitler ve esterler), iklim şartları, rakım ve arıcının üretim teknikleri etkilemektedir [12,13]. Dolayısıyla bal kalitesi coğrafik şartlara bağlı olarak ülkeden ülkeye hatta bölgeden bölgeye büyük farklılıklar göstermektedir. Gelişen teknoloji sayesinde balların nitelikleri ayrıntılı olarak belirlenmektedir. Araştırmacılar bazı kimyasal ve fiziksel özelliklerin, bal orijini belirlemede ve gruplandırmada parametre olarak kullanılabileceğini ifade etmişlerdir [9].

Tablo 1.1. Balın bileşimi [14].

| <b>Bileşimi Oluşturan Maddeler</b>  | <b>Miktar (%)</b> |
|---|-------------------|
| SU (Doğal Nem)  | 17.20             |
| <b>ŞEKERLER</b>   | 79.59             |
| Fruktoz   | 38.19             |
| Glikoz  | 31.28             |
| Sakkaroz  | 1.31              |
| Maltoz ve diğer indirgenmiş disakkaritler   | 7.31              |
| Yüksek şekerler (melezitoz, rafinoz, erloz, kestoz)   | 1.50              |
| <b>ASİTLER</b> (asetik asit, bütirik asit, sitrik asit, formik asit, oksalik asit, laktik asit, malik asit, süksinik asit, glikonik asit vs.) | 0.57              |
| <b>PROTEİN</b> (lisin, serin, histidin vs.)   | 0.26              |
| <b>KÜL</b> (mineral maddeler; potasyum, kükürt, kalsiyum vs.)   | 0.17              |
| <b>DİĞER BİLEŞİKLER</b> (pigmentler, tat ve aroma maddeleri, şeker alkolleri, taninler, asetil kolin, enzimler, vitaminler)                   | 2.21              |
| <b>TOPLAM</b>   | 100.000           |

Balın sınıflandırılmasında ise, üretim ve pazarlama şekline göre bal; süzme ve petekli bal, elde edildiği kaynağa göre de çiçek ve salgı balı olarak sınıflandırılabilir. Çiçek balı, genellikle bitkilerin çiçeklerinde bazen de kiraz, bakla, pamuk ve şeftali gibi bitkilerin yaprak sapı ve gövdelerinde bulunan nektar bezlerince salgılanan nektarın arılar tarafından



toplanması ile oluşturulan baldır. Salgı balı ise çam, meşe, kayın ve ladin gibi orman ağaçları üzerinde yaşayan böceklerin salgıladığı tatlı salgıların arılar tarafından toplanmasıyla oluşturulan baldır.

Bu çalışmada incelenen ballardan kestane balları, koyu kahve renkli, buruk biraz acı ve kestaneye özgü tadı ve kokusu olan, ağır ağır akan, tatlı sert bir baldır; ayçiçeği balları, altın sarısı renktedir, kendine özgü bir tadı vardır ve çok çabuk kiristalize olur; narenciye balları, Akdeniz yöresine özgü, açık sarı renkte, akışkan bir baldır; ormangülü balları ise halk arasında 'deli bal' olarak bilinen fazla yenildiğinde baş dönmesi, sarhoşluk, daha yüksek miktarlarda olduğunda zehirlenme belirtileri gösteren Doğu Karadeniz' e özgü, sarı renkli bir bal çeşididir.

## 1.2. Balın Fizikokimyasal Özellikleri

Balın nem içeriği iklim koşulları ile ilişkili bir parametre olup, üretim yılı veya üretim mevsimi ve olgunluk derecesine bağlıdır. Balın nem miktarı arttıkça hem kalitesi düşmekte, hem de mayalanma riski artmaktadır. Bu nedenle balın nem içeriği, depolama sırasında mayalanma olayının önlenmesi ve balın kararlılığının devamı açısından önemlidir ve bundan dolayı üretilen ballarda nem oranının düşük olması tercih edilmektedir. Balın nem içeriği %17'den düşük ise hiç bir şekilde mayalanma gerçekleşmemektedir [1].

Balın nem içeriğine göre sınıflandırılması aşağıdaki şekilde yapılmaktadır:

I. sınıf ballar: Nem oranı en fazla % 17.8 olan ballardır.

II. sınıf ballar: Nem oranı en fazla % 18.6 olan ballardır.

III. sınıf ballar: Nem oranı en fazla % 20.0 olan ballardır [14].

Asitlik, balın önemli kalite parametrelerinden birisidir. Çok yüksek düzeyde serbest asitlik oluşumu, balda istenmeyen bir özellik olan mayalanmanın meydana geldiğinin bir kanıtıdır [13]. Balın asitliği serbest, laktonik ve toplam asitlik veya sadece asitlik terimi ile ifade edilmektedir. Asitlik, bitkisel kaynağa ve üretim bölgesine bağlı olarak, baldan bala değişmektedir. Balın toplam asitliği 40 meq/kg değerini geçmemelidir [1].

Doğal bal asidik yapıda olup, pH'sı 3.4 ile 6.1 arasında değişmektedir. Bu asitlik temel olarak, nektarın olgunlaşması sırasında enzimin etkisi sonucunda meydana gelen glüktonlakton / glükonik asit içeriğinden kaynaklanmaktadır [15]. Balın pH değerinin düşük olması, birçok bakteri türünün ve özellikle hayvansal kökenli patojen bakterilerin gelişimini engellemede etkilidir. Çünkü bu tür bakterilerin optimum gelişim pH değerleri genel olarak 7,2–7,4 arasında değişmektedir [16]. Ayrıca balın asidik yapıda olması, bünyesinde barındırdığı tiamin (B1 vitamini), riboflavin (B2 vitamin), askorbik asit (C vitamini), pridoksin (B6 vitamini), pantotenik asit ve nikotinik asit gibi önemli vitaminlerin deforme olmasını geciktirmektedir [17].

Diyastaz aktivitesi, deney koşullarında, 40°C'de, bir saat içinde %1 nişastayı belirlenen son noktaya dönüştürecek enzimin miktarı olarak tanımlanır. Diyastaz enzimi (amilaz), nişastanın maltoza dönüşmesini sağlamaktadır. Diyastaz aktivitesi, depolamadan etkilenmekte olup sıcaklığın artmasına karşı duyarlıdır. Bu nedenle, balın tazeliğinin bir işareti ve ne kadar ve hangi koşullarda depolandığının da bir göstergesidir. Bitkisel kaynağına bağlı olarak ballarda farklı düzeylerde bulunmakla birlikte, diyastaz aktivitesinin beklenen düzeyden az çıkması, kalitenin önemli bir işaretidir. Narenciye balları ile sıcak iklimlerde üretilen ballar doğal olarak düşük miktarlarda diyastaz aktivitesi içermektedir. TSE'ye göre balda diyastaz sayısı 8 birim düzeyinden, narenciye ballarında ise 3 birim düzeyinden daha az olmamalıdır [1].

Balda invert şeker, nektardaki sakarozun asitler ve invertaz enzimi etkisiyle glikoz ve fruktoza parçalanmasıyla oluşmaktadır. Balların çoğu glikozun aşırı doymuş çözeltisidir. Bu invert şeker, oda sıcaklığında glikoz mono hidrat şeklinde kendiliğinden oluşan kristalleşmeye eğilimlidir [18]. Balların uzun süre depolanması, invert şeker oranının yükselmesine neden olmaktadır. Ballarda depolama süresi arttıkça yapısında bulunan monosakkarit oranlarında da bir azalma görülmektedir [19]. TSE'ye göre çiçek ballarında invert şeker yüzdesi 65'ten, salgı ballarında ise 45'ten daha az olmamalıdır.

Balın su içeriği iklimsel koşullar, mevsim ve olgunluk derecesi ile ilişkilidir. Balın pH'sı, ekstraksiyon ve depolanmada büyük önem taşır ve tekstür, kararlılık ve yarılanma ömrünü önemli derecede etkilemektedir. Şeker içeriği balın olgunlaşmasıyla birlikte botanik orijinine göre değişen bir parametredir. Balın mineral madde içeriği ise balın botanik orijinini belirlemede ve özellikle balın floral ya da balçığı olması ayırımında kullanılan bir

değişkendir. Nitekim balçığı ballarının mineral içeriği yüksektir ve çiçek ballarına göre daha az monosakkarit ve daha çok di, tri ve yüksek oligosakkaritler içermektedir. Balın asiditesi özellikle glikonik asit ile fosfor ve klorid gibi inorganik iyonların bulunuşu ile ilgilidir.

Tablo 1.2. Çiçek ve salgı ballarının CODEX Alimentarius, Avrupa Birliği, Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğine göre biyokimyasal sınır değerleri [20–22].

| <b>Kalite Ölçütleri</b>         | <b>Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği</b>                                 | <b>EU</b>  | <b>CODEX</b>   |
|---------------------------------|--|--|--|
| Nem İçeriği (%)                 | ≤ 20g/100g   | ≤ 20g/100g   | ≤ 20g/100g   |
| Asitlik (meq kg <sup>-1</sup> ) | ≤ 50 meq kg <sup>-1</sup> (Ç.B.)<br>≤ 50 meq kg <sup>-1</sup> (S.B.) | ≤ 50 meq kg <sup>-1</sup> (Ç.B.)<br>≤ 50 meq kg <sup>-1</sup> (S.B.) | ≤ 50 meq kg <sup>-1</sup> (Ç.B.)<br>≤ 50 meq kg <sup>-1</sup> (S.B.) |
| Diyastaz Sayısı                 | ≥ 8 (Ç.B.)<br>≥ 8 (S.B.)   | ≥ 8 (Ç.B.)<br>≥ 8 (S.B.)   | ≥ 8 (Ç.B.)<br>≥ 8 (S.B.)   |
| Invert şeker miktarı (%)        | ≥ 65 (Ç.B.)<br>≥ 45 (S.B.)   | ≥ 65 (Ç.B.)<br>≥ 45 (S.B.)   | ≥ 65 (Ç.B.)<br>≥ 45 (S.B.)   |
| Sakaroz (%)                     | ≤ 5 (Ç.B.)<br>≤ 10 (S.B.)  | ≤ 5 (Ç.B.)<br>≤ 10 (S.B.)  | ≤ 5 (Ç.B.)<br>≤ 10 (S.B.)  |
| HMF (mg kg <sup>-1</sup> )      | < 40 mg kg <sup>-1</sup> (Ç.B.)<br>< 40 mg kg <sup>-1</sup> (S.B.)   | < 40 mg kg <sup>-1</sup> (Ç.B.)<br>< 40 mg kg <sup>-1</sup> (S.B.)   | < 40 mg kg <sup>-1</sup> (Ç.B.)<br>< 40 mg kg <sup>-1</sup> (S.B.)   |
| Mineral Madde (%)               | < 0.6 (Ç.B.)<br>< 1.0 (S.B.)   | < 0.6 (Ç.B.)<br>< 1.2 (S.B.)   | < 0.6 (Ç.B.)<br>< 1.0 (S.B.)   |
| Elektriksel İletkenlik (mS/cm)  | < 0.8 (Ç.B.)<br>> 0.8 (S.B. ve kestane)                              | < 0.8 (Ç.B.)<br>> 0.8 (S.B. ve kestane)                              | < 0.8 (Ç.B.)<br>> 0.8 (S.B. ve kestane)                              |

Ç.B.: Çiçek Balı, S.B.: Salgı balı

### 1.3. Balın Melissopalinojistik Özellikleri

Polen, bal arıları için hayati öneme sahip doğal protein kaynağıdır. Çiçeklerin erkek organlarının (stamen) üst kısmında bulunan anterlerin içindeki polen kesecikleri içerisinde yer alan, erkek hücre taşıyan, buruşuk dikenli, yağlı ve yapışkan yapıda olan, bal arısı tarafından toplanan kurutulmuş çiçek tozlarıdır. Polen, arıların büyüyüp gelişmelerini tamamlamaları, salgı bezlerinin gelişmesi için gerekli olan başlıca protein, lipit, sterol, vitamin ve mineralleri

sağlayan tek besin maddesidir. Polen olmadığı takdirde koloninin yavru yetiştirip hayatını devam ettirmesi imkânsızdır [23]. Polenin kimyasal içeriğini protein, karbonhidrat, yağlar, vitaminler ve mineraller oluşturmaktadır.

Arıların polen toplama etkinliği, çiçeklerin açtığı ilkbahar mevsiminde başlar. Çiçeğe nektar almak için giden arılar, vücutlarına bulaşan bu polenleri düzenli hareketlerle bir araya getirerek arka bacaklarında bulunan polen sepetçisinde biriktirirler.

Balın içinde bulunan polenler teşhis edilerek, bu polenlerin araştırma yöresinde hangi bitki taksonlarına ait oldukları tespit edilmektedir. Bu da nektar kaynaklarının belirlenmesinde, balın coğrafik orijinin saptanmasında, bal kalitesinin tayininde ve balların sınıflandırılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Aynı zamanda bala güzel koku, tat, lezzet ve geç kristalleşme özelliği veren bitkilerin neler olduğu açıklanabildiği gibi, bal kalitesini bozan kötü koku, acılık ve çabuk kristalleşme gibi özellikleri kazandıran bitkilerin de hangileri olduğu saptanabilmektedir. Bu verilerden yararlanılarak üstün özellikte bal verecek özel bir flora oluşturulabilmektedir [24].

Balda yapılan polen analizleriyle balların sınıflandırılması yapılmaktadır. Balda en çok hangi bitkinin poleni bulunmuşsa bal o bitkinin adı ile anılır [25].

Balın polen içeriğine göre yapılan sınıflandırmada; toplam polen spektrumu 20.000'den az olan ballar polen sayısı çok az olan ballar, 20.000–100.000 arasında olan ballar normal ve 500.000–1.000.000 arasında olanlar ise poleni çok zengin ballar olarak ayırt edilmektedir. Melissopalnolojik analizler balın doğrallığı, balın bitkisel orijini ve kalitesi hakkında bilgi vermektedir [26].

Türkiye'de sahip olunan zengin floraya bağlı olarak çok çeşitli ballar üretilmektedir. Bunlar arasında en önemlileri; yayla, çam, kestane, narenciye, yonca, ayçiçeği, pamuk, mısır, akasya ve ıhlamur balıdır [2, 27]. Üretilen ballara kaynak teşkil eden ballı bitkiler arasında; kırmızı üçgül, beyaz üçgül, ayçiçeği, yonca, adaçayı, kekik, peygamber çiçeği, geven, engerek otu, sığırdili, uyuz otu, karabaş otu, erik otu, hindiba, ballıbaba, korunga, lavanta, muhabbet çiçeği, nane ve fiğ gibi doğada kendiliğinden yetişen türler en yoğun olanlarıdır. Bunlar dışında akasya, ıhlamur, okaliptus, çam, funda, çeşitli meyve ağaçları, söğüt, yalancı akasya,

akça ağaç, böğürtlen, muz, kestane, koca yemiş, püren, erguvan ve meşe bal arılarının üretimde yararlandıkları nektarlı ağaçlardır. Bu bitki ve ağaçlar bölgede buldukları yoğunluğa bağlı olarak üretilen ballara kaynak teşkil ederler [17].

Bal üzerine yapılan çalışmalar, balın niteliğini olumlu yönde etkilemekte ve balın pazarlanmasındaki değerini arttırmaktadır. Balda yapılan polen analizleri ve biyokimyasal analiz çalışmalarının artması, tüketicimizin ve arıcılarımızın sağlıklı olarak bilgilendirilmelerine yardımcı olacağı gibi, ülkemizde üretilen balların yurt dışında daha etkin bir şekilde tanıtılmasını da sağlayacaktır.

#### **1.4. Balın Antioksidan ve Antiradikal Aktivitesi**

Serbest radikaller, dış orbitallerinde bir ya da daha fazla eşleşmemiş elektronu bulunan kısa ömürlü, reaktif atom veya moleküllerdir. Radikaller elektrik yükü olarak pozitif, negatif ya da nötr olabilirler. Bir serbest radikaldeki eşleşmemiş elektron, herhangi bir kimyasal bağ içinde bir başka elektronla spin paylaşmadığından, radikaller ekstra elektronları başka atomlara lokalize oluncaya ya da elektron alıncaya kadar oldukça reaktiftir. Aşırı reaktif bu maddeler diğer atom ve moleküllerle elektron alışverişine girerek, onların kimyasal yapılarını değiştirip kararsız (reaktif) bir atom haline getirme eğilimindedirler. Bu nedenle, oksijenli solunum yapan tüm canlılarda normal metabolik olaylar sırasında ve toksik maddelerin etkisiyle serbest oksijen radikalleri kaçınılmaz bir şekilde oluşmaktadır [3].

Serbest radikaller ve diğer reaktif oksijen türleri, vücutta normal metabolizma sonucunda sürekli olarak oluşur ve dokulara zarar verirler. Serbest radikaller etkilediği atomun dolayısıyla o atomun bulunduğu maddenin görevini yapamamasına neden olur. Sonuç olarak, etkilenen maddenin biyolojik önemine ve onun tamir edilip edilmemesine bağlı olarak DNA, nükleotid, koenzimler, proteinler, lipitler ve karbonhidratlar gibi birçok molekülde kalıcı veya geçici etkiler gösterir [28]. Serbest radikallerin başlıca sigara, alkol ve lipit metabolizması ürünleri, virüsler, güneş ışınları, X- ışınları ve kozmik ışınlar, sanayi atıkları otomobil egzoz gazları, ozon, ağır metaller, kirli su ve havadan da oluşabildiği bilinmektedir [29].

Soluduğumuz oksijenin %85-90'ı ATP üretiminin temel kaynağı olan mitokondri tarafından kullanılır. Bu reaksiyonlar sonucunda reaktif oksijen türleri oluşur. Reaktif oksijen türleri

veya pro-oksidanlar, oksijen radikalleri ile bazı radikal olmayan oksijen türevleri için kullanılan ortak bir terimdir.

| <b><u>Radikaller</u></b>               | <b><u>Radikal olmayanlar</u></b>   |
|--|------------------------------------|
| Süperoksit anyonu ( $O_2^{\cdot -}$ )  | Hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ )     |
| Hidroksil ( $HO^{\cdot}$ )             | Hipokloroz asit (HOCl)             |
| Alkoksil ( $RO^{\cdot}/LO^{\cdot}$ )   | Ozon ( $O_3$ )                     |
| Peroksil ( $ROO^{\cdot}/LOO^{\cdot}$ ) | Singlet oksijen ( $^1\Delta O_2$ ) |
| Hidroperoksil ( $HO_2^{\cdot}$ )       | Lipit peroksitler [30]             |

Bugün radikallerin pek çok hücrede moleküler değişimlere ve gen mutasyonlarına yol açtığı iyi bilinmekte olup yaşlanma, hücre sel hasar ve doku yıkımında rol aldığı kabul edilmektedir [31]. Serbest radikaller DNA'ya hasar verebilmekte, hücrelerin ölümüne neden olmakta, kanser, akciğer ve kalp hastalıkları ile katarakt gibi sorunların gelişmesinde önemli rol oynadıklarına inanılmaktadır. Günümüzde romatoid artirit, serebral travma veya iskemi, bağışıklık sistemi hasarı gibi bir çok hastalığın patolojisinde süperoksit, hidrojen peroksit, hidroksil radikali, alkoksi ve lipit peroksidleri gibi aktif oksijen radikallerinin rolünün olduğu yapılan çalışmalar ile gösterilmiştir [28].

Bu radikallerin oluşumunu ve meydana getireceği hasarı önlemek için vücutta birçok savunma mekanizmaları gelişmiştir. Eğer bu radikaller savunma mekanizmasının kapasitesini aşarlarsa (oksidatif stres) hücrelerin lipit, protein, DNA, karbonhidrat ve enzim gibi önemli bileşenlerinde hasara neden olur [3].

Oksidatif stres çeşitli hastalıklara sebep olmakta ve pek çok araştırmacı araştırmalarında, oksidatif stresin hücre üzerindeki zararlarını önleyici ya da azaltıcı etki gösteren aktif bileşikler içeren doğal kaynaklar üzerine odaklanmışlardır. Antioksidanlar bir zincir reaksiyonunda okside olabilen bir substratın oksidasyonunu inhibe edebilir ya da geciktirebilirler ve bu nedenle pek çok hastalığın önlenmesinde çok önemli olabilmektedirler.

Bitkiler tarafından sekonder ürünler olarak sentezlenen çok sayıda antioksidan bileşik yaşamak için reaktif oksijen türleri (ROS) ile ilişkiye girerek bitki savunma mekanizmasında iş görmektedir.

Eğer serbest radikaller etkisizleştirilmezlerse aşağıdaki şekillerde vücutta ciddi hasarlara neden olabilirler:

- hücre membranı proteinlerini yıkarak hücreleri öldürmek,
- membran lipit ve proteinlerini yok ederek hücre membranını sertleştirip hücre fonksiyonunu engellemek,
- nuklear membranını yararak nukleustaki genetik materyale etki edip DNA'yı kırılma ve mutasyonlara açık hale getirmek,
- bağışıklık sistemindeki hücreleri yok ederek bağışıklık sistemini zorlamak [32].

Serbest radikallerin en önemli etkisi lipitler üzerine yaptığı etkidir ki bu lipit peroksidasyonu olarak adlandırılır [33]. Lipidler serbest radikallerin etkilerine karşı en hassas olan biyomoleküllerdir. Hücre membranlarındaki kolesterol ve yağ asitlerinin doymamış bağları, serbest radikallerle kolayca reaksiyona girerek peroksidasyon ürünleri oluştururlar. Lipid peroksidasyonu kendi kendini devam ettiren zincir reaksiyonu şeklinde ilerler ve oldukça zararlıdır. Hücre membranlarında lipid serbest radikalleri ( $L\cdot$ ) ve lipid peroksit radikallerinin ( $LOO\cdot$ ) oluşması, reaktif oksijen türlerinin (ROS) neden olduğu hücre hasarının önemli bir özelliği olarak kabul edilir. Serbest radikallerin sebep olduğu lipid peroksidasyonuna **"enzimatik olmayan lipid peroksidasyonu"** denir.

Lipid radikali ( $L\cdot$ ) dayanıksız bir bileşiktir ve bir dizi değişikliğe uğrar. Lipid radikallerinin ( $L\cdot$ ) moleküler oksijenle ( $O_2$ ) etkileşmesi sonucu lipid peroksit radikalleri ( $LOO\cdot$ ) oluşur.

Lipid peroksit radikalleri ( $LOO\cdot$ ), membran yapısındaki diğer poliansatüre yağ asitlerini etkileyerek yeni lipid radikallerinin oluşumuna yol açarken kendileri de açığa çıkan hidrojen atomlarını alarak lipidperoksitlerine ( $LOOH$ ) dönüşürler ve böylece olay kendi kendini katalizleyerek devam eder. Sonuç aşamasında ise oluşan radikaller birbiriyle reaksiyona girerek radikal olmayan ester, eter, aldehit, keton ve alkol gibi kararlı bozunma ürünlerine dönüşmektedir [34].

Hücre membranlarında lipid peroksidasyonuna uğrayan başlıca yağ asitleri poliansatüre yağ asitleridir [35]. Bu yağ asitlerinin peroksidasyonunun bir sonucu olarak ortaya çıkan 4-hidroksinonenal ve malondialdehit gibi sitotoksik aldehitler DNA ve proteinlere de zararlı etki göstermektedir. Sonuç olarak hücrenin fonksiyonunu kaybetmesine ve ölmesine neden olmaktadır [30].

Serbest radikallerin neden olduğu oksidasyonları önleyen, serbest radikalleri yakalama ve kararlı hale getirme yeteneğine sahip maddelere “antioksidan” adı verilir [36]. Antioksidanlar mekanizmalarına göre, birincil ve ikincil antioksidanlar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Birincil antioksidanlar; mevcut radikallerle reaksiyona girerek bunların daha zararlı formlara dönüşmelerini ve yeni serbest radikal oluşumunu önleyen bileşiklerdir. Birincil antioksidan kategorisinde yer alan süperoksit dismutaz (SOD), glutatyon peroksidaz (GSHPx) ve katalaz gibi enzim sistemleri serbest radikalleri yok etme yeteneğindedir. Bu enzimler genel olarak serbest radikallerin DNA, proteinler ve lipidler gibi hücrenel bileşenlere zarar vermesini sınırlandırmak suretiyle bir hücrenel bölgeden diğerine geçişini de önleyebilmektedir [34]. İkincil antioksidanlar ise; oksijen radikalini yakalayan ve radikal zincir reaksiyonlarını kıran C vitamini, E vitamini, ürik asit, bilirubin ve polifenoller gibi bileşiklerdir [37].

Vücutta üretilen antioksidanlar enzimatik ve enzimatik olmayanlar diye iki gruba ayrılabilir [38, 39]. Bu enzimatik ve enzimatik olmayan savunma sistemleri arasında güçlü ilişkiler mevcuttur [40]. Antioksidan savunma sistemleri, pek çok farklı mekanizma ile serbest oksijen radikallerini etkisiz hale getirmektedir [41, 42].

Oksijen konsantrasyonunun lokal olarak azaltılması, serbest radikallerin tutulması, süperoksit radikalının daha toksik radikallere dönüşümünün önlenmesi, metal iyonlarının bağlanması, peroksitlerin zararsız ürünlere çevrilmesi, lipid peroksidasyonunu oluşturan zincirin kırılması, bu mekanizmalara örnek oluşturur.

Balda iki yüz'den fazla faydalı biyolojik maddenin tespiti geleneksel tıpta önemle göz önünde tutulmuştur. Bu nedenle insanlık tarihi başlangıcından günümüze kadar yanıklarda, gastrointestinal sistem hastalıklarında, astım, enfekte olmuş yara ve ülserlerde başarıyla kullanıla gelmiştir.



Balda bulunan biyoaktif bileşenler nektarla birlikte bala geçmiştir. Balın glikoz oksidaz, katalaz, askorbik asit, flavonoidler, fenolik asitler, karetenoid türevleri ve proteinler gibi hem enzimatik hem de enzimatik olmayan antioksidanlar içerdiği bilinmektedir. Balda antioksidan özellikle flavonoidlerle birlikte askorbik asit, katalaz ve selenyumla antioksidan özellik göstermektedir.

Antioksidanların insan sağlığındaki yerini belirleyen en önemli faktörler, onların kimyasal yapıları, çözünürlükleri, yapı/aktivite bağıntıları ve doğal kaynaklardan elde edilebilmeleridir. [43].

Antioksidanlar düşük konsantrasyonlarda organik bileşiklerin serbest radikal mekanizmalı oksidasyonunu önleyen bileşiklerdir. Son yıllarda besin kimyası ve koruyucu tıbbın bitkisel kaynaklı doğal antioksidanlara ilgisi artmıştır. Bunun sebebi sentetik antioksidanların kanserojenik olarak düşünülmesidir. Doğal antioksidanlar insan organizması için genellikle zararsız olup yan etkileri bulunmamaktadır. Doğal antioksidanlar canlı organizmalardaki savunma sisteminde olduğu kadar gıda sanayinde de önemli derecede yararlıdır. Bu amaçla besinlerin bozulmasını önlemek, raf ömrünü artırmak, lipitlerin ve vitaminlerin parçalanmasını engellemek ve besinin rengini korumak için kullanılan antioksidanlar önemli katkı maddeleridir. Doğal kaynaklı antioksidanların çoğu bitkisel kaynaklı olup daha çok bitkilerde vitaminler (A, C, E vitaminleri ) ve polifenoller veya flavonoidler halinde bulunurlar [44].

Serbest oksijen radikallerini nötralize eden en güçlü antioksidan olan E vitamini, membran fosfolipitlerinin ve doymamış yağ asitlerinin peroksidasyonuna engel olur. Lipit membranlarının kalitesini artırır. Çeşitli biçimlerde bulunabilen süperoksit dismutaz, süperoksit radikalının  $H_2O_2$ 'ye dönüşümünü sağlar [45].

Antioksidanlar etkilerini başlıca iki şekilde gösterirler:

**1) Serbest radikal oluşumunun engellenmesi:**

Başlatıcı reaktif türevleri uzaklaştırıcı etki,

Oksijen uzaklaştırıcı veya konsantrasyonunu azaltıcı etki,

Katalitik metal iyonlarını uzaklaştırıcı etki.

## 2) Oluşan serbest radikallerin etkisiz hale getirilmesi:

**Toplayıcı (Scavenging etki):** ROS'lerini etkileyerek onları tutma veya çok daha az reaktif başka bir moleküle çevirme (Örn. Enzimler)

**Bastırıcı (Quencher) etki:** ROS'leri ile etkileşip onlara bir proton ekleyerek aktivite kaybına neden olma (Örn. Flavinoidler, vitaminler)

**Onarıcı (Repair) etki**

**Zincir kırıcı (Chain Breaking) etki:** ROS'lerini ve zincirleme reaksiyonları başlatacak diğer maddeleri kendilerine bağlayıp zincirlerini kırarak fonksiyonlarını önleyici etki (Örn. Hemoglobin, seruloplazmin, mineraller) [28].

Balın; kronik yaraların, diyabetik ülserin, mide ülseri ve mide-bağırsak ülseri gibi birçok hastalıkların tedavisinde kullanıldığı bilinmektedir. Balın tedavi edici rolü kısmen antimikrobiyal etkisinden ve kısmen de antioksidan madde içermesinden kaynaklanmaktadır. Çünkü bu hastalıkların bazılarının, serbest radikallerin verdiği zararlardan ortaya çıktığı bilinmektedir [8].

Genel olarak gıdadaki antioksidanlar fenollerdir. Diğer biyolojik bileşiklerinin çok az rolleri vardır. Fenolik bileşikler, fenolik asitler ve flavonoidler olarak iki gruba ayrılırlar. Fenolik bileşikler bitki kökenli pek çok gıdanın tat ve aromasına katkıda bulunabilir. Özellikle gıdalarda acılık ve burukluğun kaynağıdır. Antioksidanın etkisi, oksidanın rekabete dayanan tüketiminden; hedefli moleküllerin korunması ve serbest radikalleri üreten zincir reaksiyonunun durdurulmasından kaynaklanmaktadır [15]. Fenoller, molekül yapısının aromatik halkasında mobil hidrojenleri içeren hidroksil grupları içermesinden dolayı, peroksil radikalleri uzaklaştırmada çok etkilidir [46]. Baldaki fenolik bileşikler, özellikle flavonoidler, antioksidan, anti bakteriyel, antikanserojenik ve antialerjik gibi çok geniş biyolojik fonksiyonlar göstermektedir [47]. Bu nedenle bal, gıdalarda doğal tatlandırıcı olarak kullanılmakla birlikte, bazen ilaç olarak da kullanılabilir [48].

Doğan ve Sorkun [49], Ege Bölgesi'nden 31, Marmara Bölgesi'nden 17, Akdeniz Bölgesi'nden 24 ve Karadeniz Bölgesi'nden 2 örnek olmak üzere toplam 74 çiçek balı örneğinde polen analizi yapmışlardır. Araştırmacılar analiz sonucunda bal örneklerinin 12'sinin unifloral ve 62'sinin multifloral olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışma sonucunda, 18'i tür düzeyinde ve 67'si de cins düzeyinde olmak üzere 85 farklı taksona ait polen belirlemişlerdir.

Araştırmacılar *Castanea sativa*, *Centaurea* spp., *Eucalyptus camaldulensis*, *Gossypium* spp., *Helianthus annuus*, *Isatis tinctoria*, *Lotus corniculatus*, *Marrubium vulgare*, *Pimpinella anisum*, *Salix vulgare*, *Salvia verticillata*, *Trifolium* spp. ve *Vicia cracca* dominant polenlere sahip takson, *Anthemis* spp., *Astragalus* spp., *Centaurea* spp., *Eryngium campestre*, *Gossypium* spp., *Helianthus annuus*, *Linaria arvensis*, *Lotus corniculatus*, *Marrubium vulgare*, *Olea* spp., *Pimpinella anisum*, *Solidago* spp., *Trifolium* spp., *Triticum vulgare*, *Xanthium* spp. ve *Vicia cracca* sekonder polenlere sahip takson ve diğer 64 taksonun minor ile eser polene sahip takson olduğunu belirlemişlerdir.

Erdoğan [24], Sakarya ili'nden topladığı bal örneklerinde polen analizi yapmıştır. Adapazarı ballarında, 30'u familya düzeyinde 21'i cins düzeyinde olmak üzere toplam 51 taksonun polenini teşhis etmiştir. Bu polenlerin çoğu Apiaceae, Asteraceae, Boraginaceae, Brassicaceae, Fabaceae, Fagaceae, Lamiaceae, Rosaceae, Plantaginaceae, Poaceae ve Cistaceae familyasına ait olduğunu tespit etmiştir. Balda polenlerine en yüksek oranda rastlanan taksonun yörenin doğal bitkilerinden olan *Castanea sativa* olduğunu, ayrıca bal örneklerinde polenine rastlanan takson çeşidinin 7 ile 25 arasında değiştiğini bildirmiştir.

Abell *et al.* [50], tek orijinli yonca ve kanola ballarının polen analizini yapmışlar ve kanola balının % 91.3 oranında Brassicaceae familyası poleni ve % 4.5 oranında yonca poleni içerdiğini, % 94.5 oranında üçgül poleni içeren yonca balında ise Brassicaceae familyası poleni bulunmadığını bildirmişlerdir.

Terzi [51], 2007–2008 yıllarında Bilecik ili ve çevresinde beş farklı bölgeden bal örneği toplamış ve bu örneklerde polen analizi yapmıştır. Örneklerde bulunan polenlerin tanımlanması ile 14 familya tespit etmiştir. Toplanan beş bal örneğinde Acanthaceae ve Aceraceae familyalarının polenleri dominant ve sekonder; Asteraceae, Brassicaceae, Pinaceae ve Fabaceae familyalarına ait polenler sekonder ve minör Moraceae ve Tiliaceae familyalarının polenleri sadece sekonder; Fagaceae, Juglandaceae ve Ericaceae familyalarının polenleri sadece minör Cucurbitaceae familyasının polenleri eser ve minör Amaranthaceae ve Magnoliaceae familyası polenlerinin ise sadece eser dağılım göstermiş olduğunu tespit etmiştir.

Andrada *et al.* [52], 1993–1994 yıllarında Puan, Cnel. Pringles, Cnel. Suarez, Saavedra ve Tornquist bölgelerinden toplanan 34 bal örneğinde, polen analizlerini yapmışlardır. Araştırmacılar analiz sonucunda 31 çeşit poleni tespit ederek uygun olan en yakın sınıflara ayırmışlar; dominant polen olarak *Eucalyptus* spp., *Helianthus annuus* ve *Diplotaxis tenuifolia* bitkilerini belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda 7 örnek bir çeşit, 8 örnek 2 çeşit ve 19 örnek ise karışık orijinli olup yoğun olarak Fabaceae, Asteraceae ve Brassicaceae polenlerini içerdiği belirtilmiştir.

Sorkun vd. [53], kontrollü koşullarda, Türkiye'nin çeşitli il ve ilçelerinde üretilen 127 doğal çiçek, 44 yapay çiçek, 33 doğal salgı ve 23 yapay salgı bal örneği olmak üzere toplam 227 balın analizini yapmışlardır. Araştırmacılar doğal ve yapay balları ayırt etmek için bazı kimyasal ölçütlerin saptanmasının yanı sıra, balların mikroskopik polen analizlerini de yaparak, dominant nektar kaynağı bitkileri belirlemişlerdir. Araştırmacılar Türkiye genelini temsil eden balların dominant nektar kaynağı bitkilerinin geven, kestane, peygamber çiçeği, boğa dikeni, okaliptus, pamuk, tatlı yonca, ayçiçeği çivit otu, ballıbaba, nevrüz otu, gazal boynuzu, ısırğan otu, zeytin, korunga, anason, söğüt, adaçayı, sofora, kekikgiller, üçgül, buğday, fiğ ve pıtrak otu olduğunu belirlemişlerdir.

Erdoğan vd. [54], Adapazarı ili Hendek, Akyazı ve Kocaali ilçelerinin 22 farklı yöresinden toplanan bal örneklerinde polen analizi yapmışlardır. 22 bal örneğinden 7 tanesi unifloral, 15 tanesini ise multifloral bal olarak tespit edilmiştir. Yöre ballarında 25'i familya, 16'sı cins ve 1'i tür düzeyinde olmak üzere, toplam 42 taksonun polenini teşhis etmişlerdir. Polenlerine dominant miktarda rastlanan taksonlar *Castanea sativa*, *Rhododendron*, *Fabaceae* ve *Cynoglossum* olarak belirlenmiş ve yapılan analizler sonucunda, *Castanea sativa*'nın yöre balları için başlıca nektar ve polen kaynağı olduğunu belirtmişlerdir.

Tüylü ve Sorkun [55], 2001 yılı Mayıs - Eylül ayları arasında, Bursa'nın Cumalıkızık, Narlıdere, Akçalar, İkizce, Çekrice ve Baraklı bölgelerinden polen örnekleri üzerinde analiz yapmışlardır. Araştırmacılar, toplanan polen örneklerinden arıların miktar bakımından en çok topladığı 14 takson poleni, ekonomik olarak önemli olduğu gerekçesiyle organoleptik analizler için uygun bularak analiz ettikleri polenlerin taksonlarını Asteraceae familyasına ait, *Carduus* tip I, *Carduus* tip II, *Helianthus annuus* ve *Xanthium strumarium*; Brassicaceae familyasına ait, *Raphanus raphanistrum*; Cistaceae familyasına ait *Cistus creticus* ve *Cistus*

*salviifolius*; Dipsacaceae familyasına ait *Cephalaria transsylvanica*, Schrader ve *Scabiosa columbaria*; Fabaceae familyasına ait *Trifolium pratense* ve *Trifolium repens*; Fagaceae familyasına ait *Castanea sativa* Miller; Papaveraceae familyasına ait *Papaver rhoeas* ve Ranunculaceae familyasına ait *Convolvulus arvensis* olmak üzere toplam 8 familyaya ait 14 taksonu belirleyerek organoleptik (tat, koku, renk) ve nişasta bakımından analizlerini yapmışlardır. Araştırmacılar çalışma sonucunda Fagaceae familyasına ait *Castanea sativa*'nın, nişasta içermemesi, tat ve koku değerlerinin daha yüksek olması nedeniyle en çok tercih edilen polen olduğunu; aynı zamanda Asteraceae familyasına ait *Carduus* tip I ve *Carduus* tip II polenleri ile Ranunculaceae familyasına ait *Convolvulus arvensis* polenin nişasta içermeleri ve tat ile koku değerlerinin en az olması nedeniyle tercih edilmeyen polen olarak tanımladıklarını bildirmişlerdir.

Kaya vd. [56], Türkiye'nin farklı bölgesinden polen analizi bakımından inceledikleri 13 balda; balların bir tanesinin bir çeşit çiçeğin balı olduğunu, diğer 12 çeşit balın ise değişik sayıda çiçek kombinasyonundan oluştuğunu saptamışlardır. Tanımlanan polenlerin 86 sınıfa ait olduğunu, 74 adedinin gen düzeyinde, diğer 12'nin ise çeşit düzeyinde olduğunu, ağırlıklı olarak polenlerin *Hedera helix*, *Gossypium* spp., *Trifolium* spp., *Sophora* spp., *Rhododendron* spp., *Castanea sativa*, *Peganum harmala* ve *Helianthus* spp.'dan oluştuğunu belirlemişlerdir.

Cabrera Ruiz *et al.* [57], İspanyada yürüttükleri bir çalışma sonucunda 22 bal örneğinde polen analizi ile balların % 0.1 ile % 62 arasında değişen oranda narenciye balını temsil ettiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar narenciye dışında *Eucalyptus* spp., *Echium plantagineum*, *Olea europaea*, *Lavandula multifida*, *Raphanus raphanistrum* ve *Quercus coccifera* polenlerini de belirleyerek; toplam bal örneklerinden 8'inin % 10 oranından düşük olması nedeniyle narenciye balını temsil etmediğini bildirmişlerdir.

Feás *et al.* [58], Portekiz'in kuzey batısından 45 bal örneği toplayarak bu ballarda melissopalinolojik ve fizikokimyasal analizler (nem, kül, pH, serbest asitlik, elektrik iletkenliği, HMF, diyastaz aktivite, invert şeker ve sakaroz) yapmışlardır. Melissopalinolojik analiz sonunda bu ballarda Fabaceae, Rosaceae, Asteraceae, Brassicaceae, Rutaceae, Cistaceae, Boraginaceae, Ericaceae, Myrtaceae, Labiatae ve Pinaceae familyalarına ait polenlerin olduğunu fakat polenlerin en fazla Ericaceae familyasından monofloral *Erica* sp.'ye ait olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca kimyasal analizler sonucunda ortalama değerler nem

için % 17.5, pH 3.8, diyastaz aktivite 17, serbest asitlik 29.8 mmol/mL, invert şeker % 72.6 ve sakaroz % 3.7 olarak belirlenmiştir.

Kirs *et al.* [59], Estonya’da 14 bal örneği üzerinde melissopalinojik ve fizikokimyasal çalışmalar yapmışlardır. Melissopalinojik analiz sonuçlarına göre dominant polen olarak Cruciferae familyasından *Brassica napus*, Rosaceae familyasından *Rubus idaeus*, *Trifolium repens*, *Melilotus officinalis* ve *Salix* bitkilerini belirlemişlerdir. Ayrıca fizikokimyasal analiz sonuçlarına göre ortalama olarak nem % 17.3; pH 3.8; serbest asitlik 20.4 mmol/kg; elektriksel iletkenlik 0.2 mS/cm; diyastaz aktivitesi 23.1 DN ve HMF 3.8 mg/kg’ın altında tespit edilmiştir ve sonuçların Avrupa standartlarına uygun olduğu bildirilmiştir.

Gomes *et al.* [60], Portekiz’de beş ticari bal örneğinin botanik orijinlerini, fizikokimyasal parametrelerini, antimikrobial özelliklerini ve ticari kalitesini değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda *Eucaliptus* sp. (%70.7), *Echium* sp. (%69.4), *Citrus* sp. (%75.6) ve *Eucaliptus* sp. (%50.2) predominant polen olarak tespit edilmiş, son bal örneğinde ise hiçbir polen gözlemlenmemiştir. Fizikokimyasal analizler sonucunda ise nem % 15.9–17.3, pH 3.7–4.3, serbest asitlik 16.0– 32.0, diyastaz aktivitesi 8.7- 16.1, HMF 18.0–94.0 (mg/kg), kül % 0.07–0.35, su aktivitesi 0.47- 0.56, elektrik iletkenliği 0.19- 0.53 (mS/cm), invert şeker % 67.7-73.7 ve sakaroz % 3.4–9.7 aralıklarında bulunmuştur. Bu sonuçlara göre balların HMF ve sakaroz miktarı hariç diğer tüm sonuçlarının standartlara uygun olduğu tespit edilmiştir.

Nanda *et al.* [61], Kuzey Hindistan’da farklı bitkilerden elde edilen balların mineral içeriğini ve fizikokimyasal özelliklerini araştırmışlardır. *Trifolium alexandrinum* L., *Brassica campestris* (hardal), *Helianthus annuus*, *Eucalyptus lanceolatus*, turunç çiçeği, çok çiçekli ticari bir örnek çalışılarak elde edilen balların potasyum, sodyum, kalsiyum, demir, bakır ve çinko içeriklerini ve fizikokimyasal özelliklerini incelemişlerdir. Fizikokimyasal özellikleri AOAC yöntemine göre, mineralleri ise atomik absorpsiyon spektrometresiyle belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda bal örnekleri arasında önemli derecede mineral içeriği, nem ve toplam asidite miktarında farklılık tespit etmişlerdir. *Trifolium* balları en yüksek nem miktarı ve en düşük spesifik gravite gösterirken, turunç balları ise en yüksek toplam asidite ve serbest asidite değeri göstermiştir.

Şahinler vd. [62], Hatay yöresinden inceledikleri 50 bal örneğinin biyokimyasal analizi sonucunda örneklerde ortalama kül, nem, asitlik, HMF miktarı, diyastaz sayısı, invert şeker, pH, sakaroz, elektriksel iletkenlik ve protein değerlerini sırasıyla % 0.32, % 16.03, 40.41 meq kg<sup>-1</sup>, 10.71 mg kg<sup>-1</sup>, 10.31, % 57.83, 4.12, % 2.39, 0.69 mS/cm ve % 0.76 olarak bulmuşlardır.

Merin et al. [63]'nin, İsrail'de siyah çayları tatlandırmak amacıyla kullanılan ballar üzerine yaptıkları bir çalışmada, nem oranı %15–17.8, invert şeker %70.1–79.2, glikoz %35.9–42.1, sakkaroz %2.72–10.12, HMF 0.32–1.8 mg/kg ve diastaz aktivitesi ise 5–15 aralıklarında bulunmuştur.

Ankrah [64], Gana'dan topladığı bazı bal örneklerinin nem, kül, şeker seviyesi, azot ve mineral madde içeriklerini analiz etmiştir. Araştırmacı çalışmada nem miktarını % 18.8, kül miktarını % 0.8, indirgen şekerleri invert şeker olarak % 57.0 ve sakarozu ise % 3.0 olarak tespit etmiştir.

Lazaridou *et al.* [65], Yunanistan'da 33 adet bal örneğinde, nem içeriğinin %13,0–18,9 arasında ve sakkaroz oranlarının da %0,1–2,7 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir.

Conti [66], İtalya'nın merkezinden (Lazio bölgesi) farklı botanik orijinli 84 bal örneği toplamış ve bu balların kalitesini değerlendirmiştir. Ballarda pH, şeker içeriği, nem, su aktivitesi ve mineral içeriğini (Na, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn ve Zn) ölçmüştür. Mineral elementlerini atomik absorpsiyon spektrometresiyle belirlenmiştir. Çalışmada potasyum en bol bulunan element olarak belirlenmiştir. Ayrıca analitik sonuçlara göre Lazio ballarının iyi kalitede ballar olduğu tespit edilmiştir.

Yılmaz ve Küfrevioğlu [67], Türkiye'nin Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde üretilen balların kimyasal analizlerini yapmıştır. Çalışma sonucunda bal örneklerinin nem oranını % 16, pH'ı 3.8, sakaroz oranını % 1.8, diyastaz sayısını 14.6 ve invert şeker oranını % 70.3 olarak bildirmişlerdir.

Devillers *et al.* [68], çam, kestane, lavanta, ayçiçeği, kolza, akasya gibi monofloral balların sınıflandırılmasıyla ilgili yaptıkları çalışmada 469 adet bal örneğinin elektriksel iletkenlik,

nem, diyastaz aktivitesi, pH, asitlik, renk, HMF ve şeker bileşimlerini incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre en yüksek elektriksel iletkenlik değeri çam ve kestane ballarından elde edilirken (sırasıyla 1069 ve 1308  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ), diyastaz aktivitesinin ise ayçiçeği ve kolza ballarında yüksek olduğunu (sırasıyla; 25.04 ve 26.85 ID) bulmuşlardır. Kestane ve çam ballarının pH değeri 5 civarındayken, akasya ve ayçiçeği ballarının pH değerini ise 3 civarlarında tespit etmişlerdir. En yüksek nem içeriği kestane balında (%18.79), en yüksek serbest asitlik çam balında (24.24 meq/kg), en koyu renkli balın kestane (62.26 mm Pfund) ve en açık renkli balın ise akasya balı (7.647 mm Pfund) olduğunu bildirmişlerdir.

Finola *et al.* [69], Arjantin’de ballar üzerine yaptıkları bir çalışmada, ortalama serbest asitlik 20,6 meq/kg, kül miktarı %0,063, su içeriği %18,4, glikoz %31,7, früktoz %41,1 ve HMF 14,8 mg/kg olarak tespit etmişlerdir.

Serrano *et al* [70], İspanya’daki *Eucalyptus* ve *Citrus* ballarını incelemiş ve diskriminant analizlerini yaparak bu balları birbirleriyle karşılaştırmışlardır. Elde edilen verilere göre *Eucalyptus* balının pH değeri 4.1 iken *Citrus* balının pH değeri 4.0 olmuştur. Serbest asitlik *Eucalyptus* balı için 26.9 meq/kg iken *Citrus* balı için 17.7 mg/kg olmuştur. Su içeriği *Eucalyptus* balında daha yüksek olup, %16.63 civarında bulunmuştur.

Şahinler ve Gül [27], Hatay yöresinin yayla ve ayçiçeği ballarının biyokimyasal özelliklerini tespit etmek amacıyla yaptıkları bir çalışmada, yayla balında ortalama kül %0,131, nem oranı %15,23, asitlik 32,3 meq/kg, HMF değeri 5,73 mg/kg, diastaz sayısı 17,9, invert şeker %66,20, sakkaroz %2,84, protein %0,91 ve pH 6,36 olarak bulmuşlardır. Ayçiçeği balında ise bu değerlerin sırasıyla %0,5, %18,1, 40,9 meq/kg, 2,17 mg/kg, 17,9, %69, %1,9, %0,9, 5,6 olduğunu belirlemişlerdir.

Serrano *et al.* [71], Güney İspanya ballarında diyastaz ve invertaz aktivitesi ve HMF içeriğini tespit etmek amacıyla 49 bal örneği üzerinde yaptıkları bir çalışmada; diyastaz aktivitesini ortalama 20,48 Gothe birimi ve 3,99–49,42 arasında değişiklik gösterdiğini, invertaz aktivitesini de ortalama olarak 12,34 bulmuşlardır. HMF içeriğinin ise ortalama 8,24 mg/kg olduğunu ve 0,19–41,16 mg/kg arasında değiştiğini göstermişlerdir.



Terrab *et al.* [72], Fas'ta 98 bal örneğinin fizikokimyasal özelliklerini ( su içeriği, pH, asiditesi, hidrosimetilfurfural, diyastaz aktivitesi ve prolin) analiz etmişlerdir. Buna ek olarak 5 unifloral balda temel komponent analizi (PCA) ve stepwise diskriminant analizi (SDA) gerçekleştirmişlerdir.

Facillo *et al.* [73], narenciye (*Citrus spp.*) balı üzerinde yaptıkları bir çalışmada nem içeriğini % 18.5, pH değerini 3.4, diyastaz sayısını 7.4, HMF miktarını 5.95 mg kg<sup>-1</sup>, asitlik derecesini 25 meq kg<sup>-1</sup> ve kül miktarını % 0.03 olarak belirlemişler ve bu sonuçların tüm standartlara uygun olduğunu bildirmişlerdir.

Mendes *et al.* [12], Portekiz'de 25 farklı markadan toplam 50 bal örneğinin kalitelerini değerlendirmek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Balların nem değerlerinin % 13.6- 19.2, serbest asitlik 12.0- 38.7, kül % 0.1-0.5, diyastaz aktivitesi 2-22 ve HMF % 1.7- 145.5 arasında değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre de 13 bal markasının Avrupa standartlarına uygun olduğu fakat 12 bal markasının bu standartlara uygun olmadığını belirlemişlerdir. Bunun sebebi olarak ta balların yanlış ve uzun süre depolanmasından kaynaklanabileceğini vurgulamışlar.

Terrab *et al.* [74]'nin, İspanya kekik ballarının fizikokimyasal özellikleri ve mineral içeriklerini inceledikleri çalışmada, 25 kekik balı örneğinde su, pH, asitlik, mineral madde, invert şeker, kül, elektriksel iletkenlik gibi karakteristikleri belirlemişlerdir. Tüm ballarda su içeriği düşük bulunmuş, pH'nin 4.2 civarında ve toplam asitliğin 50 mg/kg altında olduğu, bu değerlerin istenmeyen fermantasyonun bir belirtisi olduğunu açıklamışlardır.

Özcan vd. [75], inversiyona uğratılmış sakarozun bal üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Yapılan çalışmada sakaroz şurubuyla, asit ve ısı uygulamasıyla inversiyona uğratılmış sakarozla beslenen arıların yaptığı ballar ve normal bal araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre bal arılarından inversiyona uğratılmış sakarozla beslendikten sonra alınan balın HMF değeri daha yüksek (28.22 mg/kg), nem ve serbest asitlik içeriği ise doğal bala göre daha düşük olmuştur (inversiyona uğratılmış sakarozla beslendikten sonra alınan balın nem içeriği %15.50, 14.021 meq/kg, doğal balın serbest asitliği 22.8 meq/kg ve nem içeriği %15.36). HMF değerinin yüksek çıkması ise sakarozla uygulanan ısı ileme bağlanmıştır. En düşük HMF değeri doğal balda saptanmıştır (1.75 mg/kg). En yüksek diyastaz aktivitesi ve

viskoziteyi normal balda bulmuşlardır. En yüksek kül içeriği asit/ısı kompleksiyle muamele edilen sakarozla beslenen arılardan alınan balda olup %0.49 civarında bulunmuştur. Bu balın diastaz aktivitesinin de 5.0 olduğu da belirtilmiştir.

Küçük vd. [76], üç farklı tipteki Türk ballarının biyolojik aktivitesi ve bazı kimyasal özelliklerini araştırmışlardır. İlk iki tip bal örneğini Karadeniz Bölgesi'nden monofloral kestane ve ormangülü çiçeğinden, üçüncü bal örneği ise Doğu Anadolu Bölgesi'nde Erzincan ilinden heterofloral *Astragalus microcephalus* Willd., *Thymus vulgaris* (kekik) ve diğer farklı dağ çiçeklerinden toplanmıştır. Bal örneklerinin kimyasal özellikleri, toplam nem, kül, toplam protein, sükröz, invert şeker, diastaz aktivitesi belirlenmiştir. Bu çalışmalar sonucunda kestane balı en yüksek fenolik içerik, superoksit radikal koruyucu aktivite ve indirgeyici güce sahip, heterofloral bal örneği ise en yüksek peroxynitrite-temizleyici aktiviteye sahip olarak belirlenmiştir. Araştırmacılar kestane balında mineral içeriğinin diğer bal örneklerine göre daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca örneklerin özellikle bazı mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal aktivite gösterdiğini belirlemişlerdir. Çalışılan bal örneklerinin çeşitli hastalıklara karşı ve sağlığı korumada önemli bir antioksidan ve antimikrobiyal kaynak olduğunu vurgulamışlardır.

Al *et al.* [77], Romanya'nın farklı bölgelerinden toplanmış 24 bal örneği üzerinde çeşitli fizikokimyasal (nem, renk, kül ve şeker içeriği) ve biyolojik özellikler (toplam fenol, toplam flavanoid ve antioksidan kapasitesi) bakımından bir çalışma yapmışlardır. Çalışma sonucunda Romanya ballarının fenolik, flavonoid içerdiği ve iyi bir antioksidan aktiviteye sahip olduklarını belirlemişlerdir. Ayrıca toplam fenolik ve toplam flavonoid içeriğinin en fazla salgı balları, sonra sırasıyla ayçiçeği, ıhlamur ve akasya ballarında olduğunu tespit etmişlerdir. Antioksidan aktiviteyle toplam fenol içeriği arasındaki korelasyon, toplam antioksidan ile toplam flavonoid içeriği arasındaki korelasyona göre daha yüksek olarak belirlenmiştir.

Ouchemoukh *et al.* [78], bazı Cezayir ballarının polen analizi ve fizikokimyasal özelliklerini araştırmışlardır. Örneklerde nem, yoğunluk, dinamik viskozite, pH, spesifik rotasyon, elektrik iletkenliği, kül, şeker, protein, prolin ve fenolik içeriğini analiz etmişlerdir. Polen spektrumlarında *Brassicaceae*, *Capparis*, *Citrus* ve *Eucalyptus* gibi bitkilerin yer aldığı 13

polen tipi bulunmuştur. Bu balların su içerikleri %14.64–19.04 arasında olup, bu değerlerle refraktif indeks değerleri arasında korelasyon olduğu bildirilmiştir. Tüm ballar asidik olup kül içerikleri %0.06–0.54 arasında bulunmuştur. Tüm ballarda glukozun temel aldöz olduğu da bulgular arasındadır. İncelenen ballarda 64–1304 mg/100g toplam fenol tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda bal örneklerinin kimyasal kompozisyonundaki çeşitliliği göstermişlerdir.

Akbulut vd. [79], Batı Anadolu'dan topladığı çeşitli çam balı örneklerinin bazı fizikokimyasal özellikleri ( pH, nem, kül, diyastaz, invert şeker, HMF vs.), mineral (potasyum, sodyum, fosfor, kalsiyum, alüminyum vs.) ve fenolik içerikleri ve antiradikal aktivitesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışma sonucunda çam ballarının yüksek fenolik içerik, antiradikal aktivite, kalsiyum, potasyum ve fosfor içerdiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca fenolik içerik ile antioksidan aktivite arasında yüksek korelasyon olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmanın sonucunda çam ballarının önemli bir antioksidan kaynağı olabileceğini vurgulamışlardır.

Beretta *et al.* [80], bazı İtalyan ballarının toplam fenolik madde içeriklerini belirlemişlerdir. İndirgen şekerlerin etkileşiminin uzaklaştırılması amacıyla, Folin-Ciocalteu çözeltisi asidik koşulda (sodyum karbonatın ilave edilmemesinden) gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte, Singleton ve Rossi [81] 'ye göre Folin-Ciocalteu çözeltisi asidik koşulda, askorbik asit ve çok kolay oksitlenebilir bileşiklerinin tayin edilmesinde kullanılabilir. Bu nedenle, bu yöntem ile elde edilen değerlerin yalnız fenolik içeriğin bir göstergesi olduğu doğru değildir. Çünkü bu değerler diğer değerlere göre düşük görülmektedir. Bu araştırmada toplam fenolik madde içeriği 5,25 -78,96 mg GAE / 100 g aralığında bulunmuştur. Çilek, kestane ve akasya ballarının toplam fenolik madde içeriği sırasıyla 78,96, 21,21 ve 5,25 mg GAE / 100 g civarında tespit edilmiştir.

Aljadi ve Kamaruddin [8], seçilen iki Malezya balının antioksidan aktivite ve fenolik içeriklerini değerlendirmişlerdir. Antiradikal aktivite (ARP), DPPH ve antioksidan aktivite (TAP), FRAP yöntemi ile, toplam fenolik içeriği ise Folin-Ciocalteu prosedürüne göre belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonucunda, balların antioksidan aktivitesi ile toplam fenolik içeriği arasında bir korelasyon olduğunu tespit etmişlerdir.

Lachman *et al.* [82], Çek ballarının toplam fenolik içeriğini ve antioksidan aktivitesini araştırmışlardır. Toplam 40 bal örneği incelenmiş ve bu balların botanik orijini tespit edilmiştir. Balların fenolik içeriğini Folin-Ciocalteu, antioksidan aktiviteyi ise FRAP, DPPH ve ABTS olmak üzere üç farklı yöntem kullanarak yapmışlardır. Bu üç farklı yöntemle göre Çek ballarında en yüksek antioksidan aktiviteyi salgı balları ile karışık ballar, en düşük antioksidan aktiviteyi ise floral ballar göstermiştir. Ayrıca en yüksek fenolik içerik yine salgı ballarında, en düşük fenolik içerik ise ıhlamur ballarında tespit edilmiştir. Ayrıca balların fenolik içeriği ile antioksidan aktivitesi (FRAP yöntemi) arasında pozitif bir korelasyon olduğu belirtilmiştir.

Al-Mamary *et al.* [83], beş farklı Yemen balının antioksidan ve toplam fenolik madde içeriğini incelemişlerdir. Sulandırılmış bal örneklerinde toplam fenolik madde içeriği Folin-Ciocalteu yöntemiyle incelenmiş ve değerleri 56.32 ile 246.21 mg/100g arasında değişmiştir. Örneklerin toplam antioksidan aktivitesi % -6.48 ile % 65.44 arasında değişmiştir. Salam-Tehamah bölgesine ait bal örneği en yüksek antioksidan aktivite ve toplam fenolik miktarına sahip olarak bulunmuştur. Antioksidan aktivite ile toplam fenolik aktivite arasında pozitif korelasyon olduğunu tespit etmişlerdir.

Bertoncelj *et al.* [84], Slovenya ballarının renk, antioksidan aktivite ve fenolik içeriklerini değerlendirmişlerdir. Slovenya’da en yaygın yedi bal tipinden bal örnekleri toplayarak Folin-Ciocalteu yöntemiyle fenolik içeriklerini, FRAP yöntemi ile antioksidan aktivitesini ve DPPH yöntemi ile de antiradikal aktivitesini analiz etmişlerdir. İlave olarak bal örneklerinin renk özelliklerini analiz etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda toplam fenolik içerik, antioksidan aktivite ve renk parametresi bal tipleri arasında farklılıklar göstermiştir. Antioksidan aktivite en düşük akasya balında ve ıhlamur balında, en yüksek ise koyu renkli ballar olan ladin gibi orman ağaçlarında tespit edilmiştir. Ayrıca bu çalışmada parametre analizleri arasındaki korelasyon istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Buratti *et al.* [85], farklı botanik ve coğrafik orijine sahip arı ürünlerinden bal (12 örnek), arı sütü (4 örnek) ve propolis (12 örnek) elektrokimyasal yöntem ve DPPH testleri ile incelemişlerdir. Elektrokimyasal yöntemin arı ürünlerinin antioksidan gücünü belirlemede basit ve hızlı bir yöntem olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca örneklerin toplam fenolik madde

içeriği Folin-Ciocalteau yöntemiyle belirlenmiştir. Bununla birlikte antioksidan aktivite ile fenolik madde arasında pozitif korelasyon olduğunu tespit etmişlerdir.

Vela *et al.* [86], 36 farklı floral orijine sahip (nektar ve salgı balları) İspanya ballarının radikal koruyucu kapasitesini spektrofotometrik olarak DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) yöntemiyle incelemişlerdir. Ayrıca örneklerin pH, asidite, elektriksel iletkenlik ve toplam polifenol içeriğini de incelemişlerdir. İncelenen fizikokimyasal parametrelerin tümü balların radikal koruyucu kapasitesiyle güçlü korelasyon gösterirken, kahverengileşme kapasitesi, iletkenlikle düşük korelasyon göstermiş, balın pH'sı ile hiç korelasyon göstermemiştir. Nektar ve salgı balları ayrı ayrı incelendiğinde nektar ballarının antioksidan kapasitesini incelemek için absorbans ve bal asiditesinin uygun parametreler olduğu, salgı ballarında ise radikal koruyucu aktivite ile iletkenlik ve homojenatların kahverengileşmesinin inhibisyonu ile toplam asidite arasında ilişkinin bulunduğunu gözlemişlerdir. Salgı balları nektar ballarına göre daha yüksek antioksidan kapasiteye sahip olarak belirlenmiştir.

## 2. BÖLÜM

### GEREÇ VE YÖNTEM

#### 2.1. Materyal

##### 2.1.1. Bal Örnekleri Materyali

Araştırmada Türkiye'nin farklı bölgelerinden bal üretiminin yoğun olduğu illerden toplanan 230 bal örneği çalışmanın materyalini oluşturmuştur. Artvin ilinin farklı ilçelerinden 50 adet kestane balı, 30 adet ormangülü balı, Antalya ilinin farklı ilçelerinden 50 adet narenciye balı, Edirne ve Tekirdağ ilinin farklı ilçelerinden 50 adet ayçiçeği balı ve Muğla ilinin farklı ilçelerinden 50 adet polifloral bal toplanmıştır. Bal örnekleri arı yetiştiricilerinden bal hasadından hemen sonra alınarak kavanozlanmış ve ışık görmeyecek şekilde kapalı karton kutular içerisinde laboratuara getirilmiştir. Bal örnekleri laboratuarda oda sıcaklığında, ambalajların ağzı ortam nemini almayacak şekilde sıkıca kapatılarak, analiz süresine kadar kapalı dolaplarda muhafaza altına alınmıştır.



Şekil 2.1. Çalışma kapsamında arıcılardan toplanan bal numuneleri.

#### 2.2. Yöntem

Araştırmada toplanan bal örnekleri, analizlerin yapıldığı bölüm laboratuvarına getirildikten hemen sonra bekletilmeden analizlere başlanmıştır. Toplanan bal örneklerinde melissopalinojik analizler, fizikokimyasal analizler (nem, pH, asitlik, diyastaz sayısı, toplam şeker ve sakaroz) ve biyolojik analizler (fenolik madde miktarları, antioksidan ve antiradikal aktiviteleri) yapılmıştır.

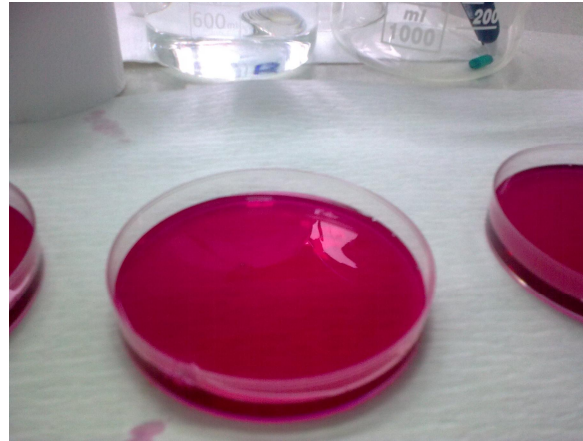
### 2.2.1. Melissopalinojik analizler

Polen, bal arıları için hayati öneme sahip doğal protein kaynağıdır. Polen bal arılarının yavru yetiştirmesinde kullandığı tek besin kaynağıdır.

Bal örneklerinin monofloral ve polifloral olarak sınıflandırılabilmesi için polen analizleri yapıldı. Polen analizleri Louveaux *et al.* [87]'in bildirdikleri yöntemine göre yapıldı.

#### 2.2.1.1. Bazik-fuksinli gliserin-jelâtin hazırlanması

Bu yöntemine göre 7 g jelâtin plak tartıldı ve 42 ml ılık distile suda 2 saat bekletildi. Yumuşamış jelâtinin üzerine 50 ml gliserin ilave edilerek iyice karıştırıldı. Polenlerin boyanmasını sağlamak amacıyla birkaç damla bazik fuksin ilave edildi. Elde edilen karışım 15 dakika ılık su banyosunda bekletildikten sonra temiz petri kaplarına ince bir tabaka halinde döküldü ve soğumaya bırakıldı.



Şekil 2.2. Bazik-fuksinli gliserin-jelâtin karışımı.

#### 2.2.1.2. Polen analizi için baldan preparat hazırlanması

Kavanozlara konulmuş 250 g süzölmüş stok bal örneğinden kristalleşmiş veya soğuktan katılaşmış olanlar varsa 40–45 °C'lik su banyosunda bir süre bekletilerek, balın yumuşaması sağlandı. Daha sonra kavanozdaki bal örneği steril cam bağıet yardımıyla iyice karıştırılarak polenlerin bal içinde homojen bir şekilde dağılması sağlandı. Stok baldan 10 g alınıp deney tüpüne aktarıldı ve üzerine 20 ml distile su ilave edildi. Balın su içinde çözünmesi için tüpler

yaklaşık 45 °C'lik su banyosunda 10–15 dakika bekletildi. Su banyosundan çıkarılan tüpler çalkalanarak bal ile suyun iyice karışması sağlandı.

Hazırlanan çözelti 3500–4000 rpm'de 15–20 dakika santrifüj edildi. Santrifüjden alınan tüpler ters çevrilerek suları döküldü ve aynı konumda kurutma kâğıdı üzerine konuldu. Tüpteki su süzülünceye kadar beklendi. Sonra steril iğne ucuna alınan bir miktar (1–2 mm<sup>3</sup>) bazik-fuksinli gliserin-jelatinin tüpün dibindeki polenlere bulaştırılmasıyla alınan materyal, lam üzerine aktarıldı. Lam, 30–40 °C'ye ayarlı ısıtıcı tablaya konularak, üzerindeki bazik fuksinli gliserin jelâtinin erimesi sağlandı. Isıtma sırasında hava kabarcıklarının oluşmaması ve polenlerin deforme olmaması için montaj materyalinin (bazik-fuksinli gliserin-jelâtinin) kaynamamasına özen gösterildi. Platin iğne ile lam üzerindeki erimiş bazik-fuksinli gliserin-jelâtin karıştırılarak polenlerin montaj materyali içinde homojen dağılması sağlandıktan sonra lam üzerine lamel kapatıldı. Hazırlanan preparat ters çevrilerek iki cam çubuk üzerine yerleştirildi. Böylece polenlerin lamel yüzeyine yaklaşmalarına ve mikroskopta daha net görülebilmelerine imkân sağlandı. Lamın bir kenarına etiket yapıştırılarak, üzerine balın alındığı yöre ve örnek numarası yazıldı. Hazırlanan preparatlar yaklaşık 12 saat boyunca bu şekilde bekletilerek mikroskopta incelemeye hazır hale getirildi. Her bir bal örneği için 10 gram baldan en az dört preparat hazırlandı.

Çalışmada polenin orijinini belirleme ve polen sayımı yapılarak, baldaki dominant polen sayısı ile balın orijinini ne oranda temsil ettiği belirlenmiştir.

İncelenen ballarda bulunan polenler, polen spektrumlarına göre dört ana gruba ayrılır:

- a) Miktarı > % 45 olanlar dominant polenler
- b) Miktarı % 16- % 44 arasında olanlar sekonder polenler
- c) Miktarı % 3- % 15 arasında olanlar minör polenler
- d) Miktarı < % 3 olanlar ise eser miktarda bulunan polenler olarak belirlendi [88].



## 2.2.2.Fizikokimyasal analizler

### 2.2.2.1. Balda nem tayini

Balın nem içeriği iklim koşulları ile ilişkili bir parametre olup, üretim yılı veya üretim mevsimi ve olgunluk derecesine bağlıdır. Balın nem miktarı arttıkça hem balın kalitesi düşmekte, hem de fermante olma riski artmaktadır. Bu nedenle balın nem içeriği, depolama sırasında fermantasyon olayının önlenmesi ve balın stabilitesinin devamı açısından önemlidir ve böylece üretilen ballarda nem oranının düşük olması tercih edilmektedir. Balın nem içeriği %17'den düşük ise hiç bir şekilde fermantasyon gerçekleşmemektedir [1].

Dünyada balın nem içeriğine göre sınıflandırılması aşağıdaki şekilde yapılmaktadır:

I.sınıf ballar: Nem oranı en fazla % 17.8 olan ballardır.

II. sınıf ballar: Nem oranı en fazla % 18.6 olan ballardır.

III. sınıf ballar: Nem oranı en fazla % 20.0 olan ballardır [14].

Balda nem tayini refraktometre ile yapıldı. Analiz örneğinden alınan yeteri kadar bal, refraktometrenin prizmaları arasına kondu. Alet kullanma talimatına uygun bir şekilde kapatıldı ve ışığa karşı tutularak nem miktarı okundu [1].

### 2.2.2.2. Balda asitlik tayini

Asitlik, balın önemli kalite parametrelerinden birisidir. Çok yüksek düzeyde serbest asitlik oluşumu, balda istenmeyen bir özellik olan fermantasyonun meydana geldiğinin bir kanıtıdır [15]. Balın asitliği serbest, laktonik ve toplam asitlik veya sadece asitlik terimi ile ifade edilmektedir. Asitlik, bitkisel kaynağı ve üretim bölgesine bağlı olarak, baldan bala değişmektedir. Balın toplam asitliği 40 meq/kg değerini geçmemelidir [1].

**Asitlik tayininde kullanılan çözeltiler ve hazırlanması aşağıda belirtildiği şekildedir:**

**Fenolftalein çözeltisi:** Öncelikle 0,5 gr fenolftalein ( $C_6H_4OH$ )  $C_2O_2C_2$ , 100 ml hacimce % 50'lik etil alkol-su karışımında çözülerek hazırlandı.

**NaOH çözeltisi:** standart sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisi (0,05 M) ayarlı hazırlandı.

**Karbondioksiti uzaklaştırılmış su:** distile su 15 dakika kaynatıldıktan sonra fazla hava alamayacak şekilde kapatılıp musluk suyu ile soğutularak hazırlandı.

### **İşlem:**

Analiz numunesinden yaklaşık 10 gr bal tartılarak 250 ml'lik erlene kondu, üzerine 75 ml karbondioksiti uzaklaştırılmış su eklenip erlenin ağzı kapatılıp iyice karıştırılarak bal çözüldü. Erlen karıştırıcı üzerine kondu ve üzerine 5–6 damla fenol ftalein çözeltisi damlatıldı. Üzerine büretten standart sodyum hidroksit çözeltisi ile eşdeğerlik noktasına kadar titre edildi. Eşdeğerlik noktasına çözeltinin değişen rengi en az 15 saniye kaybolmadan kalmalıdır. Titrasyonda harcanan standart sodyum hidroksit çözeltisi hacmi ( $V_t$ ) kaydedildi. Başka bir erlende şahit deney yapılarak, titrasyonda kullanılan suyun ve indikatörün harcayabileceği standart sodyum hidroksit çözeltisi hacmi ( $V_o$ ) kaydedildi.  $V_t$ 'den  $V_o$  çıkarılarak balda mevcut asitler için harcanan sodyum hidroksit çözeltisi hacmi ( $V$ ) bulundu. Daha sonra numunenin asitliği ( $A$ ) hesaplandı;

$$A = 1000 \times M \times V / m$$

$M$ = Standart sodyum hidroksit çözeltisinin molaritesi,

$V$ = Deneyde mevcut asitler için harcanan sodyum hidroksit çözeltisi hacmi (ml), ( $V = V_t - V_o$ ),

$m$ = Deneyde kullanılan bal numunesinin kütlesi (g) dir.

Sonuçlar Türk Standartları Enstitüsü 3036 Bal standardında belirtilen kriterlere bakılarak uygun olup olmadığı belirlendi [1].

### **2.2.2.3. Balda pH tayini**

Bal örneklerinde pH asitlik analizleri ile aynı zamanda yapılmıştır. Bal örneklerinden 10 gr tartılarak 75 ml suda çözüldü. Hazırlanan çözeltiliye pH metrenin elektrodu daldırılarak, örneklerin pH değerleri belirlendi [22].

### **2.2.2.4. Balda diastaz tayini**

Diastaz aktivitesi; deney koşullarında, 40°C'de, bir saat içinde %1 nişastayı, belirlenen son noktaya dönüştürecek enzimin miktarı olarak tanımlanır. Diastaz enzimi (amilaz), nişastanın maltoza dönüşmesini sağlamaktadır. Diastaz aktivitesi, depolamadan etkilenmekte olup sıcaklığın artmasına karşı duyarlıdır. Bu nedenle, balın tazeliğinin bir işareti ve ne kadar ve

hangi koşullarda depolandığının da bir göstergesidir. Bitkisel kaynağına bağlı olarak ballarda farklı düzeylerde bulunmakla birlikte, diyastaz aktivitesinin beklenen düzeyinden az çıkması, ballarda kalitenin önemli bir işaretidir. Narenciye balları ile sıcak iklimlerde üretilen ballar doğal olarak düşük miktarlarda diyastaz aktivitesi içermektedir. Türk Standartları Enstitüsü'ne göre balda diyastaz sayısı 8 birim düzeyinden daha az olmamalıdır. Narenciye ballarında ise, üç birim düzeyinden daha az olmamalıdır [1].

**Kullanılan çözeltiler ve hazırlanması aşağıda belirtildiği şekildedir:**

**İyot çözeltisi:** 100 ml lik ölçülü balona 1,24 g iyot tartıldı. Üzerine üzerine 2,5 g iyodatsız potasyum iyodür ve 25 ml damıtık su ilave edildi. Çözünme tamamlanana kadar karıştırıldı ve işaret çizgisine kadar damıtık su eklendi. Yani 100 ml'ye tamamlandı.

**Sitrik asit monohidrat çözeltisi:** 21,01 g sitrik asit monohidrat tam olarak tartıldı. 1000 ml' lik ölçülü balonda (500–600) ml suda çözüldü, balon su ile 1000 ml'ye tamamlandı.

**Disodyum hidrojen fosfat dihidrat çözeltisi:** 35,60 g disodyum hidrojen fosfat dihidrat tartıldı, 1000 ml lik ölçülü balonda (500–600) ml suda çözüldü, balon su ile 1000 ml'ye tamamlandı.

**Fosfat-sitrat tamponunun hazırlanması:** Bir beher içine sitrik asit çözeltisinin 469 ml'si ile fosfat çözeltisinin 531 ml'si karıştırıldı.

**Sodyum klorür çözeltisi:** 2,93 g sodyum klorür, 500 ml'lik ölçülü balonda bir miktar su ile çözüldü ve hacim su ile 500 ml'ye tamamlandı.

**Nişasta çözeltisi:** 1 g suda tamamen çözünebilir nişastadan tartıldı, üzerine 30–40 ml saf su eklendi ve hızla kaynama noktasına kadar ısıtıldı. Sonra ısıtma hızı düşürülerek 3 dakika süreyle kaynatıldı. Erlenin ağzı kapatılarak oda sıcaklığında soğuması beklendi. Soğuduktan sonra 100 ml'lik ölçülü balona alınarak 100 ml'ye tamamlandı.

**Nişasta-tampon karışımı:** 250 ml'lik erlene; 40 ml fosfat-sitrat tampon çözeltisinden, 100 ml nişasta çözeltisinden, 20 ml sodyum klorür çözeltisinden eklendi ve karıştırıldı. Karışım kaba gözenekli süzgeç kâğıdından süzüldü. Süzüntü temiz, kuru ve ağzı iyi kapanan şişeye konularak saklandı, iki günden sonra yenilendi.

**İşlem:**

Bal çözeltilerinin hazırlanması:

10 g bal tartıldı ve uygun beherde 40–50 ml kadar damıtık suda çözüldü. Karışım 100 ml'lik ölçülü balona alındı ve yine su ile işaret çizgisine kadar seyreltildi.

### Hidroliz:

Bir seri halinde dizilmiş 1'den itibaren 12 ayrı deney tüpüne, Tablo 1 de verildiği gibi bal çözeltisi, damıtık su ve nişasta-tampon karışımı konularak bütün tüplerdeki karışım hacimlerinin 18 ml olması sağlandı. Tüplerin her biri alt üst edilerek iyice karıştırıldı. Sonra su banyosu 38–40 C' ye ayarlandı, tüpler su banyosuna yerleştirilerek burada 1 saat bekletildi. Bir saatlik sürenin sonunda deney tüpleri su banyosundan çıkarıldı ve hemen buzlu suya batırılarak soğutuldu. Her tüpe 0,1 N iyot çözeltisi damlatıldıktan sonra alt üst edilerek karıştırıldı. Tüpler 1 numaralı olandan itibaren gözle incelendi. Mavilik gözlenen ilk tüp sınır olarak alındı. Bundan önceki deney tüpüne karşılık gelen diastaz sayısı Tablo 1'den okunur. Bu değer balın diastaz sayısı olarak kaydedildi [1].

| Tüp  | Bal çözeltisi | Distile su | Nişasta + tampon | Toplam | Eşdeğer diastaz |
|------|---------------|------------|------------------|--------|-----------------|
| 1    | 10,0          | 5,33       | 2,67             | 18,0   | 1,0             |
| 2    | 10,0          | 3,3        | 4,7              | 18,0   | 2,5             |
| 3    | 10,0          | 0          | 8,0              | 18,0   | 5,0             |
| 4    | 7,7           | 2,3        | 8,0              | 18,0   | 6,5             |
| 5    | 6,0           | 4,0        | 8,0              | 18,0   | 8,3             |
| 6    | 4,6           | 5,4        | 8,0              | 18,0   | 10,9            |
| 7    | 3,6           | 6,6        | 8,0              | 18,0   | 13,9            |
| 8    | 2,8           | 7,2        | 8,0              | 18,0   | 17,9            |
| 9    | 2,1           | 7,9        | 8,0              | 18,0   | 23,0            |
| 10   | 1,7           | 8,3        | 8,0              | 18,0   | 29,4            |
| 11   | 1,3           | 8,7        | 8,0              | 18,0   | 38,5            |
| Liko | 1,0           | 9,0        | 8,0              | 18,0   | 50,0            |

Tablo 2.1. Diyastaz tayininde kullanılacak olan maddelerin hacimleri.

### 2.2.2.5. Balda invert şeker tayini

Balda invert şeker, nektardaki sakkarozun asitler ve invertaz enzimi etkisiyle glikoz ve fruktoza parçalanmasıyla oluşmaktadır. İnvirt şeker cinsinden eşdeğeri bilinen Bakır (II) çözeltisinin belli bir hacmi, bazik ortamda baldan hazırlanan sulu çözelti ile metilen mavisi indikatörüne karşı titre edilir. Baldaki glikoz ve fruktoz (invert şeker), molekül başına iki elektron vererek yükseltgenirken, bakır (II) iyonları da bakır (I) haline indirgenir. Bu titrasyonda harcanan bal çözeltisi hacminden, baldaki indirgen şeker (invert şeker) yüzdesi hesaplanır.

Türk Standartları Enstitüsü'ne göre çiçek ballarında invert şeker yüzdesi 65'ten, salgı ballarında ise 45'ten daha az olmamalıdır.

**Kullanılan çözeltiler ve hazırlanması aşağıda belirtildiği şekildedir:**

**Fehling A çözeltisi:** 34.64 g bakır (II) sülfat pentahidrat, damıtık su ile çözülerek 500ml'ye tamamlanır. Filtre edildikten sonra renkli şişede saklanır.

**Fehling B çözeltisi:** 173 g potasyum sodyum tartarat tetrahidrat ve 50 g NaOH damıtık suda çözülür, 500 ml'ye tamamlanır, süzülür ve renkli şişede saklanır.

**5 N Sodyum Hidroksit (NaOH) çözeltisi:** 40 g NaOH suda çözündürülür ve 200 ml'ye tamamlanır.

**Carrez I çözeltisi:** 21.9 g çinko asetat dihidrat çözündürülür. Üzerine 3 ml asetik asit eklendikten sonra 100 ml'ye tamamlanır.

**Carrez II çözeltisi:** 10.6 g potasyum ferrasiyanür trihidrat saf suda çözündürülür ve 100 ml'ye tamamlanır.

**%1'lik Metilen Mavisi çözeltisi:** 1 g metilen mavisi 100 ml'lik ölçülü balona tartılır, saf suda çözündürülük çizgisine kadar tamamlanır.

**%1'lik Fenolftalein çözeltisi:** 1 g fenolftalein 100 ml'lik ölçülü balona tartılır, etil alkol ile çözündürülüp çizgisine kadar tamamlanır.

**Stok invert şeker çözeltisi:** 9.5 g saf sakkaroz 1 litrelik balonda 50 ml suyla çözündürülür. Üzerine 5 ml derişik HCL konulduktan sonra 60 °C'de ayarlanmış su banyosunda, arada bir karıştırılarak 20 dakika bekletilir. Bu ısıtma işlemi esnasında büyük ölçüde gerçekleşen hidroliz işlemi, soğuyan çözelti oda sıcaklığında 24 saat bekletilerek tamamlanır. Süre sonunda balon çizgisine suyla tamamlanır.

**Standart invert şeker çözeltisi:** stok invert şeker çözeltisinden alınan 125 ml 'lik bir kısım 500 ml'lik bir ölçülü balonda 5–6 damla fenolftalein çözeltisi ile karıştırılır. Bir büretten akıtılan 5 N sodyum hidroksit çözeltisi ile kararlı pembe rengin oluştuğu ilk damlaya kadar titretilir. Elde edilen çok açık pembe renkli nötr karışımın hacmi saf su ile 500 ml'ye tamamlanır.

## İşlem

Fehling Çözeltisinin Ayarlanması:

150 ml bir erlene, 5 ml fehling A çözeltisi, 5 ml fehling B ve 10 ml saf su eklenir ve karıştırılır. Üzerine 15 ml standart invert şeker çözeltisi eklenir. Çözelti karışımı, uygun bir

ısıtma tablası üzerinde manyetik karıştırıcı ile karıştırılarak kaynama gözleninceye kadar ısıtılır. Kaynatma işlemine, kaynamanın başladığı andan itibaren 2 dakika daha devam edilir. 2 dakikanın sonunda karışıma, 4–5 damla metilen mavisi çözeltisi eklenir. Elde edilen çözelti 1 dakika içinde titrasyon sonuna ulaşılacak şekilde, renk maviden kırmızıya dönünceye kadar titretilir. Titrasyonda harcanan standart invert şeker çözeltisi hacminin, baştan eklenen 15 ml ile toplanması sonucunda, 5 ml fehling A'nın eşdeğeri olan invert şeker çözeltisi hacmi(V) bulunur. 5 ml Fehling A'nın eşdeğeri olan invert şekerin mg olarak miktarı yani faktör (F) aşağıdaki formül ile hesaplanır:

$$F=V \times 2.5$$

**Bal Çözeltilerinin Hazırlanması:**

Bal 2 gr tartılır ve üzerine 80–100 ml su konularak iyice karıştırılıp bal çözülür. Karışım üzerine 1 ml Carrez I ve 1 ml Carrez II çözeltileri ilave edilip çalkalanır. Hacim su ile 250 ml'ye tamamlanarak balon alt üst edilip tam homojenlik sağlanır. Carrez çözeltileri ilave edildiğinde oluşan çökelmeler, kaba gözenekli süzgeç kâğıdından süzülür. Süzüntüden 50'şer ml'lik iki ayrı kısım alınarak, 100'er ml'lik ölçülü iki balona konur. İki balondan biri invert şeker tayini için, diğeri ise sakkaroz tayini için kullanılır.

**Toplam şeker tayini:**

Bal çözeltisinden 50 ml alınarak 100 ml'lik bir ölçülü balona konur. Bu çözelti üzerine 5 ml derişik hidroklorik asit eklenir. Karışım, 65–67 °C'ye ayarlanmış su banyosu içinde arada bir karıştırılarak bekletilir. Çözelti karışımın sıcaklığı, banyonunkine ulaştıktan sonra ısıtma işlemine 5 dakika daha devam edilir. Hidroliz işlemi yaklaşık olarak 15 dakika sürer. Süre sonunda karışım hızla soğutulur. 4–5 damla fenolftalein çözeltisi damlatılır. Hafif pembe bir renk elde edilinceye kadar 5 N sodyum hidroksit çözeltisi ile titre edilir. Hafif pembe renkli çözeltinin hacmi 100 ml'ye tamamlanır ve bu çözelti analiz çözeltisi olarak kullanılır.

**Titrasyon:**

150 ml'lik erlene, 5 ml Fehling A, 5 ml Fehling B çözeltisi, 10 ml saf su ve 10 ml analiz çözeltisi eklenip karıştırılır. Karışım ısıtma tablası üzerinde manyetik karıştırıcı ile karıştırılarak kaynama anı tespit edilir. Kaynama anından itibaren ısıtma işlemi 2 dakika daha sürdürülür. 2 dakika sonunda karışıma 4–5 damla metilen mavisi eklenir, karıştırılır. Analiz çözeltisi ile 1 dakika içinde titrasyon sona erecek şekilde, renk maviden kiremit kırmızısına

dönünceye kadar titre edilir. Harcanan toplam şeker çözeltisi hacmi, başta eklenen 10 ml ile sonradan eklenen hacmin toplamıdır.

İnvert şeker tayini:

Bal çözeltisinden 50 ml alınarak 100 ml'lik bir ölçülü balona konur. Üzeri saf su ile 100 ml'ye tamamlanır. Bu çözelti analiz çözeltisi olarak kullanılır. 150 ml'lik bir erlene, 5 ml Fehling A, 5 ml Fehling B çözeltisi, 10 ml saf su ve 10 ml analiz çözeltisi eklenip karıştırılır. Titrasyon işlemi toplam şeker tayininde olduğu gibi yapılır ve toplam hacim kaydedilir.

### Değerlendirme

% Toplam şeker=  $50 \times F / m \times V$

F: Fehling çözeltilerinin faktörü

M: Örnek ağırlığı, g

V: Titrasyonda harcanan analiz çözeltisi hacmi

% İnvert şeker tayini de aynı formülle hesaplanır.

### 2.2.2.6. Balda sakkaroz tayini

Toplam şeker ile invert şeker arasındaki farkın 0.95 ile çarpılması sonucunda yüzde sakkaroz miktarı bulunur.

Türk Standartları Enstitüsü'ne göre çiçek ballarında sakkaroz yüzdesi 5'ten, salgı ballarında ise 10'dan daha fazla olmamalıdır.

Sakkaroz %  $g = (\text{Toplam şeker} - \text{İnvert şeker}) \times 0.95$

### 2.2.3. Biyolojik analizler

#### 2.2.3.1. Balda toplam fenolik madde miktarının belirlenmesi

Bal örneklerinin toplam fenolik madde içeriği modifiye edilmiş Folin-Ciocalteu yöntemi ile belirlendi [81]. Her bir bal örneği (1 g) 1,5 ml metanol ile çözüldü ve vorteks kullanılarak karıştırıldı. Solusyon Whatman No. 1' den süzüldü. Hazırlanan çözeltilerden 40 µl deney tüplerine aktarıldı. Ekstrelerin üzerine sırasıyla 2400 µl distile su, 200 µl Folin-Ciocalteu ayırıcı, 600 µl sodyum karbonat (%20Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) ve tekrar 760 µl distile su eklenerek vorteks

ile karıştırıldı. Oda sıcaklığında 2 saat inkubasyondan sonra 765 nm’de absorbands değerleri köre karşı okundu. Bu işlemler 5 tekrar şeklinde uygulandı. Sonuçlar gallik asitle elde edilen kalibrasyon eğrisinden hesaplandı ve mg gallik asit/ 100 g bal olarak ifade edildi.

### **2.2.3.2. Bal örneklerinin antioksidan özelliklerinin belirlenmesi**

Bal örneklerinde antioksidan aktivite fosfomolibden [89] yöntemine göre yapıldı. 0.4 ml örnek eşit miktarda metanolla ve daha sonra 4 ml ayıraç solusyonu (0.6 M sülfürik asit, 28 mM sodyum fosfat ve 4 mM amonyum molibdat) ile karıştırıldı. Kör olarak bal solusyonu yerine metanol kullanıldı. Karışım vortekslenip 95°C su banyosunda 90 dakika bırakıldı. Absorbans 695 nm’de ölçüldü. İşlem üç tekrar şeklinde uygulandı. Antioksidan aktivite askorbik asit eşitliğine göre (mg/1 g metanol ekstrak) hesaplandı.

### **2.2.3.3. Bal örneklerinde antiradikal aktivitenin belirlenmesi (DPPH deneyi)**

Bal örneklerinin DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radikallerine karşı koruyucu etkisi [90] yönteminden küçük değişikliklerle belirlendi. Bu yöntem ortamdaki antioksidan etkiye sahip bileşikler tarafından DPPH stabil serbest radikalın karakteristik mor renginde meydana getirilen renk değişikliğinin spektrofotometre ile ölçülmesi esasına dayanır. Kısaca her bir bal örneği (1g) vorteks kullanılarak 4 ml metanolde çözülerek solusyon Whatman No. 1’ den filtre edildi. 50 µL bal örneği 450 µL Tris-HCL ve 1000 µL of  $6 \times 10^{-5}$  mM DPPH ile karıştırıldı. Karışım 2 saat boyunca oda sıcaklığında ve karanlıkta bırakılıp 517 nm’de spektrofotometrik olarak absorbands ölçüldü. İşlem üç tekrar şeklinde uygulandı. Antiradikal aktivite aşağıdaki formüle göre hesaplandı:

$$\text{Antiradikal aktivite (\%)} = 100 \times (\text{kontrol absorbands} - \text{örnek absorbands}) / \text{kontrol absorbands}$$

### **2.2.4. İstatistiksel analiz**

Çalışmada Türkiye’nin farklı bölgelerinden toplanan bal örnekleri verilerinin istatistiki analizlerinde SPSS 17.0 programı kullanılmıştır. Normal ve değişik oranlarda kristalize olmuş bal örneklerinin analizlerinden elde edilen veriler tek yönlü varyans analizi ile değerlendirilmiştir.



### **3. BÖLÜM**

#### **BULGULAR**

Bu çalışmada Türkiye'nin farklı bölgelerinden toplanan 230 bal örneği öncelikle polen analizleri yapılarak bitki orijinleri tespit edilmiştir. Daha sonra, ballar bitki orijinlerine göre 50'şer tane kestane, ayçiçeği, narenciye ve polifloral bal ile 30 tane ormangülü balı olmak üzere gruplara ayrılmıştır. Bu balların fizikokimyasal analiz sonuçlarının her bir parametresinde ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri bulunmuştur; ayrıca çalışma sonucunda tespit edilen biyokimyasal bileşen değerleri, Türk Gıda Kodeksi, Avrupa Birliği ve FAO/WHO Kodeks standartları ile karşılaştırılmıştır.

Balların biyolojik analizleri (toplam fenolik madde miktarı, antiradikal ve antioksidan aktivite) her bir örnek için üç tekerrürlü olarak yapılmıştır ve standart sapmaları tespit edilmiştir. Ayrıca bu sonuçlar varyans analizi, Tukey testine göre değerlendirilmiş olup, istatistikî analizler sonucunda aynı veya birbirine yakın olan sonuçlar aynı harflerle, farklı olanlar ise farklı harflerle adlandırılmıştır.

#### **3.1. Kestane Balları**

Kestane bal örnekleri 2009 Haziran-Temmuz ayları arasında Karadeniz Bölgesinin Artvin ilinin farklı ilçe ve köylerinden toplanmıştır.

##### **3.1.1. Kestane Bal Örneklerinde Polen Analizi Sonuçları**

Çalışma kapsamında Karadeniz Bölgesi'nde Artvin ilinin farklı ilçe ve köylerinden toplanan 50 bal örneğinde, bal örneklerinin bitkisel orijinini belirlemek amacıyla, mikroskop altında bal örneklerindeki polenlere bakılarak kaynak teşkil eden dominant nektarlı bitkiler belirlenmiştir. Karadeniz Bölgesi'nde örnekler Haziran ayı içerisinde, kestanenin çiçeklenme döneminde alındığı için tümü kestane balını temsil etmektedir. Polen analizi sonucunda da bal örneklerinin kaynağı, kestane polenlerinin teşhisi ile de teyit edilmiştir. Çalışmada mikroskop altında sayılan toplam polen sayısı ile dominant polen sayısına ilişkin veriler Tablo 3.1'de verilmiştir.

Karadeniz Bölgesi'nden alınan bal örneklerinden % 100'ün de yüksek miktarda Fagaceae familyasına ait kestane (*Castanea sativa*) polenleri tespit edilmiştir. Bölge içerisinde belirlenen en yüksek frekans % 99.63, en düşük frekans ise % 87.07 bulunmuştur. Tablo 3.1'in incelenmesinden toplanan kestane ballarının monofloral olduğu ve kendi orijinini yüksek oranda temsil ettiği belirlenmiştir.

Tablo 3.1. Kestane bal örneklerinde polen analiz sonuçları.

| Örnek No   | DPS*    | Diğer Polenler | TPS*    | Frekans (%) | Örnek No   | DPS*    | Diğer Polenler | TPS*    | Frekans (%) |
|------------|---------|----------------|---------|-------------|------------|---------|----------------|---------|-------------|
| <b>K1</b>  | 119916  | 1116           | 121032  | 99.07       | <b>K26</b> | 140184  | 1260           | 141444  | 98.10       |
| <b>K2</b>  | 133632  | 3132           | 136764  | 97.70       | <b>K27</b> | 121933  | 792            | 122725  | 99.35       |
| <b>K3</b>  | 112284  | 6552           | 118836  | 94.48       | <b>K28</b> | 172116  | 900            | 173016  | 99.47       |
| <b>K4</b>  | 57420   | 3348           | 60768   | 94.49       | <b>K29</b> | 305856  | 1476           | 307332  | 99.51       |
| <b>K5</b>  | 181872  | 9900           | 191772  | 94.83       | <b>K30</b> | 149508  | 2160           | 151668  | 98.57       |
| <b>K6</b>  | 440280  | 65348          | 505628  | 87.07       | <b>K31</b> | 129888  | 3924           | 133812  | 97.06       |
| <b>K7</b>  | 109404  | 2556           | 111960  | 97.71       | <b>K32</b> | 873684  | 16884          | 890568  | 98.10       |
| <b>K8</b>  | 1278036 | 128016         | 1406052 | 90.89       | <b>K33</b> | 156204  | 1332           | 157536  | 99.15       |
| <b>K9</b>  | 51372   | 6270           | 57642   | 89.12       | <b>K34</b> | 44028   | 756            | 44784   | 98.31       |
| <b>K10</b> | 859860  | 39947          | 899807  | 95.56       | <b>K35</b> | 364212  | 19188          | 383400  | 94.99       |
| <b>K11</b> | 157788  | 3960           | 161748  | 97.55       | <b>K36</b> | 108072  | 1404           | 109476  | 98.71       |
| <b>K12</b> | 104580  | 2232           | 106812  | 97.91       | <b>K37</b> | 44892   | 1062           | 45954   | 97.68       |
| <b>K13</b> | 113364  | 1908           | 115272  | 98.34       | <b>K38</b> | 129852  | 2412           | 132264  | 98.17       |
| <b>K14</b> | 126036  | 2520           | 128556  | 98.03       | <b>K39</b> | 169884  | 3096           | 172980  | 98.21       |
| <b>K15</b> | 292392  | 1080           | 293472  | 99.63       | <b>K40</b> | 144828  | 2772           | 147600  | 97.12       |
| <b>K16</b> | 214596  | 8388           | 222984  | 96.23       | <b>K41</b> | 154692  | 1818           | 156510  | 98.83       |
| <b>K17</b> | 94428   | 7272           | 101700  | 92.84       | <b>K42</b> | 37656   | 210            | 37866   | 99.44       |
| <b>K18</b> | 162828  | 6012           | 168840  | 96.43       | <b>K43</b> | 126540  | 2772           | 129312  | 97.85       |
| <b>K19</b> | 280620  | 4320           | 284940  | 98.48       | <b>K44</b> | 2254402 | 20416          | 2274818 | 99.10       |
| <b>K20</b> | 70740   | 648            | 71388   | 99.09       | <b>K45</b> | 233037  | 10008          | 243045  | 95.88       |
| <b>K21</b> | 115668  | 1224           | 116892  | 98.95       | <b>K46</b> | 61146   | 1872           | 63018   | 97.02       |
| <b>K22</b> | 95832   | 1080           | 96912   | 98.88       | <b>K47</b> | 370224  | 6228           | 376452  | 98.34       |
| <b>K23</b> | 45664   | 1224           | 46908   | 97.39       | <b>K48</b> | 928188  | 18216          | 946404  | 98.07       |
| <b>K24</b> | 325296  | 4320           | 329616  | 98.68       | <b>K49</b> | 376020  | 5940           | 381960  | 98.44       |
| <b>K25</b> | 116996  | 1296           | 118292  | 98.90       | <b>K50</b> | 65592   | 792            | 66384   | 98.80       |

\*DPS: Dominant polen sayısı. \*TPS: Toplam polen sayısı.

### 3.1.2. Kestane Bal Örneklerinde Biyokimyasal Analiz Sonuçları

Toplam 50 bal örneğinde yapılan biyokimyasal analizler sonucunda elde edilen nem, pH, toplam asitlik, diyastaz sayısı, invert şeker ve sakaroz miktarı ile ilgili sonuçlar Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2. Kestane bal örneklerinde yapılan biyokimyasal analiz sonuçları.

| Örnek No | Nem (%) | pH   | Toplam Asitlik (mmol/mL) | Diyastaz Sayısı | İnvert Şeker(%) | Sakaroz (%) |
|----------|---------|------|--------------------------|-----------------|-----------------|-------------|
| K1       | 18,3    | 5.07 | 29,05                    | 29,4            | 89,65           | 2,38        |
| K2       | 20,9    | 4.45 | 58,21                    | 23,0            | 89,98           | 1,71        |
| K3       | 18,4    | 4.49 | 53,71                    | 17,9            | 88,99           | 3,40        |
| K4       | 18,2    | 4.49 | 54,56                    | 17,9            | 96,80           | 3,37        |
| K5       | 19,1    | 4.64 | 44,56                    | 17,9            | 99,12           | 2,66        |
| K6       | 22,4    | 4.49 | 38,21                    | 13,9            | 101,25          | 1,28        |
| K7       | 17,8    | 4.70 | 41,80                    | 17,9            | 100,41          | 2,30        |
| K8       | 18,6    | 4.47 | 59,16                    | 23,0            | 100,82          | 1,01        |
| K9       | 18,6    | 4.52 | 47,96                    | 29,4            | 101,49          | 1,12        |
| K10      | 19,0    | 4.61 | 32,75                    | 13,9            | 101,22          | 1,19        |
| K11      | 20,3    | 4.66 | 37,51                    | 13,9            | 101,36          | 1,29        |
| K12      | 18,0    | 5.44 | 18,10                    | 17,9            | 100,44          | 1,17        |
| K13      | 18,5    | 5.15 | 23,65                    | 23,0            | 101,16          | 1,01        |
| K14      | 18,3    | 5.15 | 23,75                    | 17,9            | 100,88          | 1,44        |
| K15      | 20,1    | 5.27 | 20,70                    | 17,9            | 102,00          | 1,04        |
| K16      | 19,9    | 4.98 | 23,65                    | 17,9            | 102,58          | 0,96        |
| K17      | 17,1    | 4.84 | 32,45                    | 29,4            | 101,81          | 1,03        |
| K18      | 19,8    | 5.23 | 20,46                    | 13,9            | 100,56          | 1,01        |
| K19      | 19,8    | 4.79 | 34,46                    | 17,9            | 102,08          | 1,04        |
| K20      | 21,2    | 5.11 | 28,50                    | 17,9            | 96,54           | 6,30        |
| K21      | 19,2    | 5.04 | 27,10                    | 17,9            | 102,39          | 1,05        |
| K22      | 19,3    | 5.03 | 27,55                    | 23,0            | 102,50          | 1,04        |
| K23      | 18,8    | 4.66 | 39,41                    | 23,0            | 101,84          | 1,03        |
| K24      | 20,2    | 5.12 | 22,35                    | 23,0            | 101,54          | 1,02        |
| K25      | 18,3    | 5.01 | 29,20                    | 17,9            | 102,68          | 0,60        |
| K26      | 18,4    | 4.96 | 32,85                    | 17,9            | 98,27           | 0,80        |

|                       |              |             |  |  |  |   |
|-----------------------|--------------|-------------|--|--|--|---|
| <b>K27</b>            | 20,0         | 5.13        | 23,01  | 17,9   | 102,14   | 0,77  |
| <b>K28</b>            | 21,7         | 5.54        | 22,35  | 23,0   | 99,61  | 2,26  |
| <b>K29</b>            | 19,7         | 4.87        | 37,31  | 17,9   | 101,70   | 1,99  |
| <b>K30</b>            | 19,9         | 4.56        | 38,86  | 17,9   | 101,30   | 0,76  |
| <b>K31</b>            | 19,3         | 4.56        | 39,46  | 17,9   | 101,38   | 0,94  |
| <b>K32</b>            | 19,8         | 4.55        | 33,81  | 17,9   | 101,82   | 1,03  |
| <b>K33</b>            | 20,0         | 4.76        | 29,10  | 13,9   | 102,50   | 1,14  |
| <b>K34</b>            | 19,2         | 5.15        | 21,75  | 23,0   | 102,46   | 0,95  |
| <b>K35</b>            | 19,2         | 4.74        | 37,86  | 23,0   | 102,14   | 1,22  |
| <b>K36</b>            | 20,6         | 4.86        | 32,55  | 23,0   | 100,91   | 0,93  |
| <b>K37</b>            | 20,2         | 4.99        | 36,06  | 23,0   | 100,64   | 1,17  |
| <b>K38</b>            | 19,3         | 4.49        | 49,51  | 23,0   | 101,98   | 1,48  |
| <b>K39</b>            | 17,4         | 4.66        | 44,26  | 23,0   | 102,30   | 1,04  |
| <b>K40</b>            | 17,8         | 5,30        | 27,30  | 23,0   | 102,05   | 1,39  |
| <b>K41</b>            | 17,5         | 4.77        | 27,15  | 23,0   | 102,63   | 1,14  |
| <b>K42</b>            | 20,0         | 4.54        | 39,11  | 23,0   | 101,95   | 1,12  |
| <b>K43</b>            | 20,2         | 4.90        | 32,55  | 23,0   | 101,23   | 0,94  |
| <b>K44</b>            | 18,5         | 4.20        | 30,70  | 13,9   | 102,38   | 1,39  |
| <b>K45</b>            | 18,3         | 4.32        | 59,06  | 23,0   | 102,36   | 1,31  |
| <b>K46</b>            | 19,3         | 4.33        | 58,61  | 23,0   | 102,62   | 1,14  |
| <b>K47</b>            | 19,2         | 4.44        | 51,31  | 17,9   | 101,49   | 1,03  |
| <b>K48</b>            | 17,8         | 4.46        | 53,31  | 23,0   | 102,45   | 1,04  |
| <b>K49</b>            | 17,8         | 4.78        | 33,10  | 23,0   | 101,87   | 1,47  |
| <b>K50</b>            | 18,1         | 5.16        | 22,00  | 13,9   | 101,27   | 1,46  |
| <i>Ortalama</i>       | <i>19,18</i> | <i>4,81</i> | <i>35,63</i>                                     | <i>20,17</i>                                   | <i>100,63</i>                                    | <i>1,42</i>                                     |
| <i>Standart Sapma</i> | <i>1,13</i>  | <i>0,31</i> | <i>11,61</i>                                     | <i>4,03</i>                                    | <i>3,12</i>                                      | <i>0,92</i>                                     |
| <i>Minimum</i>        | <i>17,1</i>  | <i>4,20</i> | <i>18,1</i>                                      | <i>13,9</i>                                    | <i>88,99</i>                                     | <i>0,6</i>                                      |
| <i>Maksimum</i>       | <i>22,4</i>  | <i>5,54</i> | <i>59,16</i>                                     | <i>29,4</i>                                    | <i>102,68</i>                                    | <i>6,3</i>                                      |
| TSE                   | ≤ 20 %       |             | ≤ 50 (ÇB) <sup>1</sup><br>≤ 50 (SB) <sup>2</sup> | ≥ 8 (ÇB) <sup>1</sup><br>≥ 8 (SB) <sup>2</sup> | ≥ 65 (ÇB) <sup>1</sup><br>≥ 45 (SB) <sup>2</sup> | ≤ 5 (ÇB) <sup>1</sup><br>≤ 10 (SB) <sup>2</sup> |
| KODEKS                | ≤ 20 %       |             | ≤ 50 (ÇB) <sup>1</sup><br>≤ 50 (SB) <sup>2</sup> | ≥ 8 (ÇB) <sup>1</sup><br>≥ 8 (SB) <sup>2</sup> | ≥ 65 (ÇB) <sup>1</sup><br>≥ 45 (SB) <sup>2</sup> | ≤ 5 (ÇB) <sup>1</sup><br>≤ 10 (SB) <sup>2</sup> |
| EU                    | ≤ 20 %       |             | ≤ 50 (ÇB) <sup>1</sup><br>≤ 50 (SB) <sup>2</sup> | ≥ 8 (ÇB) <sup>1</sup><br>≥ 8 (SB) <sup>2</sup> | ≥ 65 (ÇB) <sup>1</sup><br>≥ 45 (SB) <sup>2</sup> | ≤ 5 (ÇB) <sup>1</sup><br>≤ 10 (SB) <sup>2</sup> |

<sup>1</sup>: Çiçek Balı, <sup>2</sup>: Salgı balı

### 3.1.2.1. Nem Miktarı

Kestane bal örneklerinde yapılan analizler sonucunda nem oranları % 17.11 ile % 22.4 arasında, ortalama %  $19.18 \pm 1.13$  olarak belirlenmiştir (Tablo 3.2). Bal örneklerinin çoğundan elde edilen ortalama nem oranlarının Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, Avrupa Birliği ve Kodeks standartlarının belirlemiş olduğu % 20'lik sınır değere göre uygun bulunmuştur, fakat 10 bal örneğinde elde edilen ortalama nem oranları sınır değer üzerinde bulunmuştur.

### 3.1.2.2. pH Değeri

pH değerleri 4.20 ile 5.54 arasında değişmekte olup ortalama  $4.81 \pm 0.31$  olarak bulunmuştur (Tablo 3.2).

### 3.1.2.3. Asitlik Miktarı

Asitlik değerleri 18.10 meq kg<sup>-1</sup> ile 59.16 meq kg<sup>-1</sup> arasında değişmekte olup ortalama  $35.63 \pm 11.61$  meq kg<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir (Tablo 3.2). Tespit edilen bu ortalama asitlik değeri Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, Kodeks ve Avrupa Birliği (EU) standartlarında belirtilen  $\leq 50$  meq kg<sup>-1</sup> değeri ile karşılaştırıldığı zaman bu değere uyumlu olduğu saptanmıştır. Fakat 8 kestane bal örneğinin asitlik değeri ise bu standartlarda belirtilen en fazla 50 meq kg<sup>-1</sup> sınır değerinin üzerinde bulunmuştur.

### 3.1.2.4. Diyastaz Sayısı

Kestane bal örneklerinde diyastaz sayısının 13.90 ile 29.40 arasında değiştiği ve ortalama  $20.17 \pm 4.03$  olduğu saptanmıştır (Tablo 3.2). Bal örneklerinde elde edilen diyastaz sayısı ile ilgili sonuçlar FAO/Gıda Kodeksi ve Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği (2005) ve Avrupa Birliği standardının belirlediği en düşük sınır olan  $\geq 8$  değerine uygun olduğu belirlenmiştir.

### 3.1.2.5. İnvvert Şeker Miktarı

İnvvert şeker değerleri % 88.99 ile % 102.68 arasında değişmekte olup ortalama %  $100.63 \pm 3.12$  olarak bulunmuştur (Tablo 3.2). Elde edilen ortalama invvert şeker değeri Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, Avrupa Birliği ve Kodeksin çiçek baları için belirlemiş olduğu en alt sınır olan % 65 değerinin üzerinde bulunmuştur (Tablo 3.2).

### 3.1.2.6. Sakaroz Miktarı

Kestane bal örneklerine ait sakaroz değerinin % 0.60 ile % 6.30 arasında değiştiği ve ortalama %  $1.42 \pm 0.92$  olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.2). Analiz sonucunda elde edilen sakaroz değerlerinin çiçek ballarında en çok % 5, çam ballarında ise % 10 olması gerektiğini belirten Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, Avrupa Birliği Standardı ve Kodeks standartlarına uygun olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.2). Ancak, K20 bal örneğinde sakaroz değeri Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, Avrupa Birliği Standardı ve Kodeks standartlarında çiçek balları için bildirilen en fazla % 5 sınırın üzerinde olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.2).

### 3.1.3. Kestane Bal Örneklerinde Biyolojik Analiz Sonuçları

Karadeniz Bölgesinde Artvin ilinden toplanan toplam 50 kestane bal örneğinde yapılan biyolojik analizler sonucunda elde edilen toplam fenolik madde miktarı, antioksidan ve antiradikal aktivite ile ilgili sonuçlar Tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.3. Kestane bal örneklerinde yapılan biyolojik analiz sonuçları.

| Örnek No  | Toplam fenolik madde miktarı (mg gallik asit / 100 g)* | Antioksidan Aktivite (mg Askorbik asit/ g)* | Antiradikal Aktivite (% inhibisyon)* |
|-----------|--|---|--------------------------------------|
| <b>K1</b> | $71.049 \pm 2.07$ nop                                  | $80.990 \pm 2.94$ bcde                      | $79.081 \pm 0.45$ lmnop              |
| <b>K2</b> | $60.535 \pm 2.03$ ijklm                                | $74.886 \pm 1.74$ ab                        | $76.322 \pm 0.13$ jklm               |
| <b>K3</b> | $81.564 \pm 0.81$ r                                    | $78.396 \pm 1.37$ abc                       | $75.333 \pm 0.24$ hijk               |
| <b>K4</b> | $82.900 \pm 1.72$ r                                    | $81.448 \pm 3.85$ bcde                      | $83.630 \pm 0.62$ stuv               |
| <b>K5</b> | $66.012 \pm 2.10$ lmn                                  | $94.953 \pm 2.12$ klmno                     | $74.369 \pm 0.81$ ghij               |
| <b>K6</b> | $35.414 \pm 0.75$ b                                    | $87.857 \pm 3.20$ efghij                    | $49.000 \pm 0.94$ b                  |

|            |                     |                      |                      |
|------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| <b>K7</b>  | 45.777 ± 2.02 de    | 92.511 ± 2.63 hijklm | 72.050 ± 0.69 gh     |
| <b>K8</b>  | 59.960 ± 2.05 hijkl | 79.235 ± 1.77 abcd   | 78.162 ± 0.30 klmnop |
| <b>K9</b>  | 38.035 ± 0.08 bc    | 100.51 ± 1.77 nopr   | 71.230 ± 0.11 fg     |
| <b>K10</b> | 57.644 ± 2.57 ghij  | 82.496 ± 1.50 cdef   | 77.777 ± 1.27 jklmno |
| <b>K11</b> | 70.982 ± 1.65 nop   | 92.969 ± 0.73 ijklm  | 84.864 ± 0.30 tuv    |
| <b>K12</b> | 40.705 ± 2.41 bcd   | 90.375 ± 1.47 ghijkl | 62.561 ± 0.92 e      |
| <b>K13</b> | 65.724 ± 3.46 lmn   | 116.46 ± 5.46 st     | 75.633 ± 0.21 ijkl   |
| <b>K14</b> | 59.859 ± 1.91 hijk  | 101.13 ± 1.25 opr    | 77.200 ± 0.30 jklmn  |
| <b>K15</b> | 62.631 ± 1.95 jklm  | 102.12 ± 1.38 pr     | 71.189 ± 0.79 fg     |
| <b>K16</b> | 62.935 ± 1.74 jklm  | 86.484 ± 3.51 efghi  | 76.559 ± 0.31 jklm   |
| <b>K17</b> | 45.845 ± 1.60 de    | 89.306 ± 3.65 fghijk | 62.707 ± 0.94 e      |
| <b>K18</b> | 50.815 ± 1.41 ef    | 87.781 ± 1.95 efghij | 68.471 ± 1.71 f      |
| <b>K19</b> | 54.162 ± 0.99 fgh   | 111.20 ± 1.72 s      | 81.883 ± 0.31 rstu   |
| <b>K20</b> | 91.352 ± 1.91 t     | 96.326 ± 3.24 lmnop  | 76.506 ± 0.83 jklm   |
| <b>K21</b> | 66.316 ± 2.63 mn    | 104.18 ± 0.95 r      | 81.363 ± 0.58 oprs   |
| <b>K22</b> | 74.769 ± 1.35 op    | 103.49 ± 1.26 r      | 84.989 ± 0.60 tuv    |
| <b>K23</b> | 65.657 ± 0.28 klmn  | 114.40 ± 2.20 st     | 85.622 ± 1.42 v      |
| <b>K24</b> | 58.371 ± 0.18 hij   | 100.74 ± 0.34 opr    | 74.376 ± 0.62 ghij   |
| <b>K25</b> | 69.376 ± 1.71 no    | 111.88 ± 3.89 st     | 77.889 ± 1.05 jklmno |
| <b>K26</b> | 55.531 ± 5.91 fghi  | 128.21 ± 2.44 u      | 81.648 ± 0.80 prst   |
| <b>K27</b> | 58.912 ± 4.16 hij   | 104.86 ± 0.34 r      | 85.535 ± 0.30 v      |
| <b>K28</b> | 54.872 ± 1.73 fghi  | 103.79 ± 1.04 r      | 81.115 ± 0.33 oprs   |
| <b>K29</b> | 82.646 ± 0.92 r     | 103.41 ± 1.74 r      | 85.206 ± 0.27 uv     |
| <b>K30</b> | 65.268 ± 1.93 klmn  | 84.652 ± 3.89 cdefg  | 76.959 ± 0.29 jklm   |
| <b>K31</b> | 66.299 ± 2.05 mn    | 101.74 ± 2.42 opr    | 76.542 ± 2.81 jklm   |
| <b>K32</b> | 65.539 ± 1.00 klmn  | 93.961 ± 1.42 jklmn  | 77.730 ± 1.21 jklmno |
| <b>K33</b> | 37.240 ± 1.49 bc    | 73.208 ± 0.69 a      | 60.201 ± 1.84 de     |
| <b>K34</b> | 46.352 ± 1.98 de    | 73.360 ± 1.87 a      | 61.006 ± 0.16 de     |
| <b>K35</b> | 69.985 ± 1.02 nop   | 91.672 ± 1.65 hijkl  | 80.752 ± 0.12 noprs  |
| <b>K36</b> | 51.525 ± 0.68 ef    | 87.781 ± 3.17 efghij | 62.510 ± 1.65 e      |
| <b>K37</b> | 88.969 ± 0.43 st    | 78.319 ± 2.29 abc    | 75.612 ± 1.24 ijkl   |
| <b>K38</b> | 89.053 ± 5.00 st    | 86.331 ± 0.92 efghi  | 77.218 ± 0.26 jklmn  |
| <b>K39</b> | 75.462 ± 2.32 p     | 85.568 ± 3.27 defgh  | 58.773 ± 0.54 d      |
| <b>K40</b> | 52.407 ± 0.52 fg    | 103.18 ± 0.35 r      | 72.260 ± 0.00 ghi    |
| <b>K41</b> | 51.085 ± 0.78 ef    | 95.029 ± 0.57 klmno  | 61.065 ± 1.51 de     |
| <b>K42</b> | 71.219 ± 0.60 nop   | 89.535 ± 0.34 ghijkl | 79.846 ± 0.17 mnopr  |
| <b>K43</b> | 70.137 ± 1.31 nop   | 100.90 ± 3.12 opr    | 78.271 ± 2.04 klmnop |
| <b>K44</b> | 27.030 ± 1.38 a     | 73.360 ± 0.69 a      | 42.788 ± 0.87 a      |

|            |                  |                      |                     |
|------------|------------------|----------------------|---------------------|
| <b>K45</b> | 84.658 ± 0.78 rs | 92.435 ± 3.63 hijklm | 79.582 ± 1.71 mnopr |
| <b>K46</b> | 91.436 ± 2.81 t  | 98.918 ± 2.37 mnopr  | 79.374 ± 0.79 mnopr |
| <b>K47</b> | 45.794 ± 0.43 de | 93.274 ± 0.99 ijklm  | 68.390 ± 0.59 f     |
| <b>K48</b> | 42.346 ± 2.07 cd | 117.68 ± 0.47 t      | 55.674 ± 4.66 c     |
| <b>K49</b> | 44.915 ± 1.80 d  | 86.560 ± 1.52 efghi  | 68.002 ± 0.20 f     |
| <b>K50</b> | 36.564 ± 0.53 b  | 99.225 ± 1.27 mnopr  | 51.537 ± 2.23 b     |

(\*) Her bir sütunda aynı küçük harflerle gösterilen değerlerin ortalamaları varyans analizi ve Tukey testine göre % 5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli değildir.

### 3.1.3.1. Toplam Fenolik Madde Miktarı

Çalışılan kestane balları Folin-Ciocalteu yöntemi ile ölçülen toplam fenolik içeriği, gallik asit eşdeğeri (GAE) olarak belirtilmiş ve sonuçlar Tablo 3.3'te gösterilmiştir.

Araştırma sonucuna göre K44 bal örneği  $27.030 \pm 1.38$  mg gallik asit / 100 g en düşük toplam fenolik içeriğe sahip iken, K46 bal örneği  $91.436 \pm 2.81$  mg gallik asit / 100 g en yüksek toplam fenolik içeriğe sahiptir. Tablo 3.3'te görüldüğü gibi çalışılan kestane bal örneklerinin toplam fenolik içerikleri arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmaktadır ( $p < 0.05$ ).

### 3.1.3.2. Toplam Antioksidan Aktiviteleri

Çalışılan kestane bal örnekleri fosfomolibdenyum yöntemi ile ölçülen toplam antioksidan aktivitesi, askorbik asit eşdeğeri (mg AAE/g ekstre) olarak belirtilmiş ve sonuçlar Tablo 3.3'te gösterilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre K33 bal örneği  $73.208 \pm 0.69$  mg Askorbik asit/g ekstre değeri ile en düşük toplam antioksidan aktiviteye sahip iken K26 bal örneği  $128.21 \pm 2.44$  mg Askorbik asit/g ekstre değeri ile en yüksek toplam antioksidan aktiviteye sahiptir. Ayrıca kestane bal örneklerinin toplam antioksidan aktiviteleri arasındaki farkın önemli olduğu tespit edilmiştir ( $p < 0.05$ ).



### 3.1.3.3. Toplam Antiradikal Aktiviteleri

Çalışılan kestane bal örneklerinin antiradikal aktivitesi DPPH yöntemi ile ölçülmüş, sonuçlar % inhibisyon olarak belirtilmiştir ve Tablo 3.3'te gösterilmiştir.

Tablo 3.3'te görüldüğü gibi kestane bal örneklerinden K44 bal örneği  $42.788 \pm 0.87$  % inhibisyon ile en düşük aktivite gösterirken, K23 bal örneği  $85.622 \pm 1.42$  % inhibisyon ile en yüksek aktiviteyi göstermektedir. Kestane bal örneklerinin toplam antiradikal aktiviteleri arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmaktadır ( $p < 0.05$ ).

## 3.2. Ayçiçek Balları

Ayçiçeği bal örnekleri 2009 Temmuz ve Ağustos aylarında Trakya Bölgesi'nin Tekirdağ ve Edirne illerinin farklı ilçe ve köylerinden toplanmıştır.

### 3.2.1. Ayçiçeği Bal Örneklerinde Polen Analizi Sonuçları

Trakya Bölgesi'nde toplanan 50 bal örneğinin tümünde  $\geq 45$  oranında Asteraceae familyasına ait ayçiçeği (*Helianthus annuus*) polenleri tespit edilmiştir. Bu sonuçlar balların monofloral ayçiçeği balı olduğunu teyit etmektedir. Bölge içerisinde belirlenen en yüksek frekans % 70.00, en düşük frekans ise % 44.75 olarak bulunmuştur.

Sayılan toplam polen (TPS) ve dominant polen sayısına (DPS) ilişkin sonuçlar Tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.4. Ayçiçeği bal örneklerinde polen analiz sonuçları.

| Örnek No | DPS   | Diğer Polenler | TPS   | Frekans (%) | Örnek No | DPS   | Diğer Polenler | TPS   | Frekans (%) |
|----------|-------|----------------|-------|-------------|----------|-------|----------------|-------|-------------|
| A1       | 22716 | 17820          | 40536 | 56.03       | A26      | 20542 | 22953          | 43495 | 47.22       |
| A2       | 24732 | 21096          | 45828 | 53.96       | A27      | 3854  | 2977           | 6831  | 56.41       |
| A3       | 22968 | 18720          | 41536 | 55.09       | A28      | 2232  | 1944           | 4176  | 53.44       |
| A4       | 8064  | 7488           | 15552 | 51.85       | A29      | 16550 | 18954          | 35504 | 46.61       |
| A5       | 9684  | 11664          | 21348 | 45.36       | A30      | 2268  | 1262           | 3528  | 64.28       |

|            |       |       |       |       |            |       |       |       |       |
|------------|-------|-------|-------|-------|------------|-------|-------|-------|-------|
| <b>A6</b>  | 9540  | 9756  | 19296 | 49.44 | <b>A31</b> | 21113 | 19651 | 40764 | 51.79 |
| <b>A7</b>  | 16884 | 19872 | 36756 | 45.93 | <b>A32</b> | 3407  | 2255  | 5662  | 60.17 |
| <b>A8</b>  | 13298 | 12851 | 26149 | 50.85 | <b>A33</b> | 5632  | 5212  | 10844 | 51.93 |
| <b>A9</b>  | 10872 | 9144  | 20016 | 54.31 | <b>A34</b> | 17775 | 16430 | 34205 | 51.96 |
| <b>A10</b> | 14328 | 14436 | 28764 | 49.81 | <b>A35</b> | 7906  | 9341  | 17247 | 45.83 |
| <b>A11</b> | 16020 | 12348 | 28368 | 56.47 | <b>A36</b> | 8334  | 9807  | 18141 | 45.94 |
| <b>A12</b> | 8532  | 10296 | 18828 | 45.31 | <b>A37</b> | 15811 | 13398 | 29209 | 54.13 |
| <b>A13</b> | 3412  | 3118  | 6530  | 52.25 | <b>A38</b> | 2465  | 2331  | 4796  | 51.39 |
| <b>A14</b> | 1412  | 1011  | 2423  | 58.27 | <b>A39</b> | 10227 | 12264 | 22491 | 45.47 |
| <b>A15</b> | 26604 | 22644 | 49248 | 54.02 | <b>A40</b> | 4971  | 3213  | 8184  | 60.74 |
| <b>A16</b> | 7200  | 7596  | 14796 | 48.66 | <b>A41</b> | 23108 | 20056 | 43164 | 53.53 |
| <b>A17</b> | 27000 | 21600 | 48600 | 55.55 | <b>A42</b> | 11357 | 8443  | 19800 | 57.35 |
| <b>A18</b> | 20288 | 17880 | 38168 | 53.15 | <b>A43</b> | 5761  | 5051  | 10812 | 53.28 |
| <b>A19</b> | 10332 | 9720  | 20052 | 51.52 | <b>A44</b> | 7692  | 7153  | 14845 | 51.81 |
| <b>A20</b> | 9828  | 11700 | 21528 | 45.65 | <b>A45</b> | 15151 | 15985 | 31136 | 48.66 |
| <b>A21</b> | 19224 | 16272 | 35496 | 54.15 | <b>A46</b> | 13102 | 15233 | 28335 | 46.23 |
| <b>A22</b> | 14796 | 17964 | 32760 | 45.16 | <b>A47</b> | 4775  | 5302  | 10077 | 47.38 |
| <b>A23</b> | 3276  | 1404  | 4680  | 70.00 | <b>A48</b> | 11842 | 10993 | 22835 | 51.85 |
| <b>A24</b> | 11988 | 14796 | 26784 | 44.75 | <b>A49</b> | 8955  | 10322 | 19277 | 46.45 |
| <b>A25</b> | 20988 | 23220 | 44208 | 47.47 | <b>A50</b> | 10443 | 11248 | 21691 | 48.14 |

### 3.2.2. Ayçiçeği Bal Örneklerinde Biyokimyasal Analiz Sonuçları

Trakya Bölgesinde Tekirdağ ve Edirne illerinden toplanan toplam 50 bal örneğinde yapılan biyokimyasal analizler sonucunda elde edilen nem, pH, toplam asitlik, diyastaz sayısı, invert şeker ve sakaroz miktarı ile ilgili sonuçlar Tablo 3.5'te verilmiştir.

Tablo 3.5. Ayçiçeği bal örneklerinde yapılan biyokimyasal analiz sonuçları.

| Örnek No  | Nem (%) | pH   | Toplam Asitlik (mmol/mL) | Diyastaz Sayısı | İnvert Şeker(%) | Sakaroz (%) |
|-----------|---------|------|--------------------------|-----------------|-----------------|-------------|
| <b>A1</b> | 20.2    | 3.80 | 48.46                    | 17.9            | 102.67          | 1.58        |
| <b>A2</b> | 20.2    | 3.79 | 50.81                    | 17.9            | 111.73          | 1.03        |
| <b>A3</b> | 20.1    | 3.80 | 44.31                    | 17.9            | 111.03          | 1.54        |
| <b>A4</b> | 20.3    | 3.75 | 53.41                    | 17.9            | 110.48          | 1.52        |

|            |      |      |       |      |        |      |
|------------|------|------|-------|------|--------|------|
| <b>A5</b>  | 20.5 | 3.73 | 53.46 | 17.9 | 110.35 | 1.41 |
| <b>A6</b>  | 20.4 | 3.78 | 49.26 | 23.0 | 109.97 | 1.20 |
| <b>A7</b>  | 20.1 | 3.77 | 58.11 | 17.9 | 111.29 | 0.93 |
| <b>A8</b>  | 19.3 | 3.79 | 48.26 | 17.9 | 110.79 | 1.33 |
| <b>A9</b>  | 20.3 | 3.78 | 53.51 | 17.9 | 110.51 | 1.84 |
| <b>A10</b> | 19.2 | 4.45 | 32.30 | 17.9 | 104.62 | 1.84 |
| <b>A11</b> | 20.2 | 3.79 | 53.61 | 23.0 | 104.03 | 0.90 |
| <b>A12</b> | 20.4 | 3.79 | 54.11 | 23.0 | 110.06 | 1.41 |
| <b>A13</b> | 19.3 | 3.84 | 58.11 | 23.0 | 108.99 | 0.48 |
| <b>A14</b> | 20.1 | 5.90 | 33.61 | 38.5 | 111.50 | 1.77 |
| <b>A15</b> | 20.3 | 3.74 | 54.31 | 23.0 | 105.38 | 1.11 |
| <b>A16</b> | 20.4 | 3.75 | 48.71 | 23.0 | 111.74 | 1.77 |
| <b>A17</b> | 20.2 | 3.76 | 47.31 | 23.0 | 111.35 | 1.87 |
| <b>A18</b> | 20.1 | 3.76 | 47.61 | 23.0 | 112.22 | 0.83 |
| <b>A19</b> | 19.5 | 4.47 | 33.15 | 17.9 | 108.75 | 3.42 |
| <b>A20</b> | 20.1 | 4.16 | 40.46 | 23.0 | 111.10 | 1.02 |
| <b>A21</b> | 20.2 | 3.77 | 53.76 | 29.4 | 110.08 | 0.59 |
| <b>A22</b> | 20.1 | 3.73 | 53.91 | 23.0 | 113.04 | 0.95 |
| <b>A23</b> | 20.0 | 3.84 | 64.11 | 23.0 | 111.74 | 1.57 |
| <b>A24</b> | 20.4 | 3.77 | 53.11 | 23.0 | 110.63 | 1.22 |
| <b>A25</b> | 20.2 | 3.73 | 53.81 | 17.9 | 110.92 | 1.22 |
| <b>A26</b> | 20.4 | 3.77 | 52.86 | 17.9 | 112.72 | 1.27 |
| <b>A27</b> | 20.2 | 3.74 | 43.86 | 23.0 | 112.99 | 2.36 |
| <b>A28</b> | 20.3 | 3.78 | 47.56 | 17.9 | 110.95 | 1.95 |
| <b>A29</b> | 20.4 | 3.78 | 48.86 | 23.0 | 113.24 | 1.06 |
| <b>A30</b> | 19.5 | 3.70 | 68.12 | 17.9 | 111.82 | 0.72 |
| <b>A31</b> | 20.1 | 3.72 | 45.76 | 17.9 | 112.31 | 1.14 |
| <b>A32</b> | 20.1 | 3.75 | 72.22 | 23.0 | 111.53 | 1.14 |
| <b>A33</b> | 22.3 | 3.80 | 41.78 | 17.9 | 111.96 | 0.72 |
| <b>A34</b> | 19.2 | 3.76 | 54.41 | 17.9 | 112.61 | 1.27 |
| <b>A35</b> | 22.1 | 3.80 | 53.96 | 17.9 | 111.24 | 1.34 |
| <b>A36</b> | 19.2 | 3.75 | 48.72 | 17.9 | 103.54 | 0.98 |
| <b>A37</b> | 19.2 | 3.74 | 49.21 | 17.9 | 106.95 | 1.04 |
| <b>A38</b> | 20.4 | 3.78 | 47.26 | 17.9 | 112.11 | 0.62 |
| <b>A39</b> | 20.2 | 3.77 | 50.86 | 23.0 | 111.86 | 1.35 |
| <b>A40</b> | 19.5 | 3.79 | 54.61 | 17.9 | 106.67 | 0.56 |
| <b>A41</b> | 22.2 | 3.83 | 48.22 | 17.9 | 105.25 | 0.63 |
| <b>A42</b> | 19.5 | 4.18 | 47.35 | 23.0 | 111.80 | 1.35 |

|                       |              |             |  |  |  |   |
|-----------------------|--------------|-------------|--|--|--|---|
| <b>A43</b>            | 19.3         | 3.71        | 40.86  | 17.9   | 111.64   | 1.35  |
| <b>A44</b>            | 20.1         | 3.77        | 44.72  | 17.9   | 106.98   | 2.11  |
| <b>A45</b>            | 19.3         | 3.81        | 53.72  | 23.0   | 107.35   | 1.64  |
| <b>A46</b>            | 20.2         | 4.21        | 53.85  | 17.9   | 112.64   | 0.83  |
| <b>A47</b>            | 20.3         | 3.71        | 52.11  | 17.9   | 108.22   | 1.46  |
| <b>A48</b>            | 19.4         | 4.11        | 47.46  | 17.9   | 110.24   | 1.41  |
| <b>A49</b>            | 19.2         | 3.82        | 33.73  | 17.9   | 111.12   | 1.54  |
| <b>A50</b>            | 20.1         | 3.75        | 48.51  | 17.9   | 111.91   | 1.46  |
| <i>Ortalama</i>       | <i>20.09</i> | <i>3.87</i> | <i>49.84</i>                                     | <i>20.37</i>                                   | <i>110.09</i>                                    | <i>1.31</i>                                     |
| <i>Standart Sapma</i> | <i>0.68</i>  | <i>0.33</i> | <i>7.73</i>                                      | <i>3.82</i>                                    | <i>2.69</i>                                      | <i>0.51</i>                                     |
| <i>Minimum</i>        | <i>19.2</i>  | <i>3.7</i>  | <i>32.3</i>                                      | <i>17.9</i>                                    | <i>102.67</i>                                    | <i>0.48</i>                                     |
| <i>Maksimum</i>       | <i>22.3</i>  | <i>5.9</i>  | <i>72.22</i>                                     | <i>38.5</i>                                    | <i>113.24</i>                                    | <i>3.42</i>                                     |
| TSE                   | ≤ 20 %       |             | ≤ 50 (ÇB) <sup>1</sup><br>≤ 50 (SB) <sup>2</sup> | ≥ 8 (ÇB) <sup>1</sup><br>≥ 8 (SB) <sup>2</sup> | ≥ 65 (ÇB) <sup>1</sup><br>≥ 45 (SB) <sup>2</sup> | ≤ 5 (ÇB) <sup>1</sup><br>≤ 10 (SB) <sup>2</sup> |
| KODEKS                | ≤ 20 %       |             | ≤ 50 (ÇB) <sup>1</sup><br>≤ 50 (SB) <sup>2</sup> | ≥ 8 (ÇB) <sup>1</sup><br>≥ 8 (SB) <sup>2</sup> | ≥ 65 (ÇB) <sup>1</sup><br>≥ 45 (SB) <sup>2</sup> | ≤ 5 (ÇB) <sup>1</sup><br>≤ 10 (SB) <sup>2</sup> |
| EU                    | ≤ 20 %       |             | ≤ 50 (ÇB) <sup>1</sup><br>≤ 50 (SB) <sup>2</sup> | ≥ 8 (ÇB) <sup>1</sup><br>≥ 8 (SB) <sup>2</sup> | ≥ 65 (ÇB) <sup>1</sup><br>≥ 45 (SB) <sup>2</sup> | ≤ 5 (ÇB) <sup>1</sup><br>≤ 10 (SB) <sup>2</sup> |

<sup>1</sup>: Çiçek Balı, <sup>2</sup>: Salgı balı

### 3.2.2.1. Nem Miktarı

Ayçiçeği bal örneklerinde yapılan analizler sonucunda; nem oranları % 19.2 ile % 22.3 arasında değişmekte olup ortalama % 20.09 ± 0.68 olarak belirlenmiştir (Tablo 3.5). Bal örneklerinin çoğundan elde edilen ortalama nem oranlarının Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, Avrupa Birliği ve Kodeks standartlarının belirlemiş olduğu % 20'lik sınırın üzerinde bulunmuştur.

### 3.2.2.2. pH Değeri

İncelenen ayçiçeği bal örneklerinde elde edilen pH değerleri 3.7 ile 5.9 arasında değişmekte olup ortalama 3.87 ± 0.33 olarak bulunmuştur (Tablo 3.5).

### 3.2.2.3. Asitlik Miktarı

Asitlik değerleri 32.30 meq kg<sup>-1</sup> ile 72.22 meq kg<sup>-1</sup> arasında değişmekte olup ortalama  $49.84 \pm 7.73$  meq kg<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir (Tablo 3.5). Çalışma sonucunda elde edilen bu ortalama değerlere bakıldığı zaman Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, Kodeks ve Avrupa Birliği (EU) standartlarında çiçek ve salğı balı için belirtilen  $\leq 50$  meq kg<sup>-1</sup> değerine bir çok balın uymadığı saptanmıştır.

### 3.2.2.4. Diyastaz Sayısı

Diyastaz sayısının 17.90 ile 38.50 arasında değiştii ve ortalama  $20.37 \pm 3.82$  olduğu saptanmıştır (Tablo 3.5). Çalışmada diyastaz sayısı ile ilgili elde edilen sonuçlar Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, Kodeks ve Avrupa Birliği (EU) standardının belirlediği en alt sınır olan 8'den yüksek bulunarak tüm balların uygun olduğu tespit edilmiştir.

### 3.2.2.5. İvert Şeker Miktarı

Araştırmada ayçiçeği bal örneklerinde yapılan biyokimyasal analizler sonucunda; invert şeker değerleri % 102.67 ile % 113.24 arasında değişmekte olup ortalama  $110.09 \pm 2.69$  olarak bulunmuştur (Tablo 3.5). Elde edilen invert şeker değerlerinin Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, Avrupa Birliği ve Kodeks standartlarına uygun olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.5).

### 3.2.2.6. Sakaroz Miktarı

Ayçiçeği ballarına ait sakaroz değerlerinin % 0.48 ile % 3.42 arasında değiştii, ortalama değerin ise  $1.31 \pm 0.51$  olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.5). Elde edilen sakaroz değerlerinin çiçek ballarında en çok % 5, çam ballarında ise % 10 olması gerektiğini belirten Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, Avrupa Birliği Standardı ve Kodeks standartlarına uygun olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.5).

### 3.2.3. Ayçiçeği Bal Örneklerinde Biyolojik Analiz Sonuçları

Trakya Bölgesinden toplanan toplam 50 ayçiçeği bal örneğinde yapılan biyolojik analizler sonucunda elde edilen toplam fenolik madde miktarı, antioksidan ve antiradikal aktivite ile ilgili sonuçlar Tablo 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3.6. Ayçiçeği bal örneklerinde yapılan biyolojik analiz sonuçları.

| Örnek No | Toplam fenolik madde miktarı (mg gallik asit / 100 g)* | Antioksidan Aktivite (mg Askorbik asit/ g)* | Antiradikal Aktivite (% inhibisyon)* |
|----------|--|---|--------------------------------------|
| A1       | 14.199±0.26 noprs                                      | 104.180±2.94 prstü                          | 36.245±0.82 fg                       |
| A2       | 17.030±0.38 y  | 128.673±1.99 x                              | 48.927±0.56 jklmn                    |
| A3       | 16.194±1.49 üvy  | 104.866±1.90 stü                            | 51.366±1.69 mnopr                    |
| A4       | 16.726±0.29 vy   | 107.386±5.21 tüv                            | 54.445±0.18 rstü                     |
| A5       | 13.548±0.35 klmnopr                                    | 90.680±4.80 defghijkl                       | 52.196±0.83 oprst                    |
| A6       | 13.734±0.19 lmnopr                                     | 99.376±1.77 mnoprst                         | 54.592±1.12 stü                      |
| A7       | 13.776±0.52 lmnopr                                     | 105.553±0.80 stü                            | 50.163±0.07 klmno                    |
| A8       | 12.627±0.72 ghijklmn                                   | 98.615±3.12 lmnoprs                         | 48.295±0.28 jklm                     |
| A9       | 11.511±0.70 defghi                                     | 104.323±2.52 rstü                           | 49.264±2.09 jklmno                   |
| A10      | 15.670±0.37 stüvy                                      | 118.676±1.21 z                              | 51.700±1.39 noprs                    |
| A11      | 15.771±0.46 stüvy                                      | 114.256±1.12 vyz                            | 58.109±0.70 v                        |
| A12      | 10.615±0.55 cdef                                       | 115.243±0.22 yz                             | 54.630±1.23 stü                      |
| A13      | 10.860±0.99 defg                                       | 99.606±2.89 mnoprst                         | 65.437±0.44 y                        |
| A14      | 19.412±0.01 z  | 96.860±0.73 klmnopr                         | 37.241±0.03 g                        |
| A15      | 9.102±0.09 bc  | 101.131±3.49 noprstü                        | 50.489±1.98 lmno                     |
| A16      | 11.334±0.69 defghi                                     | 106.543±1.60 stü                            | 55.060±0.62 tü                       |
| A17      | 11.735±0.00 defghij                                    | 99.604±0.92 mnoprst                         | 35.842±0.06 fg                       |
| A18      | 11.731±0.55 defghij                                    | 106.930±1.65 tüv                            | 51.846±0.20 noprs                    |
| A19      | 11.486±0.28 defghi                                     | 103.186±0.35 oprstü                         | 52.035±0.63 noprst                   |
| A20      | 8.409±0.32 ab  | 93.808±1.26 ghijklmn                        | 36.046±0.28 fg                       |
| A21      | 10.505±0.16 cdef                                       | 96.250±4.36 jklmnop                         | 46.824±0.54 ij                       |
| A22      | 13.329±0.58 jklmnop                                    | 93.122±2.42 fghijklmn                       | 47.547±0.10 jkl                      |
| A23      | 16.084±0.23 tüvy                                       | 87.704±0.57 bcdefgh                         | 56.880±0.75 üv                       |
| A24      | 14.681±1.53 prstü                                      | 108.073±0.95 üvy                            | 46.302±0.43 hij                      |
| A25      | 12.276±0.00 fghijklm                                   | 96.555±1.83 klmnopr                         | 46.425±2.21 hij                      |
| A26      | 11.452±0.40 defghi                                     | 92.435±1.17 efghijklm                       | 43.926±0.51 hi                       |

|     |                       |                        |                   |
|-----|-----------------------|------------------------|-------------------|
| A27 | 14.165±0.62 noprs     | 84.729±1.94 abcde      | 47.193±1.52 jk    |
| A28 | 23.201±0.79 x         | 86.636±1.27 bcdefg     | 36.515±0.27 g     |
| A29 | 11.782±0.76 defghij   | 91.520±2.84 defghijklm | 35.960±0.38 fg    |
| A30 | 19.735±0.30 z         | 93.656±3.07 ghijklmn   | 53.796±1.45 prst  |
| A31 | 12.095±0.44 efg hijkl | 90.222±0.95 defghijk   | 43.590±1.26 h     |
| A32 | 19.315±1.00 z         | 80.838±1.86 ab         | 52.363±0.65 oprst |
| A33 | 10.336±1.29 cde       | 93.198±2.05 fghijklmn  | 31.618±2.07 cde   |
| A34 | 11.461±0.63 defghi    | 95.868±3.91 hijklmno   | 29.918±0.57 c     |
| A35 | 11.452±0.19 defghi    | 91.290±1.99 defghijklm | 34.179±2.48 efg   |
| A36 | 19.110±0.51 z         | 109.140±2.86 üvy       | 36.955±2.56 g     |
| A37 | 6.896±0.19 a          | 85.263±0.22 abcdef     | 25.057±1.01 a     |
| A38 | 12.678±1.09 hijklmn   | 81.372±4.04 abc        | 30.914±0.70 cd    |
| A39 | 11.613±0.53 defghij   | 84.423±4.85 abcde      | 34.431±0.51 efg   |
| A40 | 11.844±0.04 defghijk  | 78.549±1.55 a          | 36.995±0.58 g     |
| A41 | 8.397±0.06 ab         | 87.933±1.52 bcdefghij  | 30.423±0.88 cd    |
| A42 | 11.048±0.05 defghi    | 94.724±6.45 ghijklmn   | 33.194±1.50 def   |
| A43 | 10.376±0.00 cde       | 96.095±4.24 ijklmno    | 24.647±1.01 a     |
| A44 | 11.845±0.23 defghijk  | 89.307±4.54 cdefghijk  | 28.578±0.37 bc    |
| A45 | 14.458±0.00 oprst     | 88.773±1.34 bcdefghijk | 26.393±0.64 ab    |
| A46 | 12.790±0.01 ijklmno   | 83.508±2.84 abcd       | 47.265±0.01 jk    |
| A47 | 10.121±0.00 cd        | 83.432±1.42 abcd       | 29.233±0.01 c     |
| A48 | 13.911±0.12 mnopr     | 87.781±1.04 bcdefghi   | 48.565±0.01 jklm  |
| A49 | 15.239±0.08 rstüv     | 90.527±1.99 defghijkl  | 50.688±0.02 mnop  |
| A50 | 10.915±0.01 defgh     | 78.091±1.68 a          | 36.866±0.00 g     |

(\*) Her bir sütunda aynı küçük harflerle gösterilen değerlerin ortalamaları varyans analizi ve Tukey testine göre % 5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli değildir.

### 3.2.3.1. Toplam Fenolik Madde Miktarı

Folin-Ciocalteu yöntemi ile tayin edilen toplam fenolik madde içerikleri Tablo 3.6'da verilmiştir.

Araştırma sonucuna göre A37 bal örneği  $6.896 \pm 0.19$  mg gallik asit / 100 g en düşük toplam fenolik içeriğe sahip iken, A28 bal örneği  $23.201 \pm 0.79$  mg gallik asit / 100 g en yüksek toplam fenolik içeriğe sahiptir. Tablo 3.6'da görüldüğü gibi Varyans analizi (anlamlılık % 95)

ile incelendiğinde çalışılan ayçiçeği bal örneklerinin toplam fenolik içerikleri arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmaktadır ( $p<0.05$ ).

### 3.2.3.2. Toplam Antioksidan Aktiviteleri

Ayçiçeği bal örneklerinin toplam antioksidan aktivitesi, askorbik asit eşdeğeri (mg AAE/g ekstre) olarak belirtilmiş ve sonuçlar Tablo 3.6'da gösterilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre A50 bal örneği  $78.091 \pm 1.68$  a mg Askorbik asit/g ekstre değeri ile en düşük toplam antioksidan aktiviteye sahip iken A10 bal örneği  $118.676 \pm 1.21$  mg Askorbik asit/g ekstre değeri ile en yüksek toplam antioksidan aktiviteye sahiptir. Ayrıca ayçiçeği bal örneklerinin toplam antioksidan aktiviteleri arasındaki farkın önemli olduğu tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ).

### 3.2.3.3. Toplam Antiradikal Aktiviteleri

Araştırma sonucunda ayçiçeği bal örneklerinin antiradikal aktivitesinin sonuçları % inhibisyon olarak belirtilmiştir ve sonuçlar Tablo 3.6'da gösterilmiştir.

Tablo 3.6'da görüldüğü gibi ayçiçeği bal örneklerinden A43 bal örneği  $24.647 \pm 1.01$  % inhibisyon ile en düşük aktivite gösterirken, A13 bal örneği ise  $65.437 \pm 0.44$  % inhibisyon ile en yüksek aktiviteyi göstermektedir. Ayçiçeği bal örneklerinin toplam antiradikal aktiviteleri karşılaştırıldığı zaman aralarındaki istatistiksel farklar önemlidir ( $p<0.05$ ).

## 3.3. Narenciye Balları

Narenciye bal örnekleri 2009 Nisan ve Mayıs aylarında Akdeniz Bölgesi'nin Antalya ilinin farklı ilçe ve köylerinden toplanmıştır.

### 3.3.1. Narenciye Bal Örneklerinde Polen Analizi Sonuçları

Akdeniz Bölgesinden alınan 50 bal örneğinde dominant nektarlı bitkiler belirlenmiştir. Polen analizi sonucunda bal örneklerinin kaynağı, Rutaceae familyasına ait narenciye (turunçgil) (*Citrus spp.*) polenlerinin teşhisi ile teyit edilmiştir.



Narenciye balı için bölgede belirlenen en yüksek frekans % 97.02, en düşük frekans ise % 45.76 olarak bulunmuştur. Toplam polen ve dominant polen sayısına ilişkin veriler Tablo 3.7’de verilmiştir.

Tablo 3.7. Narenciye bal örneklerinde polen analiz sonuçları.

| Örnek No   | DPS   | Diğer Polenler | TPS   | Frekans (%) | Örnek No   | DPS    | Diğer Polenler | TPS    | Frekans (%) |
|------------|-------|----------------|-------|-------------|------------|--------|----------------|--------|-------------|
| <b>N1</b>  | 8712  | 936            | 9648  | 90.29       | <b>N26</b> | 8593   | 1803           | 10396  | 82.65       |
| <b>N2</b>  | 2412  | 360            | 2772  | 87.01       | <b>N27</b> | 9216   | 1908           | 11124  | 82.84       |
| <b>N3</b>  | 3312  | 432            | 3744  | 88.46       | <b>N28</b> | 274752 | 142560         | 417312 | 65.83       |
| <b>N4</b>  | 72443 | 6623           | 79066 | 91.62       | <b>N29</b> | 234610 | 116508         | 351118 | 66.81       |
| <b>N5</b>  | 77109 | 5851           | 82959 | 92.94       | <b>N30</b> | 202555 | 156324         | 358879 | 56.44       |
| <b>N6</b>  | 84024 | 5472           | 89496 | 93.88       | <b>N31</b> | 133760 | 15812          | 149572 | 89.42       |
| <b>N7</b>  | 69899 | 4519           | 74418 | 93.92       | <b>N32</b> | 123324 | 11670          | 134994 | 91.35       |
| <b>N8</b>  | 75479 | 6125           | 81604 | 92.49       | <b>N33</b> | 147636 | 14580          | 162216 | 91.01       |
| <b>N9</b>  | 83052 | 6480           | 89532 | 92.76       | <b>N34</b> | 35166  | 1332           | 36498  | 96.35       |
| <b>N10</b> | 15673 | 2887           | 18560 | 84.44       | <b>N35</b> | 38090  | 1428           | 39518  | 96.38       |
| <b>N11</b> | 12598 | 3312           | 15910 | 79.18       | <b>N36</b> | 42336  | 1296           | 43632  | 97.02       |
| <b>N12</b> | 14652 | 2340           | 16992 | 86.22       | <b>N37</b> | 78220  | 15269          | 93489  | 83.66       |
| <b>N13</b> | 4127  | 761            | 4888  | 84.43       | <b>N38</b> | 82584  | 12528          | 95112  | 86.82       |
| <b>N14</b> | 3780  | 684            | 4464  | 84.67       | <b>N39</b> | 85247  | 14308          | 99555  | 85.62       |
| <b>N15</b> | 2698  | 544            | 3242  | 83.22       | <b>N40</b> | 2268   | 468            | 2736   | 82.89       |
| <b>N16</b> | 15992 | 1204           | 17196 | 92.99       | <b>N41</b> | 3251   | 604            | 3855   | 84.33       |
| <b>N17</b> | 17302 | 1551           | 18853 | 91.77       | <b>N42</b> | 21924  | 25884          | 47908  | 45.76       |
| <b>N18</b> | 16056 | 1080           | 17136 | 93.69       | <b>N43</b> | 30922  | 5998           | 36920  | 83.75       |
| <b>N19</b> | 13256 | 3255           | 16511 | 80.28       | <b>N44</b> | 25598  | 4859           | 30457  | 84.04       |
| <b>N20</b> | 4669  | 1126           | 5795  | 80.56       | <b>N45</b> | 28188  | 5652           | 33840  | 83.29       |
| <b>N21</b> | 7149  | 4370           | 11519 | 62.06       | <b>N46</b> | 89411  | 16990          | 106401 | 84.03       |
| <b>N22</b> | 2320  | 540            | 2860  | 81.11       | <b>N47</b> | 94536  | 19224          | 113760 | 83.10       |
| <b>N23</b> | 3125  | 664            | 3789  | 82.47       | <b>N48</b> | 3388   | 981            | 4369   | 77.54       |
| <b>N24</b> | 2974  | 771            | 3745  | 79.41       | <b>N49</b> | 19510  | 23039          | 42227  | 46.20       |
| <b>N25</b> | 8934  | 2156           | 11090 | 80.55       | <b>N50</b> | 2665   | 479            | 3144   | 84.76       |

### 3.3.2. Narenciye Bal Örneklerinde Biyokimyasal Analiz Sonuçları

Akdeniz Bölgesi'nde Antalya ilinin farklı ilçe ve köylerinden, farklı arıcılardan temin edilen toplam 50 bal örneğinde yapılan biyokimyasal analizler sonucunda elde edilen nem, pH, toplam asitlik, diyastaz sayısı, invert şeker ve sakaroz miktarı ile ilgili sonuçlar Tablo 3.8'de verilmiştir.

Tablo 3.8. Narenciye bal örneklerinde yapılan biyokimyasal analiz sonuçları.

| Örnek No | Nem (%) | pH   | Toplam Asitlik (mmol/mL) | Diyastaz Sayısı | İnvert Şeker(%) | Sakaroz (%) |
|----------|---------|------|--------------------------|-----------------|-----------------|-------------|
| N1       | 18.3    | 3.84 | 18.80                    | 5.0             | 112.36          | 1.26        |
| N2       | 18.7    | 3.91 | 14.68                    | 5.0             | 109.47          | 2.42        |
| N3       | 20.2    | 3.90 | 11.55                    | 2.5             | 112.24          | 1.05        |
| N4       | 19.4    | 3.83 | 18.66                    | 5.0             | 111.49          | 0.93        |
| N5       | 19.4    | 3.83 | 18.62                    | 6.5             | 111.62          | 1.04        |
| N6       | 19.4    | 3.82 | 17.70                    | 5.0             | 111.42          | 0.93        |
| N7       | 21.2    | 3.79 | 18.25                    | 6.5             | 109.78          | 1.30        |
| N8       | 21.2    | 3.78 | 19.20                    | 6.5             | 109.81          | 1.10        |
| N9       | 21.1    | 3.80 | 23.01                    | 6.5             | 109.97          | 1.20        |
| N10      | 18.1    | 3.94 | 18.47                    | 5.0             | 112.23          | 1.15        |
| N11      | 18.2    | 3.93 | 18.30                    | 5.0             | 112.00          | 1.57        |
| N12      | 18.1    | 3.87 | 17.91                    | 2.5             | 111.87          | 1.78        |
| N13      | 23.3    | 3.76 | 16.38                    | 1.0             | 111.49          | 1.14        |
| N14      | 23.0    | 3.77 | 16.54                    | 1.0             | 111.20          | 1.23        |
| N15      | 18.9    | 3.91 | 14.03                    | 1.0             | 110.11          | 1.92        |
| N16      | 18.3    | 3.78 | 16.76                    | 2.5             | 112.38          | 0.95        |
| N17      | 18.1    | 3.77 | 17.07                    | 2.5             | 112.92          | 0.63        |
| N18      | 18.2    | 3.78 | 16.85                    | 1.0             | 112.99          | 0.74        |
| N19      | 18.9    | 3.70 | 18.03                    | 1.0             | 112.50          | 0.95        |
| N20      | 20.0    | 3.89 | 23.40                    | 1.0             | 112.57          | 0.74        |
| N21      | 18.3    | 3.88 | 24.40                    | 1.0             | 112.10          | 1.05        |
| N22      | 16.9    | 3.77 | 16.34                    | 1.0             | 111.60          | 1.24        |
| N23      | 18.0    | 3.88 | 14.38                    | 1.0             | 111.16          | 1.23        |
| N24      | 18.1    | 3.87 | 14.88                    | 1.0             | 111.33          | 1.14        |
| N25      | 20.2    | 3.89 | 22.04                    | 1.0             | 108.72          | 2.89        |

|                       |              |             |  |  |  |   |
|-----------------------|--------------|-------------|--|--|--|---|
| <b>N26</b>            | 20.2         | 3.88        | 22.09  | 1.0  | 108.45   | 3.30  |
| <b>N27</b>            | 20.2         | 3.89        | 19.38  | 1.0  | 110.18   | 2.03  |
| <b>N28</b>            | 19.7         | 4.00        | 27.43  | 5.0  | 106.73   | 5.03  |
| <b>N29</b>            | 20.0         | 3.99        | 24.50  | 5.0  | 107.18   | 4.35  |
| <b>N30</b>            | 19.8         | 3.99        | 25.49  | 5.0  | 107.19   | 4.75  |
| <b>N31</b>            | 18.8         | 4.00        | 23.60  | 2.5  | 108.78   | 0.88  |
| <b>N32</b>            | 18.8         | 4.02        | 24.45  | 5.0  | 108.51   | 0.68  |
| <b>N33</b>            | 18.7         | 4.04        | 23.23  | 5.0  | 108.85   | 0.88  |
| <b>N34</b>            | 18.4         | 3.90        | 19.41  | 1.0  | 110.45   | 1.32  |
| <b>N35</b>            | 18.6         | 3.88        | 18.12  | 1.0  | 110.08   | 1.41  |
| <b>N36</b>            | 17.3         | 4.20        | 17.69  | 5.0  | 109.92   | 1.40  |
| <b>N37</b>            | 19.2         | 3.85        | 21.41  | 2.5  | 110.62   | 1.73  |
| <b>N38</b>            | 19.3         | 3.94        | 22.00  | 2.5  | 110.98   | 1.65  |
| <b>N39</b>            | 18.8         | 3.84        | 21.44  | 5.0  | 111.56   | 1.45  |
| <b>N40</b>            | 19.0         | 3.72        | 19.08  | 2.5  | 109.61   | 3.37  |
| <b>N41</b>            | 20.1         | 3.73        | 14.58  | 2.5  | 109.98   | 3.39  |
| <b>N42</b>            | 18.8         | 3.72        | 21.53  | 2.5  | 112.65   | 1.14  |
| <b>N43</b>            | 18.4         | 3.94        | 17.88  | 1.0  | 112.19   | 1.57  |
| <b>N44</b>            | 18.5         | 3.96        | 18.55  | 2.5  | 112.56   | 1.48  |
| <b>N45</b>            | 18.4         | 3.95        | 17.76  | 2.5  | 111.83   | 1.56  |
| <b>N46</b>            | 21.5         | 3.94        | 29.60  | 5.0  | 107.41   | 1.92  |
| <b>N47</b>            | 21.5         | 3.88        | 28.97  | 5.0  | 107.82   | 1.97  |
| <b>N48</b>            | 18.4         | 3.79        | 22.48  | 2.5  | 109.50   | 3.53  |
| <b>N49</b>            | 18.9         | 3.72        | 19.56  | 2.5  | 112.74   | 1.15  |
| <b>N50</b>            | 18.6         | 3.91        | 17.01  | 2.5  | 109.04   | 3.02  |
| <i>Ortalama</i>       | <i>19.26</i> | <i>3.87</i> | <i>19.66</i>                                     | <i>3.09</i>                                    | <i>110.60</i>                                    | <i>1.73</i>                                     |
| <i>Standart Sapma</i> | <i>1.31</i>  | <i>0.09</i> | <i>3.85</i>                                      | <i>1.89</i>                                    | <i>1.71</i>                                      | <i>1.06</i>                                     |
| <i>Minimum</i>        | <i>16.9</i>  | <i>3.7</i>  | <i>11.55</i>                                     | <i>1.0</i>                                     | <i>106.73</i>                                    | <i>0.63</i>                                     |
| <i>Maksimum</i>       | <i>23.3</i>  | <i>4.2</i>  | <i>29.6</i>                                      | <i>6.5</i>                                     | <i>112.99</i>                                    | <i>5.03</i>                                     |
| TSE                   | ≤ 20 %       |             | ≤ 50 (ÇB) <sup>1</sup><br>≤ 50 (SB) <sup>2</sup> | ≥ 8 (ÇB) <sup>1</sup><br>≥ 8 (SB) <sup>2</sup> | ≥ 65 (ÇB) <sup>1</sup><br>≥ 45 (SB) <sup>2</sup> | ≤ 5 (ÇB) <sup>1</sup><br>≤ 10 (SB) <sup>2</sup> |
| KODEKS                | ≤ 20 %       |             | ≤ 50 (ÇB) <sup>1</sup><br>≤ 50 (SB) <sup>2</sup> | ≥ 8 (ÇB) <sup>1</sup><br>≥ 8 (SB) <sup>2</sup> | ≥ 65 (ÇB) <sup>1</sup><br>≥ 45 (SB) <sup>2</sup> | ≤ 5 (ÇB) <sup>1</sup><br>≤ 10 (SB) <sup>2</sup> |
| EU                    | ≤ 20 %       |             | ≤ 50 (ÇB) <sup>1</sup><br>≤ 50 (SB) <sup>2</sup> | ≥ 8 (ÇB) <sup>1</sup><br>≥ 8 (SB) <sup>2</sup> | ≥ 65 (ÇB) <sup>1</sup><br>≥ 45 (SB) <sup>2</sup> | ≤ 5 (ÇB) <sup>1</sup><br>≤ 10 (SB) <sup>2</sup> |

<sup>1</sup>: Çiçek Balı, <sup>2</sup>: Salgı balı

### 3.3.2.1. Nem Miktarı

Narenciye ballarında nem oranları % 16.9 ile % 23.3 arasında değişmekte olup ortalama değer ise %  $19.26 \pm 1.31$  olarak bulunmuştur (Tablo 3.8). Bal örneklerinde elde edilen ortalama nem oranları 10 bal örneğinde Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, Avrupa Birliği ve Kodeks standartlarının belirlemiş olduğu % 20'lik sınırın üzerinde bulunmuştur. Akdeniz Bölgesinde Mayıs ayı içerisinde alınmış olan numunelerin erken hasattan dolayı yüksek nem oranına sahip olduğu tahmin edilmektedir.

### 3.3.2.2. pH Değeri

Narenciye bal örneklerinden elde edilen pH değerleri 3.7 ile 4.2 arasında değişmekte olup ortalama değer ise  $3.87 \pm 0.09$  olarak bulunmuştur (Tablo 3.8).

### 3.3.2.3. Asitlik Miktarı

Narenciye bal örneklerine ait toplam asitlik değerleri 11.55 meq kg<sup>-1</sup> ile 29.60 meq kg<sup>-1</sup> arasında değişmekte olup ortalama değer ise  $19.66 \pm 3.85$  meq kg<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir (Tablo 3.8). Elde edilen bu ortalama değerler Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, Kodeks ve Avrupa Birliği (EU) standartlarında çiçek ve salgı balı için belirtilen  $\leq 50$  meq kg<sup>-1</sup> değeri ile karşılaştırıldığı zaman bu değere uyumlu olduğu saptanmıştır.

### 3.3.2.4. Diyastaz Sayısı

Narenciye bal örneklerinde diyastaz sayısının 1.0 ile 6.5 arasında değiştiği ve ortalama  $3.09 \pm 1.89$  olduğu saptanmıştır (Tablo 3.8). Analizler sonucunda bu bölgeye ait bal örneklerinde elde edilen diyastaz sayısı ile ilgili veriler Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, Kodeks ve Avrupa Birliği (EU) standardının belirlediği en alt sınır olan 8'den düşük bulunmuştur.

### 3.3.2.5. İnvvert şeker Miktarı

Narenciye bal örneklerinde invert şeker değerleri % 106.73 ile % 112.99 arasında değişmekte olup ortalama %  $110.60 \pm 1.71$  olarak bulunmuştur (Tablo 3.8). Elde edilen ortalama invert

şeker değeri Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, Avrupa Birliği ve Kodeksin çiçek baları için belirlemiş olduğu en alt limit olan % 65 değerinin üzerinde bulunmuştur.

### 3.3.2.6. Sakaroz Miktarı

Narenciye bal örneklerinin sakaroz değerlerinin % 0.63 ile % 5.03 arasında değiştiği ortalama değerin ise %  $1.73 \pm 1.06$  olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.8). Belirlenen sakaroz değeri Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, Avrupa Birliği ve Kodeks standartlarında çiçek balları için belirtilen en fazla % 5 sınır değerinin altında bulunarak balların standartlara uygun olduğu tespit edilmiştir.

### 3.3.3. Narenciye Bal Örneklerinde Biyolojik Analiz Sonuçları

Toplam 50 narenciye bal örneğinde yapılan biyolojik analizler sonucunda elde edilen toplam fenolik madde miktarı, antioksidan ve antiradikal aktivite ile ilgili sonuçlar Tablo 3.9'da verilmiştir.

Tablo 3.9. Narenciye bal örneklerinde yapılan biyolojik analiz sonuçları.

| Örnek No | Toplam fenolik madde miktarı (mg gallik asit / 100 g)* | Antioksidan Aktivite (mg Askorbik asit/ g)* | Antiradikal Aktivite (% inhibisyon)* |
|----------|--|---|--------------------------------------|
| N1       | 1.259±0.26 a   | 90.070±2.32 bcdefg                          | 8.696±1.05 defgh                     |
| N2       | 1.682±0.02 abc   | 87.399±0.34 bcd                             | 9.729±0.06 fghi                      |
| N3       | 1.785±0.00 abc   | 91.062±2.57 defghij                         | 8.318±0.40 cdefg                     |
| N4       | 1.056±0.32 a   | 88.391±1.86 bcde                            | 12.026±0.47 kl                       |
| N5       | 1.029±0.00 a   | 89.096±0.70 bcdef                           | 12.636±0.04 l                        |
| N6       | 1.117±0.00 a   | 90.222±0.34 bcdefg                          | 12.233±1.01 l                        |
| N7       | 1.871±0.22 abc   | 110.210±0.46 mn                             | 17.797±0.05 n                        |
| N8       | 1.397±0.01 a   | 111.656±1.84 mn                             | 17.714±0.23 n                        |
| N9       | 1.717±0.01 abc   | 111.200±0.34 mn                             | 16.445±0.08 mn                       |
| N10      | 1.210±0.00 a   | 97.623±1.04 j                               | 16.334±0.35 mn                       |
| N11      | 1.491±0.27 ab  | 97.318±1.48 l                               | 16.119±0.31 mn                       |
| N12      | 1.509±0.02 ab  | 96.784±0.69 l                               | 16.445±0.32 mn                       |
| N13      | 1.588±0.51 ab  | 94.113±2.44 ghijkl                          | 5.104±1.32 a                         |

|            |                |                     |                   |
|------------|----------------|---------------------|-------------------|
| <b>N14</b> | 0.930±0.12 a   | 94.037±0.57 ghijkl  | 5.155±0.25 a      |
| <b>N15</b> | 1.761±0.01 abc | 94.113±0.57 ghijkl  | 9.517±0.15 fgh    |
| <b>N16</b> | 1.732±0.15 abc | 96.250±0.45 kl      | 6.861±0.00 abcd   |
| <b>N17</b> | 1.565±0.01 ab  | 97.013±1.15 l       | 6.238±0.29 ab     |
| <b>N18</b> | 1.506±0.09 ab  | 95.868±1.52 kl      | 7.029±0.06 bcd    |
| <b>N19</b> | 11.569±0.02 k  | 86.331±1.17 b       | 30.846±0.05 p     |
| <b>N20</b> | 13.519±0.18 l  | 86.942±1.18 bc      | 32.185±0.00 pr    |
| <b>N21</b> | 14.039±0.43 l  | 86.713±1.90 b       | 32.881±0.53 rs    |
| <b>N22</b> | 0.937±0.39 a   | 81.524±1.37 a       | 10.184±0.09 ghij  |
| <b>N23</b> | 1.774±0.01 abc | 82.135±0.57 a       | 11.447±0.11 ijkl  |
| <b>N24</b> | 1.118±0.08 a   | 98.081±1.78 l       | 10.279±0.08 hijk  |
| <b>N25</b> | 2.385±0.26 bc  | 86.713±0.80 b       | 9.835±0.43 fghi   |
| <b>N26</b> | 3.718±0.47 ef  | 87.170±1.73 bcd     | 9.567±1.06 fgh    |
| <b>N27</b> | 3.577±0.07 e   | 87.552±1.39 bcde    | 10.085±0.67 ghi   |
| <b>N28</b> | 11.422±0.01 k  | 90.377±2.07 bcdefgh | 42.406±1.76 x     |
| <b>N29</b> | 13.200±0.02 l  | 91.138±0.57 defghij | 40.426±0.89 z     |
| <b>N30</b> | 13.929±0.33 l  | 97.166±1.72 l       | 41.224±0.04 zx    |
| <b>N31</b> | 6.494±0.00 i   | 109.678±0.57 m      | 36.278±0.35 üv    |
| <b>N32</b> | 11.066±0.01 k  | 111.128±0.60 mn     | 38.320±0.36 y     |
| <b>N33</b> | 8.747±0.78 j   | 113.946±2.64 n      | 37.392±0.84 vy    |
| <b>N34</b> | 5.276±0.04 h   | 92.664±0.47 fghijk  | 6.770±0.22 abc    |
| <b>N35</b> | 4.476±0.01 fgh | 91.672±0.22 efghij  | 8.109±0.35 cdef   |
| <b>N36</b> | 2.556±0.29 cd  | 90.909±0.47 cdefghi | 7.401±0.39 bcde   |
| <b>N37</b> | 3.208±0.08 de  | 94.394±0.42 hijkl   | 14.628±0.13 m     |
| <b>N38</b> | 4.048±1.05 efg | 94.571±0.69 ijkl    | 15.774±0.50 m     |
| <b>N39</b> | 4.568±0.00 gh  | 96.097±0.34 kl      | 15.786±0.29 m     |
| <b>N40</b> | 0.903±0.10 a   | 91.672±0.91 efghij  | 7.559±0.26 bcde   |
| <b>N41</b> | 1.440±0.03 ab  | 91.672±1.60 efghij  | 7.435±0.14 bcde   |
| <b>N42</b> | 1.580±0.02 ab  | 95.029±0.69 jkl     | 10.222±0.00 ghijk |
| <b>N43</b> | 1.673±0.11 abc | 88.086±0.80 bcde    | 11.942±0.12 jkl   |
| <b>N44</b> | 1.276±0.01 a   | 88.925±1.60 bcdef   | 12.014±0.56 kl    |
| <b>N45</b> | 1.326±1.05 a   | 89.993±0.68 bcdefg  | 12.569±0.11 l     |
| <b>N46</b> | 8.840±0.91 j   | 108.603±0.99 m      | 34.356±1.66 st    |
| <b>N47</b> | 8.848±0.00 j   | 108.534±0.82 m      | 34.968±0.88 tü    |
| <b>N48</b> | 9.145±0.21 j   | 94.114±2.05 ghijkl  | 24.635±1.07 o     |
| <b>N49</b> | 1.368±0.02 a   | 79.769±1.65 a       | 10.079±0.40 ghi   |
| <b>N50</b> | 1.766±0.77 abc | 110.360±2.12 mn     | 9.149±1.38 efgh   |

(\*) Her bir sütunda aynı küçük harflerle gösterilen değerlerin ortalamaları varyans analizi ve Tukey testine göre % 5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli değildir.

### 3.3.3.1. Toplam Fenolik Madde Miktarı

Narenciye balları Folin-Ciocalteu yöntemi ile ölçülen toplam fenolik içeriği, gallik asit eşdeğeri (GAE) olarak belirtilmiş ve sonuçlar Tablo 3.9'da gösterilmiştir.

Araştırma sonucuna göre N40 bal örneği  $0.903 \pm 0.10$  mg gallik asit / 100 g en düşük toplam fenolik içeriğe sahip iken, N21 bal örneği  $14.039 \pm 0.43$  mg gallik asit / 100 g en yüksek toplam fenolik içeriğe sahiptir. Tablo 3.9'da görüldüğü gibi çalışılan narenciye bal örneklerinin toplam fenolik içerikleri arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmaktadır ( $p < 0.05$ ).

### 3.3.3.2. Toplam Antioksidan Aktiviteleri

Çalışılan narenciye bal örneklerinin fosfomolibdenyum yöntemi ile ölçülen toplam antioksidan aktivitesi, askorbik asit eşdeğeri (mg AAE/g ekstre) olarak belirtilmiş ve sonuçlar Tablo 3.9'da gösterilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre N49 bal örneği  $79.769 \pm 1.65$  mg Askorbik asit/g ekstre değeri ile en düşük toplam antioksidan aktiviteye sahip iken N33 bal örneği  $113.946 \pm 2.64$  mg Askorbik asit/g ekstre değeri ile en yüksek toplam antioksidan aktiviteye sahiptir. Ayrıca narenciye bal örneklerinin toplam antioksidan aktiviteleri arasındaki farkın önemli olduğu tespit edilmiştir ( $p < 0.05$ ).

### 3.3.3.3. Toplam Antiradikal Aktiviteleri

Antalya ilinden toplanan narenciye bal örneklerinin antiradikal aktivitesi DPPH yöntemi ile ölçülmüş, sonuçlar % inhibisyon olarak belirtilmiş ve Tablo 3.9'da gösterilmiştir.

Tablo 3.9'da görüldüğü gibi narenciye bal örneklerinden N13 bal örneği  $5.104 \pm 1.32$  % inhibisyon ile en düşük aktivite gösterirken, N28 bal örneği  $42.406 \pm 1.76$  % inhibisyon ile en

yüksek aktiviteyi göstermektedir. Narenciye bal örneklerinin toplam antiradikal aktiviteleri arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmaktadır ( $p < 0.05$ ).

### 3.4. Ormangülü Balları

Deli bal veya acı bal olarak bilinen bu ballar, orman gülü bitkilerinin yoğun olarak bulunduğu genellikle Doğu Karadeniz Bölgesinden elde edilen bir baldır ve açık sarı renklidir. Bu çalışmada ormangülü bal örnekleri 2009 Mayıs-Haziran ayları arasında Karadeniz Bölgesinin Artvin ilinin farklı ilçe ve köylerinden toplanmıştır.

#### 3.4.1. Ormangülü Bal Örneklerinde Polen Analizi Sonuçları

Çalışma kapsamında Karadeniz Bölgesi'nden alınan 30 bal örneğinde polen analizleri yapılmış ve sonuçlar Tablo 3.10'da verilmiştir. Yapılan polen analizleri sonucunda 30 ormangülü balı teşhis edilmiş fakat altı bal örneğinde bu frekans % 45'in altında bulunmuştur. Polen analizi sonucunda da bal örneklerinin kaynağı, Ericaceae familyasına ait orman gülü (*Rhododendron spp*) polenlerinin teşhisi ile de teyit edilmiştir.

Araştırma bölgesinde belirlenen en yüksek frekans % 54.57, en düşük frekans ise % 25.64 olarak kaydedilmiştir. Altı bal örneğinde frekans düşük olmasına karşın dominant polenler ormangülü bitkisine aittir. Sayılan toplam polen ve dominant polen sayısına ilişkin veriler Tablo 3.10'da verilmiştir.

Tablo 3.10. Ormangülü bal örneklerinde polen analiz sonuçları.

| Örnek No  | DPS    | Diğer Polenler | TPS    | Frekans (%) | Örnek No   | DPS   | Diğer Polenler | TPS   | Frekans (%) |
|-----------|--------|----------------|--------|-------------|------------|-------|----------------|-------|-------------|
| <b>O1</b> | 8812   | 20732          | 29554  | 29.82       | <b>O16</b> | 3204  | 2772           | 5976  | 53.61       |
| <b>O2</b> | 7613   | 9218           | 16831  | 45.23       | <b>O17</b> | 3492  | 3816           | 7308  | 47.78       |
| <b>O3</b> | 38016  | 48744          | 86760  | 43.81       | <b>O18</b> | 10152 | 22212          | 32364 | 31.36       |
| <b>O4</b> | 109296 | 114804         | 224100 | 48.77       | <b>O19</b> | 2016  | 2268           | 4284  | 47.05       |
| <b>O5</b> | 1518   | 1690           | 3208   | 47.00       | <b>O20</b> | 2808  | 3240           | 2952  | 48.78       |
| <b>O6</b> | 1409   | 1396           | 2805   | 50.48       | <b>O21</b> | 900   | 1512           | 2412  | 37.31       |
| <b>O7</b> | 1009   | 1216           | 2225   | 45.34       | <b>O22</b> | 2340  | 2412           | 4752  | 49.24       |



|            |       |       |        |       |            |      |      |      |       |
|------------|-------|-------|--------|-------|------------|------|------|------|-------|
| <b>O8</b>  | 2880  | 8352  | 11232  | 25.64 | <b>O23</b> | 2160 | 2520 | 4680 | 46.15 |
| <b>O9</b>  | 1419  | 1711  | 3130   | 45.33 | <b>O24</b> | 1584 | 1728 | 3312 | 47.82 |
| <b>O10</b> | 9416  | 11210 | 20626  | 45.65 | <b>O25</b> | 1476 | 1512 | 2988 | 49.39 |
| <b>O11</b> | 47952 | 88632 | 136584 | 35.10 | <b>O26</b> | 1440 | 1512 | 2952 | 48.78 |
| <b>O12</b> | 2312  | 2510  | 4822   | 47.94 | <b>O27</b> | 1152 | 1080 | 2232 | 51.61 |
| <b>O13</b> | 2112  | 2210  | 4322   | 48.86 | <b>O28</b> | 1908 | 1656 | 3564 | 53.53 |
| <b>O14</b> | 5580  | 4644  | 10224  | 54.57 | <b>O29</b> | 3780 | 3960 | 7740 | 48.83 |
| <b>O15</b> | 1080  | 1116  | 2196   | 49.18 | <b>O30</b> | 2844 | 4500 | 7344 | 38.72 |

### 3.4.2. Ormangülü Bal Örneklerinde Biyokimyasal Analiz Sonuçları

Karadeniz Bölgesinde Artvin ilinden toplanan toplam 30 bal örneğinde yapılan biyokimyasal analizler sonucunda elde edilen nem, pH, toplam asitlik, diyastaz sayısı, invert şeker ve sakaroz miktarı ile ilgili sonuçlar Tablo 3.11’de verilmiştir.

Tablo 3.11. Ormangülü bal örneklerinde yapılan biyokimyasal analiz sonuçları

| Örnek No   | Nem (%) | pH   | Toplam Asitlik (mmol/mL) | Diyastaz Sayısı | İnvert Şeker(%) | Sakaroz (%) |
|------------|---------|------|--------------------------|-----------------|-----------------|-------------|
| <b>O1</b>  | 17.2    | 4.77 | 23.60                    | 8.3             | 101.86          | 1.30        |
| <b>O2</b>  | 16.8    | 4.72 | 27.00                    | 13.9            | 101.83          | 1.29        |
| <b>O3</b>  | 15.9    | 4.24 | 42.76                    | 17.9            | 98.72           | 1.14        |
| <b>O4</b>  | 16.2    | 4.26 | 42.96                    | 17.9            | 93.16           | 5.95        |
| <b>O5</b>  | 18.7    | 4.43 | 28.25                    | 13.9            | 102.25          | 1.13        |
| <b>O6</b>  | 19.6    | 4.38 | 32.45                    | 13.9            | 102.50          | 0.95        |
| <b>O7</b>  | 17.0    | 4.61 | 28.05                    | 17.9            | 102.73          | 1.50        |
| <b>O8</b>  | 17.0    | 4.61 | 18.40                    | 17.9            | 101.38          | 2.51        |
| <b>O9</b>  | 16.0    | 4.58 | 35.06                    | 38.5            | 101.19          | 2.95        |
| <b>O10</b> | 18.5    | 4.67 | 34.56                    | 23.0            | 101.06          | 1.18        |
| <b>O11</b> | 18.1    | 4.65 | 34.56                    | 13.9            | 102.49          | 1.39        |
| <b>O12</b> | 16.0    | 4.69 | 23.85                    | 38.5            | 100.54          | 1.70        |
| <b>O13</b> | 16.3    | 4.53 | 28.85                    | 23.0            | 100.38          | 1.78        |
| <b>O14</b> | 18.4    | 6.52 | 8.85                     | 17.9            | 108.29          | 1.46        |
| <b>O15</b> | 17.5    | 6.63 | 8.45                     | 17.9            | 108.12          | 1.35        |
| <b>O16</b> | 18.3    | 5.64 | 13.85                    | 17.9            | 109.09          | 1.49        |
| <b>O17</b> | 17.5    | 6.10 | 8.80                     | 17.9            | 108.80          | 1.58        |

|                       |              |             |  |  |  |   |
|-----------------------|--------------|-------------|--|--|--|---|
| <b>O18</b>            | 18.5         | 4.71        | 18.05  | 6.5  | 105.68   | 6.15  |
| <b>O19</b>            | 18.7         | 4.00        | 39.56  | 17.9   | 110.83   | 1.43  |
| <b>O20</b>            | 18.7         | 4.75        | 19.30  | 17.9   | 109.83   | 2.13  |
| <b>O21</b>            | 19.2         | 5.27        | 12.80  | 17.9   | 104.67   | 6.03  |
| <b>O22</b>            | 17.4         | 5.03        | 19.55  | 29.4   | 108.97   | 1.38  |
| <b>O23</b>            | 17.2         | 5.22        | 14.55  | 17.9   | 108.73   | 1.48  |
| <b>O24</b>            | 16.8         | 5.66        | 11.55  | 23.0   | 107.43   | 2.52  |
| <b>O25</b>            | 20.2         | 5.43        | 12.40  | 17.9   | 107.18   | 2.92  |
| <b>O26</b>            | 17.3         | 5.42        | 11.80  | 23.0   | 107.75   | 3.77  |
| <b>O27</b>            | 19.2         | 5.65        | 11.95  | 17.9   | 107.53   | 4.16  |
| <b>O28</b>            | 17.3         | 5.66        | 12.55  | 17.9   | 105.00   | 5.54  |
| <b>O29</b>            | 16.5         | 6.00        | 12.05  | 10.9   | 103.96   | 6.66  |
| <b>O30</b>            | 18.1         | 5.67        | 12.30  | 17.9   | 108.79   | 1.57  |
| <i>Ortalama</i>       | <i>17.67</i> | <i>5.08</i> | <i>21.62</i>                                     | <i>18.87</i>                                   | <i>104.69</i>                                    | <i>2.54</i>                                     |
| <i>Standart Sapma</i> | <i>1.14</i>  | <i>0.68</i> | <i>10.81</i>                                     | <i>6.92</i>                                    | <i>4.09</i>                                      | <i>1.77</i>                                     |
| <i>Minimum</i>        | <i>15.9</i>  | <i>4.00</i> | <i>8.45</i>                                      | <i>6.5</i>                                     | <i>93.16</i>                                     | <i>0.95</i>                                     |
| <i>Maksimum</i>       | <i>20.2</i>  | <i>6.63</i> | <i>42.96</i>                                     | <i>29.6</i>                                    | <i>110.83</i>                                    | <i>6.66</i>                                     |
| TSE                   | ≤ 20 %       |             | ≤ 50 (ÇB) <sup>1</sup><br>≤ 50 (SB) <sup>2</sup> | ≥ 8 (ÇB) <sup>1</sup><br>≥ 8 (SB) <sup>2</sup> | ≥ 65 (ÇB) <sup>1</sup><br>≥ 45 (SB) <sup>2</sup> | ≤ 5 (ÇB) <sup>1</sup><br>≤ 10 (SB) <sup>2</sup> |
| KODEKS                | ≤ 20 %       |             | ≤ 50 (ÇB) <sup>1</sup><br>≤ 50 (SB) <sup>2</sup> | ≥ 8 (ÇB) <sup>1</sup><br>≥ 8 (SB) <sup>2</sup> | ≥ 65 (ÇB) <sup>1</sup><br>≥ 45 (SB) <sup>2</sup> | ≤ 5 (ÇB) <sup>1</sup><br>≤ 10 (SB) <sup>2</sup> |
| EU                    | ≤ 20 %       |             | ≤ 50 (ÇB) <sup>1</sup><br>≤ 50 (SB) <sup>2</sup> | ≥ 8 (ÇB) <sup>1</sup><br>≥ 8 (SB) <sup>2</sup> | ≥ 65 (ÇB) <sup>1</sup><br>≥ 45 (SB) <sup>2</sup> | ≤ 5 (ÇB) <sup>1</sup><br>≤ 10 (SB) <sup>2</sup> |

<sup>1</sup>: Çiçek Balı, <sup>2</sup>: Salgı balı

### 3.4.2.1. Nem Miktarı

Yapılan analizler sonucunda nem oranları % 15.9 ile % 20.2 arasında değişirken ortalama değer ise %  $17.67 \pm 1.14$  olarak tespit edilmiştir (Tablo 3.11). Bu bal örnekleri için tespit edilen ortalama nem oranının Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, Avrupa Birliği ve Kodeks standartlarına ( $\leq$  % 20) uyduğu saptanmıştır. Bunun yanında sadece bir bal örneğinde (O25) tespit edilen nem miktarı Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, Kodeks ve Avrupa Birliğinin belirlemiş olduğu % 20 sınır değerinin üzerinde bulunmuştur. Diğer tüm örneklerin nem miktarı bakımından sınır değerinin altında olduğu belirlenmiştir.

### 3.4.2.2. pH Değeri

pH değeri 4.00 ile 6.63 arasında değişirken ortalama değer ise  $5.05 \pm 0.68$  olarak bulunmuştur (Tablo 3.11).

### 3.4.2.3. Asitlik Miktarı

Ormanęülü bal örneklerine ait asitlik değerleri  $8.45$  meq  $kg^{-1}$  ile  $42.96$  meq  $kg^{-1}$  arasında değişirken ortalama değer ise  $21.62 \pm 10.81$  meq  $kg^{-1}$  olarak belirlenmiştir (Tablo 3.11). Elde edilen toplam asitliğe ait tüm değerlerin Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, Kodeks ve Avrupa Birliği (EU) standartlarında çiçek ve salęı balı için belirtilen  $\leq 50$  meq  $kg^{-1}$  değeri ile karşılaştırıldığı zaman bu değere uyumlu olduğu saptanmıştır.

### 3.4.2.4. Diyastaz Sayısı

Ormanęülü bal örneklerinde yapılan biyokimyasal analizler sonucunda diyastaz sayısının  $6.50$  ile  $29.60$  arasında değiştii ve ortalama  $18.87 \pm 6.92$  olduğu saptanmıştır (Tablo 3.11). Elde edilen ortalama diyastaz sayısı FAO/Gıda Kodeksi, Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği ve Avrupa Birliği standardına göre en alt sınır olan 8'den yüksek bulunmuştur. Ancak sadece bir bal örneğinde (O18) diyastaz sayısı yukarıda belirtilen standartların belirlediği en alt sınır olan 8'den düşük bulunmuştur.

### 3.4.2.5. İnvirt Şeker Miktarı

Ormanęülü bal örneklerinde yapılan biyokimyasal analizler sonucunda; invert şeker değerleri için değişim aralığı % 93.16 ile % 110.83 arasında, ortalama ise %  $104.69 \pm 4.09$  olarak bulunmuştur (Tablo 3.11). Elde edilen invert şeker değerlerinin Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, Avrupa Birliği ve Kodeks standartlarına uygun olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.11).

### 3.4.2.6. Sakaroz Miktarı

Araştırma sonucunda ormanęülü ballarına ait sakaroz değerlerinin % 0.95 ile % 6.66 arasında değiştii ortalama değerin ise %  $2.54 \pm 1.77$  olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.11). Elde edilen sakaroz değerlerinin Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, Avrupa Birliği Standardı ve Kodeks

standartlarında çiçek ballarında en çok % 5, çam ballarında ise % 10 olması gerektiği belirtilen sınırlara uygun olduğu belirlenmiştir. Ancak beş bal örneğinde tespit edilen sakaroz miktarı standartların belirlemiş olduğu sınırların üzerinde bulunmuştur.

### 3.4.3. Ormangülü Bal Örneklerinde Biyolojik Analiz Sonuçları

Toplam 30 ormangülü bal örneğinde yapılan biyolojik analizler sonucunda elde edilen toplam fenolik madde miktarı, antioksidan ve antiradikal aktivite ile ilgili sonuçlar Tablo 3.12’de verilmiştir.

Tablo 3.12. Ormangülü bal örneklerinde yapılan biyolojik analiz sonuçları.

| Örnek No   | Toplam fenolik madde miktarı (mg gallik asit / 100 g)* | Antioksidan Aktivite (mg Askorbik asit/ g)* | Antiradikal Aktivite (% inhibisyon)* |
|------------|--|---|--------------------------------------|
| <b>O1</b>  | 25.136±2.02 j  | 110.513±2.13 kl                             | 38.462±1.59 o                        |
| <b>O2</b>  | 15.670±0.63 gh   | 99.907±1.78 j                               | 47.839±0.22 s                        |
| <b>O3</b>  | 19.093±0.41 i  | 85.339±2.22 bcdef                           | 41.869±1.01 p                        |
| <b>O4</b>  | 60.619±1.69 n  | 90.985±3.59 fgh                             | 45.395±2.31 r                        |
| <b>O5</b>  | 12.221±2.45 f  | 82.440±2.68 bc                              | 33.348±0.54 n                        |
| <b>O6</b>  | 34.349±0.96 k  | 79.693±1.97 ab                              | 23.409±1.00 kl                       |
| <b>O7</b>  | 6.051±0.49 d   | 95.639±1.15 hij                             | 20.748±0.75 ij                       |
| <b>O8</b>  | 4.352±0.36 bcd   | 98.767±3.09 ij                              | 18.720±0.72 i                        |
| <b>O9</b>  | 15.092±0.46 g  | 95.105±1.04 hij                             | 27.133±0.17 m                        |
| <b>O10</b> | 55.345±2.24 m  | 100.063±1.39 j                              | 71.278±0.92 t                        |
| <b>O11</b> | 49.986±1.13 l  | 95.106±1.65 hij                             | 77.187±1.58 ü                        |
| <b>O12</b> | 17.986±0.94 hi   | 75.793±0.93 a                               | 41.616±0.42 p                        |
| <b>O13</b> | 16.029±0.54 gh   | 85.644±1.39 cdefg                           | 25.961±0.44 m                        |
| <b>O14</b> | 10.045±0.73 ef   | 81.219±1.94 abc                             | 11.653±0.47 cdef                     |
| <b>O15</b> | 0.963±0.32 a   | 91.324±1.24 gh                              | 12.014±0.23 defg                     |
| <b>O16</b> | 2.653±0.76 abc   | 93.732±1.72 hi                              | 13.418±0.74 efgh                     |
| <b>O17</b> | 1.550±0.16 ab  | 89.917±1.85 defgh                           | 15.373±0.87 h                        |
| <b>O18</b> | 10.590±1.07 ef   | 82.898±3.76 bc                              | 22.040±0.56 jk                       |
| <b>O19</b> | 9.601±0.60 e   | 82.211±1.62 bc                              | 20.482±1.68 ij                       |
| <b>O20</b> | 8.992±0.29 e   | 108.223±1.78 k                              | 25.589±1.20 lm                       |
| <b>O21</b> | 1.664±1.14 abc   | 90.375±0.47 efgh                            | 7.039±0.21 a                         |

|            |                |                  |                  |
|------------|----------------|------------------|------------------|
| <b>O22</b> | 4.432±0.16 cd  | 108.226±0.87 k   | 13.927±0.41 fgh  |
| <b>O23</b> | 2.682±0.17 abc | 92.816±3.09 h    | 11.203±0.21 cde  |
| <b>O24</b> | 0.679±0.48 a   | 90.222±2.42 efgh | 14.597±0.62 gh   |
| <b>O25</b> | 1.618±0.30 abc | 79.541±2.74 ab   | 14.011±1.38 fgh  |
| <b>O26</b> | 2.738±0.26 abc | 95.334±1.27 hij  | 11.444±0.68 cdef |
| <b>O27</b> | 1.977±0.15 abc | 84.500±1.26 bcd  | 9.135±0.77 abc   |
| <b>O28</b> | 2.277±0.39 abc | 85.187±1.39 bcde | 12.466±0.26 defg |
| <b>O29</b> | 1.745±0.32 abc | 99.223±1.59 ij   | 8.432±0.13 ab    |
| <b>O30</b> | 3.055±0.18 abc | 114.330±2.03 l   | 10.077±0.57 bcd  |

(\*) Her bir sütunda aynı küçük harflerle gösterilen değerlerin ortalamaları varyans analizi ve Tukey testine göre % 5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli değildir.

### 3.4.3.1. Toplam Fenolik Madde Miktarı

Çalışılan ormangülü ballarının Folin-Ciocalteu yöntemi ile ölçülen toplam fenolik içeriği, gallik asit eşdeğeri (GAE) olarak belirtilmiş ve sonuçlar Tablo 3.12’de gösterilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre O24 bal örneği 0.679±0.48 mg gallik asit / 100 g en düşük toplam fenolik içeriğe sahip iken, O4 bal örneği 60.619±1.69 mg gallik asit / 100 g en yüksek toplam fenolik içeriğe sahiptir. Tablo 3.12’de görüldüğü gibi çalışılan ormangülü bal örneklerinin toplam fenolik içerikleri arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmaktadır ( $p<0.05$ ).

### 3.4.3.2. Toplam Antioksidan Aktiviteleri

Ormangülü bal örneklerinin fosfomolibdenyum yöntemi ile ölçülen toplam antioksidan aktivitesi, askorbik asit eşdeğeri (mg AAE/g ekstre) olarak belirtilmiş ve sonuçlar Tablo 3.12’de gösterilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre O12 bal örneği 75.793±0.93 mg Askorbik asit/g ekstre değeri ile en düşük toplam antioksidan aktiviteye sahip iken O30 bal örneği 114.330±2.03mg Askorbik asit/g ekstre değeri ile en yüksek toplam antioksidan aktiviteye sahiptir. Ayrıca ormangülü bal örneklerinin toplam antioksidan aktiviteleri arasındaki farkın önemli olduğu tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ).

### 3.4.3.3. Toplam Antiradikal Aktiviteleri

Çalışılan ormangülü bal örneklerinin antiradikal aktivitesi DPPH yöntemi ile ölçülmüş, değerler % inhibisyon olarak belirtilmiş ve sonuçlar Tablo 3.12’de gösterilmiştir.

Tablo 3.12’de görüldüğü gibi ormangülü bal örneklerinden O21 bal örneği  $7.039 \pm 0.21$  % inhibisyon ile en düşük aktivite gösterirken, O11 bal örneği  $77.187 \pm 1.58$  % inhibisyon ile en yüksek aktiviteyi göstermektedir. Ormangülü bal örneklerinin toplam antiradikal aktiviteleri arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmaktadır ( $p < 0.05$ ).

## 3.5. Polifloral Ballar

Polifloral bal, arıların yüzlerce farklı çiçekten topladığı nektarı biriktirmesi ile meydana gelir. Bu ballar polen bakımından oldukça zengin, koyu renkli, hoş kokulu, keskin tatlı bir bal çeşitidir.

Bu çalışmada polifloral bal örnekleri 2009 Eylül-Ekim aylarında Ege Bölgesi’nde Muğla ilinin farklı ilçe ve köylerinden toplanmıştır.

### 3.5.1. Polifloral Bal Örneklerinde Polen Analizi Sonuçları

Çalışma kapsamında Ege Bölgesinden alınan 50 bal örneklerinde polen analizleri yapılmak üzere toplanmıştır fakat, Ege Bölgesi’nden alınan bal örneklerindeki polen içeriği, tüm bölgeler içinde en karışık kompozisyonu oluşturmaktadır. Bu farklılığın sebebi, ülkemizdeki yaylalardan balların hasat edildikten sonra Ege Bölgesine getirilen kolonilerden yapılan çam balı hasadı ile kolonilerde önceki hasattan bırakılmış olan ballardaki karışımdan kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

Bu bölgeden toplanan ballar hem çam (salgı) hem de çiçek polenleri içermektedir fakat çam polenleri dominant olmadığı için bu ballar çam balları olarak değerlendirilememiştir. Bu nedenle çalışmada mikroskop altında sayılan toplam polen sayısı ile ilgili sonuçlar Tablo 3.13’te verilmiştir.

Tablo 3.13. Polifloral bal örneklerinde toplam polen sayıları.

| Örnek No   | Toplam Polen Sayısı | Örnek No   | Toplam Polen Sayısı |
|------------|---------------------|------------|---------------------|
| <b>P1</b>  | 37665               | <b>P26</b> | 11988               |
| <b>P2</b>  | 25412               | <b>P27</b> | 36900               |
| <b>P3</b>  | 13008               | <b>P28</b> | 36108               |
| <b>P4</b>  | 35971               | <b>P29</b> | 166212              |
| <b>P5</b>  | 14544               | <b>P30</b> | 88020               |
| <b>P6</b>  | 56538               | <b>P31</b> | 118404              |
| <b>P7</b>  | 8352                | <b>P32</b> | 93348               |
| <b>P8</b>  | 20700               | <b>P33</b> | 18900               |
| <b>P9</b>  | 42762               | <b>P34</b> | 94752               |
| <b>P10</b> | 38006               | <b>P35</b> | 23976               |
| <b>P11</b> | 18346               | <b>P36</b> | 81504               |
| <b>P12</b> | 25518               | <b>P37</b> | 45936               |
| <b>P13</b> | 79141               | <b>P38</b> | 57708               |
| <b>P14</b> | 39951               | <b>P39</b> | 36756               |
| <b>P15</b> | 37692               | <b>P40</b> | 52795               |
| <b>P16</b> | 69300               | <b>P41</b> | 55584               |
| <b>P17</b> | 41796               | <b>P42</b> | 39168               |
| <b>P18</b> | 23472               | <b>P43</b> | 32436               |
| <b>P19</b> | 54864               | <b>P44</b> | 99180               |
| <b>P20</b> | 43884               | <b>P45</b> | 86652               |
| <b>P21</b> | 37800               | <b>P46</b> | 18828               |
| <b>P22</b> | 38160               | <b>P47</b> | 18540               |
| <b>P23</b> | 86148               | <b>P48</b> | 18936               |
| <b>P24</b> | 78615               | <b>P49</b> | 42804               |
| <b>P25</b> | 73764               | <b>P50</b> | 34164               |

### 3.5.2. Polifloral Bal Örneklerinde Biyokimyasal Analiz Sonuçları

Toplam 50 bal örneğinde yapılan biyokimyasal analizler sonucunda elde edilen nem, pH, toplam asitlik, diyastaz sayısı, invert şeker ve sakaroz miktarı ile ilgili sonuçlar Tablo 3.14'te verilmiştir.

Tablo 3.14. Polifloral bal örneklerinde yapılan biyokimyasal analiz sonuçları.

| Örnek No | Nem (%) | pH   | Toplam Asitlik (mmol/mL) | Diyastaz Sayısı | İnvert Şeker(%) | Sakaroz (%) |
|----------|---------|------|--------------------------|-----------------|-----------------|-------------|
| P1       | 18,4    | 5,43 | 22,75                    | 10,9            | 102,92          | 1,05        |
| P2       | 16,8    | 5,05 | 29,40                    | 13,9            | 93,57           | 3,99        |
| P3       | 16,5    | 5,39 | 24,55                    | 13,9            | 99,40           | 1,23        |
| P4       | 16,4    | 5,39 | 20,65                    | 13,9            | 95,45           | 6,00        |
| P5       | 17,1    | 4,77 | 34,06                    | 17,9            | 99,56           | 1,32        |
| P6       | 16,5    | 4,77 | 31,65                    | 17,9            | 96,95           | 4,88        |
| P7       | 18,3    | 4,85 | 33,96                    | 13,9            | 99,01           | 1,63        |
| P8       | 18,4    | 4,85 | 34,31                    | 13,9            | 92,12           | 8,42        |
| P9       | 16,7    | 4,63 | 32,50                    | 23,0            | 95,38           | 5,46        |
| P10      | 16,4    | 4,69 | 34,51                    | 23,0            | 97,16           | 1,58        |
| P11      | 17,0    | 4,63 | 39,31                    | 23,0            | 94,56           | 3,75        |
| P12      | 17,1    | 4,75 | 31,10                    | 17,9            | 95,13           | 2,29        |
| P13      | 18,6    | 4,50 | 38,26                    | 23,0            | 96,27           | 6,97        |
| P14      | 16,6    | 4,89 | 36,46                    | 23,0            | 94,48           | 5,13        |
| P15      | 18,5    | 4,44 | 38,26                    | 17,9            | 96,08           | 4,63        |
| P16      | 17,0    | 4,67 | 35,36                    | 23,0            | 95,46           | 4,98        |
| P17      | 16,5    | 4,80 | 31,90                    | 23,0            | 96,03           | 4,87        |
| P18      | 17,0    | 4,75 | 30,60                    | 13,9            | 96,01           | 5,55        |
| P19      | 16,6    | 4,75 | 33,05                    | 23,0            | 92,69           | 9,05        |
| P20      | 16,8    | 4,87 | 32,60                    | 17,9            | 86,79           | 8,93        |
| P21      | 16,5    | 4,94 | 38,06                    | 23,0            | 84,12           | 10,46       |
| P22      | 16,4    | 4,78 | 37,86                    | 23,0            | 84,76           | 9,62        |
| P23      | 16,9    | 4,97 | 33,25                    | 17,9            | 94,27           | 5,52        |
| P24      | 17,0    | 4,62 | 33,96                    | 17,9            | 95,95           | 4,53        |
| P25      | 16,2    | 4,82 | 30,00                    | 17,9            | 95,14           | 5,62        |
| P26      | 17,4    | 4,98 | 29,50                    | 23,0            | 100,58          | 2,12        |
| P27      | 16,8    | 5,32 | 26,75                    | 17,9            | 100,36          | 2,28        |
| P28      | 17,0    | 4,70 | 37,26                    | 17,9            | 96,13           | 4,97        |
| P29      | 16,4    | 4,61 | 34,06                    | 17,9            | 92,74           | 1,29        |
| P30      | 16,7    | 4,50 | 37,06                    | 17,9            | 94,28           | 6,02        |
| P31      | 16,8    | 4,80 | 32,80                    | 17,9            | 90,43           | 11,26       |
| P32      | 17,8    | 4,74 | 29,85                    | 17,9            | 93,12           | 7,44        |



|                       |              |             |  |  |  |   |
|-----------------------|--------------|-------------|--|--|--|---|
| <b>P33</b>            | 17,7         | 4,75        | 28,90  | 17,9   | 92,58  | 8,19  |
| <b>P34</b>            | 16,2         | 4,86        | 33,76  | 17,9   | 92,04  | 9,84  |
| <b>P35</b>            | 16,8         | 4,86        | 33,66  | 17,9   | 92,41  | 7,65  |
| <b>P36</b>            | 19,1         | 4,36        | 34,25  | 23,0   | 100,41   | 1,43  |
| <b>P37</b>            | 16,4         | 4,77        | 34,36  | 23,0   | 87,60  | 8,18  |
| <b>P38</b>            | 16,9         | 4,93        | 31,60  | 17,9   | 95,07  | 6,13  |
| <b>P39</b>            | 19,0         | 4,39        | 38,56  | 23,0   | 95,27  | 5,56  |
| <b>P40</b>            | 16,8         | 4,49        | 38,31  | 23,0   | 101,23   | 1,71  |
| <b>P41</b>            | 19,2         | 4,22        | 38,16  | 17,9   | 101,08   | 1,79  |
| <b>P42</b>            | 20,0         | 4,22        | 34,66  | 17,9   | 100,97   | 1,70  |
| <b>P43</b>            | 16,3         | 4,64        | 34,16  | 23,0   | 96,65  | 3,09  |
| <b>P44</b>            | 16,7         | 4,57        | 38,06  | 23,0   | 89,18  | 6,02  |
| <b>P45</b>            | 17,3         | 4,13        | 27,50  | 23,0   | 96,12  | 6,51  |
| <b>P46</b>            | 16,7         | 5,64        | 16,80  | 23,0   | 99,49  | 3,28  |
| <b>P47</b>            | 16,6         | 5,62        | 16,55  | 23,0   | 99,68  | 3,20  |
| <b>P48</b>            | 17,0         | 4,73        | 32,75  | 17,9   | 92,51  | 2,54  |
| <b>P49</b>            | 17,2         | 4,61        | 37,26  | 23,0   | 90,16  | 5,03  |
| <b>P50</b>            | 16,8         | 5,34        | 25,35  | 13,9   | 101,62   | 1,64  |
| <i>Ortalama</i>       | <i>17,15</i> | <i>4,79</i> | <i>32,40</i>                                     | <i>19,34</i>                                   | <i>95,21</i>                                     | <i>4,92</i>                                     |
| <i>Standart Sapma</i> | <i>0,88</i>  | <i>0,33</i> | <i>5,32</i>                                      | <i>3,50</i>                                    | <i>4,28</i>                                      | <i>2,78</i>                                     |
| <i>Minimum</i>        | <i>16,2</i>  | <i>4,13</i> | <i>16,55</i>                                     | <i>10,9</i>                                    | <i>84,12</i>                                     | <i>1,05</i>                                     |
| <i>Maksimum</i>       | <i>20</i>    | <i>5,64</i> | <i>39,31</i>                                     | <i>23,0</i>                                    | <i>102,92</i>                                    | <i>11,26</i>                                    |
| TSE                   | ≤ 20 %       |             | ≤ 50 (ÇB) <sup>1</sup><br>≤ 50 (SB) <sup>2</sup> | ≥ 8 (ÇB) <sup>1</sup><br>≥ 8 (SB) <sup>2</sup> | ≥ 65 (ÇB) <sup>1</sup><br>≥ 45 (SB) <sup>2</sup> | ≤ 5 (ÇB) <sup>1</sup><br>≤ 10 (SB) <sup>2</sup> |
| KODEKS                | ≤ 20 %       |             | ≤ 50 (ÇB) <sup>1</sup><br>≤ 50 (SB) <sup>2</sup> | ≥ 8 (ÇB) <sup>1</sup><br>≥ 8 (SB) <sup>2</sup> | ≥ 65 (ÇB) <sup>1</sup><br>≥ 45 (SB) <sup>2</sup> | ≤ 5 (ÇB) <sup>1</sup><br>≤ 10 (SB) <sup>2</sup> |
| EU                    | ≤ 20 %       |             | ≤ 50 (ÇB) <sup>1</sup><br>≤ 50 (SB) <sup>2</sup> | ≥ 8 (ÇB) <sup>1</sup><br>≥ 8 (SB) <sup>2</sup> | ≥ 65 (ÇB) <sup>1</sup><br>≥ 45 (SB) <sup>2</sup> | ≤ 5 (ÇB) <sup>1</sup><br>≤ 10 (SB) <sup>2</sup> |

<sup>1</sup>: Çiçek Balı, <sup>2</sup>: Salgı balı

### 3.5.2.1. Nem Miktarı

Nem oranları için değişim aralığı % 16.2 ile % 20.0 arasında, ortalama değer ise % 17.15 ± 0.88 olarak belirlenmiştir (Tablo 3.14). Bal örneklerinin tümünün elde edilen ortalama nem

oranlarının Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, Avrupa Birliği ve Kodeks standartlarının belirlemiş olduğu % 20'lik sınıra uygun olduğu bulunmuştur.

### 3.5.2.2. pH Değeri

Araştırmada toplanan polifloral bal örneklerinden elde edilen pH değerleri 4.13 ile 5.64 arasında değişirken, ortalama değer ise  $4.79 \pm 0.33$  olarak bulunmuştur (Tablo 3.14).

### 3.5.2.3. Asitlik Miktarı

Polifloral bal örneklerine ait asitlik değerinin  $16.55 \text{ meq kg}^{-1}$  ile  $39.31 \text{ meq kg}^{-1}$  arasında değiştiği ve ortalama  $32.40 \pm 5.32 \text{ meq kg}^{-1}$  olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.14). Elde edilen bu ortalama değerler Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, Kodeks ve Avrupa Birliği (EU) standartlarında çiçek ve salgı balı için belirtilen değer ( $\leq 50 \text{ meq kg}^{-1}$ ) ile karşılaştırıldığında bu değerle uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

### 3.5.2.4. Diyastaz Sayısı

Polifloral bal örneklerinde yapılan diyastaz analizleri sonucunda; diyastaz sayısı 10.90 ile 23.00 arasında değişirken, ortalama değer ise  $19.34 \pm 3.50$  olarak belirlenmiştir (Tablo 3.14). Çalışmada bu bölgeye ait bal örneklerinde elde edilen diyastaz sayısı ile ilgili sonuçların Kodeks, Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği ve Avrupa Birliği standardının belirlediği en alt sınır olan 8'den yüksek olduğu bulunmuştur. Buna göre de tüm balların standartlara uygun olduğu belirlenmiştir.

### 3.5.2.5. İnvvert Şeker Miktarı

İnvvert şeker değerleri % 84.12 ile % 102.92 arasında değişirken ortalama değer ise  $95.21 \pm 4.28$  olarak bulunmuştur (Tablo 3.14). Elde edilen invert şeker değerlerinin Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, Avrupa Birliği ve Kodeks standartlarında çiçek balı ve salgı balı için verilen değerlere uygun olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3.14).

### 3.5.2.6. Sakaroz Miktarı

Sakaroz değerinin % 1.05 ile % 11.26 arasında değiştiği ve ortalama değer ise %  $4.92 \pm 2.78$  olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.14). Analiz sonucunda elde edilen sakaroz değerlerinin çiçek ballarında en çok % 5, çam ballarında ise % 10 olması gerektiğini belirten Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, Avrupa Birliği Standardı ve Kodeks standartlarına uygun olmadığı verilen değerlerden birçok balın yüksek olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.14).

Bu bölgeden alınan bal numunelerinin, salgı balı ve çiçek balı karışımından oluştuğu için, elde edilen değerlerin bu nedenle değişiklik gösterdiği kanısındayız.

### 3.5.3. Polifloral Bal Örneklerinde Biyolojik Analiz Sonuçları

Elli polifloral bal örneğinde yapılan biyolojik analizler sonucunda elde edilen toplam fenolik madde miktarı, antioksidan ve antiradikal aktivite ile ilgili sonuçlar Tablo 3.15'te verilmiştir.

Tablo 3.15. Polifloral bal örneklerinde yapılan biyolojik analiz sonuçları.

| Örnek No   | Toplam fenolik madde miktarı (mg gallik asit / 100 g)* | Antioksidan Aktivite (mg Askorbik asit/ g)* | Antiradikal Aktivite (% inhibisyon)* |
|------------|--|---|--------------------------------------|
| <b>P1</b>  | 31.256±2.00 oprst                                      | 83.127±1.34 prstüv                          | 72.246±0.09 rst                      |
| <b>P2</b>  | 27.182±0.57 ijklmno                                    | 80.456±1.50 lmnoprst                        | 71.536±0.20 rst                      |
| <b>P3</b>  | 29.785±1.31 klmnoprs                                   | 81.982±0.86 noprstüv                        | 79.895±1.05 ü                        |
| <b>P4</b>  | 32.304±0.97 rst  | 83.279±3.12 prstüv                          | 84.662±1.17 v                        |
| <b>P5</b>  | 28.078±0.50 ijklmnopr                                  | 71.224±1.77 cdefgh                          | 79.559±2.42 ü                        |
| <b>P6</b>  | 25.711±1.39 hijkl                                      | 63.442±0.80 a                               | 68.946±2.59 r                        |
| <b>P7</b>  | 27.588±1.82 ijklmno                                    | 63.823±0.69 ab                              | 73.650±1.09 t                        |
| <b>P8</b>  | 26.015±1.63 hijklm                                     | 75.344±1.77 fghijklm                        | 71.144±0.60 rst                      |
| <b>P9</b>  | 41.196±1.24 v  | 68.630±0.80 abcde                           | 81.165±1.62 ü                        |
| <b>P10</b> | 33.622±0.81 st   | 76.717±0.73 ghijklmno                       | 73.373±0.26 st                       |
| <b>P11</b> | 30.968±0.54 noprs                                      | 73.360±1.60 defghij                         | 85.255±1.80 v                        |
| <b>P12</b> | 29.346±0.35 ijklmnoprs                                 | 67.333±2.07 abc                             | 60.879±0.44 jklmn                    |
| <b>P13</b> | 41.044±1.13 v  | 70.995±2.25 cdefg                           | 44.960±0.20 e                        |

|            |                        |                       |                   |
|------------|------------------------|-----------------------|-------------------|
| <b>P14</b> | 37.595±1.41 üv         | 72.521±0.95 cdefghi   | 37.223±1.76 cd    |
| <b>P15</b> | 28.856±2.86 ijklmnopr  | 78.701±2.44 jklmnopr  | 29.864±0.25 a     |
| <b>P16</b> | 30.259±0.61 mnoprs     | 76.259±0.34 ghijklmn  | 29.900±0.21 a     |
| <b>P17</b> | 26.692±0.46 hijklmn    | 85.416±1.03 stüv      | 35.813±0.27 c     |
| <b>P18</b> | 16.448±1.11 cde        | 76.641±1.55 ghijklmno | 34.766±0.21 bc    |
| <b>P19</b> | 25.187±1.83 hij        | 76.183±0.69 ghijklmn  | 37.191±0.42 cd    |
| <b>P20</b> | 26.201±1.17 hijklm     | 95.487±3.59 y         | 32.409±1.12 ab    |
| <b>P21</b> | 27.621±0.41 ijklmno    | 70.308±1.62 cdef      | 35.638±0.01 c     |
| <b>P22</b> | 25.069±1.21 hi         | 75.878±2.54 fghijklm  | 63.527±0.83 mnop  |
| <b>P23</b> | 29.396±1.47 ijklmnoprs | 68.935±2.12 bcde      | 69.087±0.54 r     |
| <b>P24</b> | 25.547±0.57 hijk       | 73.975±0.00 efg hijk  | 65.753±0.51 p     |
| <b>P25</b> | 30.191±2.06 mnoprs     | 79.693±1.55 klmnopr   | 64.292±0.29 op    |
| <b>P26</b> | 26.337±1.22 hijklm     | 80.761±2.31 mnoprstü  | 51.900±0.41 h     |
| <b>P27</b> | 20.352±1.99 efg        | 85.492±1.60 stüv      | 58.245±0.60 ij    |
| <b>P28</b> | 27.689±1.12 ijklmnop   | 82.135±3.11 oprstüv   | 58.630±0.45 ijk   |
| <b>P29</b> | 20.674±1.16 fg         | 80.227±0.99 lmnoprst  | 47.584±0.75 ef    |
| <b>P30</b> | 25.289±1.81 hij        | 86.407±2.38 üv        | 31.959±2.12 ab    |
| <b>P31</b> | 13.709±1.55 bc         | 87.170±3.59 v         | 60.281±2.15 jklm  |
| <b>P32</b> | 11.038±2.35 ab         | 77.404±1.85 ijklmno   | 56.598±0.66 i     |
| <b>P33</b> | 10.632±1.63 ab         | 67.256±2.12 abc       | 56.106±1.65 i     |
| <b>P34</b> | 9.635±0.52 a           | 75.115±0.57 fghijklm  | 61.604±1.65 klmno |
| <b>P35</b> | 14.858±1.97 cd         | 67.790±2.12 abcd      | 57.608±0.24 ij    |
| <b>P36</b> | 15.433±0.95 cd         | 97.928±1.68 y         | 50.416±1.37 fgh   |
| <b>P37</b> | 29.227±1.05 ijklmnopr  | 95.563±1.72 y         | 60.060±1.82 jkl   |
| <b>P38</b> | 31.983±0.77 prst       | 74.734±1.27 fghijkl   | 62.800±1.06 lmnop |
| <b>P39</b> | 29.566±0.75 jklmnoprs  | 77.023±1.99 hijklmno  | 51.932±0.66 h     |
| <b>P40</b> | 22.499±1.14 gh         | 87.323±2.32 v         | 48.503±0.56 fg    |
| <b>P41</b> | 26.590±0.69 hijklmn    | 75.039±1.37 fghijklm  | 70.079±0.50 r     |
| <b>P42</b> | 29.988±1.42 lmnoprs    | 98.005±1.39 y         | 70.189±0.17 rs    |
| <b>P43</b> | 29.515±1.09 jklmnoprs  | 78.548±1.85 jklmnop   | 58.038±0.69 ij    |
| <b>P44</b> | 35.042±1.54 tü         | 80.151±2.53 lmnoprs   | 62.268±0.75 lmno  |
| <b>P45</b> | 18.679±0.89 def        | 86.865±1.65 v         | 39.886±1.64 d     |
| <b>P46</b> | 17.986±2.43 def        | 71.911±1.55 cdefghi   | 49.727±2.31 fgh   |
| <b>P47</b> | 17.411±0.15 cdef       | 84.348±0.22 rstüv     | 51.588±1.64 gh    |
| <b>P48</b> | 30.191±1.99 mnoprs     | 85.950±1.65 tüv       | 56.751±0.98 i     |
| <b>P49</b> | 25.728±2.05 hijkl      | 85.949±3.30 tüv       | 62.216±0.23 lmno  |
| <b>P50</b> | 15.704±0.12 cd         | 93.351±1.48 y         | 63.907±0.31 nop   |

(\*) Her bir sütunda aynı küçük harflerle gösterilen değerlerin ortalamaları varyans analizi ve Tukey testine göre % 5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli değildir.

### 3.5.3.1. Toplam Fenolik Madde Miktarı

Folin-Ciocalteu metodu ile tayin edilen polifloral balların toplam fenolik madde içerikleri Tablo 4.15'te verilmiştir.

Analiz sonucuna göre P34 bal örneği  $9.635 \pm 0.52$  mg gallik asit / 100 g ile en düşük toplam fenolik içeriğe sahip iken, P9 bal örneği  $41.196 \pm 1.24$  mg gallik asit / 100 g ile en yüksek toplam fenolik içeriğe sahiptir. Tablo 3.15'te görüldüğü gibi Varyans analizi (anlamlılık % 95) ile incelendiğinde çalışılan polifloral bal örneklerinin toplam fenolik içerikleri arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmaktadır ( $p < 0.05$ ).

### 3.5.3.2. Toplam Antioksidan Aktiviteleri

Çalışılan polifloral bal örneklerinde ölçülen toplam antioksidan aktivitesi, askorbik asit eşdeğeri (mg AAE/g ekstre) olarak belirtilmiş ve sonuçlar Tablo 3.15'te gösterilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre P6 bal örneği  $63.442 \pm 0.80$  mg Askorbik asit/g ekstre değeri ile en düşük toplam antioksidan aktiviteye sahip iken P42 bal örneği  $98.005 \pm 1.39$  mg Askorbik asit/g ekstre değeri ile en yüksek toplam antioksidan aktiviteye sahiptir. Ayrıca polifloral bal örneklerinin toplam antioksidan aktiviteleri arasındaki farkın önemli olduğu bulunmuştur ( $p < 0.05$ ).

### 3.5.3.3. Toplam Antiradikal Aktiviteleri

Polifloral bal örneklerinin antiradikal aktivitesi % inhibisyon olarak belirtilmiş ve sonuçlar Tablo 3.15'te gösterilmiştir.

Tablo 3.15'te görüldüğü gibi polifloral bal örneklerinden P15 bal örneği  $29.864 \pm 0.25$  % inhibisyon ile en düşük aktivite gösterirken, P11 bal örneği  $85.255 \pm 1.80$  % inhibisyon ile en

yüksek aktiviteyi göstermektedir. Polifloral bal örneklerinin toplam antiradikal aktiviteleri arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmaktadır ( $p < 0.05$ ).

## 4. BÖLÜM

### TARTIŞMA VE SONUÇ

Türkiye'nin farklı bölgelerinden toplam 230 bal örneğinin polen, fizikokimyasal (nem, pH, toplam asitlik, diyastaz sayısı, invert şeker ve sakaroz) ve biyolojik analizleri (toplam fenolik madde içeriği, antiradikal ve antioksidan aktivite) yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar tartışılarak erişilen yargı aşağıda sunulmuştur.

Bu çalışmada farklı bölgelerden toplanan bal örneklerinin temsil ettiği bal çeşidi belirlenmiş ve polenlere bakılarak ballara kaynak teşkil eden dominant nektarlı bitkiler belirlenmiştir. Polen analiz sonuçlarına bakıldığında toplanan 50 bal örneğinin dominant polenlerinin Fagaceae familyasına ait kestane (*Castanea sativa*), 50 bal örneğinin dominant polenlerinin Asteraceae familyasından ayçiçeğine (*Helianthus annuus*), 50 bal örneğinin dominant polenlerinin Rutaceae familyasına ait narenciyeye (turunçgil) (*Citrus spp.*), 30 bal örneğinin dominant polenlerinin Ericaceae familyasından orman gülüne (*Rhododendron spp.*) ve 50 bal örneğinin polenlerinin ise çok çeşitli çiçeklere ait olduğu tespit edilmiştir. Yani bal örneklerinin polen analizi sonucunda tespit edilen dominant polenlerin, bal örneğinin toplandığı yörenin bitki örtüsüyle uyumlu olduğu saptanmıştır [Gül [17], Doğan ve Sorkun [49], Sorkun vd. [53], Terrab *et. al.* [91], Erdoğan vd. [92], Çam [93].

230 bal örneğinde fizikokimyasal analizler (nem, ph, toplam asitlik, diyastaz sayısı, invert şeker ve sakaroz miktarı) yapılmış ve sonuçlar diğer araştırmacıların sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, bal örneklerinin nem miktarlarının ortalaması kestane balı % 19.18, ayçiçeği balı % 20.09, narenciye balı % 19.26, ormangülü balı % 17.67 ve polifloral bal % 17.15 olarak bulunmuştur. Balların ortalama değerleri göz önüne alınırsa ayçiçeği balı hariç Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, Avrupa Birliği ve Kodeks standartlarının belirlemiş olduğu % 20'lik sınıra uygun bulunmuştur. Kestane ballarında 10 örnek, narenciye ballarında 10 örnek, ormangülü ballarında 1 örnek ve ayçiçeği ballarının yarısının nem oranlarının Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, Avrupa Birliği ve Kodeks standartlarına uymadığı verilen sınırdan yüksek olduğu saptanmıştır. Bal örneklerinden en yüksek nem içeriği narenciye balına, en düşük nem içeriği ise polifloral ballara ait olduğu tespit edilmiştir.

Terrab *et. al.* [74], ispanyadan topladığı 25 bal örneğinde ortalama nem değerini % 16.3, Yılmaz ve Küfrevioğlu [67], Doğu ve Batı Anadolu'dan topladığı 45 bal örneğinde ortalama nem değerini % 16.0, Şahinler vd. [62], % 16.03, Kahraman vd. [94], % 15.3–16.9 olarak tespit etmişler ve bu değerler çalışmada elde ettiğimiz değerlerden düşüktür. Costa *et. al.* [95]'nin yaptıkları çalışmada buldukları % 17.38 ile % 19.15 arasında, Wen *et. al.* [96]'nin yaptıkları çalışmada tespit ettikleri % 14.7 ile % 23.6 arasında, Mendes *et. al.* [12]'nin yaptıkları çalışmada tespit ettikleri % 13.6 ile % 19.2 arasında, Sabatini *et. al.* [97], % 17.4 ve Ankrah [64], % 18.8 olarak bildirdikleri değerlerin bizim çalışmamıza benzer bulunmuştur.

Ayrıca Fallico *et. al.* [73], kestane ballarında % 18.5, Devillers *et. al.* [68], 18.79 %, Küçük vd. [76], 19.7%, ayçiçeği bal örneklerinin nem değerleri Bath ve Singh [98]'in ayçiçeği ballarında % 19.5, ormangülü bal örneklerinin Küçük vd. [76]'nin bildirdikleri % 19.0 değerlerle uyumlu oldukları saptanmıştır.

Araştırmada kullanılan bal örneklerinden elde edilen pH değerleri 4.81 (kestane balı), 3.87 (ayçiçeği balı), 3.87 (narenciye balı), 5.08 (ormangülü balı) ve 4.79 (polifloral bal) olarak bulunmuştur. Buna göre en düşük pH değeri ayçiçeği ve narenciye ballarında, en yüksek pH değeri ise ormangülü ballarında tespit edilmiştir.

Araştırma materyalini oluşturan bal örneklerinin ortalama pH değerlerinin Yılmaz ve Küfrevioğlu [67]'nin 3.8, Şahinler vd. [62]'nin 4.12, Feás *et. al.* [58]'nin 3.8, Fallico *et al.* [73]'nin 3.4 olarak bildirdiği değerlerden yüksek; Kirs *et. al.* [59]'nin 3.48–5.12 olarak bildirdiği sınır değerleri içerisinde bulunmuştur. Ayrıca Gomes *et. al.* [60], Portekizden topladığı 5 ticari balda yaptıkları çalışmada balların pH değerlerini 3.7-4.3 sınırları arasında bulmuşlardır.

Bu çalışmalara benzer şekilde Devillers *et. al.* [68], yaptıkları çalışmada kestane ballarında ortalama pH değerini 5.283, ayçiçeği ballarında ise 3.888 olarak bulmuşlardır. Buna ek olarak Oddo *et. al.* [99] da yaptıkları çalışmada ayçiçeği ballarında ortalama nem miktarını 3.8, narenciye ballarında 3.9 olarak belirtmişlerdir. Bu değerlerde bizim bulduğumuz değerlerle (ayçiçeği ballarında 3.7-5.9, narenciye ballarında 3.7-4.2) uyum içerisinde fakat aynı araştırmacılar kestane ballarında pH değerini 5.5 bularak bizim değerlerden (ortalama 4.81) yüksek bulmuşlardır.



Araştırma sonucunda, bal örneklerinin ortalama asitlik değerleri kestane balı 35.63 meq kg<sup>-1</sup>, ayçiçeği balı 49.84 meq kg<sup>-1</sup>, narenciye balı 19.66 meq kg<sup>-1</sup>, ormangülü balı 21.62 meq kg<sup>-1</sup> ve polifloral bal 32.40 meq kg<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Ballardan elde edilen bu ortalama asitlik değerleri Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, Kodeks ve Avrupa Birliği (EU) standartlarında çiçek ve salgı balı için belirtilen  $\leq 50$  meq kg<sup>-1</sup> değeri ile karşılaştırıldığı zaman bu değere uyumlu olduğu saptanmıştır. Fakat bazı bal örneklerinde özellikle ayçiçeği bal örneklerinde bulunan değerlerin Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, Avrupa Birliği ve Kodeks standartlarına uymadığı verilen sınırdan yüksek olduğu saptanmıştır. Bal örneklerinden en yüksek asitlik değerine ayçiçeği balları, en düşük asitlik değerine ise narenciye balları sahiptir.

Kahraman vd. [94], Marmara bölgesinden aldığı 40 bal örneğinin asitlik değerini 23.9 meq kg<sup>-1</sup>, doğu Anadolu bölgesinden aldığı 30 bal örneğinin ise 24.4 meq kg<sup>-1</sup>, Yılmaz ve Küfrevioğlu [67], 22.3 meq kg<sup>-1</sup>, Şahinler vd. [2], 40.41 meq kg<sup>-1</sup>, Downey *et. al.* [100], 36.1 meq kg<sup>-1</sup>, Finola *et. al.* [69], 20.6 meq kg<sup>-1</sup>, Terrab *et. al.* [74], 27.2 meq kg<sup>-1</sup>, Silva *et. al.* [101], 31.2 meq kg<sup>-1</sup>, Şahinler vd. [62], 34.15 meq kg<sup>-1</sup>, Esti *et. al.* [102], 25.8 meq kg<sup>-1</sup>, Al-Khalifa ve Al-Arifly [103], 10-39.7 meq kg<sup>-1</sup> ve Gomes *et. al.* [60], 16.0-32.0 meq kg<sup>-1</sup> değerlerinde bulmuşlardır. Çalışma sonucunda elde edilen asitlik değerleri araştırmacıların bulduğu değerlere benzerlik göstermektedir.

Araştırmada kestane ballarından elde edilen ortalama değer (35.63 meq kg<sup>-1</sup>), Fallico *et al.* [73] ve Oddo *et al.* [99]'nın bildirdiği 11.4 ve 13.8 değerlerinden yüksek, Küçük vd. [76]'nin bildirdiği 36.7 değerine benzer bulunmuştur. Ayçiçeği ballarından elde edilen ortalama değer (49.84 meq kg<sup>-1</sup>), Oddo *et. al.* [99] ve Yardibi ve Gümüş [104]'ün bildirdiği 26.2 ve 23.38 ile 34.92 meq kg<sup>-1</sup> değerlerinden yüksek, Nanda *et. al.* [61]'nin bildirdiği 47.32 değerine yakın bulunmuştur. Ormangülü ballarından elde edilen ortalama değer (21.62 meq kg<sup>-1</sup>), Küçük vd. [76]'nin bildirdiği 33.6 değerinden düşük, Oddo *et al.* [99]'nin belirttiği 13.6 değerinden yüksek bulunmuştur. Ayrıca Küçük vd. [76]'nin heterofloral ballar için verdiği ortalama asitlik değeri ve Oddo *et al.* [99]'nin narenciye balları için verdiği değer 29.4 ve 17.0 bizim bulduğumuz 32.40 ve 19.66 değerine yakındır.

Yapılan biyokimyasal analizler sonucunda bal örneklerinin diyastaz sayılarının ortalaması kestane balı 20.17, ayçiçeği balı 20.37, narenciye balı 3.09, ormangülü balı 18.87 ve polifloral bal için 19.34 olarak tespit edilmiştir. Bal örneklerinin ortalama diyastaz sayısı ile ilgili sonuçların 8'den az olmaması gerektiğini belirleyen Gıda Kodeksi, Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği ve Avrupa Birliği standardı ile uyumlu olduğu belirlenmiştir. Fakat narenciye bal örneklerinde elde edilen diyastaz sayısı ile ilgili sonuçlar Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, Kodeks ve Avrupa Birliği (EU) standardının belirlediği en az limit olan 8'den düşük bulunmuştur. Balda diyastaz kaybı istenmeyen kalite ölçütlerindedir. Ancak balda çok yüksek düzeyde diyastaz bulunması da istenmeyen bir durumdur. Balda diyastazın düşük oranda bulunması istenmeyen bir durum olmakla birlikte, yüksek diyastaz miktarının da balda asit oluşumuna ve dolayısı ile fermentasyona sebep olması açısından sakınca yaratmaktadır [105]. Bal örneklerinden en yüksek diyastaz sayısı ayçiçeği ballarına, en düşük diyastaz sayısı ise narenciye ballara ait olduğu tespit edilmiştir.

Araştırmada elde edilen ortalama diyastaz sayıları, Al-Khalifa ve Al-Arifly [103], Şahinler vd. [2], Kahraman vd. [94], Fallico *et al.* [73], Özcan vd. [75]'nin sırasıyla bildirdiği 3.30–12.5, 10.31, 9.80, 7.6 ve 10.9 değerlerinden yüksek; Przybyłowski ve Wilczyńska [106], Feás *et al.* [58], Singh ve Bath [107], Forcone *et al.* [108], Yılmaz ve Küfrevioğlu [67] tarafından sırasıyla bildirilen 8.3-23.8, 17, 8.5-32.5, 5.30- 30.50 ve 14.6 değerlerine yakın bulunmuştur.

Oddo *et al.* [99] yaptıkları çalışmada kestane ballarında diyastaz sayısını 23.9, Devillers *et al.* [68] 23.29 ve Küçük vd. [76] 17.7 olarak belirlemişlerdir. Bu sonuçlar bizim elde ettiğimiz kestane ballarındaki diyastaz sayısına (20.17) yakın sonuçlardır. Ayçiçeği ballarından elde edilen ortalama diyastaz sayısı (20.37) Devillers *et al.* [68], ve Bath ve Singh [98]'in ayçiçeği ballarında bildirdiği 25.04 ve 31.4 değerlerinden düşük; Oddo *et al.* [99]'nın bildirdiği 15.4 değerinden yüksek bulunmuştur. Yine benzer bir çalışmada Oddo *et al.* [99] ormangülü balları için bildirdiği 11.8, bizim bulduğumuz değerden (18.87) yüksek, Küçük vd. [76]'nin bildirdiği değerden 23.0 düşüktür. Ayrıca Oddo *et al.* [99] narenciye balları için elde ettikleri değer (9.3) ise yüksektir.

Yapılan araştırmada ballarda ortalama invert şeker değerleri kestane balı % 88.99, ayçiçeği balı % 110.09, narenciye balı % 110.60, ormangülü balı % 104.69 ve polifloral bal için % 95.21 olarak bulunmuştur. İvert şeker bakımından tüm bölgelerin ortalama değerinin Türk

Gıda Kodeksi Bal Tebliği ( $\geq 60$  (Ç B)  $\geq 45$  (S B)), Avrupa Birliği ( $\geq 60$  (Ç B)  $\geq 45$  (S B)) ve Kodeks ( $\geq 60$  (Ç B)  $\geq 45$  (S B)), standartlarına uygun olduğu saptanmıştır. Bal örneklerinde en yüksek invert şeker oranının narenciye ballarına, en düşük invert şeker oranının ise kestane ballarına ait olduğu tespit edilmiştir. Bal örneklerinde invert şeker oranları yüksek bulunmuştur. İvert şeker oranının yükselmesine, balların uzun süre depolanması etki etmektedir. Ballarda bekleme zamanı arttıkça yapısında bulunan monosakkarit oranlarında da bir azalma görülmektedir [19].

Kahraman vd. [94], ortalama invert şeker değerini % 71.9, Akbulut vd. [79], Batı Anadolu'dan topladığı ballarda % 77.10, Al-Khalifa ve Al-Arifly [103] Suudi Arabistan ballarında % 16.7 ile % 73.3 arasında ve Ouchemoukh *et al.* [78] Cezayir ballarında % 67.83 ile % 80.25, Saxena *et al.* [109], Hindistan ballarında % 43.3 ile % 65.5 arasında bulmuşlardır.

Bu çalışmalar dışında tespit edilen invert şeker değeri Yılmaz ve Küfrevioğlu [67]'nin % 70.3, Şahinler vd. [2]'nin % 57.83, Ankras [64]'in % 57, Wen *et al.* [96]'nin % 37.8 ile % 81.5, Feás *et al.* [58]'nin % 72.6, Przybyłowski ve Wilczyńska [106]'nin % 70.5 ile % 77.14 ve Gomes *et al.* [60]'nin % 67.7 ile % 73.7 olarak bildirdiği değerlerden yüksek bulunmuştur. Ayrıca Küçük vd. [76]'nin farklı üç tip Türk ballarında yaptıkları analiz sonucunda invert şeker değerini kestane balları için % 66.8, ormangülü balları için % 65.9 ve hetero ballar için % 65.8 olarak tespit etmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar bizim bulduğumuz değerlerden düşüktür.

Yapılan araştırmada bal örneklerinde ortalama sakaroz değerleri kestane balı için % 1.42, ayçiçeği balı için % 1.31, narenciye balı için % 1.73, ormangülü balı için % 2.54 ve polifloral bal için % 4.92 olarak bulunmuştur. Sakarozun çiçek ballarında en çok % 5, çam ballarında ise % 10 olması gerektiği belirtilmiştir [1]. Analiz sonucunda tüm bölgelerin ortalama sakaroz değerlerinin Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, Avrupa Birliği Standardı ve Kodeks standartlarına uyduğu saptanmıştır. Bal örneklerinde en yüksek sakaroz değeri (11.26) polifloral ballara, en düşük sakaroz değeri (0.48) ise ayçiçeği ballarına ait olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmaya benzer olarak sakaroz için ortalama değeri Yılmaz ve Küfrevioğlu [67] % 1.8; Przybyłowski ve Wilczyńska [106] % 1.23; Esti *et al.* [102] % 1.09; Şahinler vd. [2] % 2.39, Ankrah [64] % 3 olarak tespit etmişlerdir. Çalışma sonucunda tespit edilen sakaroz değerleri bu sonuçlarla uyum sağlamaktadır.

Ayrıca analizler sonucunda elde edilen ortalama sakaroz değerleri Kahraman vd. [94]'nin bulduğu % 3.80 değerine benzer, Al-Khalifa ve Al-Arifly [103]'nin belirlediği % 0.028 ile % 6.23, Ouchemoukh *et al.* [78]'nin belirlediği % 0.08 ile % 5.31, Saxena *et al.* [109]'nin bildirdiği % 0.4 ile % 8.8, Gomes *et al.* [60]'nin bildirdiği % 3.4 ile % 9.7 sınırları içerisinde; Merin *et al.* [63]'nin bildirdiği % 2.72 ile % 10.12 değerinden düşük ve Lazaridou *et al.* [65]'nin bildirdiği % 0.1 ile % 2.7 değerinden yüksektir.

Küçük vd. [76] kestane ballarında ortalama sakaroz değerini % 2.87, ormangülü ballarında % 3.34 olarak bulmuştur ve çalışmamızdaki değerlere benzerdir. Yardibi ve Gümüş [104] ayçiçeği ballarında ortalama sakaroz değerini % 1.69 ile % 2.39 sınırları arasında bularak, bizim elde ettiğimiz değerden (% 1.31) yüksek bulmuşlardır. Ayrıca Serrano *et al.* [70]'nin narenciye balları için bildirdikleri değer (% 4.1886), bizim bulduğumuz değerden (% 1.73) yüksektir.

Farklı bölgelerden ve farklı arıcılardan toplanmış 230 bal örneğinde biyolojik analizler (toplam fenolik madde miktarı, antiradikal aktivite ve antioksidan aktivite) yapılmış, grup içinde varyans analizleri (ANOVA) belirlenmiş ve sonuçlar diğer araştırmacıların sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

Yapılan çalışmada balların Folin-Ciocalteu yöntemi ile tespit edilen toplam fenolik madde içerikleri kestane balları için 27.030–91.436 mg gallik asit/100g, ayçiçeği balları için 6.896–23.201 mg gallik asit/100g, narenciye balları için 0.903–14.039 mg gallik asit/100g, ormangülü balları için 0.679–60.619 mg gallik asit/100g, polifloral ballar için 9.635–41.196 mg gallik asit/100g, arasında değişmektedir. Grup içinde bal örneklerinin toplam fenolik içerikleri arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmaktadır ( $p < 0.05$ ). Kestane balları en yüksek toplam fenolik içeriğine sahip iken, narenciye balları ise en düşük toplam fenolik içeriğe sahip bulunmuştur.

Balların fosfomolibdenyum yöntemi ile belirlenen toplam antioksidan aktivitesi kestane balları için 73.208–128.21 mg Askorbik asit/g, ayçiçeği balları için 78.091–118.676 mg Askorbik asit/g, narenciye balları için 79.769–113.946 mg Askorbik asit/g, ormangülü balları için 75.793–114.330 mg Askorbik asit/g, polifloral ballar için 63.442–98.005 mg Askorbik asit/g, arasında değişmektedir. Grup içinde bal örneklerinin toplam antioksidan aktiviteleri arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmaktadır ( $p<0.05$ ). Kestane balları en yüksek antioksidan aktiviteye sahip iken, polifloral ballar ise en düşük antioksidan aktiviteye sahiptir.

Balların DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) yöntemi ile belirlenen antiradikal aktivitesi kestane balları için 42.788–85.622 % inhibisyon, ayçiçeği balları için 24.647–65.437 % inhibisyon, narenciye balları için 5.104–42.406 % inhibisyon, ormangülü balları için 7.039–77.187 % inhibisyon, polifloral ballar için 29.864–85.255 % inhibisyon arasında değişmektedir. Grup içinde bal örneklerinin toplam antiradikal aktiviteleri arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmaktadır ( $p<0.05$ ). Kestane balları en yüksek antiradikal aktiviteye sahip iken, narenciye balları ise en düşük antiradikal aktiviteye sahiptir.

Al *et al.* [77], Romanya'nın farklı bölgelerinden toplanmış 24 bal örneğini fizikokimyasal (nem, renk, kül ve şeker içeriği) ve biyolojik özellikleri (toplam fenol, toplam flavanoid ve antioksidan kapasitesi) bakımından incelemişlerdir. Toplam fenolik madde miktarını Folin-Ciocalteu yöntemi ile antioksidan aktiviteyi ise DPPH (2,2-diphenyl-1-hydrazyl-hydrate) yöntemi ile belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda toplam fenolik madde miktarını 2.00 (mg gallik asit/100 g) ile 125.00 (mg gallik asit/100 g) değerleri arasında ve içeriğin en yüksek salgı ballarında sırasıyla ayçiçeği, ıhlamur ve akasya ballarında olduğunu tespit etmişlerdir. Antioksidan aktiviteyi ise 35.80 % inhibisyon ile 64.83 % inhibisyon değerleri arasında ve yine en yüksek antioksidan aktivitenin salgı ballarına ait olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca balların toplam fenolik madde miktarıyla antioksidan kapasiteleri arasında yüksek korelasyon olduğunu belirtmişlerdir. Toplam fenolik madde miktarı bakımından bizim çalışmamızdaki değerler (0.679 - 91.436 mg gallik asit/100g ) bu çalışmada verilen sınırların içerisinde yer almaktadır.

Saxena *et al.* [109], çeşitli Hint ballarının fizikokimyasal özelliklerini ve antioksidan aktivitelerini araştırmışlardır. Balların toplam fenolik içeriklerini Folin-Ciocalteu metodu ile, antiradikal aktivitelerini DPPH (2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl) yöntemi ile ve antioksidan aktivitelerini ise (AEAC (ascorbic acid equivalent antioxidant content) yöntemi ile

belirlemişlerdir. Balların toplam fenolik içerikleri 47 (mg GAE/100 g ile 98 (mg GAE/100 g değerleri arasında, antioksidan aktiviteleri 15.1 mg/100 g ile 29.5 mg/100 g değerleri arasında, antiradikal aktiviteleri ise 44 % ile 71 % değerleri arasında bulmuşlardır. Prolin, fenol içerik ve özellikle renk pigmentlerinin ballarda antioksidan aktiviteyi desteklediğini vurgulamışlardır. Bu sonuçlar bizim çalışmamızdaki toplam fenol içerik (0.679 - 91.436 mg gallik asit/100g ) ile antiradikal aktivite değerlerine (5.104 - 85.622 % inhibisyon) yakın sonuçlardır.

Akbulut vd. [79], Türkiye'nin Muğla ilinin çeşitli bölgelerinden topladığı 14 çam balında bazı fizikokimyasal analizler, mineral ve fenolik içerikleri ile antiradikal aktivite üzerine bir çalışma yapmışlardır. Folin-Ciocalteu yöntemi ile toplam fenolik madde miktarlarını ortalama 323.8 (mg gallik asit/100 g), DPPH yöntemi ile antiradikal aktiviteyi ortalama 35.32 (DPPH, IC50) olarak bulmuşlardır. Ayrıca fenolik içerik ile antiradikal aktivite arasında yüksek korelasyon olduğunu belirtmişlerdir ( $r = 0.887$ ). Çalışmanın sonucunda çam ballarının önemli bir antioksidan kaynağı olabileceğini vurgulamışlardır. Bizim çalışmamızda elde ettiğimiz toplam fenolik madde miktarları Akbulut vd. [79]'nin belirttiği değerden yüksek fakat antiradikal aktivite, çalışmamızdan elde ettiğimiz değerlere benzerdir.

Gheldof ve Engeseth [6], farklı floral kaynaklı 7 tip bal örneğinde toplam fenolik içerik 46 (mg/kg) ile 796 (mg/kg) değerleri arasında, antioksidan aktivite ise 3.1 to 16.3  $\mu$ mol Trolox equivalent/g değerleri arasında bulmuşlardır. Çalışma sonucunda koyu renkli ballar en yüksek antioksidan aktiviteyi göstermiştir. Ayrıca balların toplam fenolik içeriği ile antioksidan aktivitesi (ORAC) arasında lineer bir korelasyon ( $R^2 = 0.9497$ ) olduğunu tespit etmişlerdir. Ballarda tespit edilen toplam fenolik içerik bizim çalışmamızdaki değerlere yakındır.

Beretta *et al.* [80] inceledikleri 14 ticari balda toplam fenolik miktarları 52.5 mg gallik asit/kg ile 789.6 mg gallik asit/kg değerleri arasında ve antiradikal kapasiteyi ise 1.63 (DPPH, IC50) ile 47.62 (DPPH, IC50) değerleri arasında bulmuştur. Aljadi ve Kamaruddin [8], Malezya ballarında antioksidan aktivite ile toplam fenolik içerik arasında yüksek korelasyon ( $r=0.869$ ) olduğunu tespit etmişlerdir.

Küçük vd. [76], kestane balı, ormangülü balı ve heterofloral olmak üzere 3 bal tipinin kimyasal özelliklerini ve biyolojik aktivitelerini inceledikleri çalışmanın sonucunda kestane balı en yüksek fenolik içeriğe, sonra heterofloral bal, en düşük fenolik içeriğe ise ormangülü balının sahip olduğunu belirlemişlerdir. Antioksidan aktivite ise yine en yüksek kestane ballarına sonra heterofloral ballara en düşük ise ormangülü ballarına ait olarak bulunmuştur. Çalışılan bal örneklerinin çeşitli hastalıklara karşı ve sağlığı korumada önemli bir antioksidan ve antimikrobiyal kaynak olduğunu belirtmişlerdir. Küçük vd. [76]'nin belirlediği bu sonuçlar bizim sonuçlarla uyum içersindedir.

Bu çalışmalara benzer şekilde Baltrušaitytė *et. al.* [110], Gheldof *et. al.* [10], Nagai *et. al.* [111] ve Estevinho *et. al.* [112] da farklı ballarda farklı yöntemlerle biyolojik analizler yapmışlardır.

Lachman *et al.* [82], topladıkları 40 adet Çek balının toplam fenolik içeriğini ve antioksidan aktivitesini belirlemişlerdir. Bu balların botanik orijinini araştırarak karışık, salgı, polifloral, ahududu, ıhlamur ve kolza olmak üzere 6 tip bal tespit etmişlerdir. Balların fenolik içeriğini Folin-Ciocalteau metodu ile antioksidan aktiviteyi ise FRAP, DPPH ve ABTS olmak üzere 3 farklı yöntem kullanarak yapmışlardır. Balların toplam fenolik içeriklerini 83.60 mg gallik asit/kg ile 242.52 mg gallik asit/kg değerleri arasında bulmuşlardır bu değerlerde bizim çalışmamızdaki değerlere göre biraz düşüktür. Çalışmanın sonucunda en yüksek fenolik içerik yine salgı ballarında, en düşük fenolik içerik ise ıhlamur ballarında olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca 3 farklı yönteme göre yaptıkları antioksidan aktiviteyi Çek ballarında en yüksek salgı balları ile karışık ballar, en düşük ise floral ballar göstermiştir. Ayrıca balların fenolik içeriği ile antioksidan aktivitesi (FRAP yöntemi) arasında pozitif bir korelasyon  $R^2 = 0.852$  olduğunu belirtmişlerdir. Balın kalitesini belirlemede FRAP ve ABST yöntemlerinin iyi bir parametre olduğunu ispatlamışlardır.

Alvarez-Suarez *et al.* [113], monofloral olan 5 tip Küba ballarında çeşitli biyolojik analizler yapmışlardır. Balların toplam fenolik içeriğini Folin-Ciocalteau metodu ile toplam antioksidan kapasitelerini ise TEAC (Trolox equivalent antioxidant capacity) ve FRAP (ferric reducing antioxidant power) yöntemleri ile belirlemişlerdir. Çalışmanın sonucuna göre en yüksek toplam fenolik değer 595.8 GAE/kg, en düşük değer ise 213.9 GAE/kg ve 233.6

GAE/kg'dır. Ayrıca toplam fenolik içerik ile antioksidan kapasiteleri arasında yüksek korelasyon bulmuşlardır.

Buratti *et al.* [85], ballar arasında antioksidan aktivitelerindeki farklılıkları balların farklı coğrafik orijinlerine, iklim ve çevre faktörlerine yani nem, sıcaklık, toprak yapısı gibi etkenlere bağlı olabileceğini vurgulamıştır.

Al-Mamary *et al.* [83], beş farklı Yemen balının antioksidan ve toplam fenolik madde içeriğini incelemişlerdir. Sulandırılmış bal örneklerinde toplam fenolik madde içeriği Folin-Ciocalteu metoduyla incelenmiş ve 56.32 ile 246.21 mg/100g arasında değişmiştir. Örneklerin toplam antioksidan aktivitesi -6.48 % ile 65.44 % arasında değişmiştir. Salam-Tehamah bölgesine ait bal örneği en yüksek antioksidan aktivite ve toplam fenolik miktarına sahip olmuştur. Antioksidan aktivite ile toplam fenolik aktivite arasında pozitif korelasyon olduğunu tespit etmişlerdir.

Ferreira *et al.* [114], Portekizden topladıkları 3 tip bal örneğinde fenolik içerik ve antioksidan aktivitelerini değerlendirmişlerdir. Çalışmanın sonunda koyu renkli balların antioksidan aktivitesinin daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Bertoncelj *et al.* [84], Slovenya'da en yaygın yedi bal tipinden bal örnekleri toplayarak Folin-Ciocalteu metoduyla fenolik içeriklerini, FRAP (ferric reducing antioxidant power) yöntemi ile antioksidan aktivitesini ve DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) yöntemi ile de antiradikal aktivitesini analiz etmişlerdir. Buna ek olarak bal örneklerinin renk özelliklerini analiz etmişlerdir. Çalışmalarının sonucunda toplam fenolik içerik; en düşük 44.8 (mg gallic acid/kg) ile akasya ballarında, 241.4 (mg gallic acid/kg) ile köknar ballarında, antioksidan aktivite; en düşük 71.0 (IM Fe(II)) ile akasya ballarında, en yüksek 478.5 (IM Fe(II)) ile koyu renkli ballar olan köknar ballarında, antiradikal aktivite; 7.2 (mg/ml) ile orman ballarında, en yüksek ise 53.8 (mg/ml) ile akasya ballarında tespit etmişlerdir. Ayrıca FRAP yöntemiyle yapılan antioksidan aktiviteyle fenolik içerik arasında önemli korelasyon bulmuşlardır. Bu çalışmada elde edilen balların toplam fenolik madde içeriği ile antiradikal aktivite bizim yaptığımız çalışmadaki değerlerle uyum içerisindedir.



Sonuç olarak toplam 230 bal örneklerinin polen analizi sonucunda tespit edilen dominant polenlerin bal örneğinin toplandığı yörenin bitki örtüsüyle uyumlu olduğu saptanmıştır. Yapılan fizikokimyasal analizler sonucunda balların çoğunlukla Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, Avrupa Birliği ve Kodeks standartlarına uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca yapılan biyolojik analizler sonucunda balların yüksek fenolik içerikleri ile yüksek antioksidan ve antiradikal aktivite gösterdiği belirlenmiştir. Balların fosfomolibdenyum yöntemi ile toplam antioksidan aktiviteleri ilk kez bu çalışma ile tespit edilmiştir.

Balların özellikle Türkiye’de üretilenlerin biyolojik analizleri (toplam fenolik madde miktarı, antioksidan ve antiradikal aktivite) ile ilgili çalışmalar yok denecek kadar azdır bu nedenle çalışma sonuçlarının gıda katkı maddesi olarak doğal antioksidan maddelerin kullanılmasına yönelik son zamanlarda artan çalışmalara katkı sağlayacağına inanılmaktadır. Bir sonraki çalışmalarda balların antimikrobiyal aktivitelerine yönelik ayrıntılı bir çalışma yapılmalıdır.

## KAYNAKLAR

1. Anonim, 2002. TSE 3036 Bal Standardı Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
2. Şahinler, N., Şahinler, S. And Gül, A. 2004. Biochemical composition of honeys produced in Turkey. **Journal of Apicultural Research**, **43** (2): 53–56.
3. Gündoğan, M., 2009. Muğla Yöresi Çam Ballarının Kimyasal Analizleri. Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Muğla, 86 s.
4. Velioglu, S., 2000. Doğal antioksidanların insan sağlığına etkileri, **Gıda**, **25** (3): 167-176.
5. Young, I.S., Woodside, J. V., 2001. Antioxidants in health and disease. **Journal of Clinical Pathology**, **54**: 176–186.
6. Gheldof, N., Engeseth, N. J., 2002. Antioxidant capacity of honeys from various floral sources based on the determination of oxygen radical absorbance capacity and inhibition of in vitro lipoprotein oxidation in human serum samples. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, **50** (10): 3050-3055.
7. Frankel, S., Robinson, G. E., Berenbaum, M. R., 1998. Antioxidant capacity and correlated characteristics of 14 unifloral honeys. **Journal of Apicultural Research** **37**: 27–31.
8. Aljadi, A. M., Kamaruddin, M. Y., 2004. Evaluation of the phenolic contents and antioxidant capacities of two Malaysian floral honeys. **Food Chemistry** **85**: 513–518.
9. Güler, Z., 2005. Doğu Karadeniz Bölgesinde Üretilen Balların Kimyasal Ve Duyusal Nitelikleri. **Gıda**, **30** (6): 379–384,
10. Gheldof, N., Wang, X. H., Engeseth, N. J., 2002. Identification and quantification of antioxidant components of honeys from various floral sources. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, **50**: 5870–5877.
11. Polat, G., 2007. Farklı Lokasyon ve Orijinlere Sahip Balların Reolojik, Fizikokimyasal Karakteristikleri ve Mineral İçeriklerinin Belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 63 s.
12. Mendes, E., Brojo Proenca, E., Ferreira, I. M. P. L. V. O., Ferreira, M. A., 1998. Quality evaluation of Portuguese honey. **Carbohydrate Polymers**, **37**: 219–223.
13. Yao, L., Jiang, Y., Singanusong, R., Data, N., Raymont, K., 2004. Phenolic acids and abscisic acid in Australian Eucalyptus honeys and their potential for floral authentication. **Food Chemistry**, **86**: 169–177.
14. Genç, F., 1997. Arıcılığın Temel Esasları. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 166. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, Erzurum. 286 s.

15. Haroun, M. I., 2006. Türkiye’de Üretilen Bazı Çiçek ve Salgı Ballarının Fenolik asit ve Flavonoid Profilinin Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, 120 s.
16. Molan, P. C., 1992b. The antibacterial activity of honey 2. Variation in the potency of the antibacterial activity. **Bee World**, **73**: 59–76.
17. Gül A., 2008. Türkiye’de Üretilen Bazı Balların Yapısal Özelliklerinin Gıda Güvenliği Bakımından Araştırılması. Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Antakya/Hatay, 251 s.
18. Cavia, M. M., Fernandez-Muino, M. A., Gomez-Alonso, E., Montes-Perez, M. J., Huidobro, J. F., Sancho, M. T., 2002. Evolution of fructose and glucose in honey over one year: influence of induced granulation. **Food Chemistry**, **78**: 157–161.
19. White, J. W. JR., Riethof, M. L. and Kushnir, L., 1961. Composition of honey. VI. The effect of storage on carbohydrates, acidity and diastase content. **Journal of Food Science**, **26**: 63–66.
20. Anonymous, 2001. Official journal of the European Communities. Council Directive 2001/110/EC. 20 December 2001 (relating to honey).
21. Anonymous, (2001 a). Revised codex standard for honey. Codex Stan. 12–1981, Rev.1 (1987), Rev.2 (2001).
22. Anonim, (2005). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği. (Tebliği No: 2005/49).
23. Doğan, M., 2007. Marketlerde ve Aktarlarda Satılan Balların Antioksidan ve Oksidan Kapasitelerinin Araştırılması. Harran Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 90 s.
24. Erdoğan, N., 2007. Adapazarı Ballarında Polen Analizi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 196 s.
25. Demircan, A. D., 2005. Kartal İlçesi (İstanbul) Ballarının Palinolojik Analizi. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 90 s.
26. Moar, N. T., 1985. Pollen analysis of New Zealand honey. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, **28**: 39–70.
27. Şahinler, N. ve Gül, A., 2004. Yayla ve Ayçiçek ballarının biyokimyasal analizi. 4. *Ulusal Zootekni Bilim Kongresi, 01–03 Eylül 2004. Isparta.*

28. Albayrak, S., 2008. Türkiye *Helichrysum* Mill. (Asteraceae) Taksonlarının Biyoaktiviteleri. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Kayseri, 156 s.
29. Ulusoy, E., 2005. Türkiye'nin Bazı Yörelerinden Kestane ve Çiçek Ballarının Antioksidan Aktiviteleri ve Mineral İçeriklerinin Karşılaştırılması. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon, 69 s.
30. Özgen, U., Terzi, Z., Çoşkun, M., Halk ilacı olarak kullanılan bazı türlerde lipit peroksidasyonunu inhibe edici etkinin araştırılması, pp. 139–143. *14. Bitkisel Hammaddeleri Toplantısı, 29–31 Mayıs 2002, Eskişehir.*
31. Storz, G., Imlay, J., 1999. Oxidative stress, Curr. Opin. **Microbiology**, **2**: 188–194.
32. Ardağ, A., 2008. Antioksidan Kapasite Tayin Yöntemlerinin Analitik Açıdan Karşılaştırılması. Aydın Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Aydın, 70 s.
33. Kargın, F., Fidancı, U. R., 1997. Serbest Oksijen Radikalleri ve Oksidatif Hasar, **Türk Veteriner Hekimliği Dergisi**, **9** (2): 26-28.
34. Koca, N., Karadeniz, F., 2003. Serbest Radikal Oluşum Mekanizmaları ve Vücuttaki Antioksidan Savunma Sistemleri. **Gıda Mühendisliği Dergisi**, **16**: 32-37.
35. Delibaş, N., Özçankaya, R., 1995. Serbest Radikaller. **SDÜ Tıp Fakültesi Dergisi**, **2** (3): 11–17.
36. Elliot, J.G. 1999. Application of antioxidant vitamins in foods and beverages. **Food Technology**, **53** (2): 46–48.
37. Ou, B., Huang, D., Hampsch-Woodill, M., Flanagan, J. A., and Deemer, E. K., 2002. Analysis of antioxidant activities of common vegetables employing oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assays: A comparative study. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, **50** (11): 3122–3128.
38. Bagchi, D., Bagchi, M., Stohs, S. J., Das, D. K., Ray, S. D., Kuszynski, C. A., Joshi, S. S., Pruess, H. G., 2000. Free radicals and grape seed proanthocyanidin extract: importance in human health and disease prevention. **Toxicology**, **148**: 187-197.
39. Gebetta, B., Fuzatti, N., Griffini, A., Lolla, E., Pace R, Ruffilli T, Peterlongo, F., 2000. Characterization of proanthocyanidins from grape seeds. **Fitoterapia** **71**: 162-175.

40. Kammerer, D., Kljusuric, J. G., Carle, R., Schieber, A., 2005. Recovery of anthocyanins from grape pomace extracts (*Vitis vinifera* L. Cv. Cabernet Mitos) using a polymeric adsorber resin. **European Food Research Technology** **220**: 431-437.
41. Ergün, A., Tuncer, Ş.D., Çolpan, I., Yalçın, S., Yıldız, G., Küçükersan, M. K., Küçükersan, S., Şehu, A., 2004. Yemler, Yem Hijyeni ve Teknolojisi. Ankara Üniversitesi, Veteriner Fakültesi hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları ABD, Ankara, pp. 448.
42. Long, P. L., 1984. Gordon memorial lecture. Coccidiosis control: past, present and future. **British Poultry Science** **25** (1): 3–18.
43. Kaur, C., Kapoor, H. C., 2001. Antioxidants in fruits and vegetables. **International Journal of Food Science and Technology**, **36**: 703–725.
44. Çavrar, S., 2009. Balların Kalitesinin Belirlenmesinde Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Özelliklerin İrdelenmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 70 s.
45. McCreadie, R. G., MacDonald, E., Wiles, D., Campbell, G., Paterson, J. R., 1995. The Nithsdale schizophrenia survey XIV. Plasma lipid peroxide and serum vitamin E level in patient with and without tardive dyskinesia and in normal subject. **The British Journal of Psychiatry**; **167**: 610–617.
46. Aruoma, O. I., 1994. Nutrition and health aspects of free radicals and antioxidants. **Food Chemistry and Toxicology**, **32**: 671–683.
47. Cook, N. C., Samman, S., 1996. Flavonoids: chemistry, metabolism, cardioprotective effects and dietary sources. **Journal of Nutritional Biochemistry**, **7** (21): 66–76.
48. Fox, C., 2002. Honey as a dressing for chronic wounds in adults. **British Journal of Community Nursing**, **7** (10): 530–534.
49. Doğan, C., Sorkun, K., 2001. Türkiye'nin Ege, Marmara, Akdeniz ve Karadeniz Bölgelerinden toplanmış ballarda polen analizi. **Mellifera**, **1**: 2–7.
50. Abell, D. C., Friebe, H., Schweger, C., Kwok, A. S. K., Sporns, P., 1996. Comparison of processed unifloral clover and canola honey. **Apidologie**, **27** (6): 451–460.
51. Terzi, E., 2009. Bilecik ve Çevresinde Üretilen Ballarda Bulunan Polenlerin Araştırılması. Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 70 s.
52. Andrada, A., Valle, A., Aramayo, E., Lamberto, S., Cantamutto, M., 1998. Polen analysis of honeys from the Austral Mountains, Buenos Aires province, Argentine. OT: Analisis

- polinico de las mieles de las Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires, Argentina. **Investigacion Agraria, Produccion Proteccion Vegetales**, **13** (3): 265–275.
53. Sorkun, K., Doğan, C., Başoğlu, N., Gümüş, Y., Ergün, K., Bulakeri, N., Işık, N., 2003. Türkiye’de üretilen doğal ve yapay balların ayırt edilmesinde fiziksel, kimyasal ve mikroskopik analizler. **Mellifera**, **2** (4): 27–32.
54. Erdoğan, N., Pehlivan, S., Doğan, C., 2006. Pollen analysis of honeys from Hendek, Akyazı ve Kocaali districts of Adapazarı province (Turkey). **Mellifera**, **6** (10–12): 20–27.
55. Tüylü, A. Ö., Sorkun, K., 2004. Bursa yöresinden *Apis mellifera* L. tarafından toplanan ve ekonomik önemi olan polenlerin organoleptik analizi. **Mellifera**, **4** (8): 6–12.
56. Kaya, Z., Binzet, R., Orcan, N., 2005. Pollen analyses of honeys from some regions in Turkey. **Apiacta**, **40**: 10–15.
57. Cabrera Ruiz, C., Montilla Gomez, J., Guerra Hernandez, E., Molins Marin, J. L., 1997. Physico-chemical analysis of orange honeys sold in Spain. **Bulletin Technique Apicole**, **24** (2): 63–70.
58. Feás, X., Pires, J., Iglesias, A., Estevinho, M. L., 2010. Characterization of artisanal honey produced on the Northwest of Portugal by melissopalynological and physico-chemical data. **Food and Chemical Toxicology**, **48**: 3462–3470.
59. Kirs, E., Pall, R., Martverk, K., Laos, K., 2011. Physicochemical melissopalynological characterization of Estonian summer honeys. **Procedia Food Science** **1**: 616 – 624.
60. Gomes, S., Dias, L.G., Moreira, L. L., Rodrigues, P., Estevinho, L., 2010. Physicochemical, microbiological and antimicrobial properties of commercial honeys from Portugal. **Food and Chemical Toxicology**, **48**: 544–548.
61. Nanda, V., Sarkar, B.C., Sharma, H. K., Bawa, A. S., 2003. Physico-chemical properties and estimation of mineral content in honey produced from different plants in Northern India. **Journal of Food Composition and Analysis**, **16**: 613–619.
62. Sahinler, N., Sahinler, S., Gül, A., 2001. Hatay yöresi ballarının bileşimi ve biyokimyasal analizi. **Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, **6** (1–2): 93–108.
63. Merin, U., Berstein, S., Rosenthal, I., 1998) A Parameter for Quality of Honey. **Food Chemistry**, **63**: 241–242.
64. Ankrah, E. K., 1998. Chemical composition of some Ghanaian honey samples. **Ghana Journal of Agricultural Science**, **31**: 119–121.

65. Lazaridou, A., Biliaderis, C. G., Bacandritsos, N., Sabatini, A. G., 2004. Composition, Thermal and Rheological Behaviour of Selected Greek Honeys. **Journal of Food Engineering**, **64**: 9–21.
66. Conti, M. G., 2000. Lazio region (central Italy) honeys: a survey of mineral content and typical quality parameters. **Food Control** **11**: 459–463.
67. Yilmaz, H., Kufrevioglu, I., 2000. Composition of honeys collected from eastern and south-eastern Anatolia and effect of storage on hydroxymethylfurfural content and diastase activity. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, **25**: 347–349.
68. Devillers, J., Morlot, M., Pham-Delegue, M. H., Dore, J. C., 2004. Classification of monofloral honeys based on their quality control data. **Food Chemistry**, **86**: 305–312.
69. Finola, M. S., Lasagno, M. C., Marioli, J. M., 2007. Microbiological and chemical characterization of honeys from central Argentina. **Food Chemistry**, **100**: 1649–1653.
70. Serrano, S., Villarejo, M., Espejo, R., Jodral M., 2004. Chemical and physical parameters of Andalusian honey: Classification of *Citrus* and *Eucalyptus* honeys by discriminant analysis. **Food Chemistry** **87**: 619–625.
71. Serrano, S., Espejo, R., Villarejo, M., Jodral, M. L., 2007. Diastase and Invertase Activities in Andalusian Honeys. **International Journal of Food Science and Technology**, **42**: 76–79.
72. Terrab, A., Diez, M. J., Heredia, F. J., 2002. Characterization of Moroccan unifloral honeys by their physicochemical characteristics. **Food Chemistry**, **79**: 373–379.
73. Fallico, B., Zappala, M., Arena E., Verzea, A., 2004. Effect of conditioning on hmf content in unifloral honeys. **Food Chemistry**, **85**: 305–313.
74. Terrab, A., Recamales, A. F., Hernanz, D., Heredia, F. J., 2004. Characterisation of Spanish thyme honeys by their physicochemical characteristics and mineral contents. **Food Chemistry** **88**: 537–542.
75. Özcan, M., Arslan, D., Ceylan, D. A., 2006. Effect of inverted saccharose on some properties of honey. **Food Chemistry**, **99**: 24–29.
76. Küçük, M., Kolayli, S., Karaoglu, S., Ulusoy, E., Baltaci, C., Candan, F., 2007. Biological activities and chemical composition of three honeys of different types from Anatolia. **Food Chemistry**, **100**: 526–534.
77. Al, M. L., Daniel, D., Moise, A., Bobis, O., Laslo, L., Bogdanov, S., 2009. Physicochemical and bioactive properties of different floral origin honeys from Romania. **Food Chemistry**, **112** (4): 863–867.

78. Ouchemoukh, S., Louaileche, H., Schweitzer, P., 2007. Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some Algerian honeys. **Food Control**, **18**: 52–58.
79. Akbulut, M., Özcan, M. M., Çoklar, H., 2009. Evaluation of antioxidant activity, phenolic, mineral contents and some physicochemical properties of several pine honeys collected from Western Anatolia. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, **60** (7): 577–589.
80. Beretta, G., Granata, P., Ferrero, M., Orioli, M., Facino, R. M., 2005. Standardization of antioxidant properties of honey by a combination of spectrophotometric/ fluorimetric assays and chemometrics. **Analytica Chimica Acta**, **533**: 185–191.
81. Singleton, V. L., Rossi, J. R., 1965. Colorimetry of total phenolics with Phosphomolibdic-phosphothungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, **16**: 144–158.
82. Lachman, J., Orsák, M., Hejtmánková, A., Kovářová, E., 2010. Evaluation of antioxidant activity and total phenolics of selected Czech honeys. **Food Science and Technology**, **43**: 52–58.
83. Al-Mamary, M., Al-Meeri, A., Al-Habori, M., 2002. Antioxidant activities and total phenolics of different types of honey. **Nutrition Research** **22**: 1041–1047.
84. Bertonecelj, J., Dobersek, U., Jamnik, M., Golob, T., 2007. Evaluation of the phenolic content, antioxidant and colour of Slovenian honey. **Food Chemistry**, **105** (2): 822–828.
85. Buratti, S., Benedetti, S., Cosio, M. S., 2007. Evaluation of the antioxidant power of honey, propolis and royal jelly by amperometric flow injection analysis. **Talanta**, **71**: 1387–1392.
86. Vela, L., Lorenzo, C., Pérez, R. A., 2007. Antioxidant capacity of Spanish honeys and its correlation with polyphenol content and other physicochemical properties. **Journal of the Science of Food and Agriculture** **87**: 1069–1075.
87. Louveaux, J., Maurizio, A. and Vorwohl, G., 1978. International Commission for bee botany of IUBS. Methods of melissopalynology. **Bee world**, **59**: 139–157.
88. Sabuncu, İ., **Bıçakçı, A.**, Tatlıdıl, S., Malyer, H., 2002. Bursa piyasasında satılan ve Uludağ ile Karacabey yörelerine ait olduğu belirtilen polenlerin mikroskopik analizi. **Uludağ Arıcılık Dergisi**, **3** (2): 3–9.



89. Prieto, P., Pineda, M. and Aguilar, M., 1999. Spectrophotometric quantition of antioxidant capacity through the formulation of a phosphomolybdenum complex: Spesific application of vitamin E. **Analytical Biochemistry**, **269**: 337-341.
90. Gyamfi, M. A., Yonamine, M., Aniya, Y., 1999. Free-radical scavenging action of medicinal herbs from Ghana: Thonningia sanguinea on experimentally-induced liver injuries. **General Pharmacology**, **32** (6): 661-667.
91. Terrab A., Diez, M. J., Heredia, F. J., 2003. Palynological, physico-chemical and colour characterization of Moroccan honeys: I. River red gum (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh) honey. **International Journal of Food Science and Technology**, **38** (4): 379–386.
92. Erdoğan, N., Pehlivan, S., Doğan, C., 2009. Pollen analysİs of honeys from Sapanca, Karapürçek, Geyve and Taraklı districts of Adapazarı province (Turkey). **Mellifera**, **9** (17): 9–18.
93. Çam, B., 2006. Ankara Piyasasında Bulunan Bazı Ballarda Polen Analizleri ve Bu Balların Antimikrobiyal Özellikleri. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 139 s.
94. Kahraman, T., Büyükünäl, S.K., Vural , A., Altunatmaz, S. S., 2010. Physico-chemical properties in honey from different regions of Turkey. **Food Chemistry**, **123**: 41–44.
95. Costa, L. S. M., Albuquerque, M. L. S., Trugo, L. C., Quinteiro, L. M. C., Barth, O. M, Ribeiro M., De Maria, C. A. B., 1999. Determination of non volatile compounds of different botanical origin Brazilian honeys. **Food Chemistry**, **65** (3): 347–352.
96. Wen, H. M., Chern J. C., Chen, S. H., Wen H. M., Chern J. C., 1995. Quality survey of commercial honey products. **Journal of Food and Drug Analysis**, **3** (4): 295–305.
97. Sabatini, A. G., Marcazzan, G. L., Colombo, R., Arculeo, P., 1995. Loquat honey produced in Sicily. OT: Il miele di nespolo del Giappone prodotto in Sicilia. **Apicoltura**, **10**: 59–69.
98. Bath, P. K., Singh, N., 1999. A comparison between *Helianthus annuus* and *Eucalyptus lanceolatus* honey. **Food Chemistry**, **67**: 389 – 397.
99. Oddo, P.L., Piazza, M. G., Sabatini, A. G., Accorti, M., 1995. Characterization of unifloral honeys. **Apidologie**, **26**: 453- 465.
100. Downey, G., Hussey, K., Daniel Kelly, J., Walshe, T. F., Martin, P. G., 2005. Preliminary contribution to the characterization of artisanal honey produced on the island of Ireland by paleontological and physico-chemical data. **Food Chemistry**, **91**: 347–354.

101. Silva, L.R., Videira, R., Monteiro, A. P., Valentão, P., Andrade, P. B., 2009. Honey from Luso region (Portugal): Physicochemical characteristics and mineral contents. **Microchemical Journal**, **93**: 73–77.
102. Esti, M., Panfili, G., Marconi, E., Trivisno, M. C., 1997. Valorization of the honeys from the Molise region through physico-chemical, organoleptic and nutritional assessment. **Food Chemistry**, **58** (1–2): 125–128.
103. Al-Khalifa, A. S., Al-Arif, I. A., 1999. Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some Saudi honeys. **Food Chemistry**, **67**: 21–25.
104. Yardibi, M. F., Gümüş, T., 2010. Some physico-chemical characteristics of honeys produced from sunflower plant (*Helianthus annuus* L.). **International journal of Food Science and Technology**, **45**: 707-712.
105. Crane, E., 1975. Honey: A Comprehensive Survey. Heineman, London, UK., 608 pp.
106. Przybyłowski, P., Wilczyńska, A., 2001. Honey as an environmental marker. **Food Chemistry** **74**: 289–291.
107. Singh, N., Bath, P.K., 1997. Quality evaluation of different types of Indian honey. **Food Chemistry**, **58** (1–2): 129–133.
108. Forcone, A., Aloisi, P. V., Muñoz, M., 2009. Palynological and physico-chemical characterisation of honeys from the north-west of Santa Cruz (Argentinean Patagonia). **Grana**, **48**: 67–76.
109. Saxena, S., Gautam, S., Sharma, A., 2010. Physical, biochemical and antioxidant properties of some Indian honeys. **Food Chemistry**, **118**: 391–397.
110. Baltrušaitytė, V., Venskutonis, P.R., Čeksterytė V., 2007. Radical scavenging activity of different floral origin honey and beebread phenolic extracts. **Food Chemistry**, **101**: 502–514.
111. Nagai, T., Inoue, R., Inoue, H., Suzuki, N., 2002. Scavenging capacities of pollen extracts from *Cistus ladaniferus* on autoxidation, superoxide radicals, hydroxyl radicals and DPPH radicals. **Nutrition Research**, **22**: 519–526.
112. Estevinho, L., Pereira, A. P., Moreira, L., Dias, L. G., Pereira, E., 2008. Antioxidant and antimicrobial effects of phenolic compounds extracts of Northeast Portugal honey. **Food and Chemical Toxicology**, **46**: 3774–3779.
113. Alvarez-Suarez, J. M., Tulipani, S., Diaz, D., Estevez, Y., Romandini, S., Giampieri, F., Damiani, E., Astolfi, P., Bompadre, S., Battino, M., 2010. Antioxidant and antimicrobial

capacity of several monofloral Cuban honeys and their correlation with color, polyphenol content and other chemical compounds. **Food and Chemical Toxicology**, **48**: 2490–2499.

114. Ferreira, I. C. F. R., Aires, E., Barreira, J. C. M., Estevinho L. M., 2009 Antioxidant activity of Portuguese honey samples: Different contributions of the entire honey and phenolic extract. **Food Chemistry** **114**: 1438–1443.