

## ÇORUM YÖRESİ BALLARININ BAZI KİMYASAL KALİTE PARAMETRELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

**Nihal Güzel, K. Savaş Bahçeci\***

Hitit Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Çorum, Türkiye

Geliş / Received: 30.09.2019; Kabul / Accepted: 13.01.2020; Online baskı / Published online: 17.02.2020

Güzel, N., Bahçeci, K.S. (2020). Çorum yöresi ballarının bazı kimyasal kalite parametrelerinin değerlendirilmesi. *GIDA* (2020) 45 (2): 230-241 doi: 10.15237/gida.GD19129

*Güzel, N., Bahçeci, K.S. (2020). Assessment of some chemical quality parameters of honeys produced in Çorum province. GIDA (2020) 45 (2): 230-241 doi: 10.15237/gida.GD19129*

### ÖZ

Bu araştırma, Çorum yöresi ballarının bazı kalite parametrelerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiş olup temin edilen 47 bal örneğinde pH, çözünür kuru madde, nem, serbest asitlik, HMF, kül, elektriksel iletkenlik, diastaz sayısı, şeker oranı gibi pek çok kalite parametresi değerlendirilmiştir. Ortalama değerler göz önüne alındığında 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 (<0.05-4.64), glukoz ve fruktoz toplamı %65.8 (57.5-73.4) ve fruktozun glukozu oranı ise 1.16 (1.03-1.24) şeklinde sonuçlar elde edilmiştir. Bu veriler, genel olarak bal örneklerinin Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde belirtilen yasal limitlere uygunluğunu ortaya koymaktadır. Bununla birlikte bir örnek nem ile glukoz ve fruktoz toplamı, üç örnek ise diastaz sayısı bakımından söz konusu mevzuata uymamaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Bal, Çorum, HMF, şeker, diastaz

## ASSESSMENT OF SOME CHEMICAL QUALITY PARAMETERS OF HONEYS PRODUCED IN ÇORUM PROVINCE

### ABSTRACT

This study was aimed to determine some quality parameters of honeys produced in Çorum province. Quality parameters such as pH, soluble solid, HMF, moisture content, electrical conductivity, ash, free acidity, diastase and sugar were evaluated for 47 honey samples. The mean values were determined as pH 3.83 (3.55-4.20), soluble solid 81.5°Bx (76.8-83.8), moisture 16.9% (14.5-21.7), free acidity 32.2 meq/kg (21.1-47.8), HMF 3.5 mg/kg (0.3-36.5), ash 0.18% (0.02-1.58), electrical conductivity 350 µS/cm (205-674), diastase activity 16.4 (0.1-32.2), glucose 30.4% (26.0-34.3), fructose 35.3% (31.5-39.1), sucrose 0.34% (<0.05-4.64), sum of glucose and fructose 65.8% (57.5-73.4) and the ratio of fructose to glucose 1.16 (1.03-1.24). The results generally show that honey samples were acceptable for legal limits according to Turkish Food Codex. However, one sample was not comply with the legislation in terms of moisture content and sum of glucose and fructose, and also three samples were not comply in terms of diastase number.

**Keywords:** Honey, Çorum, HMF, sugar, diastase

\*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author

✉ ksavasbahceci@hitit.edu.tr,

☎ (+90) 364 227 4537

☎ (+90) 364 227 4535

Nihal Güzel; ORCID no: 0000-0002-2387-9009

K. Savaş Bahçeci; ORCID no: 0000-0001-8259-4786

### GİRİŞ

Bal, esas olarak içerdiği fruktoz ve glukoz gibi karbonhidratların yanı sıra enzimler, mineraller, aminoasitler, vitaminler, organik asitler, flavonoidler, fenolik asitler gibi küçük miktarlarda ancak çok sayıda biyoaktif bileşeni de içeren doğal bir gıdadır (Bertoncelj vd., 2007; Sağdıç vd., 2013). Balın bileşimi botanik orijini ile yakından ilişkili olup, toprak ve iklim karakteristikleri gibi çevresel faktörler yanında işleme ve depolama koşullarından da etkilenir (Baroni vd., 2009; Yücel ve Sultanoğlu, 2013). Balın kimyasal bileşimine büyük oranda katkı sağlayan karbonhidratlar günlük enerji ihtiyacını karşılamanın yanı sıra balın viskozite, higroskopiklik ve granülasyon gibi özelliklerine de etki ederler (Alvares-Suarez vd., 2010; Kamal ve Klein, 2011). Balda en fazla bulunan şekerler olan fruktoz ve glukozun konsantrasyonları ile bunların oranı, monofloral balların sınıflandırılmasında indikatör olarak kullanılabilir. Ayrıca glukozun sudaki çözünürlüğünün fruktozun sudaki çözünürlüğüne kıyasla daha düşük olması sebebiyle fruktoz:glukoz oranı balın kristalize olmasında da değerlendirilmeye alınmaktadır. Bu oran ortalama 1.2:1 seviyesinde olmakla birlikte pek çok faktöre bağlı olarak değişiklik de gösterebilir (da Silva vd., 2016). Gerek Kodeks Alimentarius standardında (Anonymous, 2016) ve gerekse Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde (Anonymous, 2012) çiçek ballarındaki glukoz ve fruktoz toplamının en az 60g/100g olması gerektiği ifade edilmektedir. Bu indirgen şekerler yanında sukroz miktarı da balın olgunluğunun belirlenmesinde önemli bir parametre olarak değerlendirilir. Baldaki sukroz analizi, uygun olmayan bir manipülasyon olup olmadığının belirlenmesi amacıyla da gerçekleştirilir. Bu anlamda yüksek düzey, şeker ilavesinin bir göstergesi olabileceği gibi, erken hasat dolayısıyla, sukrozun, glukoz ve fruktoza tam olarak dönüştürülemediğinden kaynaklanabilir. Yine bal arılarının uzun süre şeker şurubu ile beslenmesi de benzer bir sonuç doğurabilir. Bu anlamda yasal olarak 100 g çiçek balında (spesifik bazı bal türleri hariç) maksimum 5 g sukrozun varlığına izin verilmektedir. Balın doğal ve gerçekliğinin belirlenmesi amacıyla çok değişkenli veri analizi ile dünyanın farklı coğrafyalarında

gerçekleştirilen çalışmalar, glukoz ve fruktoz toplamı ya da glukoz:su oranının, değerlendirilen diğer pek çok parametreye göre balın kalitesinin belirlenmesinde daha iyi sonuç verdiğini belirtmektedir (Kukurova vd., 2008). Diğer yandan hidroksimetilfurfural (HMF) düzeyi ve diastaz aktivitesi balın kalitesini belirlenmesinde uzun zamandır kullanılan önemli parametrelerdir (Fallico vd., 2004). Endüstriyel uygulamalarda kristalizasyonun geciktirilmesi ya da önlenmesi, mikrobiyel gelişimin durdurulması ve dolmuş sırasında yeterli akışkanlık sağlanması amacıyla bala ısı işlem uygulanabilmektedir (Escriche vd., 2014). Bununla birlikte uygulanan ısı işleme bağlı olarak uçucu bileşenlerin degradasyonu, şekerlerin karamelizasyonu ve melanoidinlerin oluşumu gibi kalite üzerine negatif etkili reaksiyonlar gerçekleşmektedir. Şekerlerin özellikle de fruktozun degradasyonu ve uçucu bileşen kayıpları tat ve aroma değişimlerine neden olurken bir yandan da balda bulunan bazı amino asitlerin varlığında HMF oluşumuyla sonuçlanmaktadır (Sant'Ana vd., 2011). Isıl işlem yanında uzun depolama süresi de HMF konsantrasyonunda önemli düzeyde artışa yol açmaktadır. Bu nedenle HMF miktarı balda aşırı ısıtma veya uygun olmayan depolamayı göstermesi bakımından indikatör olarak kullanılmaktadır (da Silva vd., 2016). Balda bulunan ve ısıya karşı duyarlı bir enzim olan diastaz da HMF gibi aşırı ısı işlem belirteci olarak kullanılır (Ahmed vd., 2013). Ayrıca depolama sırasında azalması, diastaz değerinin bu anlamda da indikatör olarak kullanılabileceğini ortaya koyar (da Silva vd., 2016). Yine balın nem içeriği, asitlik değeri, kül miktarı ve elektriksel iletkenliği gibi parametreler de balda kalite kriteri olarak değerlendirilen kimyasal özelliklerdendir.

Türkiye, sahip olduğu zengin bitki örtüsü yanında coğrafi ve iklim şartları nedeniyle de bal üretimi açısından son derece uygun bir konumdadır (Kahraman vd., 2010). Ülkemizin farklı bölgelerinde üretilmiş nektar ya da salgıdan elde edilen gerek monofloral (Akbulut vd., 2009; Özcan vd., 2014) gerekse de multifloral balların (Küçük vd., 2007; Can vd., 2015) bileşimleri ile ilgili çeşitli çalışmalar mevcut iken, Çorum iline ait söz konusu alanda bilimsel bir veri bulunmamaktadır. Gerçekleştirilen bu çalışmada

Çorum ilinde üretilen çiçek ballarının çeşitli kalite parametrelerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Böylece bir yandan Çorum ilinde üretilen balların standartlara uygunluk düzeyi belirlenirken bir yandan da elde edilen bilgilerle üreticiye fayda sağlanması umulmaktadır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Materyal

Çalışma kapsamında, Çorum İli Arı Yetiştiricileri Birliği aracılığı ile Çorum'un farklı yörelerinden temin edilen 47 bal örneği kullanılmıştır. 2015 yılı üretimi olan numuneler, analiz edilinceye kadar ağzı kapalı cam şişelerde, oda sıcaklığında ve karanlık bir ortamda muhafaza edilmişlerdir. Kullanılan tüm kimyasallar analitik saflıkta olup Merck (Darmstadt, Germany) ve Sigma (St. Louis, MO, USA) firmalarından sağlanmıştır.

### Yöntem

#### Kimyasal Analizler

Ballarda gerçekleştirilen kimyasal analizler Harmonised Methods of the International Honey Commission (Anonymous, 2009) tarafından belirtilen yöntemlere göre yapılmıştır. Nem düzeyi, kırılma indisi değerlerinin 20°C'de Abbe refraktometresi ile okunmasıyla belirlenmiştir. Okunan kırılma indislerinden %nem düzeyinin hesaplanması için standart çizelge kullanılmıştır. Suda çözünür kuru madde içerikleri de Abbe refraktometresi ile belirlenmiştir. Kristalize olan bal örneklerinin 45°C'lik su banyosunda bekletilmesi ile kristallerin çözündürülmesi sağlanmış ve sonrasında ölçümler gerçekleştirilmiştir. Elektriksel iletkenlik değeri %20 kuru madde içerecek şekilde hazırlanan bal çözeltisi kullanılarak iletkenlik ölçer yardımıyla ölçülmüştür. Serbest asitlik ve pH değerleri pH metre yardımıyla belirlenmiştir. Kül miktarı 2 g bal örneğinin 550°C sıcaklıktaki kül fırınında yakılmasıyla elde edilen tartım miktarından % olarak hesaplanmıştır.

#### Diastaz sayısı tayini

Diastaz aktivitesinin belirlenmesinde iki farklı yöntem kullanılmış olup sonuçlar bu iki yöntem ile belirlenen değerlerin ortalaması şeklinde verilmiştir. Birinci yöntemde enzimatik-spektrofotometrik metot kullanılmış ve bu amaçla Phadebase Bal Diastaz Test tabletlerinden

(Pharmacia Diagnostics, AB) yararlanılmıştır. Diastaz sayısının belirlenmesi için 1 g bal örneği 100 mL'lik bir balon joje içerisine alındıktan sonra 0.1 M sodyum asetat tamponu (pH 5.2) ile çözündürülüp hacmine tamamlanmıştır. Bu çözeltiden bir deney tüpüne 5 mL alınarak 40°C'ye ayarlanmış su banyosunda 10 dak bekletilmiştir. Aynı işlem kör deneme amacıyla bal örneği kullanılmadan 5 mL'lik sodyum asetat tamponu için de gerçekleştirilmiştir. Bir pens yardımıyla her iki çözeltiye Phadebas tabletten konulmuş ve kronometre ile süre tutulmaya başlanmıştır. Tabletlerin çözündürülmesi için hızlı bir şekilde (yaklaşık 10 s) karıştırılan tüpler tekrar su banyosu içerisine alınmıştır. Tam olarak 30 dak sonunda 1 mL 0.5 M sodyum hidroksit ilave edilerek reaksiyon sonlandırılmıştır. Santrifüjleme (4500 g'de 10 dak) işleminin ardından spektrofotometrede (Shimadzu UV-1800, Japan) 620 nm dalga boyunda saf suya karşı absorbans değerleri ölçülmüştür. Kör denemede elde edilen absorbans değerinden örneğin absorbansı çıkarılarak  $\Delta A_{620}$  değeri belirlenmiş ve aşağıdaki eşitlik yardımı ile diastaz sayısı hesaplanmıştır.

$$\text{Diastaz sayısı} = 28.2 \times \Delta A_{620} + 2.64$$

$$\text{Diastaz sayısı} = 35.2 \times \Delta A_{620} - 0.46 \text{ (Diastaz sayısının 8'den küçük olması durumunda)}$$

Diğer yöntemde ise International Honey Commission tarafından belirtilen şekilde hazırlanan seyreltilmiş iyot çözeltisinin indikatör olarak kullanıldığı spektrofotometrik yöntemden yararlanılmıştır. Örnek hazırlanması amacıyla 2 g bal örneği 5 mL su içerisinde çözündürülmüş, üzerine 1 mL 0.1 M sodyum asetat (pH 5.3) ve 0.6 mL 0.5 M sodyum klorür ilave edilerek hacmi 10 mL'ye tamamlanmıştır. Hazırlanan örnekler 40°C'deki su banyosunda 15 dakika bekletilmiştir. Bu süre sonunda 5 mL %2'lik nişasta çözeltisi bal örneklerinin üzerine eklenmiştir. Belli aralıklarla bu karışımdan 0.5 mL alınmış, 5 mL seyreltilmiş iyot çözeltisi ile karıştırılmış ve 660 nm'de absorbans değerleri 0.235 değerinin altına düşene kadar ölçülmüştür. Ölçüm alınan süreye karşılık okunan absorbans değerleri grafiğe aktararak 0.235 absorbans değerine karşılık gelen süre (dak) belirlenmiştir. Hesaplanan süreden aşağıda verilen eşitlik yardımıyla diastaz sayısı bulunmuştur.

Diastaz sayısı=  $300 / t_x$  ( $t_x = 0.235$  absorbands değerine karşılık gelen süre, dak)

### HMF analizi

HMF analizi amacıyla örnekler Carrez I ve Carrez II kullanılarak durultulduktan ve toplamda 1:20 oranında seyreltikten sonra 0.45 µm filtreden geçirilmiş ve 10 µL örnek yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) sistemine enjekte edilmiştir. Bu amaçla kuaterner pompa, otomatik örnek enjeksiyon sistemi, diode array dedektör (DAD) ve sıcaklık kontrollü kolon fırını içeren bir HPLC sisteminden (Shimadzu, Japan) yararlanılmıştır. Mobil faz olarak 1.0 mL/dak akış hızında, 10 mM formik asit ve asetonitril karışımı (90:10, v/v) kullanılmıştır (Onsekizoğlu vd., 2010). Kromatografik seperasyon Inertsil C<sub>18</sub> kolonda (5 µm, 4.6 mm, 250 mm) ve 25°C'de gerçekleştirilmiş olup, kromatogramlar ise 284 nm dalga boyunda kaydedilmiştir. Örneklerin HMF içerikleri farklı konsantrasyonlarda hazırlanan HMF standart kurvesinden hesaplanmıştır. HMF için tespit limiti (LOD) 0.02 mg/kg, tayin limiti (LOQ) ise 0.06 mg/kg olarak saptanmıştır.

### Şeker analizi

Bal örneklerinin fruktoz, glukoz ve sukroz içerikleri HPLC yöntemi ile belirlenmiştir. Bu amaçla kuaterner pompa, otomatik örnek enjeksiyon sistemi, refraktif indeks dedektör ve sıcaklık kontrollü kolon fırını içeren bir HPLC sisteminden (Shimadzu, Japan) yararlanılmış olup mobil faz olarak 1.0 mL/dak akış hızında asetonitril-su karışımı (75:25, v/v) kullanılmıştır. İşlem sıcaklığı 40°C'dir. Örnekler Carrez I ve Carrez II kullanılarak durultulduktan ve toplamda 1:20 oranında seyreltikten sonra 0.45 µm filtreden geçirilmiş ve 20 µL örnek HPLC sistemine enjekte edilmiştir. Kromatografik seperasyon Inertsil NH<sub>2</sub> kolonda gerçekleştirilmiştir. Örneklerdeki glukoz, fruktoz ve sukroz varlığı ile konsantrasyonları, alikonma sürelerinin standartlarla karşılaştırılması ve pik alanlarına bağlı olarak bu standartlarla hazırlanan kalibrasyon kurveleri üzerinden belirlenmiştir. LOD değerleri glukoz ve fruktoz için %0.01, sukroz için %0.02, LOQ değerleri ise fruktoz için %0.04, glukoz ve sukroz için %0.05 olarak saptanmıştır.

### İstatistiksel analiz

Bal örneklerine uygulanan tüm analizler 2 tekerrürlü ve 2 paralel olarak gerçekleştirilmiştir. Verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmelerinde SPSS 16.0 paket programından yararlanılmıştır. Bal örneklerinin çeşitli fizikokimyasal özellikleri arasındaki ilişkiler ise Pearson korelasyon katsayıları ile belirlenmiştir.

### SONUÇ VE TARTIŞMA

Çorum'un farklı bölgelerinden elde edilen balların suda çözünür kuru madde, nem, pH, serbest asitlik, HMF, kül, elektriksel iletkenlik ve diastaz sayısı içeriklerine ait elde edilen sonuçlar Çizelge 1'de verilmektedir. Örneklerdeki suda çözünür kuru madde içerikleri 76.8-83.8°Bx aralığında değişmekte olup, ortalama 81.5°Bx olarak tespit edilmiştir. Literatürde gerçekleştirilen çeşitli araştırmalarda da benzer değerlerin (76.2-84.1°Bx) rapor edildiği görülmektedir (Conti, 2000; Saxena vd., 2010; Habib vd., 2014). Bal açısından suda çözünür kuru madde içeriğinin tamamına yakınının şekerler kaynaklı olduğu söylenebilir. Yine, suda çözünür kuru madde içeriği ile nem değerleri arasında da doğal olarak güçlü bir ilişki olup, Briks değeri düşük olan örneklerin nem içeriklerinin daha yüksek olacağı açıktır. Örneklerdeki nem değerleri de %14.5-21.7 aralığında dağılım göstermiştir. Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği (Anonymous, 2012), püren balları dışındaki çiçek ballarının nem içeriğinin en fazla %20 olabileceğini rapor etmektedir. Bu anlamda araştırma kapsamında analize alınan 47 örnekten sadece 1 tanesinde yasal limitin üzerinde nem değeri tespit edilmiştir. Bilindiği üzere balın nem düzeyi üzerine nektar kaynaklarının farklılığının yanı sıra hasat zamanı, balın olgunluk düzeyi ve iklim koşulları gibi faktörler de etkili olmaktadır (Singh ve Bath, 1997; Finola vd., 2007). Söz konusu faktörlere bağlı olarak, örneğin erken hasat ile ballarda nem içeriğinin yüksek kalması, aynı zamanda fermantasyon riskini de beraberinde getirmektedir. Nem içerikleri noktasında, ülkemizin değişik yörelerine ait ballarda gerçekleştirilen analizlerde de benzer veriler elde edilmiştir. Özcan ve Ölmez (2014) tarafından yapılan çalışmada farklı monofloral balların nem düzeylerinin %16.2 ile %20.0 arasında olduğu belirlenirken, çam ballarının en

düşük nem düzeyine, pamuk ve üçgül ballarının ise en yüksek nem düzeyine sahip oldukları belirlenmiştir. Benzer şekilde, Can vd. (2015) tarafından gerçekleştirilen araştırmada da ülkemizin çeşitli illerinde üretilmiş multifloral ve monofloral balların nem düzeyleri %16-20 aralığında tespit edilmiş olup, en düşük nem düzeyinin salgı balları ve multifloral ballarda, en yüksek nem düzeyinin ise akasya ve süpürge otu ballarında olduğu rapor edilmiştir.

Analizi gerçekleştirilen bal örneklerinin pH değerlerinin 3.55-4.20 (ortalama 3.83) aralığında, toplam asitlik değerlerinin ise 21.1-47.8 meq/kg (ortalama 32.2 meq/kg) aralığında değiştiği görülmektedir. Yasal mevzuatta pH değeri ile ilgili bir yargı bulunmazken, toplam asitlik miktarının en fazla 50 meq/kg olabileceği ifade edilmektedir. Bu anlamda incelenen örneklerin tamamının serbest asitlik açısından limit değerler içerisinde olduğu görülmektedir. Bilindiği üzere pH değeri balın stabilitesi ve raf ömrü üzerine etkili olup, asidik karakter kazandırması dolayısıyla baldaki mikrobiyel gelişimi engelleme noktasında da öneme sahiptir. Serbest asitlik değeri de baldaki bozulmanın değerlendirilmesi açısından anlamlı veriler ortaya koymaktadır. Her ne kadar farklı organik asitlerin varlığı, coğrafi faktörler ve hasat zamanına bağlı olarak asitlik değerleri değişebilse de, yasal limit olarak belirlenen 50 meq/kg üzerinde belirlenen değerler, potansiyel olarak fermantasyona bağlı şekerlerin organik asitlere dönüşmüş olabileceğinin bir göstergesidir. Yapılan çeşitli araştırmalarda da gerek pH ve gerekse serbest asitlik açısından çalışmamızda elde edilen değerlere yakın sonuçların alındığı görülmektedir (Singh ve Bath, 1997; Küçük vd., 2007; Alvarez-Suarez vd., 2010).

Baldaki en önemli kalite kriterlerinden biri olan HMF açısından sonuçlar değerlendirildiğinde, tüm örneklerin Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde (Anonymous, 2012) limit değer olarak belirtilen 40 mg/kg'ın altında HMF içerdiği görülmektedir. Sadece bir bal örneğinde 36.5 mg/kg HMF saptanmış olup, bu örnekteki yüksek standart sapma da dikkate alındığında HMF açısından riskli olarak değerlendirilmiştir. Bunun dışındaki örneklerin tamamında HMF değeri 10.8 mg/kg'ın altında olup ballardaki ortalama HMF

konsantrasyonunu 3.5 mg/kg olarak belirlenmiştir. Söz konusu ortalama değer, literatürde belirtilen çeşitli çalışmalarda ortaya konan verilerin genel olarak altındadır. Nitekim, Kahraman vd. (2010), Karadeniz ve Doğu Anadolu bölgelerinde üretilen ballarda ortalama 31.2 mg/kg (7.68-52.60 mg/kg) HMF tespit etmişlerdir. Yine çam balında  $7.88 \pm 5.58$  mg/kg (Akbulut vd., 2009), kestane balında  $9.28 \pm 7.13$  mg/kg (Can vd., 2015) düzeyinde HMF tespit edilmiştir. Yurt dışında gerçekleştirilen bazı çalışmalarda da Arjantin balları için 14.8 mg/kg (Finola vd., 2007), İtalya balları için 7.80 mg/kg (Esti vd., 1997) ve İspanya balları için ise 6.10 mg/kg (Escriche vd., 2014) düzeyinde HMF konsantrasyonları rapor edilmektedir. Bunun yanı sıra çalışmamızda elde edilen değerlere benzer ortalamalarda mevcuttur. Bu anlamda Yılmaz ve Küfrelioğlu (1999) çiçek ballarındaki HMF konsantrasyonunu 3.3 mg/kg olarak rapor etmiş iken, ormangülü ve akasya ballarında sırasıyla 3.20 ve 3.57 mg/kg (Can vd., 2015), Fransa ballarında da 3.28 mg/kg gibi veriler de mevcuttur. Bilindiği üzere HMF, aşırı ısı işlem veya uygun olmayan depolama koşullarının göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Nitekim ballar, ticari olarak işlenmeleri sırasında viskozitenin azaltılması, kristalizasyonun veya fermantasyonun önlenmesi amaçlarıyla çoğu kez ısıya maruz kalabilmektedir. Uygulanan ısı işlem şiddetine bağlı olarak ve ayrıca depolama süresinin uzaması ile birlikte HMF konsantrasyonlarında önemli artışlar meydana gelebilmektedir.

Araştırma kapsamında analize alınan bal örneklerinin kül içerikleri %0.02-1.58 aralığında (ortalama %0.18) tespit edilmiştir. Kül içeriği baldaki mineral madde miktarının bir göstergesi olup coğrafi orijine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Genel olarak kestane ve salgı ballarındaki kül miktarı, çiçek ballarına göre daha yüksek düzeydedir. Yine kül miktarı ile elektriksel iletkenlik arasında da güçlü bir pozitif korelasyon mevcuttur. Araştırma kapsamında sadece bir örnekte oldukça yüksek düzeyde (%1.58) kül tespit edilmesine karşın, bu örnekteki elektriksel iletkenlik değerinin bu veriye paralel bir yükseklikte olmayışı, örnek açısından farklı bir kontaminasyonun olabileceği şeklinde

değerlendirilmiştir. Küçük vd. (2007), multifloral çiçek ballarındaki kül miktarını  $0.20 \pm 0.04$  olarak rapor etmiş iken, Chakır vd. (2011) de çalışma sonuçlarımıza benzer şekilde kül miktarının  $0.02-1.03$  aralığında ve ortalama  $0.17$  seviyesinde olduğunu belirtmişlerdir.

Elektriksel iletkenlik değeri, organik asitler, mineral tuzlar, proteinler, bazı kompleks şekerler ve poliollerin konsantrasyonları ile ilişkili olup, çiçek ve salgı ballarının ayırımı yapmada sıklıkla kullanılmaktadır. Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde (Anonymous, 2012) bu değer çiçek ballarında en fazla  $0.8 \text{ mS/cm}$  ( $800 \mu\text{S.cm}^{-1}$ ) olarak belirlenirken, kestane ve salgı ballarında ise en az  $0.8 \text{ mS/cm}$  ( $\mu\text{S.cm}^{-1}$ ) olmalıdır şeklinde ifade edilmiştir. Araştırma kapsamında elde edilen veriler söz konusu limit değerlerin içerisinde olup,  $205-674 \mu\text{S.cm}^{-1}$  aralığında ve ortalama  $350 \mu\text{S.cm}^{-1}$  olarak tespit edilmiştir. Elektriksel iletkenlik ve renk arasında da ilişki mevcut olup, akasya, lavanta, üçgül ve geven balı gibi daha açık renkli balların düşük ( $0.30 \pm 0.25-0.48 \pm 0.59 \text{ mS/cm}$ ) elektriksel iletkenlik değerlerine sahip olduğu, buna karşılık kestane balı gibi koyu renkli balların ise çok daha yüksek ( $1.50 \pm 0.31 \text{ mS/cm}$ ) elektriksel iletkenlik değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Yine salgı balları da koyu renk ve yüksek elektriksel iletkenlik değerlerine ( $0.99 \pm 0.32-1.09 \pm 0.16 \text{ mS/cm}$ ) sahiptir (Can vd., 2015).

Balda bulunan en önemli enzimlerden biri olan diastaz aktivitesi açısından  $0.1-32.2$  (ortalama  $16.4$ ) aralığında sonuç alınmıştır. Diastaz aktivitesi orijine bağlı olarak farklı ballarda farklı oranlarda bulunabileceği gibi yasal mevzuatta sınır değer olarak belirlenen 8'in altında çıkması arzu edilmemektedir (Anonymous, 2012; Juan-Borras vd., 2014). Diastaz aktivitesinin belirlenen bu değerden düşük çıkması balın yüksek sıcaklıklara maruz kaldığının veya uzun süre depolandığının bir göstergesidir (Özcan ve Ölmez, 2014). Bu nedenle diastaz aktivitesi, HMF değerinde olduğu gibi balın tazeliğinin ve depolama koşullarının belirteci olarak kabul edilmektedir (Küçük vd., 2007; Juan-Borras vd., 2014). Analizi gerçekleştirilen 47 örnekten 3 tanesinde diastaz aktivitesinin 8'in altında kaldığı ve bu anlamda

yasal mevzuata uymadığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte sonuçlar, ortalama değer baz alındığında, Çorum yöresi ballarının diastaz aktivitesinin, Marmara ve Doğu Anadolu bölgelerinden elde edilen ballara kıyasla (sırasıyla  $9.89 \pm 0.47$  ve  $9.70 \pm 0.55$ ) daha yüksek olduğunu ortaya koymaktadır (Kahraman vd., 2010). Karadeniz Bölgesi'nde üretilen kestane ve komar ballarının diastaz aktiviteleri ise, çalışmamızda elde edilen sonuçlara daha yakın değerlerle sırasıyla  $17.7 \pm 1.4$  ve  $23.0 \pm 2.1$  olarak saptanmıştır (Küçük vd., 2007).

Çizelge 2'de Çorum yöresinden elde edilen balların glukoz, fruktoz ve sukroz içerikleri ile fruktoz/glukoz (F/G) oranı ve glukoz+fruktoz (G+F) toplamı verilmektedir. Örneklerdeki glukoz miktarı  $26.0-34.3$  (ort.  $30.4$ ) arasında, fruktoz miktarı ise  $31.5-39.1$  (ort.  $35.3$ ) arasında değişim göstermektedir. Yasal mevzuatta bu şekerlerin bireysel değerlendirmeleri yerine toplam ve oransal değerlendirmelerin yapılması gerektiği öngörülmüştür. Bu anlamda Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde (Anonymous, 2012) glukoz ve fruktoz içeriklerinin toplamı çiçek balları için en az  $60$  ve F/G oranının ise kekik ve akasya gibi bazı ballar hariç  $0.9-1.4$  arasında olması gerektiği ifade edilmiştir. Toplam glukoz ve fruktoz değerleri göz önüne alındığında, incelenen örneklerden sadece 1 tanesinde belirlenen minimum limit değerinin altında sonuç elde edilmiş, F/G oranı noktasında ise tüm örnekler, belirlenen sınırlar içerisinde değer almıştır. Gerek Kodeks Alimentarius (Anonymous, 2016) ve gerekse Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde (Anonymous, 2012) maksimum  $5$  olarak limit değeri belirlenen sukroz açısından değerlendirme yapıldığında, tüm örneklerin bu değerinin altında sonuç verdiği tespit edilmiştir. Nitekim bazı örneklerde sukroz tespit edilememiş, sadece 4 örnekte ise  $1$ 'in üzerinde (maksimum değer  $4.64$ ) sonuç elde edilmiştir. Literatürde balların şeker içeriği ile ilgili olarak çok sayıda çalışma mevcut olup şeker kompozisyonları, üretildiği bölge ve nektar kaynaklarına göre geniş ölçüde değişebilmektedir (Juan-Borras vd., 2014). Bal çeşitlerine göre şeker miktarlarında farklılıklar olsa da genel olarak fruktozun diğer şekerlere kıyasla daha fazla

olduğu görülmektedir (Tezcan vd., 2011; Juan-Borras vd., 2014; Can vd., 2015).

Çizelge 1. Bal örneklerinin suda çözünür kuru madde, nem, pH, serbest asitlik, HMF, kül, elektriksel iletkenlik ve diastaz sayısı değerleri

Table 1. Soluble solid, moisture, pH, free acidity, HMF, ash, electrical conductivity and diastase numbers of honey samples

| Örnek kodu<br>Sample code | Çözünür kuru madde<br>Soluble solid (°Bx) | Nem<br>Moisture (%) | pH        | Serbest asitlik<br>Free acidity (meq/kg) | HMF (mg/kg) | Kül<br>Ash (%) | Elektriksel iletkenlik<br>Electrical conductivity ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) | Diastaz sayısı<br>Diastase number |
|---------------------------|---|---------------------|-----------|--|-------------|----------------|--|-----------------------------------|
| 1                         | 82.4±0.1                                  | 15.9±0.1            | 3.89±0.01 | 34.1±3.5                                 | 3.5±0.7     | 0.23±0.02      | 412±9  | 21.7±0.0                          |
| 2                         | 80.0±0.3                                  | 18.3±0.3            | 3.81±0.09 | 34.9±2.3                                 | 2.3±0.1     | 0.33±0.07      | 444±11   | 16.0±0.1                          |
| 3                         | 79.4±0.1                                  | 19.0±0.2            | 3.75±0.00 | 35.2±2.3                                 | 7.7±0.9     | 0.13±0.00      | 396±4  | 17.4±0.2                          |
| 4                         | 80.5±0.0                                  | 17.8±0.0            | 3.76±0.00 | 35.2±2.3                                 | 3.7±0.2     | 0.12±0.02      | 397±19   | 21.3±0.2                          |
| 5                         | 81.3±0.3                                  | 17.1±0.3            | 3.60±0.14 | 35.1±0.6                                 | 1.0±0.0     | 0.14±0.02      | 333±13   | 20.6±1.6                          |
| 6                         | 81.3±0.0                                  | 16.8±0.0            | 3.69±0.00 | 40.4±4.6                                 | 1.1±0.0     | 0.19±0.02      | 452±4  | 27.3±0.5                          |
| 7                         | 82.5±0.3                                  | 15.8±0.3            | 3.80±0.10 | 35.0±3.9                                 | 1.2±0.0     | 0.19±0.04      | 420±0  | 17.0±0.7                          |
| 8                         | 80.9±0.1                                  | 17.5±0.2            | 3.67±0.04 | 37.6±1.4                                 | 3.0±0.2     | 0.02±0.00      | 285±13   | 32.2±0.4                          |
| 9                         | 82.4±0.1                                  | 15.9±0.1            | 3.76±0.01 | 35.1±0.6                                 | 4.2±0.0     | 0.12±0.01      | 299±11   | 20.7±1.8                          |
| 10                        | 82.8±0.3                                  | 15.6±0.3            | 3.77±0.06 | 37.3±2.9                                 | 4.2±0.5     | 0.15±0.04      | 302±7  | 18.0±0.7                          |
| 11                        | 82.0±0.3                                  | 16.3±0.3            | 3.80±0.04 | 33.1±1.6                                 | 2.7±0.1     | 0.05±0.01      | 259±10   | 20.0±1.1                          |
| 12                        | 82.0±0.3                                  | 16.3±0.3            | 3.73±0.02 | 32.0±0.9                                 | 2.9±0.1     | 0.07±0.01      | 298±18   | 16.0±1.8                          |
| 13                        | 83.5±0.3                                  | 14.8±0.3            | 3.55±0.14 | 29.6±0.8                                 | 7.0±1.0     | 0.06±0.02      | 205±2  | 8.7±0.2                           |
| 14                        | 82.1±0.1                                  | 16.1±0.1            | 3.71±0.08 | 31.1±0.1                                 | 4.1±2.7     | 0.10±0.02      | 294±6  | 11.6±2.0                          |
| 15                        | 82.5±0.3                                  | 15.8±0.3            | 3.90±0.05 | 47.8±1.8                                 | 0.5±0.1     | 0.26±0.06      | 480±3  | 23.1±2.0                          |
| 16                        | 80.8±0.3                                  | 17.6±0.3            | 3.93±0.02 | 33.7±0.2                                 | 10.8±0.7    | 0.22±0.04      | 435±19   | 3.5±1.1                           |
| 17                        | 81.1±0.1                                  | 17.1±0.3            | 3.90±0.09 | 21.1±1.1                                 | 6.3±0.3     | 0.02±0.00      | 242±15   | 0.1±0.1                           |
| 18                        | 81.4±0.1                                  | 16.8±0.0            | 3.88±0.04 | 25.9±1.9                                 | 36.5±7.6    | 0.08±0.02      | 214±7  | 4.0±0.0                           |
| 19                        | 80.4±0.1                                  | 17.9±0.1            | 3.63±0.07 | 33.3±2.4                                 | 1.7±0.9     | 0.08±0.03      | 310±5  | 24.4±2.1                          |
| 20                        | 81.4±0.1                                  | 16.9±0.1            | 3.99±0.05 | 38.3±0.5                                 | 4.2±0.7     | 0.28±0.03      | 561±5  | 19.2±1.5                          |
| 21                        | 81.5±0.0                                  | 16.8±0.0            | 3.96±0.03 | 33.5±0.8                                 | 1.6±0.3     | 0.21±0.02      | 416±3  | 18.1±2.1                          |
| 22                        | 81.3±0.0                                  | 17.0±0.0            | 3.88±0.07 | 40.0±0.7                                 | 0.6±0.1     | 0.15±0.02      | 431±5  | 23.3±3.6                          |
| 23                        | 76.8±0.0                                  | 21.7±0.0            | 3.77±0.06 | 36.1±0.4                                 | 0.5±0.1     | 0.12±0.03      | 334±27   | 19.7±2.8                          |
| 24                        | 82.3±0.3                                  | 16.0±0.2            | 3.90±0.06 | 26.5±0.8                                 | 1.9±0.0     | 0.17±0.02      | 298±0  | 11.1±2.2                          |
| 25                        | 80.6±0.1                                  | 17.7±0.1            | 3.60±0.09 | 31.8±1.0                                 | 8.7±0.1     | 0.10±0.01      | 264±14   | 15.4±1.5                          |
| 26                        | 82.0±0.0                                  | 16.2±0.0            | 3.74±0.04 | 46.3±3.3                                 | 1.0±0.3     | 0.15±0.00      | 400±0  | 17.2±3.5                          |
| 27                        | 82.6±0.1                                  | 15.7±0.2            | 3.85±0.01 | 32.3±2.5                                 | 1.7±0.0     | 0.11±0.08      | 294±12   | 23.2±3.0                          |
| 28                        | 81.6±0.4                                  | 16.5±0.3            | 3.92±0.02 | 28.6±2.9                                 | 0.3±0.0     | 0.20±0.02      | 271±7  | 14.4±0.4                          |
| 29                        | 81.5±0.0                                  | 16.8±0.0            | 3.93±0.00 | 27.9±0.00                                | 0.9±0.1     | 0.17±0.03      | 523±23   | 19.8±0.9                          |
| 30                        | 81.3±0.5                                  | 17.1±0.5            | 3.73±0.00 | 28.7±0.00                                | 4.6±0.7     | 0.13±0.01      | 281±0  | 14.6±0.9                          |
| 31                        | 82.5±0.0                                  | 15.8±0.0            | 4.20±0.00 | 29.2±0.00                                | 0.4±0.1     | 1.58±0.11      | 367±4  | 14.4±0.6                          |
| 32                        | 81.6±0.4                                  | 16.6±0.4            | 3.93±0.01 | 25.3±0.5                                 | 0.3±0.0     | 0.13±0.03      | 302±0  | 18.7±2.8                          |
| 33                        | 81.0±1.0                                  | 17.3±1.1            | 3.86±0.04 | 35.0±1.8                                 | 0.3±0.1     | 0.12±0.03      | 337±7  | 11.0±1.3                          |
| 34                        | 82.8±0.3                                  | 15.6±0.3            | 3.92±0.00 | 30.8±0.00                                | 4.2±1.3     | 0.16±0.01      | 361±0  | 14.5±1.1                          |
| 35                        | 82.5±0.5                                  | 15.8±0.4            | 3.94±0.01 | 24.9±0.2                                 | 3.4±1.2     | 0.04±0.02      | 265±6  | 9.5±0.7                           |
| 36                        | 80.4±0.1                                  | 17.9±0.1            | 3.85±0.03 | 32.0±1.7                                 | 0.4±0.2     | 0.10±0.01      | 288±5  | 21.2±0.9                          |
| 37                        | 81.3±0.3                                  | 17.1±0.3            | 3.80±0.04 | 27.5±1.7                                 | 1.5±0.0     | 0.02±0.01      | 271±5  | 14.0±0.5                          |
| 38                        | 81.6±0.6                                  | 16.7±0.7            | 3.83±0.05 | 47.3±0.7                                 | 2.9±0.5     | 0.23±0.02      | 411±11   | 19.0±1.8                          |
| 39                        | 81.9±0.1                                  | 16.4±0.2            | 3.79±0.03 | 37.0±3.0                                 | 5.0±3.8     | 0.09±0.00      | 364±10   | 20.3±1.0                          |
| 40                        | 82.1±0.1                                  | 16.1±0.1            | 4.13±0.03 | 21.5±0.4                                 | 1.5±0.5     | 0.57±0.16      | 674±0  | 16.3±1.4                          |
| 41                        | 80.8±0.0                                  | 17.6±0.0            | 3.87±0.05 | 25.2±1.6                                 | 0.5±0.0     | 0.13±0.02      | 327±0  | 9.1±0.8                           |
| 42                        | 81.0±0.8                                  | 17.3±0.7            | 3.93±0.03 | 25.3±1.0                                 | 1.1±0.9     | 0.18±0.04      | 313±2  | 9.6±1.4                           |
| 43                        | 82.1±0.1                                  | 16.1±0.1            | 3.91±0.09 | 26.1±0.4                                 | 1.7±0.1     | 0.18±0.01      | 307±5  | 15.8±1.4                          |
| 44                        | 80.6±0.1                                  | 17.7±0.1            | 3.74±0.22 | 32.4±1.6                                 | 2.3±0.2     | 0.22±0.01      | 415±13   | 17.4±1.9                          |
| 45                        | 81.1±0.1                                  | 17.1±0.3            | 3.91±0.05 | 21.4±1.3                                 | 1.6±0.5     | 0.23±0.10      | 355±0  | 9.5±0.7                           |
| 46                        | 80.3±0.0                                  | 18.0±0.0            | 3.78±0.12 | 29.7±1.5                                 | 0.8±0.1     | 0.05±0.01      | 285±1  | 12.7±1.4                          |
| 47                        | 83.8±0.3                                  | 14.5±0.3            | 3.90±0.07 | 25.0±0.2                                 | 4.6±1.8     | 0.11±0.03      | 261±5  | 18.0±1.7                          |
| Endüşük<br>Min.           | 76.8                                      | 14.5                | 3.55      | 21.1                                     | 0.3         | 0.02           | 205  | 0.1                               |
| Enyüksek<br>Max.          | 83.8                                      | 21.7                | 4.20      | 47.8                                     | 36.5        | 1.58           | 674  | 32.2                              |
| Ortalama<br>Mean          | 81.5                                      | 16.9                | 3.83      | 32.2                                     | 3.5         | 0.18           | 350  | 16.4                              |

Çorum yöresi ballarının bazı kimyasal kalite parametreleri

Çizelge 2. Bal örneklerinin şeker içerikleri  
Table 2. Sugar contents of honey samples

| Örnek kodu<br>Sample code | Glukoz, G<br>Glucose<br>(%) | Fruktoz, F<br>Fructose<br>(%) | Sukroz<br>Sucrose<br>(%) | G+F<br>(%) | F/G       |
|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------|------------|-----------|
| 1                         | 29.4±0.5                    | 35.7±0.7                      | 0.11±0.00                | 65.1±1.1   | 1.22±0.00 |
| 2                         | 29.4±0.8                    | 34.5±0.7                      | t.e.*                    | 64.0±1.5   | 1.17±0.01 |
| 3                         | 29.9±0.4                    | 34.4±0.5                      | t.e.                     | 64.4±0.9   | 1.15±0.00 |
| 4                         | 30.2±0.9                    | 36.2±1.2                      | t.e.                     | 66.4±2.1   | 1.20±0.00 |
| 5                         | 31.2±1.0                    | 35.8±1.1                      | t.e.                     | 67.0±2.1   | 1.14±0.00 |
| 6                         | 30.5±0.1                    | 36.4±0.0                      | t.e.                     | 66.9±0.1   | 1.20±0.00 |
| 7                         | 33.7±1.0                    | 34.9±1.4                      | 0.15±0.00                | 68.6±2.4   | 1.03±0.01 |
| 8                         | 28.8±0.3                    | 34.7±0.3                      | 0.16±0.01                | 63.6±0.6   | 1.20±0.00 |
| 9                         | 28.1±1.5                    | 34.0±1.6                      | 0.42±0.02                | 62.1±3.0   | 1.21±0.01 |
| 10                        | 30.1±2.4                    | 34.9±2.7                      | 1.07±0.06                | 65.0±5.1   | 1.16±0.00 |
| 11                        | 31.0±1.2                    | 36.3±1.5                      | 0.14±0.03                | 67.3±2.7   | 1.17±0.00 |
| 12                        | 28.2±1.3                    | 34.0±1.5                      | 0.21±0.02                | 62.2±2.8   | 1.21±0.00 |
| 13                        | 28.7±0.3                    | 32.1±0.4                      | 4.64±0.02                | 60.9±0.6   | 1.12±0.00 |
| 14                        | 28.9±0.6                    | 34.6±0.7                      | 0.06±0.01                | 63.5±1.2   | 1.20±0.00 |
| 15                        | 28.9±1.0                    | 35.9±1.4                      | 0.06±0.02                | 64.8±2.4   | 1.24±0.00 |
| 16                        | 29.6±0.4                    | 34.3±0.5                      | t.e.                     | 63.9±0.8   | 1.16±0.00 |
| 17                        | 32.2±0.3                    | 35.7±0.4                      | 0.10±0.01                | 67.9±0.8   | 1.11±0.00 |
| 18                        | 29.0±1.1                    | 33.3±1.2                      | 2.30±0.03                | 62.2±2.2   | 1.15±0.00 |
| 19                        | 29.7±1.4                    | 36.7±2.3                      | t.e.                     | 66.4±3.7   | 1.23±0.02 |
| 20                        | 30.4±1.7                    | 36.2±2.0                      | t.e.                     | 66.6±3.7   | 1.19±0.00 |
| 21                        | 30.4±0.1                    | 36.4±0.2                      | t.e.                     | 66.8±0.3   | 1.19±0.01 |
| 22                        | 32.0±0.6                    | 38.6±0.7                      | 0.30±0.01                | 70.6±1.2   | 1.21±0.00 |
| 23                        | 26.0±1.9                    | 31.5±2.4                      | 0.05±0.02                | 57.5±4.4   | 1.21±0.00 |
| 24                        | 30.8±0.6                    | 36.5±0.4                      | 0.76±0.01                | 67.3±1.0   | 1.19±0.01 |
| 25                        | 31.2±0.3                    | 34.4±0.5                      | 0.22±0.04                | 65.6±0.8   | 1.10±0.01 |
| 26                        | 31.0±1.1                    | 34.5±2.5                      | 0.15±0.10                | 65.5±3.7   | 1.11±0.04 |
| 27                        | 29.2±0.2                    | 34.2±0.4                      | 0.30±0.17                | 63.5±0.6   | 1.17±0.00 |
| 28                        | 32.8±0.4                    | 36.8±0.6                      | t.e.                     | 69.6±1.0   | 1.12±0.00 |
| 29                        | 29.8±0.6                    | 32.7±0.9                      | t.e.                     | 62.5±1.6   | 1.09±0.01 |
| 30                        | 30.4±0.2                    | 36.1±0.4                      | 2.74±0.42                | 66.5±0.6   | 1.19±0.00 |
| 31                        | 30.3±2.1                    | 34.7±2.7                      | t.e.                     | 65.0±4.8   | 1.15±0.01 |
| 32                        | 30.5±2.1                    | 35.3±2.6                      | t.e.                     | 65.8±4.8   | 1.16±0.01 |
| 33                        | 30.6±0.2                    | 34.0±0.1                      | t.e.                     | 64.6±0.3   | 1.11±0.00 |
| 34                        | 28.9±0.7                    | 35.3±0.8                      | 0.17±0.02                | 64.2±1.5   | 1.22±0.00 |
| 35                        | 30.6±0.3                    | 35.9±0.6                      | 0.23±0.02                | 66.5±0.9   | 1.17±0.01 |
| 36                        | 30.6±2.0                    | 36.5±1.9                      | t.e.                     | 67.1±3.8   | 1.19±0.02 |
| 37                        | 29.1±1.2                    | 35.9±1.6                      | 0.13±0.01                | 65.0±2.8   | 1.24±0.01 |
| 38                        | 31.6±0.1                    | 36.9±0.3                      | t.e.                     | 68.6±0.4   | 1.17±0.00 |
| 39                        | 30.3±1.4                    | 36.5±1.5                      | 0.24±0.00                | 66.7±2.9   | 1.20±0.00 |
| 40                        | 29.4±0.5                    | 34.8±0.4                      | 0.41±0.00                | 64.2±0.9   | 1.18±0.00 |
| 41                        | 34.2±0.1                    | 35.7±0.2                      | t.e.                     | 69.9±0.4   | 1.05±0.00 |
| 42                        | 31.6±0.9                    | 35.4±1.1                      | t.e.                     | 67.0±1.9   | 1.12±0.00 |
| 43                        | 32.9±0.9                    | 35.5±0.9                      | t.e.                     | 68.4±1.8   | 1.08±0.00 |
| 44                        | 30.3±0.6                    | 36.1±0.6                      | t.e.                     | 66.4±1.2   | 1.19±0.01 |
| 45                        | 30.3±0.1                    | 35.3±0.1                      | 0.26±0.04                | 65.6±0.0   | 1.16±0.01 |
| 46                        | 31.9±0.4                    | 36.0±0.3                      | t.e.                     | 67.9±0.8   | 1.13±0.01 |
| 47                        | 34.3±0.7                    | 39.1±0.6                      | 0.40±0.00                | 73.4±1.2   | 1.10±0.90 |
| En düşük<br>Min.          | 26.0                        | 31.5                          | t.e.                     | 57.5       | 1.03      |
| En yüksek<br>Max.         | 34.3                        | 39.1                          | 4.64                     | 73.4       | 1.24      |
| Ortalama<br>Mean          | 30.4                        | 35.3                          | 0.34                     | 65.8       | 1.16      |

\*t.e.: tespit edilememiştir (not detected)



Bal örneklerinde incelenen tüm parametreler arasındaki ilişkileri içeren korelasyon matrisi Pearson korelasyon katsayıları bazında Çizelge 3'te verilmektedir. Korelasyon matrisi içerisinde göze çarpan önemli ilişkilerden biri HMF ve diastaz sayıları arasında olup her iki parametre arasında yüksek düzeyde negatif bir ilişki mevcuttur. Yani diastaz sayısı düşük olan örneklerin HMF içerikleri yüksektir. Diastazın depolama süresi içerisinde azaldığı ve ısı işlemi gibi proses koşullarından da olumsuz etkilendiği, buna karşılık uygun olmayan ısı işlemi ve uzun depolama süresince HMF oluşumunun arttığı göz

önüne alındığında, elde edilen korelasyon verilerinin bu değerlendirmeyi doğruladığı görülmektedir. HMF ve sukroz arasında ilginç bir korelasyon tespit edilmiş olup sukroz içeriği yüksek olan balların HMF içerikleri de yüksektir. Buna karşılık balların fruktoz ve glukoz içerikleri ile HMF konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki belirlenmemiştir. HMF oluşumunda monosakkaritlerin öncül bileşenler olarak etkili oldukları bilinmektedir. İnversiyon yoluyla sukrozun glukoz ve fruktoza dönüştüğü düşünülürse, sukroz da HMF oluşumunda etkili bileşenlerden biri olarak değerlendirilebilir.

Çizelge 3. Bal örneklerinin çeşitli kalite parametreleri açısından korelasyon matrisi

Table 3. Correlation matrix between some quality parameters of honey samples

|  | Çözünür kuru madde<br><i>Soluble solid</i> | Nem<br><i>Moisture</i> | pH      | Serbest asitlik<br><i>Free acidity</i> | HMF      | Kül<br><i>Ash</i> | Elektriksel iletkenlik<br><i>Electrical conductivity</i> |
|--|--|------------------------|---------|--|----------|-------------------|--|
| Çözünür kuru madde<br><i>Soluble solid</i>               | 1  | -0.998**               | 0.199   | -0.092                                 | 0.022    | 0.137             | -0.076   |
| Nem<br><i>Moisture</i>                                   | -0.998**                                   | 1                      | -0.208  | 0.101                                  | -0.026   | -0.140            | 0.069  |
| pH   | 0.199                                      | -0.208                 | 1       | -0.336*                                | -0.062   | 0.590**           | 0.399**  |
| Serbest asitlik<br><i>Free acidity</i>                   | -0.092                                     | 0.101                  | -0.336* | 1                                      | -0.146   | -0.039            | 0.314*   |
| HMF  | 0.022                                      | -0.026                 | -0.062  | 0.146                                  | 1        | -0.146            | -0.258   |
| Kül<br><i>Ash</i>  | 0.137                                      | -0.140                 | 0.590** | -0.039                                 | -0.146   | 1                 | 0.361*   |
| Elektriksel iletkenlik<br><i>Electrical conductivity</i> | -0.076                                     | 0.069                  | 0.399** | 0.314*                                 | -0.258   | 0.361*            | 1  |
| Diastaz sayısı<br><i>Diastase number</i>                 | -0.048                                     | 0.054                  | -0.252  | 0.578**                                | -0.407** | -0.015            | 0.290*   |
| Glukoz (G)<br><i>Glucose</i>                             | 0.238                                      | -0.251                 | 0.169   | -0.199                                 | -0.172   | -0.012            | -0.082   |
| Fruktoz (F)<br><i>Fructose</i>                           | 0.231                                      | -0.239                 | 0.158   | 0.054                                  | -0.257   | -0.045            | 0.039  |
| Sukroz<br><i>Sucrose</i>                                 | 0.295*                                     | -0.285                 | -0.292* | 0.164                                  | 0.447**  | -0.117            | -0.349*  |
| G+F  | 0.261                                      | -0.273                 | 0.180   | -0.086                                 | -0.241   | -0.031            | -0.027   |
| F/G  | -0.110                                     | 0.119                  | -0.064  | 0.307*                                 | -0.038   | -0.018            | 0.136  |

\*\* korelasyon 0.01 düzeyinde anlamlıdır (*correlation is significant at the 0.01 level*)

\* korelasyon 0.05 düzeyinde anlamlıdır (*correlation is significant at the 0.05 level*)

Çizelge 3. (Devam) Bal örneklerinin çeşitli kalite parametreleri açısından korelasyon matrisi  
Table 3. (Cont.) Correlation matrix between some quality parameters of honey samples

|   | Diastaz sayısı<br>Diastase number | Glukoz (G)<br>Glucose | Fruktoz (F)<br>Fructose | Sukroz<br>Sucrose | G+F     | F/G      |
|---|-----------------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------|---------|----------|
| Çözünür kuru madde<br>Soluble solid               | -0.048                            | 0.238                 | 0.231                   | 0.295*            | 0.261   | -0.110   |
| Nem<br>Moisture                                   | 0.054                             | -0.251                | -0.239                  | -0.285            | -0.273  | 0.119    |
| pH  | -0.252                            | 0.169                 | 0.158                   | -0.292*           | 0.180   | -0.064   |
| Serbest asitlik<br>Free acidity                   | 0.578*                            | -0.199                | 0.054                   | 0.164             | -0.086  | 0.307*   |
| HMF   | -0.407*                           | -0.172                | -0.257                  | 0.447*            | -0.241  | -0.038   |
| Kül<br>Ash  | -0.015                            | -0.012                | -0.045                  | -0.117            | -0.031  | -0.018   |
| Elektriksel iletkenlik<br>Electrical conductivity | 0.290*                            | -0.082                | 0.039                   | -0.349*           | -0.027  | 0.136    |
| Diastaz sayısı<br>Diastase number                 | 1                                 | -0.175                | 0.221                   | -0.283            | 0.016   | 0.404**  |
| Glukoz (G)<br>Glucose                             | -0.175                            | 1                     | 0.611**                 | -0.188            | 0.910** | -0.684** |
| Fruktoz (F)<br>Fructose                           | 0.221                             | 0.611**               | 1                       | -0.301*           | 0.884** | 0.147    |
| Sukroz<br>Sucrose                                 | -0.283                            | -0.188                | 0.910**                 | 1                 | -0.268  | -0.058   |
| G+F   | 0.016                             | -0.301*               | 0.884**                 | -0.268            | 1       | -0.328*  |
| F/G   | 0.404**                           | -0.684**              | 0.147                   | -0.058            | -0.328* | 1        |

\*\* korelasyon 0.01 düzeyinde anlamlıdır (correlation is significant at the 0.01 level)

\* korelasyon 0.05 düzeyinde anlamlıdır (correlation is significant at the 0.05 level)

Elde edilen veriler Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde (Anonymous, 2012) belirtilen kriterler çerçevesinde değerlendirildiğinde, Çorum yöresi ballarının genel olarak yasal mevzuatın öngördüğü kriterleri taşıdığı, ancak 1 örneğin nem ile glukoz ve fruktoz (G+F) toplamı açısından, 3 örneğin ise diastaz sayısı açısından mevzuata uymadığı görülmektedir. Nitekim nem miktarı mevzutta %20 ile sınırlandırılırken bu örnekte %21.7 olarak belirlenmiş, aynı örnekte en az %60 olması gereken fruktoz ve glukoz toplamı ise %57.5 olarak tespit edilmiştir. Söz konusu bal örneğinde muhtemelen erken hasat nedeniyle kuru madde içeriğinin yeterince artmadığı, yüksek su içeren ortamda daha kolay gerçekleşebilecek fermantasyonda mikroorganizmaların

karbonhidratları kullanmalarına bağlı olarak da şeker içeriğinde azalma meydana geldiği düşünülmektedir. Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği (Anonymous, 2012) diastaz sayısının, yapısında doğal olarak az enzim bulunan narenciye balları gibi bazı ballar dışında en az 8 olması gerektiğini ifade etmektedir. Diastaz sayısı tayini gerçekleştirilen örneklerin 3'ünde belirlenen değerlerin bu sınırın altında kaldığı görülmüştür. Bilindiği üzere diastaz sayısı depolama süresinin uzamasına bağlı olarak azalabildiği gibi, ısıya duyarlı bir enzim olması dolayısıyla uygun olmayan ısı işlemin belirteci olarak da kullanılabilir. Bu noktadan bakıldığında diastaz sayısını azaltan etmenlerin aynı zamanda HMF içeriğini de arttırıcı yönde etki ettiği ortadadır.

Bizim çalışmamız sonucunda da bu 3 örnekteki HMF konsantrasyonlarının (6.3, 10.8, 36.5 mg/kg), HMF için saptanan ve 3.5 mg/kg olan ortalama değerden fazla olduğu görülmektedir. Hatta 36.5 mg/kg olarak saptanan en yüksek konsantrasyona sahip örnek, standart sapma ile birlikte değerlendirildiğinde yasal mevzuatta HMF için belirlenmiş üst limit olan 40 mg/kg noktasında riskli olarak da değerlendirilebilir. Dolayısıyla diastaz sayısı 8'in altında olan 3 örneğin, HMF içerikleri de dikkate alınarak uygun olmayan depolama koşullarında muhafaza edildiği ya da uygun olmayan şiddette bir ısı işleme maruz kalmış olabileceği söylenebilir. İklim ve çevresel faktörlerin balların bileşimi üzerine etkili olduğu bilinmektedir. Bu anlamda gerçekleştirilen araştırma, Çorum yöresinde üretilen balların kalite parametrelerinin ortaya konması noktasında belirleyebildiğimiz ilk akademik çalışma olma özelliği taşımakta olup, bu anlamda bundan sonra gerçekleştirilecek çalışmalara da alt yapı oluşturabileceği düşünülmektedir.

## TEŞEKKÜR

19004.15.004 numaralı proje kapsamında vermiş oldukları maddi destekten dolayı Hitit Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine ve bal örneklerinin temin edilmesini sağlayan Çorum İli Arı Yetiştiricileri Birliği yönetimi ve üyelerine teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

Ahmed, M., Djebli, N., Aissat, S., Khiati, B., Meslem, A., Bacha, S. (2013). Invitro activity of natural honey alone and in combination with curcuma starch against *Rhodotorula mucilaginosa* in correlation with bioactive compounds and diastase activity. *Asian Pac J Trop Biomed*, 3(10): 816-821.

Akbulut, M., Ozcan, M.M., Coklar, H. (2009). Evaluation of antioxidant activity, phenolic, mineral contents and some physicochemical properties of several pine honeys collected from Western Anatolia. *Int J Food Sci Nutr*, 60(7): 577-589.

Alvarez-Suarez, J.M., Tulipani, S., Diaz, D., Estevez, Y., Romandini, S., Giampieri, F., Damiani, E., Astolfi, P., Bompadre, S., Battino,

M. (2010). Antioxidant and antimicrobial capacity of several monofloral Cuban honeys and their correlation with color, polyphenol content and other chemical compounds. *Food Chem Toxicol*, 48(8-9): 2490-2499.

Anonymous (2009). Harmonised Methods of the International Honey Commission. <http://www.ihc-platform.net/ihcmethods2009.pdf>.

Anonymous (2012). Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği. Tebliğ No: 2012/58.

Anonymous (2016). Codex Standard for Honey. <http://www.ihc-platform.net>.

Baroni, M.V., Arrua, C., Nores, M.L., Faye, P., Diaz, M.D.P., Chiabrande, G.A., Wunderlin, D.A. (2009). Composition of honey from Cordoba (Argentina): Assessment of North/South provenance by chemometrics. *Food Chem*, 114(2): 727-733.

Bertoncelj, J., Dobersek, U., Jamnik, M., Golob, T. (2007). Evaluation of the phenolic content, antioxidant activity and colour of Slovenian honey. *Food Chem*, 105(2): 822-828.

Can, Z., Yildiz, O., Sahin, H., Akyuz-Turumtay, E., Silici, S., Kolayli, S. (2015). An investigation of Turkish honeys: Their physic-chemical properties, antioxidant capacities and phenolic profiles. *Food Chem*, 180: 133-141.

Chakir, A., Romane, A., Barbagianni, N., Bartoli, D., Ferrazzi, P. (2011). Major and trace elements in different types of Moroccan honeys. *Aust J Basic Appl Sci*, 5(4): 223-231.

Conti, M.E. (2000). Lazio region (central Italy) honeys: a survey of mineral content and typical quality parameters. *Food Control*, 11(6): 459-463.

da Silva, P.M., Gauche, C., Gonzaga, L.V., Costa, A.C.O., Fett, R. (2016). Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food Chem*, 196: 309-323.

Escriche, I., Kadar, M., Juan-Borras, M., Domenech, E. (2014). Suitability of antioxidant capacity, flavonoids and phenolic acids for floral authentication of honey. Impact of industrial thermal treatment. *Food Chem*, 142: 135-143.

- Esti, M., Panfili, G., Marconi, E., Trivisonno, M.C. (1997). Valorization of the honeys from the Molise region through physic-chemical, organoleptic and nutritional assessment. *Food Chem*, 58(1-2): 125-128.
- Fallico, B., Zappala, M., Arena, E., Verzera, A. (2004). Effects of conditioning on HMF content in unifloral honeys. *Food Chem*, 85(2): 305-313.
- Finola, M.S., Lasagno, M.C., Marioli, J.M. (2007). Microbiological and chemical characterization of honeys from central Argentina. *Food Chem*, 100(4): 1649-1653.
- Habib, H.M., Al Meqbali, F.T., Kamal, H., Souka, U.D., İbrahim, W.D. (2014). Physicochemical and biochemical properties of honeys from arid regions. *Food Chem*, 153: 35-43.
- Juan-Borras, M., Domenech, E., Hellebrandova, M., Escriche, I. (2014). Effect of country origin on physicochemical, sugar and volatile composition of acacia, sunflower and tilia honeys. *Food Res Int*, 60: 86-94.
- Kahraman, T., Buyukunal, S.K., Vural, A., Sandıkcı-Altunatmaz, S. (2010). Physico-chemical properties in honey from different regions of Turkey. *Food Chem*, 123(1): 41-44.
- Kamal, M.A., Klein, P. (2011). Determination of sugars in honey by liquid chromatography. *Saudi J Biol Sci*, 18(1): 17-21.
- Kukurova, K., Karovicova, J., Kohajdova, Z., Bilikova, K. (2008). Authentication of honey by multivariate analysis of its physico-chemical parameters. *J Food Nutr Res*, 47(4): 170-180.
- Küçük, M., Kolayh, S., Karaoğlu, S., Ulusoy, E., Baltacı, C., Candan, F. (2007). Biological activities and chemical composition of three honeys of different types from Anatolia. *Food Chem*, 100(2): 526-534.
- Onsekizoglu, P., Bahçeci, K.S., Acar, J. (2010). Clarification and the concentration of apple juice using membrane processes: a comparative quality assessment. *J Memb Sci*, 352(1-2): 160-165.
- Özcan M.M., Ömez, C. (2014). Some qualitative properties of different monofloral honeys. *Food Chem*, 163: 212-218.
- Sağdıç, O., Silici, S., Ekici, L. (2013). Evaluation of the phenolic content, antiradical, antioxidant, and antimicrobial activity of different floral sources of honey. *Int J Food Prop*, 16(3): 658-666.
- Sant'Ana, L.D., Ferreira, A.B.B., Lorenzon, M.C.A., Berbara, R.L.L., Castro, R.N. (2014). Correlation of total phenolic and flavonoid contents of Brazilian honeys with colour and antioxidant capacity. *Int J Food Prop*, 17(1): 65-76.
- Saxena, S., Gautam, S., Sharma, A. (2010). Physical, biochemical and antioxidant properties of some Indian honeys. *Food Chem*, 118(2): 391-397.
- Singh, N., Bath, P.K. (1997). Quality evaluation of different types of Indian honey. *Food Chem*, 58(1-2): 129-133.
- Tezcan, F., Kolayli, S., Sahin, H., Ulusoy, E., Erım, F.B. (2011). Evaluation of organic acid, saccharide composition and antioxidant properties of some authentic Turkish honeys. *J Food Nutr Res*, 50(1): 33-40.
- Yılmaz, H., Küfrevioğlu, I. (1999). Composition of honeys collected from eastern and south-eastern Anatolia and effect of storage on hydroxymethylfurfural content and diastase activity. *Turk J Agric For*, 25: 347-349.
- Yücel, Y., Sultanoğlu, P. (2013). Characterization of honeys from Hatay region by their physicochemical properties combined with chemometrics. *Food Biosci*, 1: 16-25.