



T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**TOKAT YÖRESİ BALLARININ BAZI FİZİKOKİMYASAL
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

FUNDA KARA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Prof. Dr. CEMAL KAYA

TOKAT-2022



T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**TOKAT YÖRESİ BALLARININ BAZI FİZİKOKİMYASAL
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

FUNDA KARA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Prof. Dr. CEMAL KAYA

TOKAT-2022

Her hakkı saklıdır



Bu tez çalışması;

Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 2020/55 nolu proje ile desteklenmiştir.

ETİK SÖZLEŞME

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof . Dr. Cemal KAYA danışmanlığında hazırlamış olduğum “**Tokat Yöresi Ballarının Bazı Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi** ” adlı Yüksek Lisans tezinin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

25/11/2021

Funda KARA



JÜRİ KABUL VE ONAY

Funda KARA tarafından hazırlanan “**Tokat Yöresi Ballarının Bazı Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 25.11.2021 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Unvanı, Adı Soyadı)

İmzası

Üye (Başkan) : Prof. Dr. Osman KOLA

.....

Üye : Prof. Dr. Cemal KAYA

.....

Üye :Doç. Dr. Mustafa BAYRAM

.....

ONAY

...../...../.....

Prof. Dr. Mehmet GÜNEŞ
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ÖNSÖZ

Çalışmalarım boyunca benden hiçbir desteğini esirgemeyen değerli danışmanım Sayın Prof. Dr. Cemal KAYA' ya, analizlerim sırasında yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Semra TOPUZ' a, Bal örneklerinin temininde katkı sağlayan Tokat Arıcılar Birliği'ne, tezin değerlendirme aşamasında öneri ve fikirlerini sunan jüri üyeleri Sayın Prof. Dr. Osman KOLA ve Sayın Doç. Dr. Mustafa BAYRAM' a, eğitim hayatım boyunca maddi manevi her konuda desteğini esirgemeyen AİLEME, özellikle de annem Asuman YILDIRIM' a, her daim yanımda olan, beni hep yüreklendiren ve destek olan sevgili eşim Burak KARA' ya, bana enerji veren, varlıklarıyla motive olduğum kızım Begüm KARA' ya ve oğlum Kemal Kerem KARA' ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

FUNDA KARA

25 Kasım 2021

ÖZET

TOKAT YÖRESİ BALLARININ BAZI FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Kara, Funda
Yüksek Lisans, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Cemal Kaya
Ocak 2022, viii +45

Bu çalışmada; bitki çeşitliliğinin oldukça fazla olduğu Tokat ili ve ilçelerinden temin edilen balların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. 2019 ve 2020 yıllarında 12 ilçeden temin edilen (toplam 24 adet) çiçek balı örneklerinin Türk Standartları (TS) 3036 Bal Standardı ve uluslararası standartlarda kabul görmüş analiz metotları ile yapılan bazı fizikokimyasal, pestisit ve mineral analizleri sonuçlarının Türk Gıda Kodeksi (TGK) Bal Tebliği'ne (2020/7) uygunlukları kontrol edilmiştir. Bal örneklerinde nem miktarı %13.0-20.0; serbest asitlik 26 ± 0.12 - 48 ± 0.16 meq/kg; elektriksel iletkenlik 0.33-0.86 mS/cm; Hidroksimetilfurfural (HMF) miktarı 0.05-8.69 mg/kg; prolin değeri 422.56-1222.56 mg/kg; diastaz sayısı 0.0-10.9; protein ve ham bal $\Delta 13$ C farkı -0.90-1.23; C4 şeker oranı %0.0-5,26; sakkaroz miktarı %0.30-1.96; früktoz+glukoz miktarı %62.53-76.66; früktoz/glikoz oranı 0.97-2.61 olarak belirlenmiştir. Bal örneklerinde toplam üç numunede pestisit tespit edilmiştir. Bunlar triamenol+triadimefon, cypermethrin, boscalid, deltamethrin, kresoxim methyl olup üç örnekte sınır değerleri aşılmış olup, diğer örneklerde ise limit değerleri aralığındadır. Balların mineral içerikleri (mg/kg); Çinko (Zn) 0.0-24.306; Nikel (Ni) 0.0-2.906; Krom (Cr) 0.0- 3.850; Mangan (Mn) 0.0-4.660; Bakır (Cu) 0.0-17.099; Kurşun (Pb) içeriği 0.314-2.729 aralığında tespit edilmiştir. Örneklerin toplam fenolik madde miktarları 254.14-776.94 μ g GAE/g bal; serbest radikali giderme aktivitesi 129.47-587.37 μ g TE/g bal; katyon radikali giderme aktivitesi 93.33-1187.78 μ g TE/g bal aralıklarındadır.

ANAHTAR KELİMELE: Antioksidan, Pestisit, Çiçek Balı, Tokat, Kalite Parametreleri, Mineral, Fizikokimyasal Özellikler

ABSTRACT
DETERMINATION OF SOME PHYSIOCHEMICAL PROPERTIES OF TOKAT
HONEY REGION

Kara, Funda
Master's Thesis, Food Engineering Department
Thesis Advisor: Prof. Dr. Cemal Kaya
January 2022, viii +45

In this study; some physical and chemical properties of honey taken from the districts of Tokat province, where plant diversity is quite high, were determined. Results of some physicochemical, pesticide and mineral analyzes conducted with Turkish Standards (TS) 3036 Honey Standard and internationally accepted analysis methods of flower honey samples (24 in total) obtained from 12 districts in 2019 and 2020 Turkish Food Codex (TGK) Honey Communiqué What (2020/7) has been checked for compliance. Moisture content in honey samples is 13.0-20%; total acidity 26 ± 0.12 - 48 ± 0.16 meq/kg; electrical conductivity 0.33-0.86 mS/cm; The amount of hydroxymethylfurfural (HMF) 0.05-8.69 mg/kg; proline value 422.56-1222.56 mg/kg; diastase number 0.0-10.9; protein and raw honey $\Delta^{13}C$ difference -0.90-1.23; C4 sugar content 0.0-5.26%; amount of sucrose 0.30-1.96%; fructose+glucose amount 62.53-76.66%; fructose/glucose ratio was determined as 0.97-2.61. Pesticides were detected in a total of three samples in honey samples. These are triamenol+triadimefon, cypermethrin, boscalid, deltamethrin, and kresoxim methyl. In three samples, the limit values are exceeded, and in the other samples, the limit values are in the range. Mineral content of honey (in mg/kg); Zinc (Zn) 0.0-24.306; Nickel (Ni) 0.0-2.906; Chromium (Cr) 0.0-3.850; Manganese (Mn) 0.0-4.660; Copper (Cu) 0.0-17.099; Lead (Pb) content was determined in the range of 0.314-2.729. The total phenolic content of the samples was 254.14-776.94 μ g GAE/g honey; free radical scavenging activity 129.47-587.37 μ g TE/g honey; cation radical scavenging activity is in the range of 93.33-1187.78 μ g TE/g honey.

Keywords: Antioxidant, pesticides, Flower Honey, Tokat, Quality Parameters, Mineral, Physicochemical Properties

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
2.1. Balların Sınıflandırılması	3
2.2. Dünyada ve Türkiye’ de Bal Üretimi	4
2.3. Balın Kimyasal Bileşimi	6
2.3.1 Su içeriği	7
2.3.2 Şeker bileşenleri	8
2.3.3 Karbon izotop (C4 şeker) oranı	9
2.3.4 Serbest asitlik	9
2.3.5 Enzim içeriği	10
2.3.6 Protein ve aminoasit içeriği	11
2.3.7 Mineral madde miktarı	11
2.3.8 Viskozite	11
2.3.9 Elektriksel iletkenlik	12
2.3.10 HMF	12
2.3.11 Antioksidan özellik	12
2.3.12 Pestisit ve kalıntı içeriği	13
2.4 Bal ile İlgili Yapılmış Çalışmalar	13
3. MATERYAL ve METOT	19
3.1. Materyal	19
3.2 Metot	21
3.2.1 Nem tayini	21
3.2.2. Serbest asitlik	21
3.2.3 Elektrik iletkenliği tayini	21
3.2.4 Şeker tayini	21
3.2.5 HMF tayini	22
3.2.6 Prolin miktarı tayini	22
3.2.7 Diastaz aktivitesi tayini	22

3.2.8 Karbon izotop oranı ve % C4 şeker analizi	22
3.2.9 Pestisit kalıntı analizi	23
3.2.10 Mineral madde ve ağır metal analizi.....	24
3.2.11 Toplam fenolik madde miktarı tayini.....	24
3.2.12. Serbest radikali giderme aktivitesi (DPPH●).....	24
3.2.13 Katyon radikali giderme aktivitesi (ABTS●+)	25
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	26
4.1 Balın Bazı Fizikokimyasal Özellikleri.....	26
4.2 Balın Pestisit ve Kalıntı Miktarı	30
4.3 Mineral Madde Miktarı.....	31
4.4. Toplam Fenolik Madde Miktarı ve Antioksidan Aktivitesi.....	33
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	35
6. KAYNAKLAR	36
7. EKLER.....	43

ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1. Bal Numunelerinin Temin Edildiği İlçeler	19
Şekil 3.2. LC/MSMS cihazı ile pestisit analizi örnek hazırlama ve analiz akış	23
şeması	

ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. Dünyada ve Türkiye’de bal üretimi.....	5
Çizelge 2.2 Tokat Bal Üretimi.....	6
Çizelge 2.3. TGK Bal Tebliği’ ne göre ballara ait özellikler	7
Çizelge 3.1. Tokat bölgesi ballarının numune kodları ve temin edilen ilçeler ...	20
Çizelge 4.1. Tokat yöresi ballarının ham bal $\Delta 13C$, protein $\Delta 13C$, protein-ham bal $\Delta 13C$ farkı, C4 şeker oranı(%), sakkaroz(%), früktoz+glükoz(%) , früktoz/glükoz değerleri verilmiştir.....	27
Çizelge 4.2. Tokat yöresi ballarının serbest asitlik(mmol/kg), iletkenlik(ms/cm), HMF(mg/kg), prolin(mg/kg), nem(%) ve diastaz değerleri..	29
Çizelge 4.3. Bal numunelerinde tespit edilen pestisit ve kalıntı miktarları (ppb).	32
Çizelge 4.4. Bal numunelerinde tespit edilen mineral element ve ağır metal içerikleri(mg/kg).....	34
Çizelge 4.5. Bal numunelerinin toplam fenolik madde miktarı (μg GAE/g bal), Serbest radikali giderme aktivitesi (μg TE/g bal) ve katyon radikali giderme aktivitesi (μg TE/g bal).....	36

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler ve Kısaltmalar	Açıklamalar
%	Yüzde
°C	Santigrad Derece
µg	Mikrogram
AOAC	Uluslararası Resmi Analiz Metodları
ABTS	2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiyazolin-6-sülfonik asit) diamonyum tuzu
C	Karbon
CO ₂	Karbondioksit
DPPH•	1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl radikali; D9132
g	Gram
H ₂ O ₂	Hidrojen peroksit
HMF	Hidroksimetilfurfural
HNO ₃	Nitrik Asit
HPLC	Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
ICP-MS	İndüktif Eşleşmiş Plazma -Kütle Spektrometresi
kg	Kilogram
M.Ö	Milattan Önce
meq	Miliekivalent Ağırlık
mg	Miligram
mL	Mililitre
mM	MiliMolar
mS	MiliSiemens
nm	Nanometre
MS	Kütle spektroskopisi
ppb	Part Pert Billion
ppm	Part Per Million
PSA	Primer Sekonder Amin
QuEChERS	Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, Safe
TGK	Türk Gıda Kodeksi
TS	Türk Standartları

1. GİRİŞ

Bal, içerdği değerli besin öğelerinden dolayı insanlar için önemli bir gıdadır. TGK Bal Tebliği'ne göre bal; bitki nektarlarının, bitkilerin canlı kısımlarının salgılarının veya bitkilerin canlı kısımları üzerinde yaşayan bitki emici böceklerin salgılarının bal arısı (*Apis mellifera*) tarafından toplandıktan sonra kendine özgü maddelerle birleştirilerek değişikliğe uğrattığı, su içeriğini düşürdüğü ve petekte depolayarak olgunlaştırdığı, doğası gereği kristallenebilen doğal bir üründür (Anonim, 2020).

Balın tarihçesine bakıldığında Türkiye, Fransa, İspanya ve Mısırda fosiller ve mağaralarda rastlanan kabartma resimler arıcılığın çok eski bir tarihe dayandığını göstermektedir (Ferek, 2016). Arıcılıkla ilgili tarihteki ilk bulgular, İspanya'nın Valencia kentinde yapılan kazılara göre M.Ö 7.000 yıllarına dayanmaktadır. Resimlerde arıların uçtuğu, ağaçlardan ve kayalardaki oyuklardan insanların bal topladıkları görülmektedir (Kaplan, 2014). Anadolu'da ise bal ile ilgili resmi evraklar Çatalhöyük'te bulunmuştur. Kutsal kitaplardan Kur'an-ı Kerim Tevrat'ta balı bahsedilmiş ve insan sağlığı için balın önemi vurgulanmıştır (Lusby, 2002). Bal beslenmenin yanı sıra, birçok kültür tarafından medikal amaçlarla da kullanılmaktadır (Ay ve Yiğit, 2016). Anadolu'da 3.000 yıl önce yaşayan kavimlerden Sümerler, balı ilaç olarak kullanmıştır (Korkmaz, 2013).

İşlem görmeden doğal olarak üretilen ve tatlandırıcı madde olarak kullanılabilen bal, yapısal olarak en karmaşık gıda maddelerinden biridir (Yıldırım, 2013; Kalafat Kul, 2020). Balın yapısında yaklaşık olarak 200 çeşit bileşen bulunmaktadır. Bal içerdği vitaminler, mineraller, organik asitler, flavonoidler, fenolik asitler, aminoasitler ve enzimler nedeniyle sindirimi kolay, besleyici ve pek çok hastalığa karşı koruyucu ve tedavi edici özellik gösteren fonksiyonel bir gıdadır (Mutlu ve ark., 2017). İnsanlık tarihinde geçmişten günümüze bal sadece gıda maddesi ve tatlandırıcı olarak kullanılmamıştır. Aynı zamanda polen, arı zehri, arısütü, propolis, balmumu gibi diğer arı ürünleri ile birlikte tedavi amaçlı olarak da kullanılmıştır (Kambur ve ark., 2015). Deri yaralarının ve ciddi gastrointestinal rahatsızlıkların, astım ve enfeksiyonların tedavisinde başarı ile kullanıldığını gösteren birçok çalışma mevcuttur (Gül ve Pehlivan, 2018; Sert, 2019). Bu balın içerdği hidrojen peroksit, asitli oluşuna ve antibakteriyel oluşuna bağlıdır (Weston, 2000; Ölmez, 2009).

Tokat y6resine ait balların bileşiminin ve 6zelliklerinin belirlenmesine y6nelik kapsamlı bir 6alışmaya literat6rde rastlanmamıştır. Bu 6alışmada arıcılık faaliyetleri i6in olduk6a uygun iklim ve bitki 66rt6s6ne sahip olan Tokat b6lgesi ballarının 6zelliklerinin belirlenmesi, ulusal ve uluslararası pazarda tanınırlığının arttırılmasına katkı sağlanması ve elde edilen bulgularla T6rk Gıda Kodeksi (2020/7) Bal Tebliği'ne uygunluklarının belirlenmesi ama6lanmıştır.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Balların Sınıflandırılması

Tük gıda kodeksi bal tebliğinde ballar kaynağına göre genel olarak salgı ve çiçek balı olmak üzere ikiye ayrılır. Salgı balları bitkilerin canlı kısımlarının salgılarından veya bitkilerin canlı kısımları üzerinde yaşayan bitki emici böceklerin (Hemiptera) salgılarından, çiçek balları ise çiçeklerin nektarlarından elde edilir (Anonim, 2020). Bal arısının bitkilerin çiçeklerinden topladığı nektar veya bal özü denen tatlı suları vücutlarındaki özel bezlerden salgılanan maddelerle karıştırarak zenginleştirmesi ve peteklerde olgunlaştırması sonucu doğal bal veya çiçek balı (nektar balı) elde edilir. Ihlamur balı, funda balı, kekik balı, pamuk balı, üçgül balı, püren balı, portakal çiçeği balı, akasya balı gibi ballar çiçek balı sınıfındadır (Birer ve Yücecan,1984; Doğan, 2014). Ihlamur, meşe, erik, çam ağacı yapraklarının sızdırdıkları şekerli sıvı ile yaprak bitleri gibi bazen ufak böceklerin yapraklar üzerine salgıladıkları tatlı sıvıdan meydana gelen bal ise, salgı balı olarak adlandırılır. Balın rengi su beyazından koyu amber renge kadar değişebilir (Anonim, 2020).

TGK Bal Tebliği'ne göre balların diğer bir sınıflandırılması üretim ve/veya pazara sunulmuş şekline göre; petekli bal, süzme bal, petekli süzme bal, sızma bal, pres balı, filtre edilmiş bal gibi gruplara ayrılmaktadır (Anonim, 2020).

Petekli bal: Petek gözlerinde yavru içermeyen, bal mumuyla kabartılan temel petekli çerçevelere depolanan ve peteğin tümü veya büyük bölümü sırlanmış olarak satışa sunulan balı ifade eder.

Doğal petekli bal: Temel petek kullanılmadan, standart kovanlarda arılar tarafından peteği ile beraber üretilen balı ifade eder.

Karakovan balı: Temel petek kullanılmadan, karakovanlarda arılar tarafından peteği ile beraber üretilen balı ifade eder.

Süzme bal: Sırları alınan yavrusuz peteklerden santrifüj yolu ile elde edilen balı ifade eder.

Petekli süzme bal: Süzme bal içerisinde petekli bal parçaları ile hazırlanmış balı ifade eder.

Sızma bal: Sırları alınmış yavrusuz peteklerden, doğal akışı ile sızdırılarak elde edilen balı ifade eder.

Pres balı: Yavrusuz peteklerin doğrudan veya 45°C'yi aşmamak üzere ısıtılarak preslenmesi ile elde edilen balı ifade eder.

Filtre edilmiş bal: Süzme işlemi sırasında 0.2 mm'nin altında gözenek büyüklüğüne sahip filtrasyon malzemeleri kullanılarak yabancı organik veya inorganik maddelerin uzaklaştırılması sonucunda polen içeriği azalmış balı, ifade eder (Anonim, 2020).

Çiçeklerin, özellikle çiçek toz keselerinin etrafındaki nektar bezlerinde, ayrıca bitkilerin yapraklarında, yaprak saplarında ve situplarında salgılanan şekerli sıvıya nektar denir. Bal yapımı için arılar yüksek şekerli nektarları tercih ederler. Nektarlardan elde ettikleri bu şekerli özsuları sindirim suları ile karıştırarak bal keselerinde işlerler. Daha sonra kovanlarındaki yapay ya da doğal peteklere kuluçka zamanlarında yemek üzere püskürtürler. Püskürtülen bu balın su oranı oldukça yüksektir, kovandaki ısı ve arıların kanat çırpımlarından meydana gelen hava ile bal suyunu yitirir. Nektarlar bitki türüne göre değişse de genel olarak %30-70 oranında su içerirler ve bal haline dönüştüğünde koyulaşarak su oranı %17-18'e düşer. Bal arılarından gelen enzimin etkisiyle bal olgunlaşır, sakkaroz, glukoz ve fruktoza ayrışır (Polat, 2007).

2.2. Dünyada ve Türkiye' de Bal Üretimi

Günümüzde dünyanın birçok ülkesinde arıcılık ve bal üretimi yapılmaktadır. Toprağa bağlı kalmadan ve az sermayeyle yapılan arıcılık giderek yaygınlaşmaktadır. 2019 yılında dünya bal üretimi yaklaşık 1,9 milyon ton olup bir önceki yıla göre %1,6 oranında azalmıştır. Bunda dünya kovan sayısı artarken kovan başına üretilen bal miktarının düşüşü etkili olmuştur (Burucu, 2021).

Türkiye kaliteli bal üretimi için oldukça elverişli iklime ve bitki örtüsüne sahiptir. Dünya üzerinde sayısı 11.500'ü aşan bitki türünden yaklaşık olarak 10.000 türü Türkiye'de bulunmakta ve bunların çoğu endemik bitki florasını oluşturmaktadır (Ölmez, 2009). Buna rağmen ülkemizde arıcılık faaliyetleri gereken ilgiyi ve değeri görmemektedir. Fazla miktarda üretilen sahte ve suni ballar iç piyasaya sürülmektedir. Bunun sonucunda bal kalitesi ve fiyatı düşmekte, gerçek bal üreticisi ürününü iyi fiyata satamamaktadır ve tüketici kandırılmaktadır. Dış ticarete ise bu durum ülkemizin bal kalitesini düşürerek, imajını olumsuz etkilemektedir (Polat, 2007).

2019 yılı dünya bal üretiminde ilk sırada yer alan Çin % 24.0'lık pay ile 444 bin ton bal üretirken, Türkiye % 6.2'lik payla 114 bin ton bal üreterek dünyada ikinci, %4.3'lük pay ile Kanada ise 80 bin ton bal üretimi ile üçüncü sırada yer almaktadır. Türkiye'de bal üretimi 2020 yılında % 4.8 azalarak 104 bin 077 tona düşmüştür.

Dünyada arıların yararlandığı bilinen bitki türlerinin 3/4'ü Anadolu'da yetişmektedir ve sahip olduğumuz 12 bin bitki türünden 4 bine yakını endemiktir (Dodoloğlu ve Genç, 2002). Bitki çeşitliliğinin fazlalığı arı ırklarının da çeşitlenmesine sebep olmuştur. Bu sebeplerden dolayı ülkemiz bal üretiminde oldukça avantajlı konumdadır. Türkiye bal üretiminde şu anda dünyada ikinci sırada olup son beş senenin bal üretim verileri Çizelge 2.1.' de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Dünyada ve Türkiye'de bal üretimi (Burucu, 2021)

Ülkeler	2015	2016	2017	2018	2019
Çin	473.000	555.000	542.500	446.900	444.100
Türkiye	112.817	110.584	119.216	112.585	114.067
Kanada	92.011	94.578	96.012	94.996	80.345
Arjantin	52.600	68.123	76.379	79.468	78.927
İran	72.866	67.783	70.528	75.835	75.463
ABD	71.008	73.429	67.596	69.857	71.179
Ukrayna	63.615	59.294	66.231	71.279	69.937
Hindistan	62.599	65.090	66.635	67.612	67.141
Rusya	67.736	69.764	65.167	65.006	63.526
Meksika	61.881	55.358	51.066	64.253	61.986
Diğer	658.196	665.576	731.620	695.587	707.723
Dünya	1.877.235	1.926.018	1.926.289	1.882.001	1.852.598

Tokat yöresinde ise bal üretimi giderek daha önemli hale gelmektedir. Yörenin bitki çeşitliliğinin fazlalığı Tokat ballarının önemini ve kalitesini arttırmaktadır. İçeriğinin zenginliği ve üretiminin zorluğu balın önemini ve fiyatını arttırmaktadır. Tokat iklimi, sahip olduğu endemik bitkileri sayesinde bal üretiminde önemli bir yere sahiptir. Tokat iline ait bal üretim verileri Çizelge 2.2.' de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Tokat Bal Üretimi (Anonim., 2019)

Yıl	Bal üretimi (ton)
2016	439
2017	548
2018	421
2019	509

2.3. Balın Kimyasal Bileşimi

Arıların bal yapmak için kullandığı bitkiler iklim ve bölgeye göre değişir ve bu durum balın kimyasal bileşimini de etkilemektedir (Kambur ve ark., 2015; Yıldız ve ark., 2016). Balın yapısında yaklaşık olarak 200 çeşit bileşen bulunmaktadır (Mutlu ve ark., 2017). Genel olarak balın yaklaşık %80'i çeşitli şekerlerden, %17'si sudan, geri kalan %3'ü ise enzimler, mineraller, aminoasitler, vitaminler, organik asitler ve aroma maddeleri gibi değerli bileşenlerden meydana gelmektedir (Şahinler ve ark., 2004; Khan ve ark., 2007; Kambur ve ark., 2015). Baldaki temel şeker içeriği fruktoz ve glikoz olup bu monosakkaritlerle birlikte içeriğinde sakkaroz, maltoz, izomaltoz, laktoz, galaktobiyoz gibi disakkaritleri ve bazı oligosakkaritleri de bulundurmaktadır. Balın kalitesi duyuşal, fizikokimyasal, mikrobiyolojik parametrelerle belirlenir. Balın fizikokimyasal özellikleri nektar tipine, coğrafyanın iklim ve toprağına ve de depo koşullarına bağılıdır (Boussaid ve ark., 2018). Bal içerdiği yüksek karbonhidrat nedeniyle düşük su aktivitesi değerine sahiptir ve bu değer yaklaşık 0.59-0.63 aralığında bulunmaktadır (Özmen ve Alkın, 2006; Karabagias ve ark., 2014; Mutlu ve ark., 2017). TKG Bal Tebliğı'ne göre balın sahip olması gereken bazı özellikleri Çizelge 2.3.'te gösterilmiştir (Anonim, 2020).

Çizelge 2.3. TKG Bal Tebliği' ne göre ballara ait özellikler

Özellik	Çiçek balı	Salgı balı	Çiçek + Salgı balı (karışımı)
Nem (en fazla, %)	20	20	20
Sakkaroz (en fazla/100g)	5	5	5
Fruktoz +Glikoz (en az, g)	60	45	45
Fruktoz/Glikoz	0.9-1.4	1.0-1.4	1.0-1.4
Maltoz (% en fazla)	4	4	4
Suda çözünmeyen madde (en fazla,100 g)	0.1	0.1	0.1
Serbest asitlik (en fazla, meq/kg)	50	50	50
Elektrik İletkenliği (mS/cm)	En fazla0.8	En az 0.8	En fazla0.8
Diastaz sayısı (en az)	8	8	8
HMF (en fazla, mg/kg)	40	40	40
Balda protein ve ham bal delta Cl3 değerleri arasındaki fark	-1.0 veya daha pozitif	-1.0 veya daha pozitif	-1.0 veya daha pozitif
Balda protein ve ham bal delta Cl3 değerlerinden hesaplanan C4 şekerleri oranı (en fazla, %)	7	7	7
Prolin miktarı (en az, mg/kg)	300	300	300
Naftalin miktarı (en fazla, ppb)	10	10	10

2.3.1 Su içeriği

Canlılar yaşamlarını devam ettirebilmek için suya ihtiyaç duyarlar. Baldaki %10-20 oranındaki su bakterilerin yaşaması için uygun değildir. Bala bulaşan bakteriler susuz kaldıkları için gelişemezler. Bundan ötürü insan vücudunu etkileyen birçok mikroorganizma baldaki bu düşük nemden dolayı balda yaşayamaz (Ölmez, 2009). Baldaki nem miktarı; iklim koşullarına, balın hasat edildiği aya, nektarın nem miktarına, arı kolonisinin gücüne ve balın olgunluk derecesine göre değişiklik göstermektedir (Isengard ve Schultheiss, 2003; Kaplan 2014, Kalafat Kul, 2020). Sıcak ve kuru

bölgelerde üretilen balların nem içeriği %16-19, serin ve bol yağış alan bölgelerde üretilen balların nem içeriği ise %17-20 arasında değişmektedir (Ötleş, 1995; Sert, 2019). Su içeriği, balın kalitesi, viskozitesi, kristalleşmesi, tadı ve fermantasyon yönünden önemlidir ve balın olgunluk düzeyinin tespit edilip raf ömrünün belirlenmesinde kullanılır (Mutlu ve ark., 2017). Baldaki su oranının düşük olması balın olgunlaştığını gösterir (Aypak ve ark., 2019). Aynı zamanda baldaki su oranı düşük olduğunda glikoz doyma noktası üzerine çıkar ve bir molekül su alarak hidrat formuna dönüşür. Glikoz hidrat kristalleşerek çöker ve balda granül yapı oluşturur (Doğaroğlu, 2008; Sert, 2019). Balda bulunan nem içeriğinin fazla olması ozmofilik mayaların daha hızlı gelişmesine sebep olmaktadır. Bunun sonucunda ortamdaki şekeri tüketerek balda mayalanmaya neden olup balı bozabilmektedir (Şen, 2019). Mayalanma sonucu balın tadı ve aroması da değişmektedir. Nem içeriğinin yüksek olması balın olgunlaşmadan petekten alındığını da gösterebilmektedir (Singh ve Bath, 1997; Kalafat Kul, 2020). Bal nem içeriğine göre sınıflandırıldığında; birinci sınıf ballar en düşük nem oranına (%17.8) sahip olup en yüksek kalitededir. İkinci sınıf ballar %18.6 nem oranına ve üçüncü sınıf ballar ise %20 nem oranına sahip olmalıdır (Doğaroğlu, 2008). Türk Gıda Kodeksi Bal tebliği'ne göre baldaki maksimum nem oranı %20 olmalıdır (Anonim, 2020).

2.3.2 Şeker bileşenleri

Balın kuru madde içeriğinin yaklaşık %95-99'u şekerlerden meydana gelmektedir (Tosmur,2004; M. O. Iurlina ve R. Fritz, 2005; Kalafat Kul, 2020). Bunların %85-95 'ini ise balda bulunan temel şekerlerden früktoz ve glukoz oluşturmaktadır. Bunların dışında sakkaroz, maltoz, izomaltoz, kestoz, erloz, melezitoz, furanoz refinoz , kojibiyoz ve dekstroz gibi diğer şekerleri de içerebilir(Weston ve Brocklebank, 1999; Tosmur, 2004). Balın şeker profilini ortaya koymak için baldaki früktoz ve glukoz miktarları önemlidir. Erloz ve melozitoz gibi oligosakkaritlerin miktarı ise çiçek balı ve salgı balını ayırmada kullanılır (Turan, 2012).

Bal olgunlaşırken sakkaroz, glukoz ve früktoza dönüşür. Bu sebepten dolayı balda sakkaroz miktarı düşük olmalıdır. Bal olgunlaşmamışsa veya arılar doğal bir şekilde beslenmemişse sakkaroz oranı yükselir (De-Melo ve ark., 2017; Kalafat Kul, 2020).

Baldaki şekerler balın taşıdığı durumunun tespitinde önemli rol oynarlar (Tornuk ve ark, 2013; Cengiz ve ark., 2018). Ayrıca balın tatlılığı, viskositezi, garanilasyon ve

kristalleşmesi içeriğindeki fruktoz ve glukozdan kaynaklanır (Bayrambaş, 2012; Da Silva ve ark., 2016; De-Melo ve ark., 2017). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne göre çiçek ballarında sakkaroz oranı en fazla %5, fruktoz+glukoz oranı en az %60, früktoz/glukoz oranı ise 0.9-1.4 aralığında olmalıdır (Anonim, 2020).

2.3.3 Karbon izotop (C4 şeker) oranı

Ekonomik sebeplerden dolayı hile ve tağşişin en çok yapıldığı gıdalardan biri olan bal, daha ucuza üretmek amacıyla birçok ucuz şeker kaynağı kullanılarak üretilir. Geçmiş yıllarda bal arılarını beslemek için pancar şekeri kullanılırken günümüzde daha çok invert şurup veya mısır nişastasından elde edilen fruktoz ve glukoz şurupları kullanılmaktadır (Belli, 2019). Bu şekilde verimi yüksek fakat hileli balların ticareti yapılmaktadır.

Arıların doğal nektar kaynaklarından ürettikleri ballar ile ticari şekerlerle beslenerek elde ettikleri balları ayırmanın en güvenilir ve yaygın yöntemi balda karbon izotop (C13) analizi ve C4 şeker oranı analizidir (Padovan ve ark., 2003; Belli, 2019)

Buğday, arpa, yonca ve pamuk gibi bitkilerde fotosentez ürünü olarak ilk meydana gelen ürün 3 karbonludur ve bu bitkilere C-3 bitkileri denir ve bu bitkilerde C13/C12 değeri -22 ile -33 arasındadır. Mısır, şeker kamışı, darı gibi bitkilerde ise ilk oluşan bileşik 4 karbonlu olup bu bitkilerde C-4 bitkileri denir ve bu bitkilerde ise C13/C12 değeri -10 ile -20 arasındadır. Nektarlı pek çok bitki C3 döngüsü kullandığından gerçek balda C13/C12 değeri -25 civarında olmalıdır (Can, 2014; Mutlu ve ark., 2017; Belli, 2019).

Bala mısır şurubu katıldığında baldaki karbon izotop oranı değişir fakat baldaki proteinin izotop oranı sabit kalır. Balın ve baldan ekstrakte edilen proteinin karbon izotop farkı -1 veya daha negatifse bala mısır şurubu katılmış demektir (Gürel, 2015). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne göre C4 şeker oranı en fazla %7 olmalıdır (Anonim, 2020).

2.3.4 Serbest asitlik

Baldaki bir diğer kalite kriteri ise asitliğidir. Bala asitliğini veren bileşenler: organik asitler, karbonhidratlar, mineral maddeler, peptitler ve aminoasitlerdir (Ötleş 1995, Kaplan, 2014). Balın içeriğindeki temel organik asit glukonik asittir, bunula birlikte

formik, asetik, sitrik, laktik, maleik, malik, oksalik, bütirik, kaproik, tartarik, piroglutamik ve süksinik asitte bulunmaktadır (Ulusoy, 2010; Bogdanov, 2016). Baldaki asitlik balın renk ve aromasını etkilerken balın fermentasyonu hakkında da bilgi verir. Serbest asitlik balın mikroorganizmalara karşı dayanıklılığını, antimikrobiyal özelliğini ve antioksidan aktivitesini artırır (Cavia ve ark., 2007). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne göre serbest asitlik miktarı en fazla 50meq/kg olmalıdır (Anonim, 2020).

2.3.5 Enzim içeriği

Balda bulunan temel enzimler nişastayı ya da glikojeni daha küçük birimlere parçalayan diastaz (α ve β amilaz), glikozu glikonik asit ve hidrojen peroksite parçalayan glikoz oksidaz, sakkarozu glikoz ve früktoza parçalayan invertaz (sukraz, sakkaraz, glukosidaz) enzimleri balın temel enzimleridir (D'Arcy, 1999, Karamahmet, 2021). Bunun dışında asit fosfataz, katalaz ve β -glukosidaz enzimleri bulunmaktadır. İnvartaz ve glukoz oksidaz enzimleri arının nektarı bala dönüştürmesi sırasında hipofarengal bezlerinde üretilirken, katalaz ve fosfataz ise nektar, salgı veya polenden gelebilmektedir. Diastaz enzimi ise her iki kaynaktan da gelebilmektedir (Mergen Duymaz, 2020).

Diastaz enzimi balda ısıtıl işlem uygulamasının belirleyicisidir. Diastaz enzimi ısıtıl işlem uygulandığında inaktif olur. Bu yüzden balın tazeliğinin tespitinde kullanılmaktadır (Sak-Bosnar ve Sakaç, 2012). Diastaz sayısı; 100g balda bulunan amilaz enzimlerinin 38-40°C'de 1 saat içerisinde parçaladığı nişasta miktarını ifade etmektedir (Mutlu ve ark., 2017). Balda düşük diastaz sayısı balın ısıtıl işleme mağruz bırakıldığını veya taze olmadığını gösterir ve istenmez, aynı zamanda yüksek diastaz sayısında balın asitliğini artırıp hızlı fermentasyona sebep olabileceğinden yine istenmeyen bir durumdur (Ferek, 2016). Türk Gıda Kodeksi Bal tebliği'ne göre diastaz sayısı Narenciye balı gibi yapısında doğal olarak düşük miktarda enzim bulunan balda en az 3, diğer ballarda ise en az 8 olmalıdır (Anonim, 2020).

2.3.6 Protein ve aminoasit içeriği

Baldaki protein; arı, nektar, salgı ve polenden kaynaklı olup balın içeriğinde %0,1-0,5 oranında bulunur (De-Melo ve ark., 2017). Bu oran oldukça düşüktür fakat içeriğindeki 11-21 farklı aminoasidi bulundurması aminoasitler bakımından balı zengin kılar. Bunlardan bazıları; histidin, lisin, valin, triptofan, glutamik asit, aspartik asit ve prolindir (Tosmur, 2004). Bu aminoasitlerin %80-90 kadarının, arının nektarı bala dönüştürürken salgıladığı sıvıda ve toplanan nektarlarda bulunan prolin aminoasidi olduğu belirtilmiştir (İslam ve ark., 2012; Mutlu ve ark., 2017). Fazla ısıya maruz kalmış, uzun süre depolanmış ve hileli ballarda prolin miktarı düşüktür veya prolin bulunmamaktadır (Can ve ark., 2015; Mergen Duymaz, 2020). Bundan dolayı balın kalitesi ve saflığının değerlendirilmesinde prolin içeriği önemli bir kriter olup Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne göre balın prolin aminoasidi içeriği en az 300 mg/kg olmalıdır (Anonim, 2020).

2.3.7 Mineral madde miktarı

Balın içeriğindeki mineral madde içeriği yaklaşık %0,1-1,0 aralığında olup, elde edildiği bitkiye, toprak ve iklime, botanik orjine göre değişir. Balda en fazla potasyum (K) olmakla birlikte; klor (Cl), sodyum (Na), kükürt (S), demir (Fe), bakır (Cu), fosfor (P), silisyum (Si), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg) ve manganez (Mn) de bulunmaktadır (Da Silva ve ark., 2016; De-Melo ve ark., 2017; Şen, 2019).

Çiçek balları ve açık renkli balların mineral madde içerikleri salgı balları ve koyu renkli ballara göre daha düşüktür (Lachman ve ark., 2007; Kolaylı ve ark., 2008). Bal ayrıca civa (Hg), kurşun (Pb), kadmiyum (Cd) ve alüminyum (Al) gibi ağır metallerde içerebilir ve maksimum kalıntı limiti aşıldığında toksik etki yapar (Alqarni ve ark., 2012).

2.3.8 Viskozite

Viskozite, akışkanların, sürtünme kuvvetinden dolayı akışa karşı göstermiş oldukları dirençtir. Bal içerdiği yüksek şeker oranından dolayı yüksek viskoziteye sahiptir bunula birlikte nem oranına ve kompozisyonuna bağlıdır ve disakkaritle daha fazla viskozite

kazandırır (Karadal ve Yıldırım, 2012). Balın viskozitesi sıcaklık artışı ile azalmakta, kuru madde miktarındaki artışa bağlı olarak da artış göstermektedir.

2.3.9 Elektriksel iletkenlik

Balın elektriksel iletkenliği içeriğindeki organik asit, şekerler, protein ve mineral miktarına göre değişmektedir. Bu değer salgı balı ve çiçek balını ayırt etmek için kullanılır. Elektriksel iletkenlik salgı ballarında daha yüksektir. Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne göre salgı ballarının elektriksel iletkenliği değeri en az 0.8 mS/cm ve çiçek ballarının ise en fazla 0.8 mS/cm olmalıdır (Anonim, 2020).

2.3.10 HMF

Balın bileşiminde var olan bir diğer bileşik ise fruktozun parçalanması ile açığa çıkan hidroksimetilfurfuraldır (HMF). HMF miktarı balda önemli bir kalite kriteridir. Bala uygulanan ısı işlem fruktozun parçalanmasını hızlandırmakta ve HMF miktarını arttırmaktadır. Düşük miktardaki HMF balın tazeliğinin göstergesidir. Artan HMF miktarı balın kalitesinin düştüğünü gösterir (Tosi ve ark., 2002; Ölmez, 2009). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne göre HMF ballarda en fazla 40 mg/kg bulunabilir (Anonim, 2020).

2.3.11 Antioksidan özellik

Oksidasyon gıda bileşenlerinin havanın oksijeniyle temas ederek, gıdanın besin değerinin azalmasına, tat, koku ve renk değişimine sebep olmaktadır (Şen, 2019). Antioksidanlar bu gibi istenmeyen durumları engelleyen veya önleyen bileşiklerdir. Balın içeriğindeki antioksidan özellik gösteren bileşikler; flavanoidler (krisin, pinosembirin, kuersetin, galangin, kampferol, hesperetin, mirsetin), fenolik asitler (kafeik, benzoik, kumarik, ellagik, ferulik, klorojenik), askorbik asit, tiamin, riboflavin, glikoz oksidaz, katalaz, peroksidaz ve karotenoidler gibi bileşiklerdir (Şen, 2019). Balın antioksidan özelliği en çok fenolik bileşiklerden kaynaklanmaktadır. Fenolik bileşikler nektar, salgı, propolis veya polen yoluyla bala geçtiğinden balın fenolik madde içeriği bitki orjinine göre değişmektedir (De-melo ve ark., 2017; Mergen Duymaz, 2020). Koyu renkli ballar açık renkli ballara göre daha fazla fenolik madde içeriğine sahiptir (Ulucan, 2013; Ekici ve ark., 2014).

2.3.12 Pestisit ve kalıntı içeriği

Son yıllarda tarımsal uygulamalarda verimi artırmak, tarım zararlılarıyla mücadele etmek ve masrafların azaltılması amacıyla kimyasal kullanımı oldukça artmıştır (Muku ve ark., 2019). Bal üretiminde ilaç kalıntısına rastlanılmasının iki önemli sebebi vardır. Bunlardan ilki arı hastalıklarına engel olmak için kovanlara uygulanan ilaçlar, ikincisi ise çiftçilerin kullandıkları zirai ilaçların dolaylı olarak bala geçmesidir (Kutlu ve Bengü, 2020). Arı kolonileri de birçok iç ve dış parazitler, protozoa, virüs, bakteri gibi hastalık yapan organizmalar (patojenler) tarafından etkilenmekte ve engel olunmadığı durumda bal ve diğer arıcılık ürünlerinde büyük kayıplar meydana gelmektedir (Çakar ve Gürel, 2019).

2.4 Bal ile İlgili Yapılmış Çalışmalar

Dünyada ve ülkemizde bal üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Güney Afrika'ya ait 1998'den 2017'ye kadar oluşturulmuş bal verileri analiz edilmiş, 638'i yerel ve 70'i ithal ve bilinmeyen kaynaklardan elde edilen toplam 857 bal örneğinin kalitesi değerlendirilmiştir. Buna göre yerel balların nem oranı ortalama %16,8 ithal balların nem oranı ortalama %17.1; kül oranları sırasıyla 1.62 ve 1.46; HMF miktarları sırasıyla 12.4 ve 21.4 olarak tespit edilmiştir (De Beer ve ark., 2021).

Güzel ve Bahçeci (2020)'nin yapmış olduğu bir çalışmada Çorum yöresine ait 47 bal örneğinde pH, nem, çözünür kuru madde, HMF, serbest asitlik, kül, şeker oranı, elektriksel iletkenlik, diastaz sayısı gibi pek çok kalite parametresine bakılmış örneklerin TKG Bal Tebliği'ne uygunlukları araştırılmıştır. Buna göre örneklerin ortalama değerleri pH 3.83 (3.55-4.20), çözünür kuru madde 81.5 °Bx (76.8-83.8), nem %16.9 (14.5-21.7), serbest asitlik 32.2 meq/kg (21.1-47.8), HMF 3.5 mg/kg (0.3-36.5), kül %0.18 (0.02-1.58), elektriksel iletkenlik 350 µS/cm (205-674), diastaz sayısı 16.4 (0.1-32.2), glukoz %30.4 (26.0-34.3), fruktoz %35.3 (31.5-39.1), sukroz %0.34 olarak bulunmuştur. Buna göre bir örnek nem ile glukoz ve fruktoz toplamı, üç örnek ise diastaz sayısı bakımından mevzuata uymadığı tespit edilmiştir.

Gültekin Özgüven ve ark. (2020)'nin yapmış olduğu çalışmada çeşitli yörelerden elde edilen 12 adet çiçek balının fizikokimyasal analizleri sonucunda TKG Bal Tebliğine

uygunlukları kontrol edilmiştir. Buna göre bal örneklerinin elektriksel iletkenlikleri ölçüldüğünde iki numunenin izin verilen 0.8 mS/cm değerini aştığı gözlemlenmiştir (0.91mS/cm ve 1.05 mS/cm). HMF miktarı mevzuata uygun olup en fazla 0,95mg/kg, nem miktarı en fazla %19.9, asitlik en fazla 39.9 meq/kg bulunmuştur. Prolin miktarı sadece bir numunede sınır değer olan en az 300 mg/kg altında çıkmıştır (271 mg/kg).

2020 yılında Romanya balları üzerinde yapılan bir araştırmada, 62 farklı botanik kökenli (akasya, ıhlamur, ayçiçeği vb.) bal örneğinin ana şeker bileşimi ve kalite özellikleri araştırılmıştır. Buna göre serbest asitlik değeri en düşük olan ballar 9.7meq/kg ile akasya ve 11.3 meq/kg değerleriyle kolza balı olduğu tespit edilmiştir (Geana, E ve Ciucure, C, 2020).

Kutlu ve Bengü (2020) tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise Muş iline ait 10 adet bal örneğinin bazı kalite kriterlerine bakılıp, antibiyotik ve pestisit kalıntısı analizleri yapılmış ve örneklerde antibiyotik ve pestisit kalıntısına rastlanmamıştır. Ayrıca örneklerin prolin miktarı ortalama 679.8ppm, diastaz sayısı ortalama 19.84, Fruktoz/Glukoz Oranı 1.34, Elektriksel İletkenliği ortalama 0.23mS/cm, Fruktoz+ Glukoz %72.03 olduğu tespit edilmiştir.

Yurt ve Çakır (2020)' ın yapmış olduğu çalışmada Iğdır ve yöresine ait 30 adet süzme çiçek ballarının bazı fizikokimyasal özelliklerini incelemiştir. Bal örneklerinin asitlik, nem miktarı, briks, hidroksimetilfurfural, glukoz ve fruktoz analizleri yapılmıştır. Örneklerin ortalama fizikokimyasal değerleri; Briks % 83.30 ± 0.97 , asitlik 22.64 ± 4.16 meq/kg, nem miktarı % 15.06 ± 0.75 , pH 4.33 ± 0.25 , hidroksimetilfurfural 39.85 ± 30.41 mg/kg, iletkenlik 0.17 ± 0.15 mS/cm, fruktoz % 38.62 ± 2.36 , glukoz % 32.46 ± 2.24 , fruktoz / glukoz oranı 1.20 ± 0.10 ve glukoz + früktoz miktarı % 71.09 ± 3.66 olarak tespit edilmiştir. Bunun sonucunda Iğdır ve yöresinde üretilen süzme çiçek balları TGK Bal Tebliğine genel olarak uygundur.

Guo peilin ve ark. (2019) yapmış oldukları çalışmada Çin kökenli farklı çiçek kökenli bal örneklerinin birçok fizikokimyasal özelliklerine bakılmıştır. Analizler sonucunda hünnap balı en yüksek toplam fenolik madde içeriğine (63.97mg/100g), Fruktoz /Glukoz oranına (1,37), askorbik asit içeriğine (1114.07mg/kg) ve K(1006.949mg/kg), Ca (89.674mg/kg),

Mg (11.832 mg/kg), Fe (1.373 mg/kg), Cu (0.237 mg/kg), Zn (1.029 mg/kg), Mn (0.148 mg/kg) mineral içeriğine sahiptir.

Yapılan bir diğer araştırmada Antalya ilinin Akseki ve İbradı ilçelerine ait 60 adet bal örneğinde 330 adet pestisit, 25 adet antibiyotik ve naftalin kalıntı analizleri yapıp süzme ve petekli bal örneklerini kalıntı içeriği yönünden karşılaştırılmıştır. Örneklerin hiçbirinde antibiyotik bileşeni kalıntısı bulunmamıştır. Yalnız üç adet petekli bal örneğinde 3.0, 3.9 ve 8.9 µg kg⁻¹ düzeyinde naftalin kalıntısı tespit edilmiş olup bu değerler TGK Bal Tebliğinde naftalin için belirtilen 10 µg kg⁻¹ düzeyinin altındadır. Naftalin kalıntısı bulunan örnekler petekli bala ait olup aynı örnekten alınan süzme balda naftalin kalıntısı tespit edilmemiştir. Bu da naftalin kalıntısı bakımından petek balların daha fazla risk taşıdığını ortaya koyar (Çakar ve Gürel, 2019).

Muku C. ve ark. (2019)'nın yapmış olduğu çalışmada, ülkemizin Doğu Akdeniz bölgesinin Adana, Hatay ve Mersin illerinden temin edilen 30 farklı çiçek balı örneğinin pestisit ve naftalin içeriklerine bakılmıştır. Sadece 1 adet bal örneğinde naftalin kalıntısına rastlanmış olup maksimum kalıntı seviyesi olan 10ppb'nin altında bulunmuştur. İki bal örneğinde ise iz miktarda naftalin saptanmıştır.

Kavanagh S. ve ark. (2019) yapmış oldukları bir araştırmada İrlanda genelinden toplamış oldukları 131 adet farklı bal (funda balı, çiçek balı, sarmaşık balı, akasya balı vb.) örneğinin toplam fenolik içeriği ve fizikokimyasal özelliklerini incelemişlerdir. Buna göre funda balı ve manuka balı en yüksek toplam fenolik madde miktarına sahip olup sırası ile ortalama 68.16 ve 62.43 olarak bulunmuştur. Sarmaşık balının toplam fenolik madde içeriği funda balının yaklaşık yarısı kadar olduğu tespit edildi.

Aypak ve ark. (2019) yapmış oldukları bir çalışmada Aydın ilinde üretilen, 40 adet bal örneğinin HMF ve antioksidan aktivitelerini incelemişlerdir. Bal örneklerinin 20'si direkt kovandan alınmış çiçek balı, 20'si ise markette satılan çiçek balı örneğidir. Kovanlardan direkt alınan bal örneklerinde antioksidan aktivite 16.54 mg/kg, HMF düzeyi 26.94mg/kg olarak, market ballarında ise antioksidan aktivite 22.04, HMF düzeyi 56.70 mg/kg olarak tespit edilmiştir.

Muku ve ark. (2019) yapmış oldukları çalışmada doğu Akdeniz bölgesinden temin edilen 30 adet bal örneğinde yapılan pestisit analizinde hiçbir örnekte belirlenme seviyesinin üzerinde pestisit kalıntısına rastlanmamıştır.

Konya ve Karaman bölgesinde yapılan bir çalışmada 17 multifloral bal örneğinin elektriksel iletkenliği, nem içeriği, serbest asitliği, diastaz aktivitesi, prolin miktarı, pH, fruktoz, glukoz, sukroz içeriği incelenmiştir. Analiz sonuçlarına göre, nem içeriği %15.40-18.80, elektriksel iletkenlik 0.19-0.58mS/cm, diastaz sayısı 10.4-34.9, serbest asitlik 18-29(meq/kg), pH 3.63-4.72, glukoz oranı %26.47- 33.70, fruktoz oranı %35.51-40.19, fruktoz/glukoz oranı %1.10-1.41 ve prolin miktarı 349-908 mg/kg olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar TKG Bal Tebliği'ne uygun bulunmuştur (Özler ve ark. 2019).

Yapılan bir çalışmada Bingöl yöresine ait 32 adet bal örneğinin HMF, diastaz, Nem ve C4 şeker özellikleri incelenmiştir. Bal örneklerinin nem oranı ortalama %15.39, HMF miktarı ortalama 36.37 ± 2.35 , diastaz sayısı ortalama 18.39 ± 1.08 , C4 şeker kriteri ise 0.95 – 1.79 aralığında olup ortalama 1.37 olarak tespit edilmiştir (Bengü ve Kutlu, 2018).

Yılmaz ve Eskici (2017), yapmış oldukları bir çalışmada Erzincan iline ait 50 adet çiçek balı örneğinin biyokimyasal özelliklerini analiz ederek, TKG Bal Tebliği'ne göre uygunluğunu değerlendirmişlerdir. Çiçek ballarının nem içerikleri % 16.9 ile % 21.4, serbest asitlik değerleri 11.04-28.59 meq/kg, diastaz sayıları 4.5-19.4, HMF (Hidroksi metil furfural) değerleri 1.54-47.81 mg/kg, sakkaroz içeriği % 0.1-15.3, fruktoz+glukoz değeri % 49.5-77.9, fruktoz/glikoz oranları 0.74-1.29 arasında değiştiği belirlenmiştir. Bal örneklerinden %70' inin, bal tebliğinde belirtilen tüm kriterlere uyduğu görülmektedir.

Düzce ili Yığılca ilçesi çevresinde, rastgele seçilen arıcılardan toplanılan 10 adet bal örneğinde yapılan bir çalışmada bal örneklerinin kimyasal yapısı ve polen içeriği araştırılmıştır. Bal örneklerin nem, asitlik, maltoz, sakkaroz, fruktoz, glikoz, fruktoz/glikoz, elektriksel iletkenlik, diastaz sayısı, HMF, C13 ve C4 yönünden incelenmiştir. Analizler sonucu % nem oranı 16.20- 19.40, serbest asitlik 21.0-46.0 meq/kg, HMF miktarı 10.50- 36.02 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Bal örneklerinin %80'i TKG Bal Tebliğine uygun bulunmuştur (Kambur ve ark., 2015).

Yıldız ve ark. (2016) yapmış oldukları bir araştırmada, Türkiye'nin çeşitli bölgelerinden toplanan çam balı, pamuk balı, yayla balı ve ayçiçeği ballarının fizikokimyasal özelliklerini incelemişlerdir. Analiz sonuçlarına göre en yüksek nem oranının ayçiçeği balında (%20.13), en düşük nem oranının ise çam balında olduğunu belirtmişlerdir (%17). En yüksek Fruktoz+glukoz oranını %72.69 ile ayçiçeği balında, en düşük oranını ise %56.37 ile çam balında belirlemişlerdir. Diastaz sayısının en yüksek ayçiçeği balında (25.61), en düşük çam balında (15.51) olduğu belirtilmiştir. İncelenen bal örneklerinin genel olarak TKG Bal Tebliği'ne uygun olduğu bildirilmiştir.

Yapılan başka bir araştırmada 27 adet bal örneğinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri, toplam fenolik madde miktarı ve antimikrobiyal aktiviteleri araştırılmıştır. Balların nem miktarı ortalama %16.10, toplam kuru madde miktarı %83.91, suda çözünür kuru madde %82.25, pH değeri 3.88, titrasyon asitliği, 33.25 meq/kg olarak belirlenmiştir. Balların mineral madde içerikleri (mg/kg); K 178.40; Na 118.04; Mg 19.83; Zn 11.56; Cu 2.06 ve P 41.64 olarak tespit edilmiştir (Doğan, 2014).

Uçkun ve Selli (2012), yapmış oldukları bir çalışmada Kayseri iline ait çiçek balının aroma maddeleri bileşimini incelemişlerdir. Çiçek balında toplam 41 adet aroma maddesi belirlenmiştir. Miktar olarak en fazla bulunan aroma maddelerinin asitler olduğu, daha sonra sırayla piranlar, ketonlar ve alkollerin yer aldığı belirtilmiştir.

Ölmez (2009), yaptığı bir çalışmada Türkiye'nin farklı bölgelerinde üretilen çeşitli çiçek ve salgı ballarının (gökbaş, akasya, üçgül, fiğ, diken, çam, sedir), bazı kalitatif ve besinsel özelliklerini incelemiştir. Bal örneklerinde kül oranı %0.01-0.12, asitlik 18.2-47.5 meq/kg, protein %0.60-0.99 glukoz ve fruktoz toplamı % 51.31-68.30, HMF 1.34-31.28 mg/kg, diastaz 10.9-17.9, pH 3.42-4.66, su miktarı % 17.1-20.0 ve viskozite 2.48-8.42 pas olarak bildirilmiştir. Bal örneklerinde en yüksek miktarda bulunan mineral maddenin Mg olduğu belirtilmiştir.

Devillers ve ark. (2004) monofloral balların sınıflandırılması ile ilgili yapmış oldukları bir araştırmada kestane, lavanta, akasya, çam, ayçiçeği, kolza ballarından 469 adet bal örneği kullanmışlardır. Örneklerde renk, diastaz, nem elektriksel iletkenlik, HMF, şeker bileşimleri ve asitlik incelenmiştir. Sonuçlara göre diastaz aktivitesi en yüksek ayçiçeği

ballarında 25.04 ID, en düşük ise lavanta ballarında 14.51 ID olarak belirlenmiştir. Elektriksel iletkenlik değerleri ise en yüksek çam ve en düşük akasya ballarından elde edilmiştir (sırasıyla 1069 ve 195.4 $\mu\text{s}/\text{cm}$), pH değerleri akasya ve ayçiçek ballarında 3 civarıken, çam ve kestane ballarında pH'ın 5 civarında olduğu tespit edilmiştir.



3. MATERYAL ve METOT

3.1. Materyal

Bu çalışmada Tokat merkez ve ilçelerinde üretilen ve Tokat Arı Yetiştiricileri Birliği tarafından temin edilen 24 adet süzme çiçek balı incelenmiştir. Ballar Şekil 3.1.' de gösterilen 12 ilçeden 2019 ve 2020 yılları içerisinde hasat edilmiştir. Numuneler Analizleri yapılmaya kadar oda sıcaklığında, direkt ışık almayan kuru bir ortamda metal kapaklı cam kavanozlarda muhafaza edilmiş ve analiz öncesinde homojen hale getirilmiştir.



Şekil 3.1. Bal numunelerinin temin edildiği Tokat ili ve ilçeleri

Tokat ili Orta Karadeniz Bölgesinde olup ortalama yükseltisi 623 metredir. Alınan bal örnekleri 2019 ve 2020 yıllarına ait olup ilçe ve yılına göre numaralandırılmıştır. Numune kodları Çizelge 3.1.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Tokat bölgesi ballarının numune kodları ve temin edildiği ilçeler

NO	NUMUNE KODU		İLÇE	ÇEŞİT
	2019	2020		
1	A9	A0	Almus	Çiçek Balı
2	AR9	AR0	Artova	Çiçek Balı
3	B9	B0	Başçiftlik	Çiçek Balı
4	E9	E0	Erbaa	Çiçek Balı
5	M9	M0	Merkez	Çiçek Balı
6	N9	N0	Niksar	Çiçek Balı
7	P9	P0	Pazar	Çiçek Balı
8	R9	R0	Reşadiye	Çiçek Balı
9	S9	S0	Sulusaray	Çiçek Balı
10	T9	T0	Turhal	Çiçek Balı
11	Y9	Y0	Yeşilyurt	Çiçek Balı
12	Z9	Z0	Zile	Çiçek Balı

3.2 Metot

3.2.1 Nem tayini

TS 13365 Bal- su muhtevası tayini standardında belirtilen yöntemle göre yapılmıştır. Buna göre balların nem miktarı, refraktometre kullanılarak tayin edilmiştir. Bu amaçla analizde kullanılan bal örneğinden yeterli miktarda alınarak refraktometrenin prizmaları arasına konulmuş ve balın optik kırılma indisi okunarak kaydedilmiştir. Kırılma indisinin karşılığı olan % su miktarı belirlenmiştir (Anonim, 2008f).

3.2.2. Serbest asitlik

TS 13360 Bal-Serbest asit muhtevasının tayini standardında belirtilen yöntemle göre yapılmıştır. Yöntemle göre suda çözünmüş bal numunesinin serbest asit muhtevası, sodyum bikarbonat çözeltisi ile potansiyometrik olarak titrasyon sonu pH 8.3'e ulaşınca kadar titre edilerek ölçülmüştür (Anonim, 2008d).

3.2.3 Elektrik iletkenliği tayini

TS 13366 Bal- Elektrik iletkenliği tayini standardında belirtilen yöntemle göre yapılmıştır. Buna göre bal çözeltisinin (100 mL suda 20 g kuru bal ihtiva eden), bir iletkenlik hücresi kullanılarak direncinin ölçülmesiyle elektrik iletkenliği tayin edilmiştir (Anonim, 2008g).

3.2.4 Şeker tayini

TS 13359 Bal-Fruktoz, glukoz, sakkaroz, turanoz ve maltoz muhtevası tayini standardında belirtilen yöntemle göre yapılmıştır. Seyreltilmiş bal çözeltisinin membran bir filtreden geçirilen kısmının HPLC (yüksek performanslı sıvı kromatografisi) ile analiz edilmesi sonucu tayin edilmiştir (Anonim, 2008c).

3.2.5 HMF tayini

TS 13356 Balda HMF muhtevasının tayini standardında belirtilen yönteme göre yapılmıştır. Carrez  z ltisi ile eř zamanlı olarak berraklaşma ve kararlı hale gelmeden sonra, analiz  z ltisi süzülecek ve yüksek performanslı sıvı kromatografisi ile ayrıldıktan sonra HMF muhtevası, UV detektör kullanılarak 284 nm dalga boyunda tayin edilmiştir. Rakamsal sonuçlar dış standart metot ile analiz ve kalibrasyon  z ltilerinin pik yüksekliklerinden veya pik alanlarından elde edilmiştir (Anonim, 2008a).

3.2.6 Prolin miktarı tayini

TS 13357 Balda prolin muhtevasının tayini standardında belirtilen yönteme göre yapılmıştır. Prolin ninhidrin ile birleşerek renkli kompleks bir bileşik oluşturur. Balda prolin muhtevası, 2-propanol ilave edildikten sonra numune ve referans  z ltilerin en yüksek absorbans değerine göre hesaplanmıştır (Anonim, 2008b).

3.2.7 Diastaz aktivitesi tayini

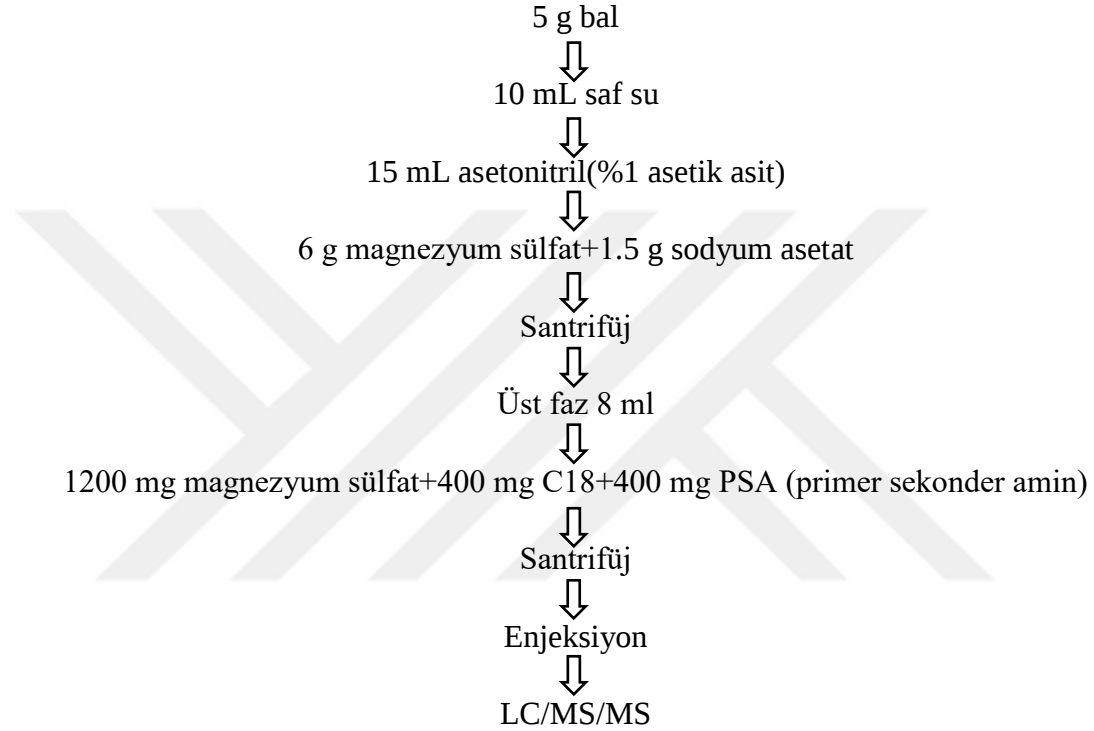
TS 13364 Bal- Diastaz aktivitesi tayini standardında belirtilen yönteme göre yapılmıştır. Buna göre belirli hacimdeki nişasta ve bal  z ltisi bu işlem için tesis edilen 40  C sıcaklıktaki reaksiyon kabına alınıp iyice karıştırılmıştır. Sonra reaksiyon kabındaki karışımlar düzenli zaman aralıklarında eşit hacimlerde alınmış ve deney durdurulmuştur. İyot stok  z ltisi ve seyreltik iyot  z ltisinin optik yoğunluğu fotometrik olarak ölçülmüştür. Zamana karşı  l me değerlerinin yer aldığı deney eğrisi yardımıyla, 1 g nişastaya uygun gelen absorbans değeri bulunmuş ve bu değerin elde edildiği zaman okunmuştur (Anonim, 2008e).

3.2.8 Karbon izotop oranı ve % C4 şeker analizi

Bu analiz, balda C4 şeker bulunup bulunmadığını tespit etmek amacıyla uygulanır. Yönteme göre ham baldan ve bu baldan elde edilen protein  z ltisinden tam olarak yakılma sonucu ortaya çıkan CO₂ gazının C atomundaki ¹³C/¹²C oranı kütle spektrometresi ile belirlenmiş ve bu değerden baldaki C4 şeker miktarı hesaplanmıştır (Anonim, 2007)

3.2.9 Pestisit kalıntı analizi

Pestisit analizinde QuEChERS (QuickEasyCheapEfficientRuggedSafe) yöntemi olarak bilinen AOAC 2007.01 metodu uygulanmış ve LC/MS/MS cihazı kullanılmıştır.



Şekil 3.2. LC/MSMS cihazı ile pestisit analizi örnek hazırlama ve analiz akış şeması

Bu yöntemde 5 g bal örneği alınmış daha sonra üzerine seyrelmek amacıyla 10 ml saf su ilavesi yapılmıştır. Örnek içerisine sırasıyla 15 ml asetonitril (%1 asetik asit) çözgeni ve 6 g magnezyum sülfat ve 1.5 g sodyum asetat karıştırılmıştır. Karışım santrifüj edilmiştir. Üst fazdan 8 ml alınarak, 1200 mg magnezyum sülfat, 400 mg C18, 400 mg PSA ile vorteks cihazıyla karıştırılmış ve karışım tekrar santrifüj edilmiştir. Üst fazdan 1 ml alınarak LC/MS/MS'e enjekte edilmiştir. Örnekler 3 tekerrürlü olarak çalışılmıştır.

3.2.10 Mineral madde ve ağır metal analizi

Ballar Zn, Ni, Cd, Cr, Mn, Cu, Ca, Pb içerikleri bakımından incelenmiştir. Analiz öncesinde örnekler inorganik bileşiklerin çözünür faza geçirilip organik bileşiklerin yok edilmesi amacıyla çözümleme işlemini yapılmıştır. Bu amaçla 1 gr bal numunesi üzerine 1 ml H_2O_2 (%35) ve 3 ml HNO_3 (%65) ilave edilerek çeker ocakta yakma işlemine tabi tutulmuştur. Yakma işlemi gerçekleştirildikten sonra soğutulan örnekler bidistile su ile 25 ml'ye tamamlanarak analize hazır hale getirilmiştir. Örneklerin mineral madde düzeyleri ICP-MS (Inductively coupled plasma with mass spectrometry) cihazı ile analiz edilmiştir.

3.2.11 Toplam fenolik madde miktarı tayini

Bal örneklerinin toplam fenolik madde tayini Folin-Ciocalteu (FC) yöntemi uygulanarak gerçekleştirilmiştir. 1 g bal örneği 10 ml etanol ile seyreltilmiştir. Hazırlanan örneklerden 50 μ L alınarak üzerine, 200 μ L Folin-Ciocalteu reaktifi, 2 mL saf su ilave edilmiş ve karışım oda sıcaklığında 3 dk. bekletilmiştir. Bu karışım üzerine %20'lik 361 mL sodyum karbonat (Na_2CO_3) çözeltisi ilave edilerek norteks ile karıştırılmıştır. Karışım oda koşullarında 1 saat inkübasyona bırakılmış ve ardından 765 nm'deki absorbansları spektrofotometre ile ölçülmüştür. Elde edilen veriler seyreltmeler dikkate alınarak mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/g olarak ifade edilmiştir (Topuz, 2019).

3.2.12. Serbest radikali giderme aktivitesi (DPPH•)

1 g bal örneği 10 ml etanol ile seyreltilmiştir. Öncelikle 0.06 mM DPPH çözeltisi hazırlanmıştır. Hazırlanan çözelti 4 °C'de karanlık ortamda 1 saat bekletilmiştir. Daha sonra seyreltilmiş örneklerden 100 μ L alınıp üzerine 3.9 mL DPPH çözeltisi eklenmiştir. Karışım vorteks ile çalkalanmıştır. Karışım oda sıcaklığında karanlık bir ortamda 30 dk. bekletildikten sonra karışımın 517 nm'deki absorbansları spektrofotometre ile ölçülmüştür. Örneklerin serbest radikal giderme aktivitesi mg TE/g olarak hesaplanmıştır.

3.2.13 Katyon radikali giderme aktivitesi (ABTS●+)

Bal örneklerinin antioksidan aktivitesinin belirlenmesi için Re ve ark. (1999) tarafından geliştirilen spektrofotometrik yöntem kullanılmıştır. 1g bal örneği 10ml etanol ile seyreltilmiştir. Daha sonra 7 mM ABTS ve 2.45 mM K₂S₂O₈ çözeltisi hazırlanmıştır. ABTS radikal stok çözeltisini hazırlamak için ABTS çözeltisi ve K₂S₂O₈ çözeltisi (1:1 oranında) karıştırılmıştır. Çözelti oda sıcaklığında, 16 saat karanlık ortamda bekletilmiştir. ABTS radikali çalışma çözeltisi; 1 mL stok çözeltinin 54 mL etil alkol ile 734 nm'de 0.700 (±0.02) absorbans değeri verecek şekilde seyreltilmesi ile hazırlanmıştır. Daha sonra seyreltilen bal örneğinden 40 µL alınıp üzerine 4 mL ABTS radikali ilave edilip karıştırıldıktan sonra reaksiyonun gerçekleşmesi için karışım oda sıcaklığında karanlık bir ortamda 6 dk. bekletilmiştir. Karışımın 734 nm'deki absorbansları spektrofotometre ile ölçülmüştür. Örneklerin katyon radikali giderme aktivitesi mg TE/g olarak hesaplanmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada incelenen Tokat merkez ve ilçelerine ait 2019 ve 2020 yılı çiçek ballarının nem, şeker kompozisyonu, prolin, diastaz, HMF, elektrik iletkenliği, mineral içeriği, pestisit ve kalıntı içeriği, toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan kapasitesi analizlerinde elde edilen bulgular aşağıda verilmiş, tartışılmış ve yorumlanmıştır.

4.1 Balın Bazı Fizikokimyasal Özellikleri

Tokat yöresine ait bal örneklerinin ham bal ($\Delta 13\text{ C}$), Protein ($\Delta 13\text{ C}$), protein-ham bal $\Delta 13\text{ C}$ farkı, sakkaroz, früktoz+glukoz ve früktoz/glukoz miktarları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Tokat yöresi ballarının ham bal $\Delta 13\text{C}$, protein $\Delta 13\text{C}$, protein-ham bal $\Delta 13\text{C}$ farkı, C4 şeker oranı(%), sakkaroz(%), früktoz+glüköz(%) , früktoz/glüköz değerleri verilmiştir.

Bal Örneği	HAM BAL ($\Delta 13\text{C}$)	PROTEİN ($\Delta 13\text{C}$)	$\Delta 13\text{ C}$ Farkı	C4 DEĞERİ (%)	SAKKAROZ (%)	F+G (%)	F/G
A9	-27.10±0.20	-26.83±0.20	0.27	0.00	0.62±0.02	62.54	1.33
A0	-27.32±0.20	-26.50±0.20	0.82	0.00	0.86±0.00	66.16	2.11
AR9	-26.73±0.20	-26.87±0.20	-0.14	0.82	0.86±0.16	71.41	1.28
AR0	-26.41±0.20	-26.68±0.20	-0.27	1.60	0.30±0.00	69.32	1.20
B9	-26.88±0.20	-26.98±0.20	-0.10	0.58	0.99±0.01	62.80	1.06
B0	-25.89±0.20	-26.19±0.20	-0.30	1.83	0.68±0.00	68.42	1.30
E9	-25.55±0.20	-26.39±0.20	-0.84	5.02	0.34±0.00	73.24	1.36
E0	-25.93±0.20	-26.35±0.20	-0.41	2.49	0.74±0.01	72.76	1.47
M9	-26.47±0.20	-25.94±0.20	0.54	0.00	0.66±0.22	70.63	1.27
M0	-26.72±0.20	-25.49±0.20	1.23	0.00	0.48±0.02	67.55	1.21
N9	-26.51±0.20	-26.20±0.20	0.31	0.00	0.78±0.00	73.27	1.18
N0	-26.31±0.20	-26.16±0.20	0.14	0.00	1.07±0.00	66.80	1.86
P9	-26.73±0.20	-27.18±0.20	-0.45	2.59	1.96±0.24	68.73	1.20
P0	-26.40±0.20	-26.35±0.20	0.05	0.00	0.71±0.01	68.27	1.31
R9	-26.87±0.20	-26.54±0.20	0.34	0.00	0.70±0.02	71.79	1.16
R0	-27.17±0.20	-26.50±0.20	0.67	0.00	0.96±0.00	67.85	1.87
S9	-27.04±0.20	-27.09±0.20	-0.05	0.29	0.51±0.18	65.98	1.10
S0	-26.82±0.20	-26.56±0.20	0.27	0.00	1.09±0.00	66.36	1.72
T9	-27.07±0.20	-26.81±0.20	0.26	0.00	0.75±0.18	66.63	1.25
T0	-27.21±0.20	-26.91±0.20	0.52	0.00	0.62±0.00	69.07	2.62
Y9	-26.16±0.20	-26.34±0.20	-0.18	1.07	1.15±0.00	66.62	1.13
Y0	-26.09±0.20	-26.23±0.20	-0.14	0.85	0.74±0.00	67.29	1.13
Z9	-25.98±0.20	-26.89±0.20	-0.90	5.26	1.43±0.00	68.21	1.18
Z0	-25.32±0.20	-26.16±0.20	-0.84	5.12	0.69±0.00	76.67	0.98
Sınır değer	-23 ve daha negatif	-23 ve daha negatif	-1,0 veya daha pozitif	≤7	≤5	60≤	0.9-1.4

Tokat bölgesi ballarından alınan örneklerde protein ve ham bal delta C13 değerleri arasındaki fark -0.90 ve 0.67 değerleri arasındadır. Bu değerler TGK Bal Tebliğinde belirtilen -1.0 veya daha pozitif sınırlarına uymaktadır. $\Delta C13$ değerinden hesaplanan C4 şeker oranları ise 0-5.26 aralığındadır ve TGK Bal tebliğinde belirtilen sınır değere uymaktadır (≤ 7). Bal örneklerinin sakkaroz değerlerine bakıldığında % 0.34 ± 0.01 - 1.96 ± 0.24 aralıklarında olduğu görülmüştür ve TGK bal tebliğine göre sakkaroz oranı için belirtilen sınır değerine (≤ 5) uygun olduğu belirlenmiştir. Fruktoz+glukoz oranı %62.54-76.67 değerleri aralığında belirlenmiş olup, TGK bal tebliğinde belirtilen sınır değerle ($60 \leq$) uyumlu olduğu görülmektedir. Tokat yöresi ballarının Fruktoz/Glukoz oranlarına bakıldığında **değerlerin** 0.98-2.62 aralığında olduğu, beş örneğin (A0, E0, N0, R0, T0), TGK bal tebliğinde belirtilen aralık değerinden (0.9-1.4) yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Bal örneklerinde $\Delta C13$ değerinden hesaplanan C4 şeker oranını; Bengü ve Kutlu (2018), ortalama % 1.37 ± 0.21 ; Kambur ve ark. (2015), %0.43-8.72; Çınar (2010), %2.3; Belli (2019), %0-16.81; Çiftçi (2018), %0.00-3.53; Can (2014), %0-3.35 olarak belirlemişlerdir.

Bal örneklerinde sakkaroz miktarlarını Kambur ve ark. (2015), %0- 0.34; Çınar (2010) %1.19; Kasırga (2019), %0-2.92, Sunay (2006), %2.50-3.11; Çetin ve ark. (2011), %0.46-17.10 arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Bal örneklerinde früktoz+glukoz toplamı ile früktoz/glukoz oranlarını Kambur ve ark. (2015), früktoz+glukoz miktarını %53.67-59.00, früktoz/glikoz oranını 1.18-1.32; Çınar (2010) fruktoz/glukoz oranını 1.20; Belli (2019), fruktoz+glukoz miktarını %41.61-64.85; Sunay (2006), früktoz/glikoz oranını 1.06- 1.19; Çiftçi (2018), fruktoz/glukoz oranını 1.06-1.19, fruktoz + glukoz miktarını %65.20-73.52; Turan (2012) fruktoz+glukoz miktarını %58.2- 71.2; Kaplan (2014), fruktoz+glukoz miktarını %54.20-82.22; Çetin ve ark. (2011), glikoz+fruktoz miktarını %42.44–75.60, fruktoz/glikoz oranını ise 1.01–1.85 arasında olduğunu bildirmişleridir.

Tokat bölgesi ballarının serbest asitlik, elektrik iletkenliği, HMF değeri, prolin miktarı, nem ve diastaz değerleri Çizelge 4.2 'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Tokat yöresi ballarının serbest asitlik(mmol/kg), iletkenlik(mS/cm), HMF (mg/kg), prolin(mg/kg), nem(%) ve diastaz değerleri

Bal Örnekleri	SERBEST ASİTLİK (mmol/kg)	İLETKENLİK (mS/cm)	HMF (mg/kg)	PROLİN (mg/kg)	NEM (%)	DİASTAZ -
A9	42±0.12	0.42 ±0.00	0.14±0.00	664.62±5.00	17.4±0.0	5.0
A0	36±0.24	0.33±0.00	2.71±0.00	459.49±0.90	19.0±0.0	0.0
AR9	34±0.50	0.47±0.02	2.31±0.00	783.59±15.00	13.0±0.0	6.5
AR0	37±0.14	0.49±0.01	0.26±0.00	927.18±4.00	17.0±0.0	0.0
B9	44±0.04	0.53±0.00	0.18±0.03	767.18±5.00	18.6±0.0	6.5
B0	48±0.16	0.38±0.00	0.79±0.00	438.98±12.00	13.0±0.0	0.0
E9	26±0.12	0.62±0.01	0.05±0.00	504.62±8.00	16.2±0.0	10.9
E0	30±0.12	0.62±0.00	0.10±0.00	869.74±0.62	17.2±0.0	0.0
M9	28±0.12	0.78±0.00	0.26±0.00	734.36±6.00	13.0±0.0	10.9
M0	44±0.16	0.86±0.01	1.83±0.00	1107.69±6.20	15.2±0.0	10.9
N9	40±0.12	0.43±0.00	0.22±0.00	455.38±10.00	13.0±0.0	6.5
N0	36±0.10	0.33±0.00	7.74±0.00	660.51±8.00	18.8±0.0	0.0
P9	32±0.12	0.35±0.00	0.82±0.00	422.56±00	13.0±0.0	6.5
P0	42±0.24	0.35±0.01	0.75±0.00	1029.74±0.32	13.0±0.0	8.3
R9	40±0.12	0.35±0.00	0.68±0.00	500.51±5.00	13.0±0.0	6.5
R0	36±0.10	0.64±0.00	1.14±0.00	951.80±10.00	13.0±0.0	8.3
S9	32±0.12	0.47±0.01	0.24±0.00	475.90±4.00	16.8±0.0	8.3
S0	38±0.20	0.41±0.01	8.69±0.00	767.18±0.49	16.2±0.0	0.0
T9	28±0.06	0.78±0.00	0.32±0.00	763.08±6.00	18.6±0.0	10.9
T0	32±0.20	0.54±0.00	4.13±0.00	1222.56±0.32	20.0±0.0	0.0
Y9	34±0.21	0.45±0.00	2.90±0.00	504.62±0.80	15.6±0.0	0.0
Y0	34±0.14	0.40±0.01	1.86±0.00	607.18±2.20	17.2±0.0	0.0
Z9	40±0.12	0.42±0.00	5.87±0.00	455.39±00	13.0±0.0	5.0
Z0	36±0.18	0.51±0.01	1.67±0.00	455.39±5.00	13.0±0.0	0.0
Sınır değeri	≤50	≤0.8	≤40	300≤	≤20	8≤

Tokat yöresine ait bal örneklerinde serbest asitlik miktarı 26±0.12-48±0.16 mmol/kg aralığında belirlenmiştir. TKG Bal Tebliği'ne göre serbest asitlik en fazla 50 mmol/kg(meq/kg) olmalıdır. İncelenen bal örneklerinin tamamının serbest asit miktarı bakımından Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğine uygun olduğu görülmektedir.

Balda serbest asitlik miktarını Kambur ve ark. (2015), 21.0-70.0meq/kg; Çınar (2010), 27.55meq/kg; Belli (2019), 8,95-27,9 meq/kg; Kalafat Kul (2020), 16.7-59.1 meq/kg; Alak (2015), 4.46-41.11 meq/kg; Çiftçi (2018), 22,39-34.06(meq/kg); Kaplan (2014), 5.80-14.23 meq/kg, Çetin ve ark (2011), 12.87–39.04 meq/kg; Güzel ve Bahçeci (2020), 21.1-47.8 meq/kg olarak belirlemişlerdir.

Tokat ballarında elektrik iletkenliği 0.33 ± 0.00 - 0.86 ± 0.00 mS/cm aralığında değişmektedir. TKG Bal Tebliği'ne göre elektrik iletkenliği en fazla 0.8mS/cm olmalıdır. İncelenen bal rneklerinin Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğine uygun olduğu tespit edilmiştir.

Balda elektrik iletkenliğini Kambur ve ark. (2015), 0.28-0.80 mS/cm; Kalafat Kul (2020), 0.17-0.99 mS/cm; etin ve ark. (2011), 0.14–0.95 mS/cm; Belli (2019), 0,63-1,67 mS/cm; Kasırđa (2019), 0.550- 1.386 mS/cm; Güzel ve Bahçeci (2020), 205-674 μ S/cm; Ertop (2020), 1.70-2.11ms/cm olarak belirlemişlerdir.

HMF miktarı, TKG Bal Tebliği'ne göre balda en fazla 40 mg/kg olmalıdır. Tokat yöresine ait bal örneklerinde HMF miktarı 0.05-8.69 mg/kg aralığında belirlenmiş olup, HMF miktarı bakımından incelenen bal rneklerininTKG Bal Tebliğiyle uyumlu olduğu görülmektedir. Bazı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda HMF miktarlarını Bengü ve Kutlu (2018) 36.37 ± 2.35 mg/k; Kambur ve ark. (2015), 36.02-10.50; Belli (2019) 0-93.8 mg/kg; Alak (2015), 1.35-57.12 mg/kg; Sunay (2006) 5.94-7.17 mg/kg; ifti (2018): 4.17- 23.75 mg/kg; Turan (2012), 1.1-9.7 mg/kg; Kaplan (2014) 3.39-90.21 mg/kg; Güzel ve Bahçeci (2020) 0.3-36.5 mg/kg, Kalafat Kul (2020) 0.37-18.89 mg/kg olarak tespit etmişlerdir.

Prolin miktarı balda kalite belirleyici bir değer olup TKG Bal tebliğine göre en az 300 mg/kg olmalıdır. Tokat yöresine ait bal örneklerinde bu değer 422.56-1222.56 aralığında belirlenmiş olup, prolin miktarı bakımından tüm bal rneklerinin Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne uygun olduğu görülmektedir. Balda prolin değerini ınar (2010), 612 mg/kg; Belli (2019), 158,45-1217,45 mg/kg; Kasırđa (2019), 600.67-309.14 mg/kg; ifti (2018), 487.81-699.05 mg/kg; Turan (2012), 385-890 mg/kg; Kaplan (2014), 27.41-590.78 mg/kg, Kalafat Kul (2020), 562.66-146615 mg/kg aralığında olduğunu tespit etmişlerdir.

Balda nem miktarı TKG Bal Tebliği'ne göre en fazla %20 olmalıdır. Tokat yöresi ballarında nem miktarı %13.0-20.0 aralığında belirlenmiş olup, nem değerlerininTKG Bal Tebliğine uygun olduğu görülmektedir. Balda nem miktarını Bengü ve Kutlu (2018), %15.39; Kambur ve ark. (2015), %16.20-19.40; ınar (2010), %15.62; Belli (2019), %14.64-20.88; Alak (2015), % 14.6-18.4; Kasırđa (2019), 12-24; Ertop (2020), 16.48-

20.80; Çiftçi (2018), %15.48-17.63; Turan (2012), %14.2- 17.4; Kaplan (2014), %10.50-20; Çetin ve ark. (2011), %14.80–21.60; Güzel ve Bahçeci (2020), %14.5-21.7; Kalafat Kul (2020), %15.6-20.3 aralığında olduğunu tespit etmişlerdir.

Balda diğer bir kalite belirleyici özellik olan diastaz sayısı TKG Bal Tebliği'ne göre en az 8 olmalıdır. Çalışmamızda bal örneklerinde diastaz sayısı 0.0-10.9 değerleri aralığında tespit edilmiştir. 17 numunede (A0, AR9, AR0, B9, B0, E0, N9, N0, P9, R9, S0, T0, Y9, Y0, Z9, Z0) belirlenen diastaz sayısı değeri TKG Bal Tebliği'nde belirtilen sınır değere uygun değildir.

Balda diastaz sayısını; Güzel ve Bahçeci (2020), 0.1-32.2; Özgüven ve ark. (2020), 9.0-25.4; Çiftçi (2018), 12.86-22.44; Turan (2012), 15.2-38.5; Çetin ve ark. (2011), 1.0-20.0; Kambur ve ark. (2015), 0- 14.29; Belli (2019) 3,38-13,18; Kasırga (2019), 6.0-12.0; Sunay (2006), 13.47-22.52; Güzel ve Bahçeci (2020), 0.1-32.2; Kalafat Kul (2020), 25.0 -60.0 olarak belirlemişlerdir.

4.2 Balın Pestisit ve Kalıntı Miktarı

Tokat merkez ve ilçelerine ait ballardan alınan 24 numunede toplam 260 adet pestisit incelenmiştir. İncelenen pestisitler Ek.1' de gösterilmiştir. Tokat yöresine ait ballardan üç örnekte (AR0, M9, Y9), pestisit kalıntısı tespit edilmiştir (Çizelge 4.3). AR0 kodlu numunede toplam 6 adet pestisit saptanmış olup iki adet pestisit (boscalid, kresoxim Methly) miktarı Avrupa birliği pestisit ve kalıntı mevzuatında belirtilen sınır değere uygun bulunmuştur. Diğer 4 adet pestisit (Triadimenol+Triadimefon, Metrafenone, Cypermethrin, Deltamethrin) miktarının MRL değerlerinin üzerinde olduğu belirlenmiştir. M9 Kodlu örnekte Triadimenol+Triadimefon, Metrafenone, Cypermethrin miktarları MRL değerlerinin üzerinde tespit edilmiştir. Y9 kodlu örnekte Triadimenol+Triadimefon tespit edilmiş olup, miktarının MRL değerinin üzerinde olduğu görülmektedir. Diğer örneklerde hiçbir pestisit ve kalıntı tespit edilememiştir.

Bazı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda Delamethrin 0,019 ng/g (Canbay ve ark., 2012); 0-23.75ppb (Toptancı, 2012); 0.74-0.85 ppb (Kujawski ve Namieśnik, 2011), 7ppb (Johnson ve ark., 2010) olarak tespit edilmiştir. Bulunan değerler Avrupa birliği pestisit ve kalıntı mevzuatında belirlenen MRL değerleri altındadır.

Çizelge 4.3. Bal numunelerinde tespit edilen pestisit ve kalıntı miktarları (ppb)

Bal Örnekleri	Triadimenol+ Triadimefon	Metrafenone	Cypermethrin	Boscalid	Deltamethrin	Kresoxim Methyl
AR0	3030.38	235.76	245.91	84.77	106.83	42.28
M9	1510.97	117.44	125.86	42.21	48.72	21.12
Y9	60.04	-	-	-	-	-
AB pestisit mevzuatı sınır değeri, en çok (ppb)	50	50	50	50	50	50

Yapılan çalışmalarda balda cypermethrin miktarını Canbay ve ark. (2012), 0,021 ng/g; Toptancı (2012), 0- 19.29ppb; Mukherjee (2009), 0-5; Rissato ve ark. (2007), 0-92ppb aralığında tespit etmiştir. Bulunan değerler Avrupa birliği pestisit ve kalıntı mevzuatında belirlenen MRL değerleri altındadır.

Kutlu ve Bengü (2020) yapmış oldukları bir çalışmada Muş ilinden temin ettikleri 10 adet balda Bromopropylate, Chlorfenvinphos, Flumethrin, Taufluvalinate, Coumaphos ve Amitraz pestisit kalıntılarını araştırmışlar ancak, hiçbir örnekte belirtilen pestisit kalıntılarına rastlamamışlardır.

4.3 Mineral Madde Miktarı

Tokat bal numunelerinde tespit edilen mineral elementler ve ağır metal içerikleri Çizelge 4.4.'te verilmiştir. Tokat yöresi ballarında yapılan analizlerde örneklerde Çinko (Zn) içerikleri 0.0-24.31mg/kg aralığında, Nikel (Ni) içerikleri 0.0-2.91mg/kg aralığında, Krom (Cr) toplam altı örnekte bulunup 0.0- 3.85mg/kg; Mangan (Mn) içeriği 0.0-4.66mg/kg; Bakır (Cu) içeriği 0.0-17.10mg/kg; Kurşun (Pb) içeriği 0.31-2.73mg/kg aralığında tespit edilmiştir.

Çizelge 4.4. Bal numunelerinde tespit edilen mineral element ve ağır metal miktarları (mg/kg)

	Zn	Ni	Cr	Mn	Cu	Pb
A9	-	2.80	-	1.61	5.89	1.27
A0	4.51	-	-	0.43	6.88	1.74
AR9	11.39	-	2.17	0.84	9.01	1.81
AR0	-	2.70	-	-	-	0.52
B9	4.72	-	-	0.76	-	2.25
B0	-	2.91	-	1.16	4.73	0.70
E9	3.83	-	0.40	-	16.08	0.46
E0	2.35	0.42	-	0.55	16.89	1.19
M9	1.45	1.61	-	0.26	6.56	1.14
M0	3.32	0.46	3.85	0.07	17.10	0.55
N9	24.31	-	-	0.42	16.83	0.76
N0	6.58	-	-	4.66	6.68	1.86
P9	2.11	0.87	-	0.27	12.00	1.44
P0	2.75	-	1.44	1.22	16.54	0.31
R9	3.30	1.39	-	0.35	8.50	1.54
R0	12.20	1.02	-	0.89	8.44	1.21
S9	-	2.78	-	-	4.27	0.82
S0	5.71	-	-	-	-	1.57
T9	5.37	-	-	1.06	6.40	1.81
T0	-	2.77	-	-	9.44	0.34
Y9	-	2.91	-	1.20	1.58	0.78
Y0	10.38	0.31	-	-	9.64	2.73
Z9	1.46	1.62	0.38	0.80	11.41	1.37
Z0	4.02	0.28	-	0.20	14.30	1.31

Sultanoğlu (2011), Hatay ili ballarında yapmış olduğu element ve ağır metal analizlerinde 17 element (Al, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Sr ve Zn) tespit etmiştir. Balda en fazla bulunan elementlerin tespit değerleri sırasıyla Ca, 219.375 mg kg-1; K, 446.930 mg kg-1; Mg, 49.064 mg kg-1 ve Na , 95.910 mg kg-1 olarak belirlenmiştir. Diğer elemetlerden Al, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sr ve Zn konsantrasyonları ise sırasıyla 4.434; 4.992; 0.153; 0.033; 0.031; 0.203; 1.249; 15.071; 0.563; 0.345; 0.389; 0.708 ve 4.709 mg/kg olarak belirlenmiştir.

Çek Cumhuriyeti ballarında yapılan analizlerde Cd, 0.5-77.4 µg kg-1; Pb, 0.02-1.0 mg kg-1; Hg, 0.67-0.93 mg kg-1; Cu, 0.06-1.55 mg kg-1 ve Zn, 0.2- 22.9 mg kg-1 olarak tespit edilmiştir (Celechovska ve Vorlova, 2001)

Silici ve ark. (2008) yapmış oldukları bir çalışmada Zn, 0.47–6.57 $\mu\text{g g}^{-1}$; Ca 3.28–232 $\mu\text{g g}^{-1}$; Mn 1.11–74.2 $\mu\text{g g}^{-1}$; Cu 9.97–35.8 $\mu\text{g kg}^{-1}$; Pb 1.51–55.3 $\mu\text{g kg}^{-1}$; Cr 1.24–12.9 $\mu\text{g kg}^{-1}$; Ni 1.21–131 $\mu\text{g kg}^{-1}$. olarak tespit etmişlerdir.

4.4. Toplam Fenolik Madde Miktarı ve Antioksidan Aktivitesi

Tokat yöresine ait bal numunelerinin toplam fenolik madde miktarları ve antioksidan aktiviteleri Çizelge 4.5.'te verilmiştir. Tokat yöresi ballarının toplam fenolik madde miktarları 254.14–776.94 $\mu\text{g GAE/g bal}$; serbest radikali giderme aktivitesi 129.47–587.37 $\mu\text{g TE/g bal}$; katyon radikali giderme aktivitesi 93.33–1187.78 $\mu\text{g TE/g bal}$ olduğu tespit edilmiştir.

Ulusoy (2010), yapmış olduğu çalışmada anzer balında toplam fenolik madde miktarlarının 4,26–10,61 mg/g aralığında olduğunu; Doğan (2014) ise ballarda toplam fenolik madde miktarının 449,59 mg GAE/100g olduğunu tespit etmiştir.

Yapılan bir diğer çalışmada Çorum yöresi ballarının toplam fenolik madde miktarlarına ve antioksidan kapasitelerine bakılmıştır. Antioksidan kapasiteleri ABTS yönteminde 0.466–1.353 mM TEAC, DPPH yönteminde ise 0.170–0.605 mM TEAC aralığında, toplam fenolik içeriği ise 243–546 mg GAE/kg aralığında olduğu tespit edilmiştir (Güzel N., Bahçeci K., 2020).

Kasırğa (2019), yapmış olduğu çalışmada Şırnak yöresi ballarının toplam polifenol miktarlarını 11,940– 37,286 mgGAE/100 g numune, DPPH değerini 34,38– 229,22 mg/mL tespit edilmiştir.

Çizelge 4.5. Bal numunelerinin toplam fenolik madde miktarı ($\mu\text{g GAE/g bal}$), Serbest radikali giderme aktivitesi ($\mu\text{g TE/g bal}$) ve katyon radikali giderme aktivitesi ($\mu\text{g TE/g bal}$).

Bal Örneği	Toplam fenolik Madde miktarı	Serbest radikali giderme aktivitesi	Katyon radikali giderme aktivitesi
A9	342.36 $\pm$ 11.90	321.58 $\pm$ 22.33	543.3 $\pm$ 55.00
A0	276.69 $\pm$ 23.55	216.32 $\pm$ 22.33	437.78 $\pm$ 15.71
AR9	477.7 $\pm$ 20.73	308.42 $\pm$ 3.72	543.33 $\pm$ 55.00
AR0	444.61 $\pm$ 37.37	382.11 $\pm$ 18.61	498.89 $\pm$ 39.28
B9	362.91 $\pm$ 36.47	221.58 $\pm$ 7.44	665.56 $\pm$ 23.57
B0	411.65 $\pm$ 5.85	292.63 $\pm$ 18.61	315.56 $\pm$ 23.57
E9	349.25 $\pm$ 10.10	358.42 $\pm$ 29.77	187.78 $\pm$ 7.86
E0	370.93 $\pm$ 22.21	358.42 $\pm$ 14.89	276.67 $\pm$ 7.86
M9	735.09 $\pm$ 37.70	558.42 $\pm$ 14.89	737.78 $\pm$ 31.43
M0	479.20 $\pm$ 11.90	405.79 $\pm$ 22.33	382.22 $\pm$ 15.71
N9	367.17 $\pm$ 9.93	305.79 $\pm$ 29.77	393.33 $\pm$ 15.71
N0	342.86 $\pm$ 17.68	166.32 $\pm$ 11.16	387.78 $\pm$ 23.57
P9	288.72 $\pm$ 9.77	129.47 $\pm$ 3.72	1187.78 $\pm$ 7.86
P0	548.37 $\pm$ 21.72	408.42 $\pm$ 26.05	498.89 $\pm$ 55.00
R9	333.33 $\pm$ 13.37	205.79 $\pm$ 14.89	93.33 $\pm$ 15.71
R0	776.94 $\pm$ 16.50	587.37 $\pm$ 48.38	754.44 $\pm$ 39.28
S9	505.51 $\pm$ 14.35	440.00 $\pm$ 11.16	1032.22 $\pm$ 7.86
S0	471.93 $\pm$ 12.52	382.11 $\pm$ 33.49	693.33 $\pm$ 62.85
T9	543.11 $\pm$ 17.77	437.37 $\pm$ 37.22	898.89 $\pm$ 86.42
T0	579.32 $\pm$ 37.75	282.11 $\pm$ 26.05	760.00 $\pm$ 00
Y9	373.18 $\pm$ 26.69	355.79 $\pm$ 3.72	298.89 $\pm$ 7.86
Y0	319.55 $\pm$ 6.38	258.42 $\pm$ 7.44	204.44 $\pm$ 15.71
Z9	394.99 $\pm$ 11.51	255.79 $\pm$ 11.16	460.00 $\pm$ 15.71
Z0	254.14 $\pm$ 7.41	184.74 $\pm$ 14.89	204.44 $\pm$ 15.71

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bal insanlık tarihinin en eski gıdalarından biridir. Besleyici olması, tadı, aroması ve kimyasal içeriğinden dolayı hem gıda maddesi olarak hem de ilaç ve kozmetik sektörlerinde de sıkça kullanılmaktadır.

Çalışmamızda Tokat ilçelerinden temin edilen 2019 ve 2020 yıllarına ait toplam 24 adet çiçek balının nem miktarı, karbon izotop oranları, şeker içerikleri, mineral içerikleri gibi çeşitli fizikokimyasal özellikleri incelenmiştir. İncelenen örneklerin Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği (2020/12) 'ne uygunlukları kontrol edilmiştir. Birkaç örnek dışında Tokat yöresi balları TGK Bal Tebliğine uygun bulunmuştur. İncelenen bal örneklerinin tamamı karbon izotop oranı, sakkaroz miktarı, Fruktoz+Glukoz miktarı bakımından mevzuata uygun bulunmuştur. Fruktoz/Glukoz oranı beş örnekte limit değerleri aşmıştır. Yapılan diğer analizlerde HMF miktarı, nem miktarı, serbest asitlik, prolin miktarı ve elektrik iletkenliği bütün örneklerde TGK Bal Tebliği' ne uygun bulunmuştur. Diastaz sayısı on dört örnekte düşük değerlerde belirlenmiş olup TGK Bal Tebliğinde belirtilen limitlerin altında kalmıştır. Pestisit ve kalıntı miktarları incelendiğinde sadece iki örnekte altı pestisit, bir örnekte ise bir pestisit tespit edilmiştir. Belirlenen değerlerin Avrupa Birliği pestisit ve kalıntı mevzuatı limitlerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Örneklerin mineral madde ve ağır metal içeriklerinin diğer çalışmalarla uyumlu olduğu belirlenmiştir. Örneklerin antioksidan aktiviteleri ve toplam fenolik madde miktarları bakımından diğer çalışmalarda elde edilen bulgularla uyumlu olduğu görülmektedir.

Çalışmamızda Tokat yöresi ballarının fizikokimyasal özellikleri ile diğer önemli bazı içeriklerinin belirlenerek ve TGK Bal Tebliği'nde belirtilen çeşitli özelliklere ait sınır değerlere uygunluğunun ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Bu anlamda Tokat merkez ve ilçelerine ait ballara ilişkin önemli bulgular elde edildiği düşünülmektedir.

Bal yüksek besleyiciliği ve doğal olması sebebiyle beslenmede sıkça tercih edilen bir gıdadır. Fakat baldan istenilen faydayı sağlamak için doğal olarak üretilmesi, uygun koşullarda depolanması gerekmektedir. Arıların şekerlerle beslenmesi, verimi arttırmak arı hastalıklarının önüne geçmek amacıyla kullanılan kimyasallar, kötü depolama koşulları ve ambalajlama tüketicinin sağlığını tehdit etmektedir. Bu olumsuzlukların önlenmesi için bal ile ilgili kontrollerin artması, üreticilerin ve satış noktalarının denetimlerinin sıkı şekilde gerçekleştirilmesi önem arz etmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Alak Dilek G., 2015. Bal ve Bal Sirkesinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli.
- Alqarni, A., Owayss, A., ve Mahmoud, A., 2012. Physicochemical characteristics, total phenols and pigments of national and international honeys in Saudi Arabia. *Arabian Journal of Chemistry*. 46. 10.1016/j.arabjc.2012.11.013.
- Anonim, 2007. Balda bitki şekerleri (c4) tayini - Sürekli akış metodu. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, TS 13262.
- Anonim, 2008a. Balda Hidroksimetilfurfural Muhtevasının Tayini - Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (HPLC) Metodu. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, TS 13356.
- Anonim, 2008b. Balda Prolin Muhtevasının Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, TS 13357.
- Anonim, 2008c. Bal - Fruktoz, Glukoz, Sakaroz, Turanoz Ve Maltoz Muhtevası Tayini - Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (Hplc) Metodu. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, TS 13359.
- Anonim, 2008d. Bal- Serbest Asit Muhtevasının Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, TS 13360.
- Anonim, 2008e. Bal- Diastaz Aktivitesi Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, TS 13364.
- Anonim, 2008f. Bal- Su Muhtevası Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, TS 13365.
- Anonim, 2008g. Bal- Elektrik İletkenliği Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, TS 13366.
- Anonim, 2010. BAL. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, TS 3036.
- Anonim, 2020. Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği, Tarım ve Orman Bakanlığı, Ankara, 2020/7.
- Ay, E., ve Yiğit, Y. (2016). Balın beslenmemizdeki yeri ve kullanılması. 3. Uluslararası Sosyal Bilimler Kongresi.
- Aypak Ünübol S., İnci, A., Bakırcı, S., Dereli Fidan, E., ve Soysal, M., (2019). Comparison Of The Antioxidant Activity And Hydroxymethylfurfural (Hmf) Levels In Honey Taken From Hives And Markets, *Gıda*, 44(1), 86-92.
- Bayrambaş, K., 2012. Türkiye’ De Üretilen Balların Bazı Fizikokimyasal Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Samsun.
- Belli, T., 2019. Muğla İlinde Üretilen Balların Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli.
- Bengü, A. Ş., ve Kutlu, M. A. (2018). Bingöl ’ de üretilen ballarda bazı kalite kriterlerinin belirlenmesi. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 7(1).
- Benzie, I. and Strain, J. (1996) The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power: The FRAP Assay”. *Analytical Biochemistry*, 239, 70-76. <http://dx.doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- Bilgen Çınar, S., 2010. Türk Çam Balının Analitik Özellikleri. Doktora Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Birer, S. ve Yücecan, S. (1984). Balın Beslenmemizdeki Yeri ve Kullanılması, *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 130, ss. 113-123. doi: 10.33076/1984.BDD.876.

- Bogdanov, S. (2016). Honey composition. Honey Book, January, 1–5.
- Boussaid, A., Chouaibi, M., Rezig, L., Hellal, R., Donsi, F., Ferrari, G., ve Hamdi, S. (2018). Physicochemical and bioactive properties of six honey samples from various floral origins from Tunisia. *Arabian Journal of Chemistry*, 11(2), 265–274. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2014.08.011>
- Burucu, V., 2021. Ürün Raporu Arıcılık. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, Ankara.
- Can, Z., 2014. Biyoaktiviteleri Yönünden Türkiye Florasına Ait Baskın Ballar İle Manuka Ballarının Karşılaştırılması. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı, Trabzon.
- Can, Z., Yıldız, O., Şahin, H., Turumtay A., E., Silici, S. ve Kolaylı, S., 2015. An investigation of Turkish honeys: Their physico-chemical properties, antioxidant capacities and phenolic profiles, *Food Chemistry*, 180, 133-141. ISSN 0308-8146, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.024>.
- Canbay, H. S., Ögüt, S., Yilmazer, M., ve Küçüköner, E. (2012). Seçilen Bazı Pestisitlerin Bal Örneklerinde Analizi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 16(1), 1–5. <https://doi.org/10.19113/sdufbed.04926>
- Cavia, M. M., Fernández-Muiño, M. A., Alonso-Torre, S. R., Huidobro, J. F., ve Sancho, M. T. (2007). Evolution of acidity of honeys from continental climates: Influence of induced granulation. *Food Chemistry*, 100(4), 1728–1733. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.10.019>
- Celechovska, O. ve Vorlová, L., 2001. Groups of honey - physicochemical properties and heavy metals. *Acta Veterinaria Brno*, 70, 91-95.
- Cengiz, M. M., Tosun, M., ve Topal, M. (2018). Determination of the physicochemical properties and ¹³C/¹²C isotope ratios of some honeys from the northeast Anatolia region of Turkey. *Journal of Food Composition and Analysis*, 69(February), 39–44. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2018.02.007>
- Çakar, E., ve Gürel, F., 2019. Süzme ve petekli balların pestisit, naftalin ve antibiyotik kalıntıları bakımından karşılaştırılması. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 32(3), 453–459. <https://doi.org/10.29136/mediterranean.592492>
- Çetin, K., Alkın, E., ve Uçurum, H. Ö. (2011). Piyasada Satılan Çiçek Ballarının Kalite Kriterlerinin Belirlenmesi. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, 11(8), 49–56. <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/bursagida/article/view/5000062850>
- Çiftçi, M., 2018. Konya Bölgesindeki Marketlerde Satılan Farklı Ticari Çiçek Ballarının Bazı Kimyasal Özelliklerinin Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğine Uygunluğunun Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootekni Anabilim Dalı, Konya.
- D’Arcy B, Caffin N, Bhandari B, Squires N, Fedorow P, Mackay D. 1999. Australian liquid honey in commercial bakery products. Australian Government Rural Industries Research and Development Corporation. RIRDC Publication No.: 99/145 RIRDC Project No: UQ-50A
- Da Silva, P. M., Gauche, C., Gonzaga, L. V., Costa, A. C. O., ve Fett, R. (2016). Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food Chemistry*, 196, 309–323. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.051>
- De Beer, T., Otto, M., Pretorius, B., ve Schönfeldt, H. C. (2021). Monitoring the quality of honey: South African case study. *Food Chemistry*, 343(November 2020). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128527>

- De-Melo, A., Almeida-Muradian, L., Sancho, M., ve Pascual Maté, A., 2017. Composition and properties of *Apis mellifera* honey: A review. *Journal of Apicultural Research*. 57. 1-33. 10.1080/00218839.2017.1338444
- Devillers, J., Morlot, M., Pham-Delegue, M.H. ve Dore J.C., 2004. Classification of monofloral honeys based on their quality control data, *Food Chemistry*, 86, 305-312.
- Dodoloğlu, A. ve Genç, F. 2002. Arıcılığın Temel Esasları. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, 338, Erzurum.
- Doğan H., 2014. Çiçek Ballarının Kimyasal Fiziksel ve Antimikrobiyal Özelliklerinin Belirlenmesi (Y. Lisans Tezi), Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Erzurum.
- Doğaroğlu, M., 2008. Modern Arıcılık Teknikleri. Doğa Arıcılık Sanayi Ltd.Şti, 320, İstanbul.
- Ekici, L., Sagdic, O., Silici, S., ve Ozturk, I. (2014). Determination of phenolic content, antiradical, antioxidant and antimicrobial activities of Turkish pine honey. *Quality Assurance and Safety of Crops and Foods*, 6(4), 439–444. <https://doi.org/10.3920/QAS2013.0268>
- Ertop, U., 2020. Kastamonu İlinde Üretilen Kestane Ballarının Bazı Ağır Metal İçerikleri ve Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi (Y. Lisans Tezi), Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Sürdürülebilir Tarım ve Tabii Bitki Kaynakları Ana Bilim Dalı, Kastamonu.
- Ferek Ö, 2016. Muğla İli Çam Ballarının Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi (Y. Lisans Tezi), Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Tekirdağ.
- Geana, I.E. ve Ciucure, T.C., 2020. Establishing authenticity of honey via comprehensive Romanian honey analysis. *Food Chemistry*, 306, 125595, ISSN 0308-8146.
- Guo, P., Deng, Q. ve Lu, Q., 2019. Anti-alcoholic effects of honeys from different floral origins and their correlation with honey chemical compositions. *Food Chemistry*, 286, 608-615, ISSN 0308-8146, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem>.
- Gül, A., ve Pehlivan, T. (2018). Antioxidant activities of some monofloral honey types produced across Turkey. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 25(6), 1056–1065. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2018.02.011>.
- Gürel F (2015) Balda taklit ve tağşiş. *Arıcılık Araştırma Enstitüsü Arıcılık Araştırma Dergisi* 7(13): 2-4.
- Güzel, N., ve Bahçeci, K. S. (2020). Çorum Yöresi Ballarının Bazı Kimyasal Kalite Parametrelerinin Değerlendirilmesi. *Gıda / the Journal of Food*, 45, 230–241. <https://doi.org/10.15237/gida.gd19129>.
- Isengard, H., ve Schultheiß, D., (2003). Water determination in honey—Karl Fischer titration, an alternative to refractive index measurements, *Food Chemistry*, 82. 151-154. 10.1016/S0308-8146(02)00543-5.
- Islam, A., Khalil, I., Islam, N., Moniruzzaman, M., Mottalib, A., Sulaiman, S. A., ve Gan, S. H. (2012). Physicochemical and antioxidant properties of Bangladeshi honeys stored for more than one year. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 12. <https://doi.org/10.1186/1472-6882-12-177>.
- Iurlina, M.O. ve Fritz R., 2005. Characterization of microorganisms in Argentinean honeys from different sources. *Int J Food Microbiol.* 105(3), 297-304. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2005.03.017
- Kalafat Kul, M., 2020. Gümüşhane Yöresi Çiçek Ballarının Kalite Özellikleri Ve Antioksidan Aktiviteleri. Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Gümüşhane.

- Kambur, M., Kekeçoğlu, M., ve Yildiz, İ. (2015). Uludağ Arıcılık Dergisi Kasım. Uludag Bee Journal, 15(2), 67–79.
- Kaplan, H. B., 2014. Ege Bölgesi Ballarının Kimyasal Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli.
- Karabagias, I. K., Badeka, A. V., Kontakos, S., Karabournioti, S., ve Kontominas, M. G. (2014). Botanical discrimination of Greek unifloral honeys with physico-chemical and chemometric analyses. Food Chemistry, 165, 181–190. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.033>
- Karadal, F., Yildirim, Y., Üniversitesi, E., Fakültesi, V., Abd, T., ve Ye, K. İ. (2012). Balın Kalite Nitelikleri, Beslenme ve Sağlık Açısından Önemi. Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 9(3), 197–209.
- Karamehmet, H., 2021. Rize Yöresinden Elde Edilen Kaya Balının Fizikokimyasal ve Biyolojik Özelliklerinin Kestane ve Çiçek Balları ile Karşılaştırılması (Y. Lisans Tezi), Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gümüşhane.
- Kasırğa, O., 2019. Şırnak Yöresinde Üretilen Balların Fiziksel Ve Biyokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Bayburt.
- Kavanagh, S., Gunnoo, J., Marques Passos, T., Stout, J. C., ve White, B. (2019). Physicochemical properties and phenolic content of honey from different floral origins and from rural versus urban landscapes. Food Chemistry, 272(July 2018), 66–75. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.035>
- Khan, F. R., Abadin, Z. U., ve Rauf, N. (2007). Honey: Nutritional and medicinal value. International Journal of Clinical Practice, 61(10), 1705–1707. <https://doi.org/10.1111/j.1742-1241.2007.01417.x>
- Kolaylı, S., Aliyazıcıoğlu, R., ve Ulusoy, E. (2008). Antioxidant and Antimicrobial Activities of Selected Turkish Honeys. Hacettepe Journal of Biology and Chemistry, 36(2), 163–172.
- Korkmaz, A., 2013. Anlaşılabilir Arıcılık. Samsun Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü, 330, Samsun.
- Kujawski, M. ve Namieśnik, J., 2011. Levels of 13 multi-class pesticide residues in Polish honeys determined by LC-ESI-MS/MS. Food Control. 22. 914-919. [10.1016/j.foodcont.2010.11.024](https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.11.024).
- Kutlu, M. A. ve Bengü, A. Ş., 2020. Muş ilinde Üretilen Ballarda Bazı Kalite Kriterleri ile Antibiyotik ve Pestisit Kalıntılarının Tespiti. Bingöl Üniversitesi Sağlık Dergisi, 1(1), 1-6.
- Lachman, J., Kolihová, D., Miholová, D., Košata, J., Titěra, D., ve Kult, K. (2007). Analysis of minority honey components: Possible use for the evaluation of honey quality. Food Chemistry, 101(3), 973–979. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.02.049>
- Lusby. (2002). Honey: A potent agent for wound healing, Journal of WOCN. 29. 295-300. [10.1067/mjw.2002.129073](https://doi.org/10.1067/mjw.2002.129073).
- Mergen Duymaz, G., 2020. Çiçek ve Çam Ballarının Çeşitli Özellikleri Üzerine Depolama Sıcaklığı ve Ambalajın Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Mukherjee, I., 2009. Determination of Pesticide Residues in Honey Samples. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 83 (6). 818-821 [doi:10.1007/s00128-009-9772-y](https://doi.org/10.1007/s00128-009-9772-y)

- Muku, C., Güçlü, G., ve Selli, S., 2019. Doğu Akdeniz Bölgesi Ballarının Pestisit ve Naftalin Kalıntılarının LC/MS/MS ve HS-SPME GC/MS Teknikleriyle Belirlenmesi, Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, c. 34, sayı. 2, ss. 142-148.
- Mutlu, C., Erbaş, M., ve Arslan Tontul, S. (2017). Bal ve Diğer Arı Ürünlerinin Bazı Özellikleri ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri. Akademik Gıda, 15(1), 75–75. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.306074>
- Ölmez Ç., 2009. Türkiyede Üretilen Farklı Çiçek ve Salgı Bal Çeşitlerinin Bazı Kalitatif ve Besinsel Özellikleri (Y. Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Konya.
- Ötleş, S., 1995. Bal ve Bal Teknolojisi: Kimyası ve Analizleri. Alaşehir Meslek Yüksekokulları Yayınları, 89, İzmir.
- Özgen M, Reese RN, Tulio AZ, Miller AR and Scheerens JC (2006). Modified 2,2-azino-bis-3- ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) method to measure antioxidant capacity of selected small fruits and comparison to ferric reducing antioxidant power (FRAP) and 2,2"- diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) methods. J Agr Food Chem 54, 1151-1157.
- Özgüven, M., Demircan, E., ve Özçelik, B. (2020). Çeşitli Yörelerimizde Üretilen Çiçek Ballarının Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi ve Türk Gıda Kodeksi'ne Uygunluğunun Değerlendirilmesi. European Journal of Science and Technology, 20, 321–326. <https://doi.org/10.31590/ejosat.758399>
- Özler, H., Cınırtoğlu, Ş., Güney, F., Çakıcı, N., ve Türkaslan, N. (2019). Physicochemical Analysis Of Some Honey Samples From Konya And Karaman Regions. Arıcılık Araştırma Dergisi / Journal of Apiculture Research, 11(1), 1–7.
- Özmen, N., Alkın, E., (2006). Bal Antimikrobiyel Özellikleri ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri. ABilimi / Bee Science, November, 155–160.
- Padovan, G. J., De Jong, D., Rodriques, L. P., ve Marchini, J. S., 2003. Detection of Adulteration of Commercial Honey Samples by the ¹³C / ¹²C Isotopic Ratio, Food Chemistry, 82, 633–636.
- Polat, G., 2007. Farklı Lokasyon ve Orjinlere Sahip Balların Reolojik, Fizikokimyasal Karakteristikleri ve Mineral İçeriklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. ve Rice-Evans, C., 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free radical biology and medicine, 26(9-10), 1231-1237
- Rice-Evans CA, Miller NJ. Antioxidant activities of flavonoids as bioactive components of food. Biochem Soc Trans. 1996 Aug;24(3):790-5. doi: 10.1042/bst0240790. PMID: 8878849.
- Rissato, S., Galhiane, M., Marcos V. A., Gerenutti, M. ve Apon, B., 2007. Multiresidue determination of pesticides in honey samples by gas chromatography–mass spectrometry and application in environmental contamination. Food Chemistry, 101(4), 1719-1726.
- Sak-Bosnar, M., ve Sakaç, N. (2012). Direct potentiometric determination of diastase activity in honey. Food Chemistry, 135(2), 827–831.
- Sert Ö., 2019. Ülkemizin Farklı Yörelerinde Üretilen Balların Bazı Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Özelliklerinin Belirlenmesi (Y. Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.
- Silici S, Uluozlu OD, Tuzen M, Soylak M. Assessment of trace element levels in Rhododendron honeys of Black Sea Region, Turkey. J Hazard Mater. 2008 Aug

- 15;156(1-3):612-8. doi: 10.1016/j.jhazmat.2007.12.065. Epub 2008 Feb 1. PMID: 18242842.
- Singh N, Bath PK., 1997. Quality evaluation of different types of Indian honey. Food Chemistry. 58(1/2):129-133. DOI: 10.1016/S0308-8146(96)00231-2.
- Sultanoğlu P., 2011. Hatay ilinde üretilen balların eser element düzeyleri ve kemometrik yöntemlerle karakterizasyonu (Y. Lisans Tezi), Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı, Antakya/Hatay.
- Sunay, A.E., 2006. Balda Orijin Tespiti. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Şahinler, N., Şahinler, S. ve Gül, A., (2004). Türkiye'de üretilen balların biyokimyasal bileşimi, Arıcılık Araştırmaları Dergisi, 43:2, 53-56.
- Şen K., 2019. Trakya Yöresi Ayçiçeği Balı, Meşe Balı ve Karaçalı Balı' nın Çeşitli Kalite Özellikleri Üzerine Bir Araştırma (Y. Lisans Tezi), Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ.
- Toptancı, İ. Ve Bayrak A., 2012. Turunçgil Ballarında Pestisit Kalıntı Düzeylerinin Belirlenmesi, Akademik Gıda, 10(3), 22-25.
- Topuz, S., 2019. Farklı Zeytin Çeşidi Yapraklarından Oleuropeinin Ekstraksiyonu, Kısmi Saflaştırılması, Antioksidan ve Antimikrobiyal Özelliklerinin Belirlenmesi (Y. Lisans Tezi), Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Tokat.
- Tornuk, F., Karaman, S., Ozturk, I., Toker, O. S., Tastemur, B., Sagdic, O., Dogan, M., ve Kayacier, A., 2013. Quality characterization of artisanal and retail Turkish blossom honeys: Determination of physicochemical, microbiological, bioactive properties and aroma profile. Industrial Crops and Products, 46, 124–131.
- Tosi, E., Ciappini, M., Re, E., ve Lucero, H., 2002. Honey thermal treatment effects on hydroxymethylfurfural content. Food Chemistry, 77(1), 71-74
- Tosmur B., 2004. Muğla Yöresi Çam Ballarındaki Eser Element İçeriğinin İki Farklı Spektroskopik Yöntem ile Analizi (Y. Lisans Tezi), Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Ana Bilim Dalı, Muğla.
- Turan, F., 2012. Kırklareli İzole Bölgesinde Yaşayan Trakya Arısı (Apis Mellifera Carnica) Kolonilerinden Elde Edilen Balların Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ.
- Uçkun, O., ve Selli, S. (2012). Kayseri İli Çiçek Balının Aroma Maddeleri Bileşimi. Gıda Dergisi, 37(3), 157–164. Ulucan O (2013). Bal Arılarının Beslenmesinde Polenin Yeri. Arıcılık Araştırma Dergisi. Haziran 9: 08
- Ulusoy E., 2010. Anzer Balı ve Poleninin Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi ile Fenolik Bileşiminin Belirlenmesi ve Antioksidan Özellikleri (Doktora Tezi), Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı, Trabzon.
- Weston, R. J. 2000. The contribution of catalase and other natural products to the antibacterial activity of honey: A review. Food Chemistry, 71(2):, 235–239. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00162-X](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00162-X)
- Weston, R. J., ve Brocklebank, L. K. (1999). The oligosaccharide composition of some New Zealand honeys. Food Chemistry, 64(1), 33–37. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00099-5](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00099-5)
- Yıldırım A., 2013. Bingöl İli Ballarının Fenolik Bileşiklerinin Antioksidan ve Antimikrobiyal Etkisinin Araştırılması (Y. Lisans Tezi), Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Bingöl.

- Yıldız, İ. (2016). Çam, Pamuk, Yayla ve Ayçiçeği Balların Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi. Uludağ Arıcılık Dergisi, 16(1), 12–19. <https://doi.org/10.31467/uluaricilik.379250>
- Yılmaz Karahan, S., Eskici, G., 2017. Erzincan İlinde Üretilen Balların Biyokimyasal Özellikleri. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 34(2). 36-42.
- Yurt, B., ve Çakır, S. (2020). Iğdır ve Yöresinde Üretilen Balların Bazı Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi Some Physicochemical Properties of Honey Produced in Iğdır and Region. 9, 51–57.



7. EKLER

EK.1. Çalışmada LC-MS-MS cihazında araştırılan pestisitlerin isimleri

2,4-D	Buprimate	Cycloxydim	Dioxacarb	Fenoxycarb	Hexaconazole	Methidathion	Parathion-ethyl	Propoxur	Tepaloxym
Abamectin	Buprofezin	Cyflufenamid	Diphenamid	Fenoxypob - ethyl	Hexaflumuron	Methiocarb	Penconazole	Propyzamide	Terbutryn
Acephate	Butralin	Cyhalothrin	Diphenylamine	Fenpropathrin	Hexythiazox	Methiocarb-sulfone	Pencycuron	Prothiophos	Terbutylazine
Acequinocyl	Butylate	Cymoxanil	Diuron	Fenproximate	Imazalil sulfate	Methiocarb-sulfoxide	Pendimethalin	Pymetrozine	Tetraconazole
Acetamiprid	Cadusafos	Cypermethrin	DMF	Fenthion	Imazapyr	Methomyl	Permethrin	Pyraclostrobin	Tetramethrin
Acetochlor	Carbaryl	Cyproconazole	Dodine	Fenthion-sulfone	Imidacloprid	Methoxyfenozide	Phenmedipham	Pyrazophos	Thiabendazole
Acrinathrin	Carbendazim	Cyprodinil	Emamectin	Fenthion-sulfoxide	Indoxacarb	Metolachlor-S	Phenthoate	Pyridaben	Thiacloprid
Alachlor	Carbofuran	Dazomet	Emamectin benzoat	Fipronil	Iodosulfuron-methyl-sodium	Metosulam	Phorate	Pyridaphenthion	Thiamethoxam
Aldicarb	Carbofuran-3-hydroxy (3-Hydroxycarbofuran)	Deltamethrin	EPN	Fipronil-sulfone	Ioxynil	Metrafenone	Phorate-sulfone	Pyridate	Thifensulfuron-methyl
Aldicarb-sulfone	Carbosulfan	Demeton-s-methyl	Epoxiconazole	Fluazifop-p-butyl	Isocarbofos	Metribuzin	Phorate-sulfoxide	Pyrimethanil	Thiobencarb
Aldicarb-sulfoxide	Carboxin	Demeton-S-methyl-sulfone	EPTC	Fluazinam	Kresoxim Methyl	Mevinphos	Phosalone	Pyriproxyfen	Thiodicarb
Ametoctradin	Carfentrazone-ethyl	Desmedipham	Ethiofencarb	Flubendiamide	Lenacil	Molinate	Phosmet	Quinalphos	Thiophanate-methyl
Amitraz	Chlorantraniliprole	Diafenthiuran	Ethion	Fludioxinil	Linuron	Monocrotophos	Phosphamidon	Quizalofop-ethyl	Tolclofos-methyl
Atrazine	Chlorbufam	Diazinon	Ethirimol	Flufenoxuron	Lufenuron	Monolinuron	Pirimicarb-Desmethyl	Rimsulfuron	Tolfenpyrad
Azinphos-ethyl	Chlorfenvinhol	Dichlofluanid	Etofenprox	Fluopicolide	Malaoxon	Myclobutanil	Primicarb	Sethoxydim	Tolyfluanid
Azinphos-methyl	Chlorfluazuron	Dichlorfos	Etoazole	Fluopyram	Malathion	Nicosulfuron	Primiphos - ethyl	Simazine	Tralkoxydim
Azoxystrobin	Chloridazon	Diclofop - methyl	Famxadone	Fluquinconazole	Mandipropamid	Novaluron	Primiphos - methyl	Spinosyn A	Triadimefon
Benalaxyl	Chlorpyrifos	Diclotophos	Fenamidone	Fluroxypyr	MCPA	Nuarimol	Prochloraz	Spinosyn D	Triadimenol
Benfuracarb	Chlorsulfuron	Diethofencarb	Fenamiphos	Flusilazole	Mecarbam	Omethoate	Profenefos	Spirodiclofen	Triasulfuron
Bensulfuron-methyl	Clethodim	Difenacozole	Fenamiphos-sulfone	Flutriafol	Mepanipyrim	Oxadixyl	Profoxydim-lithium	Spiromesifen	Triazophos

Bentazone	Clodinofof-propargyl	Diflubenzuran	Fenamiphos-sulfoxide	Forchlorfenuron	Mepanipyrim-hydroxypropyl	Oxamyl	Promecarb	Spiroxamine	Tribenuron methyl
Bifenazate	Clofentezine	Dimethenamid	Fenarimol	Formetanete hydrochloride	Metaflumizone	Oxycarboxin	Prometryn	Sulfoxaflor	Trichlorfon
Bitertanol	Clothianidine	Dimethoate	Fenazaquin	Fosthiazate	Metalaxyl M	Oxydemeton-methyl	Propaquizafob	Tebuconazole	Trifloxystrobin
Boscalid	Cyantraniliprole	Dimethomorph	Fenbuconazole	Furathiocarb	Metamitron	Paclobutrazol	Propargite	Tebufozide	Triflumizole
Bromoxynil	Cyazofamid	Diniconazole	Fenbutatin oxide	Haloxypop-R-methyl	Methacryfos-poz	Paraoxon-ethyl	Propazine	Tebufofenpyrad	Triflumuron
Bromuconazole	Cycloate	Dinocap	Fenhexamide	Heptenophos	Methamidophos	Paraoxon-methyl	Propiconazole	Teflubenzuron	Triticonazole