

**VAKUM KURUTMA YÖNTEMİ KULLANILARAK ÜRETİLEN  
SADE VE MEYVELİ BAL TOZLARININ BAZI FİZİKSEL,  
KİMYASAL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Ceren Mutlu<sup>1,2</sup> Mustafa Erbaş<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Antalya, Türkiye

<sup>2</sup>Balıkesir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Balıkesir, Türkiye

Geliş / Received: 13.12.2017; Kabul / Accepted: 15.03.2018; Online baskı / Published online: 09.04.2018

Mutlu, C., Erbaş, M. (2018). Vakum kurutma yöntemi kullanılarak üretilen sade ve meyveli bal tozlarının bazı fiziksel, kimyasal ve duyuşsal özelliklerinin belirlenmesi. *GIDA* (2018) 43 (3) 432-445 doi: 10.15237/gida.GD17113

*Mutlu, C., Erbaş, M. (2018). Determination of some physical, chemical and sensory properties of plain and fruity honey powders produced with vacuum drying method. GIDA (2018) 43 (3) 432-445 doi: 10.15237/gida.GD17113*

**ÖZ**

Araştırmada; vakum kurutma yöntemi ile balın biyoaktif bileşenlerini koruyarak sade ve meyveli bal tozu (karadut, çilek ve portakal) üretimi ve üretilen bal tozlarının soğuk içecek hazırlamak için bal tozu karışımlarına dönüştürülmesi amaçlanmıştır. Bal tozu örneklerine; fiziksel, kimyasal ve duyuşsal analizler yapılmıştır. Bal tozu örneklerinin sıkıştırılmış yığın yoğunluğu ve hacim ağırlıklı ortalama partikül boyutu değerlerinin sırasıyla 0.60-0.85 g/cm<sup>3</sup> ve 79.99-198.88 µm ve çözünürlüklerin ise %90 değerinin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Bal tozu örneklerinin nem içeriği ve su aktivitesi değerlerinin sırasıyla %2.77-4.30 ve 0.27-0.33 olduğu tespit edilmiştir. Üretimde kullanılan balın ve sade bal tozunun diastaz sayılarının sırasıyla 10.51 ve 9.58 olduğu belirlenmiştir. Duyuşsal analiz sonucunda, genel beğeni parametresinin 5 puanlık hedonik skala üzerinden 3 değerinin üzerinde puan aldığı ve çilek suyu içeren örneklerin daha çok beğenildiği belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Bal, bal tozu, soğuk içecek, diastaz sayısı

**DETERMINATION OF SOME PHYSICAL, CHEMICAL AND  
SENSORY PROPERTIES OF PLAIN AND FRUITY HONEY  
POWDERS PRODUCED WITH VACUUM DRYING METHOD**

**ABSTRACT**

In this study, it was aimed that production of plain and fruity honey powder with vacuum drying method by protecting of bioactive components of honey and conversion of honey powders to honey powder beverage mixture to prepare the cold beverage. Some physical, chemical and sensory analyses were performed. The tapped bulk density and volume mean diameter particle size of honey powder samples were between 0.60-0.85 g/cm<sup>3</sup> and 79.99-198.88 µm, respectively and the solubility of samples was higher than 90%. The moisture content and activity of samples ranged between 2.77-4.30% and 0.27-0.33, respectively. The diastase numbers of honey and plain honey powder sample were 10.51 and 9.58, respectively. According to sensory analysis results, it was determined that overall evaluation parameter got more than 3 points on the 5-point hedonic scale and the honey powder with strawberry juice was more preferred.

**Keywords:** Honey, honey powder, cold beverage, diastase number

\* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ erbas@akdeniz.edu.tr

☎ (+90) 242 310 6575,

☎ (+90) 242 227 4564

### GİRİŞ

Bal, Türk Gıda Kodeksi'nde; "Bitki nektarlarının, bitkilerin canlı kısımlarının salgılarının veya bitkilerin canlı kısımları üzerinde yaşayan bitki emici böceklerin salgılarının bal arısı tarafından toplandıktan sonra kendine özgü maddelerle birleştirilerek değişikliğe uğrattığı, su içeriğini düşürdüğü ve petekte depolayarak olgunlaştırdığı doğal ürün" olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2012). Bal yapısında bulunan şeker, protein, su, organik asit, vitamin, mineral, fenolik maddeler ve serbest amino asit gibi birçok makro ve mikro bileşenler nedeniyle sindirimi kolay, besleyici ve birçok hastalığa karşı koruyucu ve tedavi edici özellik gösteren fonksiyonel bir gıda niteliği taşımaktadır (da Silva vd., 2016).

Bal, arının kullandığı kaynağa, üretim veya pazarlanma şekillerine göre çeşitli sınıflara ayrılmaktadır. Ballar arının kullandığı kaynağa göre çiçek ve salı balı olarak iki gruba ayrılırken, üretim veya pazarlanma şekillerine göre ise petek balı, petekli bal, süzme bal, pres balı, filtre edilmiş bal ve fırıncılık balı olarak sınıflandırılmaktadır (Anonim, 2012; Solayman vd., 2016).

Bal, yüksek viskozitesi ve şeker içeriği nedenleriyle taşıma, işleme ve depolama gibi proses aşamalarında çeşitli sorunlara neden olabilmektedir. Özellikle balın yüksek miktarda glikoz içermesi nedeniyle kristallenme gerçekleşmekte ve balda sıvı ve katı faz ayrımı meydana gelmektedir. Kristallenme tüketiciler tarafından genellikle olumsuz olarak değerlendirilmekte ve satın almayı negatif yönde etkilemektedir. Ayrıca kristallenme sırasında gerçekleşen faz ayrımı sonucunda balın su aktivitesinde meydana gelen artış mikrobiyal gelişmeyi teşvik etmekte ve ürün fermantasyona uğrayarak bozulabilmektedir (Cui vd., 2008; Shi vd., 2013). Belirtilen zorluklar nedeniyle baldan yeni ürünler elde edilmesi için çalışmalar yapılmakta olup; püskürtülerek kurutma, vakum kurutma ve mikrodalga-vakum kurutma gibi yöntemler kullanılarak bal tozu üretim araştırmaları gerçekleştirilmektedir (Cui vd., 2008; Sahu, 2008; Nurhadi vd., 2012; Samborska vd., 2015). Kurutma işlemi ile elde edilen bal tozunun, nem içeriği ve su aktivitesinin azalmasına bağlı

olarak mikrobiyal bozulmaya karşı daha dayanıklı hale gelmesi ve hacim ve ağırlıkta oluşan azalma ile de paketlenme, taşıma ve depolama işlemlerinin daha kolay yapılabilmesi nedenleriyle sıvı bala göre çeşitli avantajları olduğu bildirilmiştir. Ayrıca üretilen bal tozlarının, diğer toz ürünler ile karıştırılabilmeleri ve süsleme ve aroma maddesi olarak değerlendirilebilmeleri bakımlarından da sıvı bal ürünlerine göre daha geniş kullanım alanlarına sahip oldukları belirtilmiştir (Cui vd., 2008; Shi vd., 2013). Ancak belirtilen bu avantajlarla birlikte kurutma sırasında uygulanan yüksek sıcaklık nedeniyle balın doğal bileşenleri büyük oranda zarar görebilmekte ve bu durum bal tozu üretiminin dezavantajını oluşturmaktadır. Balın doğal özelliklerinin mümkün olduğunca yüksek seviyede korunarak son ürüne dönüştürülebilmesinin sağlıklı beslenme açısından oldukça önemli olduğu ve şeker tozu yerine bal tozu tüketilebilmesinin bu yolla sağlanabileceği değerlendirilmektedir. Literatürde bal tozu üretimine yönelik çeşitli araştırmalar bulunmakla birlikte, doğrudan balın biyoaktif bileşenlerinin korunmasını amaçlayan bir araştırmaya rastlanılmamıştır. Bu nedenlerle bu araştırmada; balın biyoaktif özellikleri korunarak sade bal tozu üretilmesi, meyve suyu kullanılarak bal tozu ürün çeşitliliğinin artırılması, elde edilen bal tozunun soğuk içecek hazırlanmasında kullanılmak üzere bal tozu karışımına dönüştürülmesi ve bu yolla tüketicilere sağlıklı bir soğuk içecek hazırlamak için alternatif bir ürün sunulabilmesi amaçlanmıştır.

### MATERYAL VE METOT

#### Materyal

Araştırmada kullanılan çiçek balı, Arap zıncığı, topaklanma önleyici (trikalsiyum fosfat), asitlik düzenleyici (sitrik asit) ve meyveler (karadut, çilek ve portakal) niteliklerine ve ilgili tebliğlere uygun olarak piyasadan temin edilmiştir. Kimyasal analizlerde kullanılan sarf malzemeleri ise niteliğine uygun olarak analitik ve kromatografik saflıkta temin edilerek, araştırmada kullanılmıştır.

#### Balın kurutulması ve bal tozu üretimi

Daha önce yapılan çalışmalara ve ön denemelere dayanarak balın kurutulmasında taşıyıcı materyal olarak Arap zıncığı seçilmiştir. Bala ilave edilmesi

gereken Arap zımkı miktarı, Arap zımkının homojen bir şekilde çözüdürebilmesi için gerekli saf su veya meyve suyu miktarı ve vakum kurutma koşulları ön denemeler ile belirlenmiştir. Yapılan ön denemelerle hem saf su hem de farklı meyve suları içerisinde Arap zımkının homojen bir şekilde çözünebilmesi için gerekli minimum çözücü miktarı kendi ağırlığının 10 katı kadar olarak tespit edilmiştir. Kendi ağırlığının 10 katı saf su veya meyve suyu ilave edilen Arap zımkı, manyetik karıştırıcı ile 400 rpm hızda 20 dakika karıştırılarak homojen hale getirilmiştir. Saf ve meyve sulu Arap zımkı çözümlerinin hazırlanmasından sonra balın kurutulabilmesi için içermesi gereken Arap zımkı miktarı ise, farklı taşıyıcı oranları (%0 ila 100, %10 artışlar ile) denenerek yapılan ön kurutmalarla bal ağırlığının %50'si olarak belirlenmiştir.

Vakum kurutucu çalışma koşullarının belirlenmesi amacıyla ise; 25 g Arap zımkı, 250 mL saf su veya meyve suyu içerisinde çözüdüürldükten sonra 50 g bal üzerine ilave edilmiş ve 400 rpm'de 10 dakika karıştırılarak homojen hale getirildikten sonra farklı sıcaklık ve süre koşullarında 25 mbar vakumda kurutulmuştur. Sıcaklığın belirlenmesi aşamasında öncelikli olarak 2012/58 numaralı Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde (Anonim, 2012) bildirilen bala uygulanacak ısı işlemlerin 45°C'yi aşmaması gerekliliği dikkate alınarak 45°C sıcaklıkta kurutma denemeleri yapılmıştır. Hazırlanmış olan bal-Arap zımkı-çözücü karışımı vakum kurutucunun (Mommert VO200, Almanya) tepsisine yerleştirilmiştir. Belirtilen basınç ve sıcaklık şartları ile yapılan 48 saat sürelik deneme sonunda elde edilen ürünün yapışkan ve sakızimsı nitelikte olduğu ve öğütme işlemi için elverişli olmadığı belirlenmiş ve bu nedenle sadece 45°C sıcaklığın kurutma için yeterli olmadığı tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuçtan yola çıkılarak aynı basınç değerinde örneğe 50, 55 ve 60°C kurutma sıcaklıkları da uygulanmış ve 60°C'de yapılan kurutma uygulamasıyla elde edilen ürünün, diğer sıcaklık uygulamalarında elde edilen yapışkan-plastiksi yapıdaki ürünlerden farklı olarak daha camsı ve öğütmeye elverişli olduğu tespit edilmiştir. Balın biyoaktif bileşenlerinin ve özellikle de içerdiği enzimlerin olabildiğince yüksek seviyede korunabilmesi için 45°C ve 60°C

sıcaklık uygulamaları üretim için kombine edilmiştir. Kurutulacak sıvı karışım yüzeyinde kabuk oluşumu başlayıncaya kadar; karışım, yaklaşık 5.5 saat süre ile 45°C ve daha sonra ise kurutma etkinliğini arttırmak için yaklaşık 7.5 saat süre ile 60°C sıcaklık uygulamasında kurutulmuştur. Kurutma sonunda elde edilen örnekler kapaklı cam kavanozlar içerisinde -18°C'de 24 saat bekletildikten sonra bir öğütücü (Bosch, MKM6000, Slovenya) ile 30 saniye öğütülerek toz haline getirilmiştir. Toz haline getirilen örnekler yine kapaklı cam kavanozlar içerisinde -18°C'de depolanmış ve analizler gerçekleştirilmiştir.

### Fiziksel analiz yöntemleri

#### Renk analizi

Bal ve bal tozu örneklerinin renk analizleri, renk ölçüm cihazı (Chroma Meter CR-400 Konica-Minolta, Osaka, Japonya) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, renk cihazının toz ve sıvı örnekler için kullanılan ölçüm kabı içerisine, kabın tabanını tamamen kaplayacak kadar örnek yerleştirilmiş ve 3 ayrı noktadan renk ölçümü yapılarak ortalama  $L^*$  [ (0) siyah - (100) beyaz ],  $a^*$  [ (+) kırmızı - (-) yeşil ] ve  $b^*$  [ (+) sarı - (-) mavi ] değerleri kaydedilmiştir.

#### Yığın ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğu analizleri

Bal tozu örneklerinin yığın ve sıkıştırılmış yığın yoğunluklarını belirlemek amacıyla; 1 g örnek, 10 mL hacmindeki ölçülü mezüre tartılmıştır. Bal tozu örneklerinin yığın yoğunluğu değeri; tartımdan sonra mezürde ölçülen hacim değeri kullanılarak, sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değeri ise; bal tozu partiküllerinin iyi bir şekilde yerleşmesi amacıyla mezürün düz bir zemine 40 kez yavaşça vurulmasından sonra ölçülen hacim değeri kullanılarak örnek ağırlığının hacim değerlerine bölünmesi ile  $g/cm^3$  olarak hesaplanmıştır (Beristain vd., 2001). Bal tozu örneklerinin yapışkanlık özelliğinin bir göstergesi olan Hausner oranı ise, sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerinin, yığın yoğunluğu değerine oranlanması ile belirlenmiştir. Akışkanlık özelliğinin göstergesi olan Carr indeksi ise Eşitlik 1'de belirtilen formül kullanılarak hesaplanmıştır (Turchiuli vd., 2005).

$$\text{Carr indeksi} = \frac{(\text{Sıkıştırılmış yoğunluk} - \text{yığın yoğunluğu})}{\text{Sıkıştırılmış yoğunluk}} \quad (\text{Eşitlik 1})$$

### Partikül boyut analizi

Bal tozu örneklerinin partikül boyutu lazer kırınım prensibi ile çalışan parçacık boyut analiz cihazının (Malvern, Mastersizer 2000, Malvern, UK) toz modülü kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla; 2-propanol içerisinde bir miktar bal tozu örneği ilave edilerek karıştırılmış ve bu karışım cihaz haznesine yerleştirilerek ölçüm yapılmıştır. Partikül boyutu ölçümünde; örneğin ve 2-propanolün refraktif indeks değerleri sırasıyla 1.52 ve 1.39 olup, örnek karıştırma hızı 2100 rpm olarak ayarlanmıştır. Elde edilen ölçüm sonuçları hacim ve yüzey ağırlıklı ortalama partikül boyutu değerleri (µm) olarak verilmiştir (Fuchs vd., 2006).

### Higroskopisite analizi

Bal tozu örneklerin higroskopisite değerlerini belirlemek amacıyla; 1 g bal tozu örneği tabanında doğgun NaCl çözeltisi içeren desikatör içerisinde şartlandırılmış olan behere tartılmış ve bu desikatöre (%75.63, nispi nem) yerleştirilmiştir. Desikatör 25°C sıcaklıkta 1 hafta süreyle bekletilmiştir. Örneklerin higroskopisite değerleri ise süre sonunda yapılan tartım neticesinde belirlenen ağırlık farkı kullanılarak örnek tarafından adsorbe edilen nem miktarı (g/100 g kuru madde) olarak hesaplanmıştır (Tonon vd., 2008).

### Çözünürlük analizi

Bal tozu örneklerinin suda çözünürlüklerini belirlemek amacıyla; 2 g örnek, 18 mL saf su içerisinde manyetik karıştırıcı kullanılarak 600 rpm hızla 5 dakika süreyle homojenize edilmiştir. Elde edilen karışım 3000xg kuvvetinde 5 dakika santrifüj edilmiş ve ayrılan sıvı kısımdan alınan 10 mL örnek, önceden kurutulmuş darası alınmış cam petri kaplarına aktarılmıştır. Petri kapları 60°C’de 48 saat boyunca kurutulmuş ve meydana gelen ağırlık farkından çözünürlük değeri yüzde (%) olarak hesaplanmıştır (Şahin-Nadeem vd., 2013).

### Bulanıklık analizi

Bal tozu örneklerinin bulanıklığı turbidimetre (Hach 2100 N, Loveland, CO, USA) cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla; 4 g örnek,

36 mL saf su içerisinde manyetik karıştırıcı kullanılarak 600 rpm hızla 5 dakika süreyle homojenize edilmiştir. Karışım tüpler içerisinde aktararak turbidimetrenin analiz hücresine konulmuş ve ölçüm sonuçları Nefelometrik Bulanıklık Ünitesi (Nephelometric Turbidity Unit, NTU) olarak belirlenmiştir (Tajchakavit vd., 2001).

### Partikül mikroyapısı analizi

Bal tozu örneklerinin partikül mikroyapıları; 40 kat büyütme yapılarak dijital kamera sistemine sahip stereo mikroskop (Nikon, 745T, Tokyo, Japonya) ile belirlenmiştir (Pedroso vd., 2012).

### Kimyasal analiz yöntemleri

#### Nem ve su aktivitesi analizi

Bal ve bal tozu örneklerinin nem içeriği, nem tayin cihazı (Kern DBS 60-3, Balingen, Almanya) kullanılarak yaklaşık 0.5 g örneğin, 110°C’de kurutulması ile belirlenmiştir. Örneklerin su aktivitesi ( $a_w$ ) değerleri ise su aktivitesi tayin cihazı Aqua Lab 4TE (Decagon Divices, USA) kullanılarak tespit edilmiştir.

#### Titrasyon asitliği ve pH analizi

Bal ve bal tozu örneklerinin pH değerlerini ölçmek için, 1 g örnek 9 mL saf su içerisinde bir homojenizatör (IKA, T25 Ultraturrax, Staufen, Almanya) ile 1 dakika süreyle homojenize edilmiştir. Elde edilen homojen karışımın pH değeri bir pH metre cihazı (Orion star, Thermo, Waltham, ABD) ile ölçülmüştür. Örneklerin titrasyon asitliği değerleri ise potansiyometrik olarak belirlenmiştir. Bu amaçla homojen hale getirilen örnekler, pH değerleri 8.1 oluncaya kadar 0.1 N NaOH ile titre edilmiş ve harcanan NaOH miktarı kaydedilerek sonuçlar meq/kg olarak hesaplanmıştır (Cemeroğlu, 2013a).

#### Diastaz sayısı analizi

Diastaz sayısı veya amilaz enzimi aktivite birimi literatürde “40°C’de 1 g balda bulunan enzimler tarafından 1 saatte hidroliz edilebilen %1’lik nişasta çözeltisinin mililitre cinsinden hacmi” olarak tanımlanmaktadır (Bogdanov vd., 2002). Bal ve bal tozu örneklerinin diastaz sayıları spektrofotometre (Shimadzu Spectrophotometer

UV-1800, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla öncelikle analizde kullanılmış olan %2'lik nişasta çözeltisinin standardizasyonu gerçekleştirilmiştir. %2'lik nişasta çözeltisinin standardizasyonu için; içerisinde 9, 10, 12 ve 14 mL saf su bulunan beherler alınarak üzerlerine 5 mL 0.0007 N iyot çözeltisi ilave edilmiştir. Ayrıca 5 mL %2'lik nişasta çözeltisi ve 10 mL saf su ayrı bir beher içerisinde karıştırılmış ve bu karışımdan 0.5 mL alınarak saf su-iyot karışımı içeren beherler üzerine eklenmiştir. Daha sonra her bir beherde bulunan karışımın absorbans spektrofotometrede 660 nm dalga boyunda belirlenmiş ve absorbans değeri 0.745-0.770 aralığında olan çözeltideki saf su miktarı, nişasta çözeltisinin standardizasyonu için analiz sırasında eklenmesi gereken miktar olarak tespit edilmiştir. Standardizasyon işlemi tamamlandıktan sonra %2'lik nişasta çözeltisi 40°C'lik su banyosuna konularak analiz süresince bekletilmiştir.

Örneklerin diastaz sayılarının belirlenmesi için ise; 2 g örnek, 1 mL 1.59 M asetat tampon çözeltisi (pH 5.3) ve 4 mL saf su homojenizatör kullanılarak 2 dakika süreyle karıştırılmıştır. Elde edilen karışıma 0.6 mL 0.5 N NaCl çözeltisi ilave edildikten sonra toplam hacim 10 mL oluncaya kadar karışıma saf su eklenmiştir. Bu çözeltiden 2 mL alınarak su banyosunda 15 dakika bekletilmiş ve üzerine %2'lik nişasta çözeltisinden 1 mL ilave edilerek kronometre çalıştırılmıştır. Analizin ilk 15 dakikasında her 5 dakikada bir, daha sonra ise her 10 dakikada bir alınan 0.1 mL örnek, 1 mL 0.0007 N iyot çözeltisi ve nişasta standardizasyonunda belirlenen saf su miktarının 1/5'i kadarıyla karıştırılmış ve 660 nm dalga boyunda bu karışımların absorbansları belirlenmiştir. Analize, örnek absorbans değeri 0.235'den daha küçük bir değere ulaşmaya kadar okuma yapılarak devam edilmiştir. Kaydedilen süre ve absorbans değerleri kullanılarak absorbans-süre grafiği çizilmiş ve 0.235 absorbansa karşılık gelen süre, grafik denkleminde elde edilmiştir. Bu süre kullanılarak aşağıda belirtilen Eşitlik 2 yardımıyla örneklerin diastaz sayıları hesaplanmıştır (Bogdanov vd., 2002).

Diastaz sayısı =  $(300 / t_x)$  (Eşitlik 2)  
 $t_x$ : Absorbans-süre grafiğinde 0.235 absorbansa karşılık gelen süre

### Hidroksimetilfurfural analizi

Bal ve bal tozu örneklerinin hidroksimetilfurfural (HMF) miktarı HPLC cihazı (Shimadzu LC 20A Serisi, Kyoto, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla; 0.5 g örnek 4.5 mL saf su içerisinde 1 dakika süreyle girdap karıştırıcı kullanılarak karıştırılmıştır. Elde edilen karışım üzerine sırasıyla 1 mL Carrez I ve 1 mL Carrez II çözeltileri eklendikten sonra 7000xg kuvvetinde 10 dakika santrifüj edilmiştir. Ayrılan sıvı kısım alınarak 0.45 µm filtreden geçirilmiş ve HPLC cihazında analiz edilmiştir. Kromatografi koşulları: hareketli faz; asetonitril:su (5 v/v; izokratik), akış hızı; 1 mL/dk, enjeksiyon hacmi; 20 µL, kolon fırını sıcaklığı; 32 °C, kolon; C18 (0.4µm x 5mm x 25cm), dedektör; DAD ve dalga boyu; 280 nm olarak ayarlanmış ve HMF miktarı harici standart metodu ile mg/kg olarak hesaplanmıştır (Rufin-Henares vd., 2006).

### Antioksidan aktivite analizi

Bal ve bal tozu örneklerinin antioksidan aktiviteleri TEAC (troloks eşdeğeri antioksidan kapasite) analiz metodu kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla; 1 g örnek 9 mL potasyum fosfat (pH 7.4) tampon çözeltisi (PBS) içerisinde 80 rpm hızla 30 dakika süreyle yatay olarak çalkalanmıştır (IKA, Rocker 2D, Staufen, Almanya). Elde edilen ekstrakt 15000xg kuvvetinde 10 dakika santrifüj edilmiş ve ayrılan sıvı kısımdan alınan 5, 10, 15 ve 20 µL ekstrakt, absorbansı ayarlanmış ABTS<sup>+</sup> (2,2'-Azino-bis 3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) çözeltisi üzerine toplam hacim 1 mL olacak şekilde ilave edilmiştir. ABTS<sup>+</sup> çözeltisinin absorbans ayarlaması 734 nm dalga boyunda, çözelti absorbansı 0.680-0.720 aralığında olacak şekilde PBS tampon çözeltisi kullanılarak yapılmıştır. Absorbansı ayarlanmış ABTS<sup>+</sup> çözeltisi içerisine ilave edilen örnekler 6 dakika karanlık ortamda bekletilmiş ve sonra spektrofotometrede örneklerin absorbans değerleri belirlenmiştir sonuçlar troloks (0-40 µmol/g) çözeltisinin farklı konsantrasyonları ile elde edilen grafik yardımıyla gram örnekte µmol TE (troloks eşdeğeri) olarak hesaplanmıştır (Re vd., 1999).

### Duyusal analiz

Duyusal analiz; gıda mühendisliği bölümü lisansüstü öğrencilerinden oluşturulan 10 kişilik

bir panelist grubu tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu analiz için bal tozu örnekleri (%97) içerisine asitlik düzenleyici (sitrik asit, %2) ve topaklanma önleyici (trikalsiyum fosfat, %1) maddeler ilave edilerek bal tozu karışımları hazırlanmıştır. Hazırlanan bal tozu karışımlarından 5 g tartılmış ve +4°C sıcaklığındaki 45 mL su ile manyetik karıştırıcı kullanılarak 600 rpm hızla 5 dakika karıştırılmıştır. Elde edilen soğuk bal tozu karışımı içecekleri panelist değerlendirmesine sunulmuştur. Panelistler tarafından içecek örneklerinin duyuşal değerlendirilmesi; görünüm, berraklık, koku, tat ve genel beğeni özelliklerine göre 5 puanlık hedonik skalada (1: çok kötü, 5: çok iyi) puanlamayla yapılmıştır.

### İstatistiksel analiz

Araştırmada sade ve meyveli bal tozu örneklerinin üretimleri iki tekerrürlü, örneklere yapılan

analizler ise paralelli olarak gerçekleştirilmiştir. Verilere varyans analizi ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanmıştır. Tüm istatistik hesaplamalar için SAS istatistik programı (Cary, NC, ABD) kullanılmış ve sonuçlar ortalama  $\pm$  standart hata şeklinde düzenlenmiştir.

### BULGULAR VE TARTIŞMA

#### Araştırmada kullanılan çiçek balının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Bal tozu üretiminde kullanılan balın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Üretimde kullanılan bal üzerinde yapılan bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarına göre balın, Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliği'ne (Anonim, 2012) uygunluğu ve literatür ile uyumluluğu değerlendirilmiştir.

Çizelge 1. Çiçek balının fiziksel ve kimyasal özellikleri

Table 1. Physical and chemical properties of blossom honey

Özellik / Property	Değer / Value
L*	26.00 $\pm$ 0.13
a*	-2.92 $\pm$ 0.33
b*	12.63 $\pm$ 0.68
Nem / Moisture (%)	14.48 $\pm$ 0.54
Su aktivitesi / Water activity	0.58 $\pm$ 0.00
Titrasyon asitliği / Titratable acidity (meq/kg)	31.09 $\pm$ 0.62
pH	4.75 $\pm$ 0.02
Diastaz sayısı / Diastase number	10.51 $\pm$ 0.98
HMF (mg/kg)	24.82 $\pm$ 1.05
Antioksidan aktivite / Antioxidant activity ( $\mu$ mol TE/g)	4.70 $\pm$ 0.13

Araştırmada kullanılan balın; nem içeriği, titrasyon asitliği, diastaz sayısı ve HMF içeriği bakımından Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde (Anonim, 2012) bildirilen yasal limitlere uygun olduğu ve bu değerlerin önceki bilimsel araştırma sonuçlarıyla da uyumlu olduğu belirlenmiştir. Ayrıca araştırmada kullanılan bal üzerinde Gıda Kodeksi Bal Tebliği'nde (Anonim, 2012) bulunmayan; renk, su aktivitesi, pH değeri ve antioksidan aktivite analizleri de yapılmış ve elde edilen sonuçların önceki bilimsel çalışmalar ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Nem içeriği ve su aktivitesi değerlerinin düşük olması, balın mikroorganizmalar tarafından fermantasyona uğramasını engellemekte ve

kristallenmeye karşı daha stabil bir ürün olmasını sağlamaktadır (Islam vd., 2012). Balda özellikle 0.61 su aktivitesi değerinden yüksek değerlerde osmotolerant maya gelişimlerinin gözlemlendiği ve balın mikrobiyolojik olarak bozulmaya başladığı bildirilmiştir (Küçük vd., 2007). Yapılan bir çalışmada çiçek balların nem içeriği ve su aktivitesi değerlerinin sırasıyla %7.99-17.40 ve 0.50-0.69 aralığında olduğu rapor edilmiştir (Tornuk vd., 2013). Balda artan titrasyon asitliği değeri, balın mayalar tarafından fermantasyona uğraması ile ilişkilendirilmekte ve bu nedenle düşük olması istenilmektedir (Tornuk vd., 2013). Yapılan bir araştırmada analiz edilen balların titrasyon asitliği ve pH değerlerinin sırasıyla 15.44-50.75 meq/kg ve 3.40-5.31 aralığında değiştiği bildirilmiştir

(Karabagias vd., 2014). Balın tazeliği ve biyoaktivitesi ile ilişkilendirilen diastaz sayısı ve HMF içeriği, balda takip edilen önemli kalite parametreleri olup, diastaz sayısının 8 değerinden düşük ve/veya HMF miktarının 40 mg/kg değerinden yüksek olması balda uygun olmayan depolama koşulları ve ısı işlem uygulamalarının göstergeleri olarak kabul edilmektedir (Simsek vd., 2012). Türkiye balları üzerinde yapılan bir araştırmada, bal örneklerinin diastaz sayılarının 6.30-13.20 değerleri aralığında ve HMF miktarlarının ise 0.61-62.24 mg/kg aralığında değiştiği rapor edilmiştir (Can vd., 2015). Balın antioksidan aktivitesinin temel olarak yapısında bulunan fenolik bileşikler, peptidler, amino asitler, organik asitler, enzimler ve Maillard reaksiyonu ürünlerinden kaynaklandığı bildirilmiştir (Socha vd., 2011). Yapılan bir araştırmada çiçek ve salı balı örneklerinin antioksidan aktivite değerlerinin 0.97-7.46  $\mu\text{mol TE/g}$  aralığında olduğu bildirilmiştir (Sancho vd., 2016).

### Sade ve meyveli bal tozu örneklerinin fiziksel özellikleri

Sade ve meyveli bal tozu örneklerinin renk analiz sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Balın kurutmaya hazırlanmasında su ve farklı meyve sularının çözücü olarak kullanılması, bal tozu örneklerinin  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  renk değerleri üzerine önemli ( $P < 0.01$ ) bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir. Çözücü olarak ilave edilen meyve sularının doğal renklerine bağlı olarak, bal tozlarında ölçülen renk değerlerinde de tahmin edildiği gibi farklılıklar meydana gelmiştir. Renk analizi sonuçları incelendiğinde, en yüksek  $L^*$  renk değeri (91.57) diğer örneklerle göre daha açık renge sahip olan sade bal tozu örneğinde, en düşük  $L^*$  renk değeri (42.80) ise daha koyu renge sahip olan karadut suyu içeren bal tozu örneğinde tespit edilmiştir. En yüksek  $a^*$  ve  $b^*$  renk değerleri ise çilek ve portakal suyu içeren örneklerde sırasıyla 21.42 ve 32.68 olarak ölçülmüştür.

Çizelge 2. Sade ve meyveli bal tozu örneklerinin renk özellikleri

Table 2. Color properties of plain and fruity honey powder samples

Örnek / Sample	$L^*$	$a^*$	$b^*$
Sade / Plain	91.57±0.01 <sup>a</sup>	-1.00±0.01 <sup>b</sup>	12.95±0.42 <sup>c</sup>
Karadutlu / Black mulberry	42.80±1.45 <sup>d</sup>	20.69±0.24 <sup>a</sup>	6.03±0.42 <sup>d</sup>
Çilekli / Strawberry	69.52±1.60 <sup>c</sup>	21.42±0.72 <sup>a</sup>	20.34±0.55 <sup>b</sup>
Portakallı / Orange	87.15±0.18 <sup>b</sup>	-4.83±0.07 <sup>c</sup>	32.68±2.98 <sup>a</sup>
Önem / Sign.	**	**	**

\* :  $P < 0.05$

\*\* :  $P < 0.01$

Sade ve meyveli bal tozu örneklerinin fiziksel analiz sonuçları Çizelge 3 ve 4'de verilmiştir. Balın kurutmaya hazırlanmasında su ve farklı meyve sularının çözücü olarak kullanılmasının, bal tozu örneklerinin incelenen tüm fiziksel özellikleri üzerine önemli ( $P < 0.01$ ;  $P < 0.05$ ) bir etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Yığın yoğunluğu, toz ürünlerin özellikle paketlenme, depolanma ve taşınma aşamalarında etkili bir faktör olması bakımından gıda sanayi için oldukça önemli bir parametredir (Khalilian Movahhed ve Mohebbi, 2015). Sade ve meyveli bal tozu örneklerinin sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerlerinin 0.60-0.85  $\text{g/cm}^3$  aralığında olduğu tespit edilmiştir. Çözücü olarak meyve suyu

kullanılan örneklerin sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerlerinin sade örneklerle göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Meyveli bal tozlarının sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değerlerinin, saf su kullanılarak üretilen sade bal tozlarına göre daha yüksek olarak tespit edilmesinin, meyve suyunun içerdiği yoğunluğu şeker olan çözünen bileşenlerden kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

Bal tozu örneklerinin Carr indeksi ve Hausner oranı değerlerinin sırasıyla 0.27-0.37 ve 1.38-1.59 aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Carr indeksi ve Hausner oranı değerlerinin düşük olması, toz ürünlerin akışkanlığının iyi olduğunu ve partiküller arasındaki kohezyonun düşük olduğunu göstermektedir (Turchiuli vd., 2005;

Samborska vd., 2015). Elde edilen Carr indeksi değerleri Turchiuli vd., (2005) tarafından 0.05 (çok iyi) – 0.40 (çok kötü) olarak ölçeklendirilen skala ile kıyaslandığında; sade ve meyveli bal tozu örneklerinin akışkanlık özelliği olumsuz olarak değerlendirilmiştir (Samborska vd., 2015).

tarafından yapılan bir araştırmada farklı oranlarda Arap zımmı ilavesi ile püskürterek kurutma yöntemi ile üretilmiş bal tozu örneklerinin Hausner oranlarının 1.11-1.29 aralığında değiştiği rapor edilmiştir.

Çizelge 3. Sade ve meyveli bal tozu örneklerinin bazı fiziksel özellikleri  
Table 3. Some physical properties of plain and fruity honey powder samples

Örnek / Sample	Sıkıştırılmış yığın yoğunluğu / Tapped bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	Yığın yoğunluğu / Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	Carr indeksi / Carr index	Hausner oranı / Hausner ratio
Sade / Plain	0.60±0.02 <sup>c</sup>	0.43±0.00 <sup>b</sup>	0.27±0.02 <sup>b</sup>	1.38±0.03 <sup>b</sup>
Karadutlu / Black mulberry	0.83±0.02 <sup>a</sup>	0.53±0.02 <sup>a</sup>	0.37±0.01 <sup>a</sup>	1.59±0.01 <sup>a</sup>
Çilekli / Strawberry	0.74±0.01 <sup>b</sup>	0.50±0.02 <sup>a</sup>	0.35±0.04 <sup>a</sup>	1.56±0.08 <sup>ba</sup>
Portakallı / Orange	0.85±0.02 <sup>a</sup>	0.55±0.01 <sup>a</sup>	0.36±0.01 <sup>a</sup>	1.57±0.03 <sup>ba</sup>
Önem / Sign.	**	*	*	*

\* : P < 0.05

\*\* : P < 0.01

Çizelge 4. Sade ve meyveli bal tozu örneklerinin bazı fiziksel özellikleri  
Table 4. Some physical properties of plain and fruity honey powder samples

Örnek / Sample	Partikül boyutu / Particle size (µm) <sup>a</sup>	Partikül boyutu / Particle size (µm) <sup>b</sup>	Higroskopisite / Hygroscopicity (g/100g)	Çözünürlük / Solubility (%)	Bulanıklık / Turbidity (NTU)
Sade / Plain	79.99±6.25 <sup>b</sup>	15.51±2.33 <sup>b</sup>	20.07±0.20 <sup>ba</sup>	93.67±0.12 <sup>b</sup>	123.25±1.75 <sup>d</sup>
Karadutlu / Black mulberry	175.88±0.41 <sup>a</sup>	59.02±8.03 <sup>ba</sup>	20.22±0.29 <sup>ba</sup>	93.59±0.02 <sup>b</sup>	1714.50±51.50 <sup>a</sup>
Çilekli / Strawberry	174.63±17.99 <sup>a</sup>	68.24±32.24 <sup>ba</sup>	20.70±0.08 <sup>a</sup>	94.38±0.12 <sup>a</sup>	526.75±2.75 <sup>c</sup>
Portakallı / Orange	198.88±0.03 <sup>a</sup>	98.77±3.32 <sup>a</sup>	19.62±0.15 <sup>b</sup>	92.73±0.09 <sup>c</sup>	749.00±39.00 <sup>b</sup>
Önem / Sign.	**	*	*	**	**

\* : P < 0.05

\*\* : P < 0.01

a: hacim ağırlıklı ortalama partikül boyutu / volume weighted mean diameter

b: yüzey ağırlıklı ortalama partikül boyutu / surface weighted mean diameter

Bal tozu örneklerinin hacim ve yüzey ağırlıklı partikül boyutu değerlerinin sırasıyla 79.99-198.88 ve 15.51-98.77 µm aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Çözücü olarak meyve suyu içeren bal tozu örneklerinin, saf su kullanılarak üretilen örneklere göre daha yüksek partikül boyutu değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca sade, portakallı, çilekli ve karadutlu bal tozu örneklerinin span değerleri sırasıyla 2.10, 2.34, 2.30 ve 2.52 olarak tespit edilmiştir. Span değerleri incelendiğinde; meyveli bal tozu örneklerinin span değerlerinin sade bal tozu örneklerinden daha

yüksek ve buna bağlı olarak da partikül boyut dağılımının sade bal tozu örneklerine göre daha heterojen olduğu belirlenmiştir. Hacim ve yüzey ağırlıklı ortalama partikül boyutu ve span değerlerindeki farklılığın, granüllerin aglomerasyonundan kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Meyve suyu içeren bal tozu örneklerinde meyveden gelen partiküller ve ilave şeker içeriği nedeniyle özellikle öğütme işlemi sırasında öğütülen partiküllerin hızlı bir şekilde nem çekmesi sonucu bir aglomerasyonun meydana geldiği gözlenmiştir. Portakal suyunun vakum-



püskürterek kurutma yöntemi ile kurutulduğu bir çalışmada portakalın içerdiği şekerler ve organik asitler nedeniyle üretilen toz ürünlerin nem çekme ve yapışkanlık özelliklerinin arttığı ve bu duruma bağlı olarak partikül boyutunun da arttığı bildirilmiştir (İslam vd., 2016).

Bal tozu örneklerinin higroskopisite değerlerinin 19.62-20.70 g/100g kuru madde arasında değiştiği tespit edilmiştir. Yapılan bir çalışmada püskürterek kurutma yöntemi ile üretilen ve Arap zımmı içeren bal tozu örneklerinin higroskopisite değerlerinin ortalama 25.4 g/100g olduğu rapor edilmiştir (Suhag ve Nanda, 2016). Bir diğer çalışmada ise, vakum kurutma yöntemi ile üretilen ve 4 saatlik süre boyunca doygun NaCl çözeltisi içeren ortamda bekletilen bal tozu örneklerinin higroskopisite değerlerinin 12.0-13.7 g/100 g aralığında değiştiği bildirilmiştir (Nurhadi vd., 2012).

Çözünürlük analizi sonuçlarına göre, üretilen bal tozu örneklerinin %92 değerinden daha yüksek bir çözünürlük değerlerine sahip oldukları ve en yüksek çözünürlüğün %94.38 değeri ile çilek suyu içeren bal tozu örneğine ait olduğu belirlenmiştir. Yapılan bir çalışmada püskürterek kurutma yöntemi ile toz haline getirilen mandalina, karpuz ve ananas meyve sularının çözünürlük değerlerinin, yüksek şeker içeriğine ve azalan nem miktarına bağlı olarak arttığı bildirilmiştir (Saikia vd., 2015).

Bulanıklık analizi sonuçları incelendiğinde, örneklerin bulanıklığının 123.25-1714.50 NTU

değerleri arasında değiştiği ve sade bal tozu örneğinin bulanıklık değerinin diğer örneklere göre daha düşük olduğu, karadut suyu içeren bal tozu örneğinin bulanıklığının ise daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Meyve suyu içeren bal tozu örneklerinin bulanıklık değerinin meyveden gelen partiküller ve renk maddeleri nedeniyle sade bal tozu örneğine göre daha yüksek olduğu değerlendirilmiştir. Ayrıca karadut suyu içeren bal tozu örneğinin yüksek bulanıklık değerinin ise antosiyoninlerin oluşturduğu ilave partiküllerden ve koyu renkli renk maddelerinin varlığından kaynaklanmış olabileceği düşünülmüştür. Literatürde bulanıklığın sıvı içerisinde süspansiyon ve kolloid halde bulunan partiküller ile renkli bileşen varlığına bağlı olarak değiştiği rapor edilmiştir (Collado-Fernandez vd., 2000; Şahin-Nadeem vd., 2013).

Sade ve meyveli bal tozu örneklerine ait stereo mikroskop görüntüleri Şekil 1'de verilmiştir. Bal tozu örneklerine ait stereo mikroskop görüntüleri incelendiğinde örneklerin kristal yapıda ve farklı partikül boyutlarında oldukları görülmektedir.

#### Sade ve meyveli bal tozu örneklerinin kimyasal özellikleri

Sade ve meyveli bal tozu örneklerinin bazı kimyasal analiz sonuçları Çizelge 5 ve 6'da verilmiştir. Balın kurutmaya hazırlanmasında su ve farklı meyve sularının çözücü olarak kullanılmasının bal tozu örneklerinin belirlenen tüm kimyasal özellikleri üzerine önemli ( $P < 0.01$ ;  $P < 0.05$ ) bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir.

Çizelge 5. Sade ve meyveli bal tozu örneklerinin bazı kimyasal özellikleri

Table 5. Some chemical properties of plain and fruity honey powder samples

Örnek / Sample	Nem / Moisture (%)	Su aktivitesi / Water activity	Titrasyon asitliği / Titratable acidity (meq/kg)	pH
Sade / Plain	4.30±0.14 <sup>a</sup>	0.27±0.02 <sup>c</sup>	26.14±0.22 <sup>c</sup>	5.50±0.04 <sup>a</sup>
Karadutlu / Black mulberry	3.50±0.23 <sup>b</sup>	0.30±0.01 <sup>cb</sup>	318.76±21.48 <sup>b</sup>	4.26±0.04 <sup>b</sup>
Çilekli / Strawberry	3.20±0.23 <sup>cb</sup>	0.31±0.00 <sup>ba</sup>	385.97±26.09 <sup>a</sup>	3.92±0.06 <sup>c</sup>
Portakallı / Orange	2.77±0.02 <sup>c</sup>	0.33±0.00 <sup>a</sup>	267.55±3.81 <sup>b</sup>	4.26±0.00 <sup>b</sup>
Önem / Sign.	*	*	**	**

\* :  $P < 0.05$

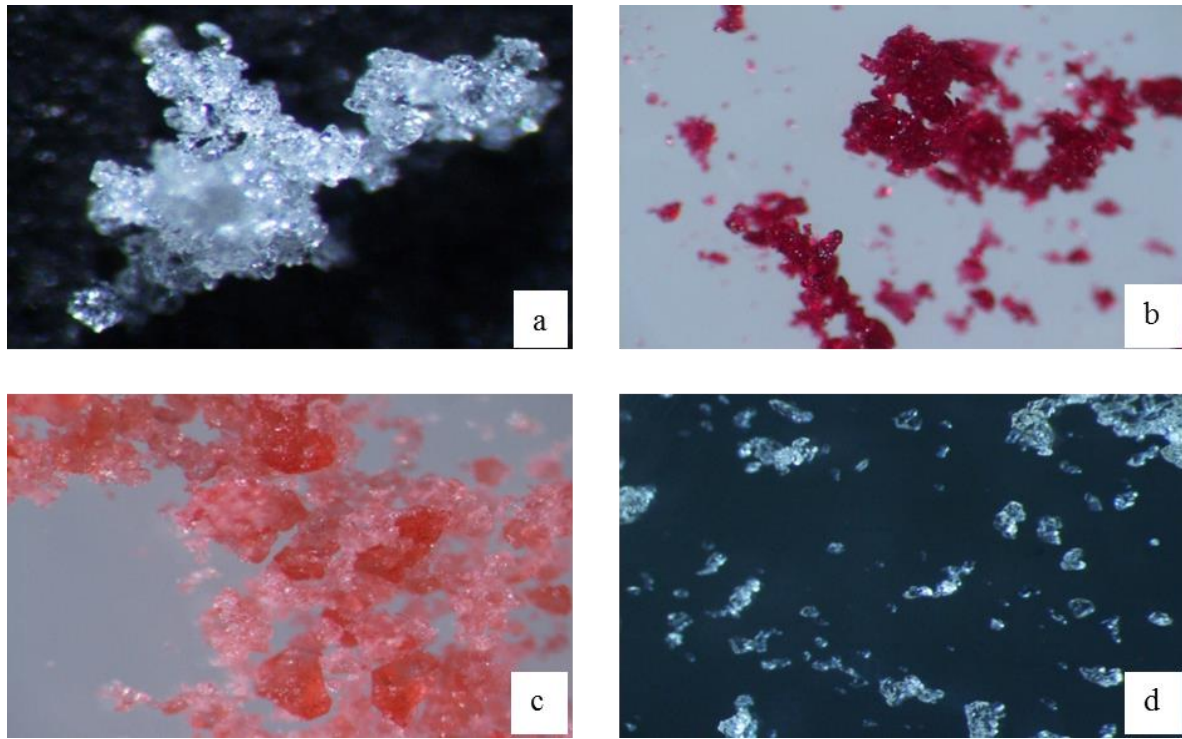
\*\* :  $P < 0.01$

Çizelge 6. Sade ve meyveli bal tozu örneklerinin bazı kimyasal özellikleri  
Table 6. Some chemical properties of plain and fruity honey powder samples

Örnek / Sample	Diastaz sayısı / Diastase number	HMF (mg/kg)	Antioksidan aktivite / Antioxidant activity (µmol TE/g)
Sade / Plain	9.58±0.39 <sup>a</sup>	11.86±0.40 <sup>ba</sup>	7.16±0.08 <sup>d</sup>
Karadutlu / Black mulberry	2.74±0.58 <sup>b</sup>	11.19±0.40 <sup>b</sup>	196.91±2.27 <sup>a</sup>
Çilekli / Strawberry	2.54±1.09 <sup>b</sup>	15.21±1.69 <sup>a</sup>	100.35±0.61 <sup>b</sup>
Portakallı / Orange	2.14±0.30 <sup>b</sup>	14.37±0.44 <sup>ba</sup>	62.45±1.70 <sup>c</sup>
Önem / Sign.	**	*	**

\* : P < 0.05

\*\* : P < 0.01



Şekil 1. Sade ve meyveli bal tozu örneklerine ait stereo mikroskop görüntüleri (Büyütme: 40X; a:saf su, b:karadut suyu, c:çilek suyu, d:portakal suyu)

Figure 1. Stereo microscope images of plain and fruity honey powder samples (Zoom: 40x; a:distilled water, b:black mulberry juice, c:strawberry juice, d:orange juice)

Bal tozu örneklerinin nem içeriği ve su aktivitesi değerlerinin sırasıyla %2.77-4.30 ve 0.27-0.33 değerleri arasında değiştiği tespit edilmiştir. Sade bal tozu örneğinin nem içeriğinin meyve suyu içeren bal tozu örneklerine göre daha yüksek, ancak su aktivitesi değerinin ise daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Meyve suyunda bulunan ilave şekerlerin aynı kurutma şartlarında meyveli bal tozlarında sade bal tozuna göre daha düşük miktarda su kalmasına neden olduğu değerlendirilmiştir. Meyveli bal tozu örneklerinin sade bal tozu örneğine göre daha düşük su içeriklerine rağmen daha yüksek su aktivitesi değerlerine sahip olmasının ise, meyveli örneklerde ilave şekerler etkisiyle daha yüksek miktarda olduğu düşünülen kristalizasyondan

kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Çünkü kristal yapıya dahil olan şeker molekülleri, su molekülleri ile arasında olan hidrojen bağlarını birbirleri arasında daha çok kurarlar ve görece serbest kalan su molekülleri ise su aktivitesinin yükselmesine neden olur. Ürünlerdeki şeker molekülleri ve özellikle de glikoz miktarındaki artışa bağlı olarak meydana gelen kristalizasyonunun, su aktivitesini artırdığı bildirilmiştir (Ram, 2011). Vakum kurutma yöntemi kullanılarak 60°C sıcaklıkta bal tozu üretiminin gerçekleştirildiği bir çalışmada örneklerin nem içeriği ve su aktivitesi değerleri sırasıyla %2.0 ve 0.29 olarak bildirilmiştir (Nurhadi vd., 2012).

Bal tozu örneklerinin titrasyon asitliği ve pH değerlerinin sırasıyla 26.14-385.97 meq/kg ve 3.92-5.50 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Sade bal tozu örneklerinin titrasyon asitliğinin meyve suyu içeren bal tozu örneklerine göre daha düşük, pH değerinin ise daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar arasındaki farklılıkların meyvelerden gelen organik asit miktar ve çeşitliliğinden kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Meyve suyu içeren örnekler arasında ise çilekli bal tozu örneklerinin en yüksek titrasyon asitliği ve en düşük pH değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Meyvelerin organik asit bileşimi ve miktarı bakımından tür içerisinde ve türler arasında farklılık gösterdiği bildirilmiştir (Cemeroğlu, 2013b).

Bal tozu örneklerinin diastaz sayısı değerlerinin 2.14-9.58 değerleri arasında değiştiği tespit edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, sade bal tozu örneklerinin diastaz sayısı değerlerinin, diğer bal tozu örneklerine göre daha yüksek ve Türk Gıda Kodeksi'nde ifade edilmiş olan minimum 8 değerinin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Sade bal tozu üretimi sırasında diastaz sayısının taze balın diastaz sayısına (10.51) göre %91 oranında korunabildiği tespit edilmiştir. Ancak meyveli bal tozlarında balın diastaz sayısının korunamadığı ve diastaz sayısının bal için yasal limit olan 8 değerinin altında olduğu belirlenmiştir. Meyveli bal tozu örneklerine ait diastaz sayılarının sade bal tozu örneğine göre oldukça düşük değerlerde olmasının, meyveden gelen asidik ortamın enzimlerin konformasyonel yapılarını değiştirmesi

nedeniyle kurutma sıcaklığının enzimler üzerinde daha yüksek inaktive edici bir etki oluşturmasından kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Yapılan bir çalışmada, 1 saat süresince oda sıcaklığında pH değerleri 4 ve 3.8 olan iki farklı ortamda bekletilen amilaz enzim aktivitelerinin sırasıyla %78 ve %90 oranında azaldığı ve pH 3.6 ortamında bekletilen enzimlerde ise aktivite tespit edilemediği bildirilmiştir (Babacan ve Rand, 2007). Vakum kurutma yöntemi ile Arap zıncığı ve diastaz sayısı 8.3 olan taze bal kullanılarak bal tozu üretiminin yapıldığı bir çalışmada, kurutma sonunda elde edilen örneklerin diastaz sayısının 7.2 olduğu bildirilmiştir (Nurhadi vd., 2012).

Bal tozu örneklerinin HMF miktarlarının 11.19-15.21 mg/kg değerleri arasında değiştiği tespit edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, çilekli bal tozu örneklerinin HMF miktarının diğer bal tozu örneklerine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar arasındaki farklılığın örneklerin içerdiği organik asit, serbest aminoasit ve şeker çeşitleri ve miktarlarından kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Bazı organik asitlerin disakkaritler gibi şeker moleküllerinin hidrolizini hızlandırarak ve fruktoz gibi bazı monosakkaritleri ise Maillard reaksiyonu için daha aktif hale getirerek HMF oluşumunu hızlandırdığı rapor edilmiştir (Kreissl vd., 2016).

Bal tozu örneklerinin antioksidan aktivitelerinin 7.16-196.91  $\mu\text{mol TE/g}$  değerleri arasında değiştiği tespit edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, en yüksek ve en düşük antioksidan aktivite değerleri sırasıyla sade ve karadutlu bal tozu örneklerinde belirlenmiştir. Sade ve meyveli bal tozlarının antioksidan aktiviteleri arasındaki büyük farklılığın çözücü olarak kullanılan saf su ve meyve sularının bileşim farklılığından kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Meyveler, bileşimlerinde bulunan flavonoid, karotenoid ve antosiyaninler gibi fenolik maddeler, organik asitler ve askorbik asit gibi bileşenler nedeniyle yüksek antioksidan aktiviteye sahiptir (Liu, 2013; Nile ve Park, 2014). Ayrıca hem sade hem de meyveli bal tozu örneklerinin antioksidan aktivite değerlerinin üretimde kullanılan bala (4.70  $\mu\text{mol TE/g}$ ) göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun ise balın kurutulup toz forma

getirilebilmesi amacıyla taşıyıcı materyal olarak bala ilave edilen Arap zımkının yapısında bulunabilen glukonik asit (Onoğur-Altuğ, 2009) ve kalsiyum, magnezyum ve potasyum gibi minerallerin etkisinden kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Yapılan bir araştırmada kalsiyum ve magnezyum miktarının antioksidan aktivite ile ilişkili olduğu ve bu bileşenlerin miktarına bağlı olarak antioksidan aktivitenin arttığı bildirilmiştir (Aazza vd., 2014). Bir diğer araştırmada ise Arap zımkının sahip olduğu yüksek çözünürlük ve emülsifikasyon özellikleri nedeniyle antioksidan aktiviteye sahip bileşenlerin korunmasında oldukça etkili olduğu rapor edilmiştir (Suhag ve Nanda, 2016).

### Sade ve meyveli bal tozu örneklerinin duyuşal özellikleri

Sade ve meyveli bal tozu örneklerinin duyuşal analiz sonuçları Çizelge 7’de verilmiştir. Balın kurutmaya hazırlanmasında su ve farklı meyve sularının çözücü olarak kullanılmasının, bal tozu içeceklerinin; berraklık, tat ve genel beğeni duyuşal özellikleri üzerine önemli ( $P < 0.01$ ;  $P < 0.05$ ) bir etkisinin bulunduğu belirlenmiştir. Panelistler tarafından yapılan değerlendirme sonuçları incelendiğinde, sade bal tozu örneklerinin berraklık, çilekli bal tozu örneklerinin ise tat ve genel beğeni duyuşal özellik değerlerinin diğer örneklere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca tüm bal tozu içecekleri 5 puanlık skalada 3 ve üzerinde puanlandığı için duyuşal açıdan kabul edilebilir olarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 7. Sade ve meyveli bal tozu örneklerinin duyuşal özellikleri  
Table 7. Sensorial properties of plain and fruity honey powder samples

Örnek / Sample	Görünüm / Appearance	Berraklık / Clarity	Koku / Odour	Tat / Taste	Genel beğeni / Overall
Sade / Plain	3.50±0.20 <sup>a</sup>	4.70±0.10 <sup>a</sup>	3.45±0.25 <sup>a</sup>	3.50±0.10 <sup>b</sup>	3.45±0.05 <sup>b</sup>
Karadutlu / Black mulberry	4.15±0.15 <sup>a</sup>	3.25±0.05 <sup>b</sup>	3.90±0.20 <sup>a</sup>	3.65±0.15 <sup>b</sup>	3.65±0.15 <sup>b</sup>
Çilekli / Strawberry	4.00±0.20 <sup>a</sup>	3.35±0.05 <sup>b</sup>	4.40±0.10 <sup>a</sup>	4.10±0.00 <sup>a</sup>	4.30±0.20 <sup>a</sup>
Portakallı / Orange	4.20±0.20 <sup>a</sup>	3.60±0.20 <sup>b</sup>	3.85±0.35 <sup>a</sup>	3.60±0.10 <sup>b</sup>	3.80±0.00 <sup>ba</sup>
Önem / Sign.	–	**	–	*	*

\* :  $P < 0.05$

\*\* :  $P < 0.01$

### SONUÇ

Sonuç olarak; vakum kurutma yöntemi ve Arap zımkı taşıyıcı materyali kullanımı ile balın sahip olduğu enzim gibi biyoaktif bileşenlerin korunarak sade bal tozu üretiminin gerçekleştirilebileceği belirlenmiş olup, ürünlerin çeşitliliğini arttırmak için kullanılan meyve suları ile elde edilen örneklerde ise enzim aktivitesinin yeterince korunamadığı ancak örneklerin antioksidan aktivitelerinin atırlabildiği tespit edilmiştir. Bal tozu örnekleri, asitlik düzenleyici ve topaklanma önleyici maddeler ile oluşturulan bal tozu karışımı ile hazırlanan soğuk içecekler ile gerçekleştirilen duyuşal analiz neticesinde ise çilek suyu içeren bal tozu örneklerinin panelistler tarafından daha çok beğenildiği belirlenmiştir. Elde edilen bal tozu içecek karışımları ile düşük miktarlarda tüketilen bala olan talebin

arttırılabileceği ve böylece sağlıklı beslenmeye katkı sağlanabileceği değerlendirilmiştir.

### TEŞEKKÜR

Projeye (1002 Hızlı Destek Programı-Proje No: 215O005) verdikleri destek nedeniyle Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu’na (TÜBİTAK) teşekkür ederiz.

### KAYNAKLAR

Aazza, S., Lyoussi, B., Antunes, D., Miguel, M.G. (2014). Physicochemical characterization and antioxidant activity of 17 commercial Moroccan honeys. *Int J Food Sci Nutr*, 65(4): 449-457.

Anonim (2012). Türk gıda kodeksi. Bal tıblığı (2012/58). Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. 27 temmuz 2012 tarih ve 28366 sayılı Resmi Gazete, Ankara.

- Babacan, S., A. Rand, G. (2007). Characterization of honey amylase. *J Food Sci*, 72(1): C050-C055.
- Beristain, C.I., Garcia, H.S., Vernon-Carter, E.J. (2001). Spray-dried encapsulation of cardamom (*Elettaria cardamomum*) essential oil with mesquite (*Prosopis juliflora*) gum. *LWT - Food Sci Technol*, 34(6): 398-401.
- Bogdanov, S., Martin, P., Lullmann, C. (2002). Harmonised methods of the international honey commission. Swiss Bee Research Centre, FAM, Liebefeld, Switzerland, 62 p.
- Can, Z., Yildiz, O., Sahin, H., Turumtay, E.A., Silici, S., Kolayli, S. (2015). An investigation of Turkish honeys: their physico-chemical properties, antioxidant capacities and phenolic profiles. *Food Chem*, 180: 133-141.
- Cemeroğlu, B.S. (2013a). Gıda analizleri. Bizim Grup Basımevi, Ankara, Türkiye, 480 s. ISBN:978-605-63419-3-9.
- Cemeroğlu, B.S. (2013b). Meyve ve sebze işleme teknolojisi (1. cilt). Bizim Grup Basımevi, Ankara, Türkiye, 707 s. ISBN:978-605-63419-0-8.
- Collado-Fernandez, M., Gonzalez-Sanjosé, M., Pino-Navarro, R. (2000). Evaluation of turbidity: correlation between Kerstesz turbidimeter and nephelometric turbidimeter. *Food Chem*, 71(4): 563-566.
- Cui, Z.-W., Sun, L.-J., Chen, W., Sun, D.-W. (2008). Preparation of dry honey by microwave-vacuum drying. *J Food Eng*, 84(4): 582-590.
- 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.
- Fuchs, M., Turchiuli, C., Bohin, M., Cuvelier, M.E., Ordonnaud, C., Peyrat-Maillard M.N., Dumoulin, E. (2006). Encapsulation of oil in powder using spray drying and fluidised bed agglomeration. *J Food Eng*, 75(1): 27-35.
- Islam, A., Khalil, I., Islam, N., Moniruzzaman, M., Mottalib, A., Sulaiman, S.A., Gan, S.H. (2012). Physicochemical and antioxidant properties of Bangladeshi honeys stored for more than one year. *BMC Complem Altern M*, 12(1): 1.
- Islam, M., Kitamura, Y., Yamano, Y., Kitamura, M. (2016). Effect of vacuum spray drying on the physicochemical properties, water sorption and glass transition phenomenon of orange juice powder. *J Food Eng*, 169: 131-140.
- Karabagias, I.K., Vavoura, M.V., Nikolaou, C., Badeka, A.V., Kontakos, S., Kontominas, M.G. (2014). Floral authentication of Greek unifloral honeys based on the combination of phenolic compounds, physicochemical parameters and chemometrics. *Food Res Int*, 62: 753-760.
- Khalilian Movahhed, M., Mohebbi, M. (2015). Spray drying and process optimization of carrot-celery juice. *J Food Process Pres*, 40: 212-225.
- Kreissl, H.T., Nakagawa, K., Peng, Y.-K., Koito, Y., Zheng, J., Tsang, S.C.E. (2016). Niobium oxides: correlation of acidity with structure and catalytic performance in sucrose conversion to 5-hydroxymethylfurfural. *J Catal*, 338: 329-339.
- Küçük, M., Kolaylı, S., Karaoğlu, Ş., 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.
- Liu, R.H. (2013). Health-promoting components of fruits and vegetables in the diet. *Adv Nutr*, 4(3): 384-392.
- Nile, S.H., Park, S.W. (2014). Edible berries: bioactive components and their effect on human health. *Nutrition*, 30(2): 134-144.
- Nurhadi, B., Andoyo, R., Indiarito, R. (2012). Study the properties of honey powder produced from spray drying and vacuum drying method. *Int Food Res J*, 19(3): 907-912.
- Onoğur-Altuğ, T. (2009). Gıda katkı maddeleri. Sidas Medya, İzmir, Türkiye, 271s. ISBN: 9759740801.
- Pedroso, D.d.L., Thomazini, M., Heinemann, R.J.B., Favaro-Trindade, C.S. (2012). Protection of *Bifidobacterium lactis* and *Lactobacillus acidophilus* by microencapsulation using spray-chilling. *Int Dairy J*, 26(2): 127-132.
- Ram, A.K. (2011). Production of spray-dried honey powder and its application in bread.

- Faculty of the Louisiana State University, Master of Science in the Department of Food Science, Louisiana, USA, 83 p.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Bio Med*, 26(9): 1231-1237.
- Rufin-Henares, J.A., Delgado-Andrade, C., Morales, F.J. (2006). Application of a fast high-performance liquid chromatography method for simultaneous determination of furanic compounds and glucosylisomaltol in breakfast cereals. *J AOAC Int*, 89(1): 161-165.
- Sahu, J.K. (2008). The effect of additives on vacuum dried honey powder properties. *Int J Food Eng*, 4(8).
- Saikia, S., Mahnot, N.K., Mahanta, C.L. (2015). Effect of spray drying of four fruit juices on physicochemical, phytochemical and antioxidant properties. *J Food Process Pres*, 39(6): 1656-1664.
- Samborska, K., Gajek, P., Kamińska-Dwórznicza, A. (2015). Spray drying of honey: the effect of drying agents on powder properties. *Pol J F Nutr Sci*, 65(2): 109-118.
- Sancho, M.T., Pascual-Maté, A., Rodríguez-Morales, E.G., Osés, S.M., Escriche, I., Periche, Á., Fernández-Muiño, M.A. (2016). Critical assessment of antioxidant-related parameters of honey. *Int J Food Sci Technol*, 51(1): 30-36.
- Shi, Q., Fang, Z., Bhandari, B. (2013). Effect of addition of whey protein isolate on spray-drying behavior of honey with maltodextrin as a carrier material. *Dry Technol*, 31(13-14): 1681-1692.
- Simsek, A., Bilsel, M., Goren, A.C. (2012). 13 C/12 C pattern of honey from Turkey and determination of adulteration in commercially available honey samples using EA-IRMS. *Food Chem*, 130(4): 1115-1121.
- Socha, R., Juszczak, L., Pietrzyk, S., Galkowska, D., Fortuna, T., Witczak, T. (2011). Phenolic profile and antioxidant properties of Polish honeys. *Int J Food Sci Technol*, 46(3): 528-534.
- Solayman, M., Islam, M., Paul, S., Ali, Y., Khalil, M., Alam, N., Gan, S.H. (2016). Physicochemical properties, minerals, trace elements, and heavy metals in honey of different origins: a comprehensive review. *Compr Rev Food Sci*, 15(1): 219-233.
- Suhag, Y., Nanda, V. (2016). Evaluation of different carrier agents with respect to physicochemical, functional and morphological characteristics of spray dried nutritionally rich honey powder. *J Food Process Pres*, 40(2016): 1429-1437.
- Şahin-Nadeem, H., Dinçer, C., Torun, M., Topuz, A., Özdemir, F. (2013). Influence of inlet air temperature and carrier material on the production of instant soluble sage (*Salvia fruticosa Miller*) by spray drying. *LWT-Food Sci Technol*, 52(1): 31-38.
- Tajchakavit, S., Boye, J.I., Couture, R. (2001). Effect of processing on post-bottling haze formation in apple juice. *Food Res Int*, 34(5): 415-424.
- Tonon, R.V., Brabet, C., Hubinger, M.D. (2008). Influence of process conditions on the physicochemical properties of açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying. *J Food Eng*, 88(3): 411-418.
- Tornuk, F., Karaman, S., Ozturk, I., Toker, O.S., Tastemur, B., Sagdic, O., Dogan, M., Kayacier, A. (2013). Quality characterization of artisanal and retail Turkish blossom honeys: determination of physicochemical, microbiological, bioactive properties and aroma profile. *Ind Crop Prod*, 46: 124-131.
- Turchiuli, C., Fuchs, M., Bohin, M., Cuvelier, M.E., Ordonnaud, C., Peyrat-Maillard, M.N., Dumoulin, E. (2005). Oil encapsulation by spray drying and fluidised bed agglomeration. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 6(1): 29-35.